

# Genomförbarhetsstudie av BECCS vid Johannes samt logistikkoncept via Gävle Hamn

## SLUTRAPPORT

Datum  
2023-08-30Dnr  
2022-202144Projektnr  
P2021-90201

Energimyndighetens titel på projektet – svenska Genomförbarhetsstudie av BECCS vid Johannes samt logistikkoncept via Gävle Hamn	
Energimyndighetens titel på projektet – engelska Feasibility study of BECCS at Johannes and logistics via Port of Gävle	
Universitet/högskola/företag Gävle Kraftvärme AB Gävle Hamn AB	Avdelning/institution -
Adress Gävle	
Namn på projektledare Helena Winberg	
Namn på ev övriga projektdeltagare Mikael Sandanger, Linn Kihlström, Linda Astner, Daniel Karlsson, Niklas Hermansson, Henrik Rosengren, Magnus Forslund, Helen Lund, Johanna Ek Wahlqvist, Rickard Liikamaa, Mattias Jones, Martin Rödén, Henrik Nordlund, Tejas Latha Karthikeyan, Jens Wolf, Jasmine Nordenström	
Nyckelord: 5-7 st CCS, bioCCS, BECCS, koldioxidinfångning, hamnterminal	

## Förord

Genomförbarhetsstudien har finansierats av Gävle Energi AB och Gävle Hamn AB med bidrag från Energimyndigheten.

BioCCS anses vara en viktig pusselbit för att Sverige ska kunna nå utsläppsmål satta för kommande år, och i egenskap av ägare av ett kraftvärmeverk med biogena koldioxidutsläpp respektive innehavare av hamninfrastruktur ville GEAB och GHAB utreda sina möjligheter att bidra till detta.

Att bioCCS är ett område under utveckling och att det inte finns en klart utstakad väg att följa fram till ett investeringsbeslut för en bioCCS-anläggning blev tydligt under genomförbarhetsstudiens gång, då innehållet i arbetspaketet upprepade gånger ändrades som en följd av de slutsatser projektgruppen dragit av dittills genomfört arbete. Att omvärldsbevakning är en mycket viktig pusselbit erfor projektgruppen tidigt, då det händer mycket på området, inte minst vad gäller finansieringsmöjligheter och lagar och regler.

Från GEAB har främst följande personer deltagit: Helena Winberg, Mikael Sandanger, Linn Kihlström.

Från GHAB har främst följande personer deltagit: Linda Astner, Daniel Karlsson, Niklas Hermansson, Henrik Rosengren.

Även Bomhus Energi AB har till viss del deltagit i studien, med följande person: Magnus Forslund.

Studien har genomförts i samarbete med konsultbolaget Sigholm, som har lång erfarenhet av arbete inom bioCCS. Sigholm har i sin tur använt sig av minst lika erfarna Captimise för genomförande av flera arbetspaket.

Från Sigholm har främst följande personer deltagit: Helen Lund, Johanna Ek Wahlqvist, Rickard Liikamaa

Från Captimise har främst följande personer deltagit: Mattias Jones, Martin Rödén, Henrik Nordlund, Tejas Latha Karthikeyan, Jens Wolf, Jasmine Nordenström

Fler personer från samtliga bolag har lämnat viktiga bidrag, utefter behov i de olika arbetspaketen.

## Innehåll

Förord.....	1
Sammanfattning .....	4
Summary .....	5
Bakgrund.....	7
Genomförande .....	9
Kort om genomförande .....	9
Projektorganisation .....	9
AP1: Projektledning.....	10
AP2: Teknik för koldioxidinfångning.....	10
AP3: Koldioxidlogistik .....	11
AP4: Fördjupad koldioxidlogistik samt Omvärld och affär .....	12
AP4a: Fördjupad koldioxidlogistik.....	12
AP4b: Omvärld och affär.....	12
Förutsättningar i Gävle .....	14
Bolagen .....	14
Gävle Energi AB.....	14
Gävle Hamn AB.....	14
Anläggningarna.....	14
Johannes Kraftvärmeverk .....	14
Bomhus Energis biopanna .....	15
Gävle hamn .....	15
Biogena utsläpp i Gävleområdet.....	18
Resultat och analys .....	19
AP1: Projektledning.....	19
Generellt om syfte och resultat .....	19
AP2: Teknik för koldioxidinfångning.....	19
Generellt om syfte och resultat .....	19
Potentiell koldioxidvolym .....	19
Allmänt om koldioxidinfångningstekniker.....	19
Energibalans – energibehov och påverkan på produktionen .....	21
Kostnader för en infångningsanläggning.....	23
Tillstånd för infångning .....	24
Säkerhetsmässiga risker med koldioxidinfångning .....	25
AP3 och AP4a: Koldioxidlogistik .....	25
Generellt om syfte och resultat .....	25
Logistik från infångning till permanent lagring av GEAB:s volymer.....	26
Logistikkluster och koncept för koldioxidlogistik.....	28
Terminal med mellanlager i Gävle hamn .....	29
AP4b: Omvärld och affär.....	32
Generellt om syfte och resultat .....	32
Förutsättningar, strategier och hinder för nästa steg.....	32
Diskussion.....	36
Publikationslista.....	38
Bilagor .....	38

## Sammanfattning

Gävle Energi AB och Gävle Hamn AB startade i januari 2022 en genomförbarhetsstudie för att kartlägga möjligheterna för bioCCS i Gävle. Syftet med studien var att utreda förutsättningarna för infångning av koldioxid från Gävle Energis egna och delägda kraftvärmeverk samt logistiklösning via Gävle hamn till slutlagring. Studien syftade också till att utreda förutsättningarna för att skapa en hub i Gävle hamn för hantering av biogen koldioxid från olika utsläppare i närområdet.

Studien har resulterat i flera värdefulla insikter. Det finns goda förutsättningar för bioCCS i Gävleområdet, både vad gäller infångning av koldioxid och en hub för koldioxid i Gävle hamn. Det finns stora mängder biogen koldioxid i området runt Gävle som skulle kunna fångas in och Gävle har goda möjligheter att bli en av de platser i Sverige där det fångas in mest biogen koldioxid. Detta skulle kunna bli ett viktigt bidrag till både lokala och nationella miljömål.

Vad gäller infångning av koldioxid var utgångspunkten att utreda Gävle Energis helägda kraftvärmeverk Johannes samt den delägda biopannan på Bomhus Energi. Syftet var att klargöra huruvida infångning är genomförbart ur ett tekniskt, ekonomiskt och säkerhetsmässigt perspektiv, samt vilken infångningsteknik som är bäst lämpad för respektive kraftvärmeverk. Det visade sig att infångning är genomförbar på båda verken och att HPC FE är den bäst lämpade tekniken. Förutsättningarna är dock bättre på Bomhus Energi där det finns mer koldioxid tillgänglig, driften är kontinuerlig över året samt där det skulle vara enklare att etablera en logistiklösning till Gävle hamn på grund av det korta avståndet från infångningen till en potentiell hamnterminal (ca 2 km).

För en koldioxidterminal i Gävle hamn har det identifierats ett flertal möjliga lokaliseringar med olika fördelar och begränsningar. Det återstår att fastslå dimensionerande kriterier innan en slutlig lokalisering avgörs. Från infångare i direkt närhet till Gävle är transport av koldioxid via pipeline att föredra framför väg eller järnväg. En eventuell pipelinedragning genom Gävlebukten har utretts och är möjlig. Vidare transport till slutlagring sker med fördel via fartyg från Gävle, då en transportlösning som inkluderar järnväg genom Sverige till västkusten visat sig mindre kostnadseffektiv samt även sämre samhällsekonomiskt sett och svår genomförbar på grund av kapacitetsbrist på flera järnvägssträckor.

Den affärsmässiga delen av studien visar på vikten av att identifiera och engagera möjliga samarbetspartners/aktörer. Det finns stora skalfördelar med att hantera större volymer koldioxid, framför allt ur ett logistiskt perspektiv. Kostnaden per ton för logistiken sjunker drastiskt vid ökade volymer. Av den anledningen är det inte aktuellt att dimensionera en hamnterminal och logistiklösning för endast de, i sammanhanget ganska små, volymer Gävle Energi själva förfogar över, utan det krävs att fler innehavare av biogen koldioxid i området är intresserade av att nyttja lösningen.

Utöver fler infångare är det även viktigt att engagera och inleda samarbeten med exempelvis kunder, slutlagringsplatser, finansörer, kompetens och andra resurser. Det är mycket som händer inom CCS-området och det är många som undersöker möjligheterna för en implementering av CCS i sin verksamhet. Sannolikt kommer möjligheterna för realisering av ett bioCCS-koncept att vara beroende av god

framförhållning och timing för att kunna säkra tillgång till utrustning, slutlagringsplatser och finansiering.

Studien har visat på god genomförbarhet för bioCCS i Gävleområdet och har gett goda insikter i vad som är viktig vid utformning av en fortsättning av projektet. Bedömningen är att det finns stor sannolikhet för att det från Gävleområdet fångas in upp till 2500 000 ton koldioxid årligen inom det närmaste decenniet och på längre sikt upp till 5 000 000 ton årligen.

## Summary

Gävle Energi AB and Gävle Hamn AB started a feasibility study in January 2022. The purpose of the study was to investigate the conditions for capturing carbon dioxide from Gävle Energi's own and partially owned combined heat and power plants as well as a logistics solution via Gävle harbor to final storage, and also to initiate discussions with other emitters of biogenic carbon dioxide in the immediate area.

The study has resulted in several valuable insights. There are good conditions for bioCCS in the Gävle area, both in terms of capturing carbon dioxide and a hub for carbon dioxide in the port of Gävle. There are large amounts of biogenic carbon dioxide in the area around Gävle that can potentially be captured, and Gävle has good opportunities to become one of Sweden's largest hub for biogenic carbon dioxide. This could be an important contribution to both local and national environmental goals.

Regarding the capture of carbon dioxide, the starting point was to investigate Gävle Energi's wholly owned combined heat and power plant Johannes and the partially owned bio boiler at Bomhus Energi. The aim was to clarify whether capture is feasible from a technical, economic and safety perspective, as well as which capture technology is best suited for each CHP plant. It was found that capture is feasible at both plants and that HPC FE is the most suitable technique. However, the conditions are better at Bomhus Energi as there is more carbon dioxide available, the operating time is longer and it would be easier to establish a logistics solution to the Port of Gävle.

For a carbon dioxide terminal in the port of Gävle, a number of possible locations have been identified, with different advantages and limitations. The dimensioning criteria will be decided before a final location is determined. From capture in the direct vicinity of Gävle port, transport of carbon dioxide via pipeline is preferable to road or rail. A possible pipeline route through the Gulf of Gävle has been investigated and is possible. Further transport to final storage takes place advantageously via ship, as a transport solution by rail to the east coast of Sweden has proven to be not as good financially as well as from a socio-economic point of view and not feasible due to a lack of capacity on several railway lines.

The business part of the study shows the importance of identifying and connecting with possible partners/actors. There are large economies of scale in handling larger volumes of carbon dioxide, especially from a logistical perspective. The cost per tonne for logistics drops drastically with increased volumes. For that reason, it is not relevant to dimension a port terminal and logistics solution for only the, in this context rather small, volumes that Gävle Energi themselves have at their disposal, but it is required that more

emitters of biogenic carbon dioxide in the area show commitment to a realization of this.

Apart from more carbon capture sites it is also important to engage and start collaboration with customers, funders, skilled consultants and other resources. There is a lot happening in the field of CCS, and there are many who are investigating the possibilities for implementing CCS in their operations. It is important to have good foresight and timing to gain access to equipment, final storage locations and available funds.

The study has shown good feasibility for bioCCS in the Gävle area and has provided good insights into what is important when designing a continuation of the project. The assessment is that there is a high probability that up to 2,500,000 tonnes of carbon dioxide will be captured from the Gävle area annually within the next decade, and in the longer term up to 5,000,000 tonnes annually.

## Bakgrund

Genom Parisavtalet enades 196 länder i december 2015 om ett ramverk för att begränsa den globala uppvärmningen till väl under 2°C över förindustriella nivåer. Att världen och Sverige behöver negativa utsläpp för att nå de gemensamma klimatmålen är tydligt fastslaget, både av FN:s klimatpanel IPCC och i den klimatpolitiska vägvalsutredningen "Vägen till en klimatpositiv framtid" (SOU 2020:4. År 2017 antog Sverige det klimatpolitiska ramverket (Sveriges klimatlag 2017:720) som innehåller det långsiktiga målet att till senast 2045 inte ha några nettoutsläpp av växthusgaser till atmosfären, fem år före EU. Därefter ska negativa utsläpp uppnås. Parallellt med detta finns ett separat tak på hur mycket utsläpp av fossil koldioxid som får finnas kvar, vilket är 10,8 miljoner ton per år, jämfört med nuvarande utsläppsnivå som ligger på 50 miljoner ton per år. För att uppnå netto-noll parallellt med taket på 10,8 miljoner ton per år krävs ytterligare åtgärder som kompenserar för dessa fossila utsläpp.

Mot bakgrund av detta har ett flertal svenska kraftvärmeverk påbörjat utredningar för att ta reda på möjligheterna att skapa negativa utsläpp genom bioCCS. BioCCS innebär att biogen koldioxid avskiljs från rökgaserna, förvätskas och sedan transporteras till ett slutlager där den permanent placeras i berggrunden djupt under havsbotten.

För att uppnå negativa utsläpp genom bioCCS behöver alltså en kedja av strukturer och processer komma på plats. Dels krävs en utsläppare med hög andel biogen koldioxid i sina rökgaser som är villig att integrera en avskiljningsanläggning med sin process, dels krävs det möjligheter att lösa hantering och transport av koldioxiden från utsläpparens anläggning till ett slutlager. I Gävle finns dessa förutsättningar. Gävle Energi AB (hädanefter GEAB) har biogena koldioxidutsläpp och Gävle hamn finns nära med tillgängliga ytor lämpliga för mellanlager och terminalverksamhet samt erfarenhet av att hantera olika sorters gods. Båda företagen har också ett aktivt och ambitiöst klimatarbete som grundar sig på de klimatmål som finns för staden och regionen.

GEAB och Gävle Hamn AB (hädanefter GHAB) beslutade sig för att gemensamt genomföra en förstudie för att mer detaljerat kartlägga möjligheterna för bioCCS i Gävle. Syftet med förstudien var att ta reda på förutsättningarna för att avskilja, transportera och lagra koldioxid från GEAB:s anläggning Johannes Kraftvärmeverk samt att inleda samtal med andra utsläppare av biogen koldioxid i närområdet.

- Gävle Kommuns mål i Miljöstrategiska programmet, som kopplar till förstudien:
  - För att klara målet om klimatneutralitet på sikt behöver Gävle kommun **utreda förutsättningarna för koldioxidsänkor och koldioxidinfångning.**
  - Sänkorna utgörs av ung, växande skog, biokol (pyrolysis) medan infångningen kan ske direkt vid större utsläppskällor eller genom infångning från luften.
  - Dessa metoder kan utöver att bidra till **minskad klimatpåverkan**, minska näringsläckage och **ge arbetstillfällen** samt nya verksamheter.
  - För att uppnå **klimatneutralitet år 2035** behövs noga genomtänkt klimatkompensation och koldioxidsänkor inom Gävle kommun.
- Strategisk koppling till GEAB:s engagemang i förstudien:



- GEAB vill skapa affärsmässig nytta på hållbar grund för utveckling av regionen.
- GEAB ser affärsmässig risk i att inte ställa om. Det finns en riskpeng kring klimatförändringarna.
- GEAB ser sig som en möjliggörare för projektet och ser en kommersiell aspekt.
- GEAB vill främja fortsatt utveckling i regionen.
  
- Strategisk koppling till GHAB:s engagemang i förstudien:
  - Gävle hamn utgör ett viktigt gods- och logistiknav för hela Mellansverige.
  - GHAB vill på ett affärsmässigt sätt skapa samhällsnytta. Bolaget har som uppdrag att tillse att regionens behov av effektiv hamnkapacitet kan tillgodoses i ett långt perspektiv.
  - GHAB strävar efter att agera som möjliggörare och katalysator för hållbara godstransporter och klimatomställning i ett regionalt perspektiv, bland annat genom sammanlänkning av hållbara energi- och logistiksystem.

Generellt bedöms det vara enklare att genomföra de stora investeringar som bioCCS innebär om fler utsläppare går samman. Med tanke på de sammanlagda mängder av biogen koldioxid som finns i regionen var en viktig del av projektet att undersöka viljan och intresset av bioCCS hos andra utsläppare, utöver GEAB. Sammanlagt finns i närområdet till exempel Gävle bruk (Billerud), Bomhus Energi och Skutskärs bruk (Stora Enso) som tillsammans släpper ut ca 2,6 miljoner ton biogen koldioxid per år. I ett något större geografiskt område finns ytterligare aktörer som skulle kunna utnyttja Gävle hamn för samordnad mellanlagring och transport och öka mängden total koldioxid i systemet ännu mer.

Projektparterna startade projektet med förväntan att det skulle klargöra några centrala frågeställningar, bland andra:

- Lämpar sig GEAB:s anläggning(ar) för bioCCS ur ett tekniskt och ekonomiskt perspektiv?
- Är Gävle hamn en lämplig plats för bioCCS och/eller hub för hantering av koldioxid?
- Hur kan en sådan värdekedja byggas upp och vilka tekniska anläggningsdelar behöver komma på plats?
- Vilka parter behöver projektet knyta till sig för att ha goda förutsättningar att lyckas?

Målsättningen var att projektparterna efter slutfört projekt skulle ha större insikt i bioCCS-området och vilka finansiella, fysiska/tekniska och regulatoriska förutsättningar som behöver komma på plats för att det ska kunna byggas i Gävle.

## Genomförande

### Kort om genomförande

Projektet startade januari 2022 och avslutades juni 2023.

Projektplanen omfattade fyra arbetspaket. Under respektive arbetspaket har ett antal aktiviteter gjorts för att färdigställa arbetet i respektive paket. Arbetspaketen bestod av:

- AP1: Projektledning
  - Styr- och projektgrupp, framdrift, mål- och resultatuppföljning, tid- och budgetuppföljning och rapportering.
  - Spridning av information om projektet.
- AP2: Teknik för koldioxidinfångning
  - Jämföra infångningsteknologier genom teknologiscreening, mass- och energibalansberäkningar, elproduktion.
  - Hälsa-, miljö- och säkerhetsaspekter (hädanefter HMS), uppskattning av investerings- och driftskostnader samt tillståndsprocess för ovan.
- AP3: Koldioxidlogistik
  - Mellanlager vid infångningsanläggning, transportalternativ till hamn, mellanlager i hamn, transport till slutlagringsplats.
  - HMS-aspekter, uppskattning av investerings- och driftskostnader samt tillståndsprocess för ovan.
  - Regionalt logistikkuster.
- AP4: Fördjupad koldioxidlogistik samt omvärld och affär
  - Fördjupning av AP3.
  - Förutsättningar, strategier och hinder för nästa steg.
  - Utredning affärsmodeller/finansiering.

Direkt nedan följer en översiktlig beskrivning av projektorganisationen. Avsnittet efter detta innehåller en kort summering av respektive arbetspaket, där syftet, metoden, och aktörer som har involverats i respektive paket presenteras.

Detaljerad beskrivning av resultatet från projektet presenteras i kommande kapitel.

### Projektorganisation

Projektet genomförts av GEAB och GHAB gemensamt.

GEAB: Har haft huvudprojektledningen för projektet. Som ägare av Johannes kraftvärmeverk har GEAB i projektet haft varit sakkunniga och haft perspektivet av en utsläppare av koldioxid. Utöver projektledaren har projektdeltagare främst varit utvecklingsansvarig för fjärrvärme och affärschef för energiproduktion. Ett flertal andra funktioner har också bidragit i större eller mindre utsträckning efter behov, så som till exempel miljösamordnare, planeringschef Elnät, ekonomistöd med flera

GHAB: Som ägare av hamnen i Gävle har GHAB i projektet varit sakkunniga och haft perspektivet av en hamnterminal för infångad koldioxid. Projektdeltagare har främst varit hållbarhetschef, infrastrukturchef, trafik- och säkerhetschef samt miljöingenjör. Andra funktioner har också bidragit i större eller mindre utsträckning efter behov, så som till exempel ekonomistöd.

Bomhus Energi AB: En kort tid in i projektet inkluderades Bomhus Energis biopanna i AP2. Produktionsansvarig på Bomhus Energi har sedan dess bidragit med detaljkunskap runt anläggningen.

Sigholm: Har bidragit med specialistkompetens inom bioCCS-området, främst i AP1 och AP4. I AP2 och AP3 är det Sigholms underkonsult Captimise AB som utfört det mesta av arbetet, i samarbete med beställare.

Sammansättningen av projektgruppen från GHAB:s och GEAB:s sida (samt Bomhus Energi AB) har varit i princip densamma under hela projektet. På konsultsidan har deltagare varierat utifrån innehåll i arbetspaketen.

### **AP1: Projektledning**

AP1 har löpt över hela projektets livslängd. Resultat och måluppfyllelse har löpande följts upp av både projektledare och projektdeltagare, allt eftersom arbetet fortskridit. Projektledare har löpande följt upp budget och tid.

Erfarenhetsutbyte med andra bolag som genomför liknande CCS-studier har gjorts inom ramen för AP1, genom både studiebesök samt digitala och fysiska möten. Spridning av information om projektet har också skett genom att projektdeltagare deltagit i konferenser och nätverksträffar, bland annat anordnade av Energimyndigheten och KLIMPO, både som deltagare och föredragshållare.

Projektets styrgrupp har haft regelbundna möten. Gruppen har dels haft fokus på projektets måluppfyllelse och utfall, men främsta fokus har varit innehåll i projektet och vägen framåt.

Då projektet under sina sista månader gick över i en fas med tydligare inriktning mot hur arbetet skulle fortsätta efter projektet avslutats, byttes deltagarna i styrgruppen till en mer strategisk sammansättning mer anpassad för "nästa steg".

Projektgruppen har träffats med varierande intervall, beroende arbetspaket och fas. Kommunikation mellan deltagare har skett löpande. Mycket av interaktionen mellan konsult och beställare skett i workshop-format.

### **AP2: Teknik för koldioxidinfångning**

AP2 genomfördes ca januari 2022-juni 2022. Huvudsakligen utfördes arbetet av Captimise, med information given från GEAB och till viss del Bomhus Energi AB.

I AP2 var målet att identifiera den bäst lämpade koldioxidinfångningstekniken, genom att analysera anläggningens lokala förutsättningar, såsom tillgång till el och eventuell restvärme, driftförhållanden, kostnader och andra anläggnings-specifika förutsättningar.

Ursprungligen var det endast Johannes kraftvärmeverk (hädanefters Johannes) som skulle utredas, men efter att arbetet startats beslutades att också genomföra

motsvarande utredning på biopannan vid Bomhus Energi (hädanefters Bomhuspannan). Bomhus Energi AB ägs tillsammans av GEAB och Billerud.

AP2 avgränsades till att endast inkludera post-combustion teknologier, dvs infångningsteknologier som kan integreras med nuvarande rökgasreningssystem utan att större ingrepp på befintlig panna krävs.

Baserat på teknologiernas tekniska mognadsgrad (TRL>7) inkluderades tre absorptionsteknologier med följande absorbenter; Aminer, Kyld Ammoniak (CAP), Kaliumkarbonat (HPC). Två olika processkonfigurationer med HPC har undersökts, en med helt elektrisk drift (HPC FE) och en med el- och ångdrift (HPC ES).

För att identifiera skillnader mellan de utvalda infångningsteknologierna, såväl som de olika konfigurationerna, har energibalansberäkningar och kostnadsuppskattningar för infångning inklusive förvätskning av koldioxid genomförts.

Det har också utretts hur minskad elproduktion från Johannes påverkar elnätet, då det periodvis kan uppstå elfektbrist. Möjligheten att prioritera elproduktion vid de tillfällena har undersökts.

Säkerhetsmässiga risker för en infångningsanläggning samt behov av tillstånd har utretts övergripande.

Slutresultatet av AP2 presenterades i en delrapport författad av Captimise samt i en workshop som hölls av Captimise, med deltagare från GEAB och GHAB.

### **AP3: Koldioxidlogistik**

AP3 genomfördes ca mars 2022-juni 2022. Huvudsakligen utfördes arbetet av Captimise, med information given från GHAB och till viss del GEAB.

I AP3 var målet att utreda hela logistikkedjan från infångning av koldioxid vid Johannes till permanent lagring samt möjliga logistiksamarbeten.

AP3 har genomförts för Johannes i sin helhet, samt för Bomhuspannan översiktligt.

Beräknade koldioxidflöden från Johannes (från AP2) har tillsammans med lokala förutsättningar vid anläggningen och säkerhetsmässiga risker använts för att dimensionera och placera ett mellanlager vid Johannes.

Trafiksituationen lokalt, avstånd mellan infångning och hamnterminal samt kostnader och risker har gett ett föredragat transportsätt för infångad koldioxid vid Johannes till Gävle hamn.

Alternativ på lämpliga transportalternativ från Gävle hamn till slutlagringsplats har tagits fram, utifrån den information som vid tillfället fanns om den tilltänkta fartygstrafiken till slutlagringsplatserna. Där har två alternativ utretts, det ena med koldioxidpolymer från Johannes och det andra med större polymer från potentiella klusterpartners.

Dialog har förts med flera lagringsaktörer för att identifiera möjliga alternativ för slutlagring. Genomförbarhetsstudien är avgränsad till att utreda bioCCS och inte bioCCU, det vill säga Storage (lagring) av infångad koldioxid, och inte Utilization (användning). CCU är dock också en intressant möjlighet som bör undersökas vidare i en eventuell senare projektfas.

Uppskattning för både investerings- samt driftkostnader för olika logistikkoncept från infångning till slutlager har tagits fram.

Potentiella partners i ett logistikkluster har identifierats och blivit kontaktade. Med de mest aktuella har en djupare dialog förts där konkreta planer diskuterats.

Det är många parametrar som har påverkat utredningen av lämplig placering, utformning och dimensionering av en hamnterminal. Bland dessa finns transportmöjligheter från infångare av koldioxid, ytbehov, tillgång på eleffekt, säkerhetsmässiga risker, rådighet över mark, möjlighet för ytterligare utbyggnad i framtiden mm.

Behov av tillstånd har utretts övergripande.

Slutresultatet av AP3 presenterades i en delrapport författad av Captimise samt i en workshop som hölls av Captimise, med deltagare från GHAB och GEAB.

#### **AP4: Fördjupad koldioxidlogistik samt Omvärld och affär**

AP4 genomfördes ca augusti 2022-juni 2023. Huvudsakligen utfördes arbetet runt fördjupad logistik av GHAB. Arbetet runt omvärld/affär utfördes till stor del gemensamt av Sigholm, GHAB och GEAB.

Vid projektstart var AP4 tänkt att innefatta bland annat vidare arbete med den tekniska lösningen för en infångningsanläggning samt framtagande av upphandlingsunderlag för kommande fas samt underlag för tillståndsprocessen. Det visade sig dock finnas alltför många frågetecken efter AP2 och AP3 samt över hur den fortsatta processen fram till byggnation ser ut, så innehållet i AP4 ändrades.

##### *AP4a: Fördjupad koldioxidlogistik*

Runt logistiken fanns ett behov av att arbeta mer med de olika möjliga lokaliseringarna för en hamnterminal, då det fortfarande fanns flera aktuella alternativ från AP3. Arbetet fortsatte och fördjupades genom kvarstående frågeställningar från AP3.

Frågeställningen runt vilken aktör som potentiellt kan ansvara för vilken del i logistikkedjan samt i en hamnterminal adresserades i en workshop.

Föredraget transportsätt mellan Gävle hamn och slutlagringsplatser utreddes vidare. Ett PM togs fram av M4Traffic, där det analyserades vilket transportslag som är mest fördelaktigt ur ett samhällsekonomiskt perspektiv avseende bland annat kostnader, kapacitet, emissioner och risker. Analysen jämförde alternativen tåg mellan Gävle hamn och Göteborg hamn där omlastning skulle ske för vidare transport med fartyg till slutlagringsplats, samt fartygstransport hela vägen.

Transport av infångad koldioxid från infångare till hamnterminalen utreddes vidare. Cowi arbetade fram en rapport där möjligheten samt vad det skulle innebära att bygga en pipeline i Gävlebukten, dvs under vatten, utreddes. Den presenterade också något mer detaljerade beräkningar för en anslutande pipeline på land än vad som framkommit i AP3. Rapporten innehåller kostnader och risker för ovan nämnda.

##### *AP4b: Omvärld och affär*

#### **Förutsättningar, strategier och hinder för nästa steg**

För att skapa bästa möjliga förutsättningar för att insikterna från projektet skulle kunna tas tillvara och implementeras i organisationen, omfattade denna del en serie med fyra workshops där GEAB och GHAB tillsammans kartlade och utvecklade kunskapen om hur projektet kan realiseras och växa på ett effektivt och stabilt sätt. Inför varje workshop fanns instuderingsuppgifter och underlag att läsa på, för att nå så långt som möjligt varje gång. Vid de tre första tillfällena deltog en arbetsgrupp med flera representanter från både GEAB och GHAB och samtliga workshops leddes av Sigholm. Vid det sista tillfället utökades gruppen så att även styrgruppen för projektet deltog. Resultaten från samtliga workshops används som underlag för framtida beslut av styrgruppen.

Fokus för denna del var främst det GEAB och GHAB själva förfogar över. Därför avgränsades arbetet till att utreda möjligheten för uppförande av en hamnterminal för infångad koldioxid.

Det visade sig under tidigare arbetspaket att det inte skulle vara ekonomiskt genomförbart att bygga en terminal enbart baserat på de, i sammanhanget ganska små, koldioxidvolymerna GEAB kan fånga in från Johannes, utan att denna måste dimensioneras efter större volymer från andra infångare i närområdet. Därför gjordes avgränsningen att fokusera på hamnterminalen och att hantera infångningen på en övergripande nivå, till följd av att dessa frågeställningar bör inkludera infångarna (som ej ingick i projektet).

Workshop 1 hade temat "Tekniska förutsättningar" och innebar ett gemensamt fördjupat utforskande av de anläggningsdelar som krävs och de interna och externa beroenden som påverkar utformning och design.

Workshop 2 hade temat "Tillstånd och projektutveckling". Workshopen tog avstamp i en kartläggning av tillståndsprocessen och byggde utifrån den en realistisk tidsplan och projektutveckling. Frågor som hanteras var bland annat vilka säkerhets- och affärsmässiga risker som finns vid hantering av koldioxid från olika källor.

Workshop 3 hade temat "Omvärld och samarbete" och syftade till att undersöka andra kluster och hubbar för hantering och lagring av koldioxid. Dessutom studerades vilka samarbetsformer som kan vara lämpliga och vilka förutsättningar och möjligheter det finns för ett konsortium för bioCCS i Gävle.

Workshop 4 var en sammanfattande och summerande workshop där även styrgruppen ingick. Syftet var att på ett konkret sätt ta projektet vidare i nästa utvecklingssteg.

### **Affärsmodell/finansiering**

Frågan om hur affärsmodellen för bioCCS i Gävleområdet kan se ut var en central del av under samtliga workshoppar nämnda ovan.

Dialog har hållits med flera potentiella kunder som har visat intresse av att eventuellt köpa negativa utsläpp, eller infångad koldioxid för vidare användning.

AP4 innehöll också en finansieringsutredning där möjliga offentliga stödformer utreddes av Sigholm. Resultatet presenterades i en delrapport.

## Förutsättningar i Gävle

### Bolagen

#### *Gävle Energi AB*

GEAB är regionens största energibolag och ägs till 100 procent av Gävle kommuns holdingbolag Gävle Stadshus AB. I koncernen ingår moderbolaget GEAB, det helägda dotterbolaget Gävle Kraftvärme AB samt ytterligare två dotterbolag.

I Gävle kommuns Vision 2025 går att läsa att "Gävle Energi ska med kraft, energi och kommunikation bidra till att utveckla Gävle till en av Sveriges bästa städer att bo och verka i". Bolaget ska generera hållbar ekonomisk avkastning och värdetillväxt.

Koncernen har 2022 totalt 38 anläggningar som tillsammans producerade 1049 GWh fjärrvärme, el och kyla, där Johannes är det största kraftvärmeverket. 100 % av el- och fjärrvärmeproduktionen är förnybar.

Gävle Kraftvärme AB är ägare av den största produktionsanläggningen, och därmed också ägare av dess utsläpp. Den biogena koldioxid som potentiellt kan fångas in vid Johannes tillhör därför Gävle Kraftvärme AB, och det skulle också en eventuell infångningsanläggning göra. Av den anledningen är det Gävle Kraftvärme AB som ansökt om och blivit beviljad stöd för genomförbarhetsstudien hos Energimyndigheten. Samtlig personal är dock anställd i GEAB och för enkelhets skull benämns projektparten som GEAB i rapporten.

#### *Gävle Hamn AB*

Gävle hamn är en av Sveriges största hamnar och ägs, liksom GEAB, till 100 procent av Gävle Stadshus AB.

GHAB äger, förvaltar och utvecklar hamninfrastrukturen, som inkluderar markområden, berggrum, kajer, vägar, järnvägar, rörledningar etcetera inom hamnområdet samt inseglingsleden till Gävle och dess sjösäkerhetsanordningar. GHAB verkar även som hamnmyndighet genom att sätta och upprätthålla hamnregler, trafikleda på land och vatten samt samordna de andra hamnaktörerna med avseende på säkerhet och miljö mm. GHAB:s främsta och viktigaste uppdrag är att stärka och skapa konkurrensfördelar för det regionala näringslivet genom att skapa förutsättningar för ett starkt, effektivt och hållbart godsnav.

I rapporten benämns hamnområdet som Gävle hamn och bolaget benämns GHAB.

### Anläggningarna

#### *Johannes Kraftvärmeverk*

Johannes ägs av Gävle Kraftvärme. Anläggningen levererar hetvatten till bolagets fjärrvärmenät och är ett viktigt bidrag till dess elproduktion. Johannes byggdes 1999. Maximal värmeeffekt är 77 MW och eleffekt 23 MW. Bränsletyp är biobränsle.

Anläggningen är belägen längs med E4:an i de södra delarna av Gävle, fågelvägen ca 8 km och vägledes ca 15 km från Gävle hamn.



**Figur 1 Johannes kraftvärmeverk**

### *Bomhus Energis biopanna*

Bomhus Energi AB ägs till 50 % av GEAB och 50% av Billerud och äger i sin tur en biopanna (Bomhuspannan). Anläggningen levererar ånga till intilliggande industrier, hetvatten till GEAB:s fjärrvärmenät samt el. Bomhuspannan byggdes 2012. Maximal värmeeffekt är 150 MW och eleffekt 90 MW. Bränsletyp är biobränsle.

Anläggningen är belägen på Billeruds område nära centrala Gävle, fågelvägen ca 1,5 km från Gävle hamn.



**Figur 2 Bomhus Energis biopanna**

### *Gävle hamn*

Gävle hamn är Mellansveriges största logistiknav med en godsomsättning på ca 6 miljoner ton per år. Ett flertal viktiga godskorridorer på väg, järnväg och sjö strålar samman i hamnen, som på sjösidan trafikeras främst av segmenten container, torrbulk, styckegods och flytande bulk. Ett stort antal terminaler och privata aktörer finns etablerade i hamnområdet, där de lagrar och hanterar exportvaror från regionens stål-, trävaru- och pappersindustri samt insatsvaror till industrin, drivmedel, konsumentprodukter och projektlaster. Bland annat kommer allt flygbränsle till Arlanda



och närliggande flygplatser via sjötransporter till Gävle hamn och det huvudsakliga lagret av flygbränsle finns hos depåerna i hamnområdet, varefter de levereras till Arlanda via en järnväglösning.



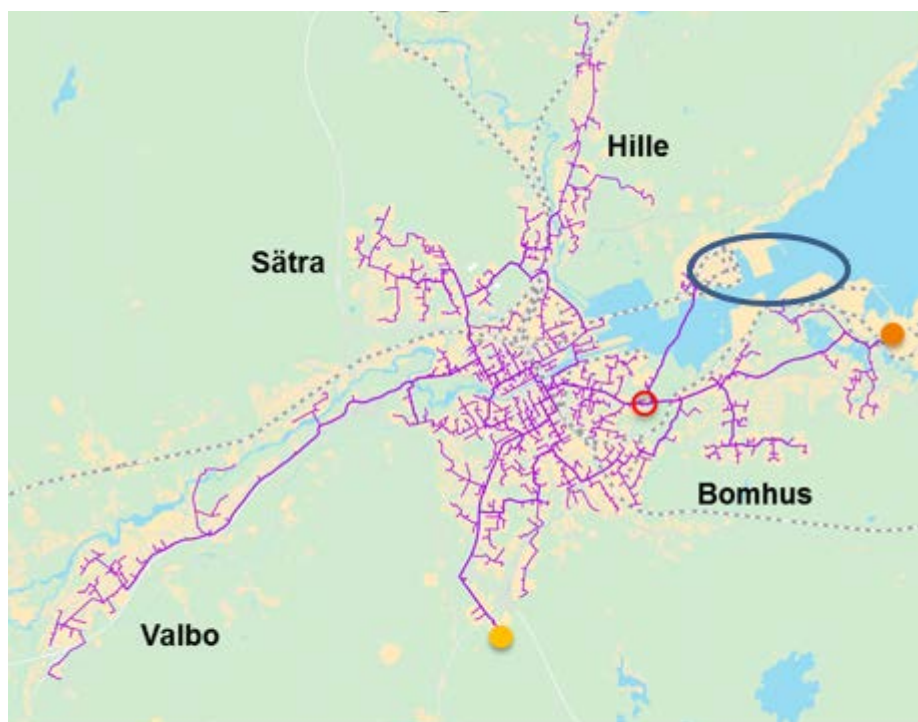
**Figur 3 Landinfrastruktur som ansluter till Gävle hamn**



**Figur 4 Flygbild av Gävle hamn från staden sedd. Hamnområdet består av två hamnområden, Fredriksskans och Granudden, belägna på respektive sida om Yttre fjärden i Gävlebukten. I bakgrunden skymtar Billeruds fabrik**



Figur 5 Flygbild av Gävle hamn, sedd från hamndelen Granudden



● Johannes

○ Gävle Hamn

● Bomhus Energi

Figur 6 Anläggningarnas placering i Gävle

### Biogena utsläpp i Gävleområdet

Inom en radie av ca 12 mil från Gävle släpps det ut mer än 5 miljoner ton biogen koldioxid (år 2021) från främst pappersmassabruk, fjärrvärmeverk och olika industriverksamheter. Bara pappersmassabruken och kraftvärmeverken inom en radie av ca 2 mil från Gävle står för mer än 2,5 miljoner ton biogena koldioxidutsläpp.

Det betyder att potentialen för infångning av biogen koldioxid är mycket god i Gävleområdet.



**Figur 7 Biogena koldioxidutsläpp 2021**

## Resultat och analys

### AP1: Projektledning

#### *Generellt om syfte och resultat*

Syftet med AP1 är främst att ge förutsättningar för genomförande och sätta ramar för de andra arbetspaketen, och har därför inget resultat i sig.

Både erfarenhetsutbytet med andra bolag som genomför liknande CCS-studier och de nätverksträffar projektdeltagarna deltagit på har varit mycket givande och viktiga, speciellt med tanke på att det är ett område under utveckling där mycket händer där vi måste lära av varandra.

### AP2: Teknik för koldioxidinfångning

#### *Generellt om syfte och resultat*

Upplägget i detta kapitel är en inledande text om resultatet i varje avsnitt som gäller för båda anläggningarna, följt av underrubriker med text specifik för respektive anläggning, i de fall det är relevant.

Målet med arbetspaketet är att identifiera den bäst lämpade infångningstekniken för koldioxid med hänsyn till exempelvis tillgång till el och eventuell restvärme, driftförhållanden, kostnader och andra anläggningsspecifika förutsättningar, genom att göra bland annat energibalansberäkningar och kostnadsuppskattningar.

#### *Potentiell koldioxidvolym*

Initialt gjordes i projektet en generell uppskattning av potentiella koldioxidvolymerna vid Johannes, och senare också vid Bomhuspannan.

Johannes: ca 150 000 ton/år. Driften av anläggningen är säsongsbetonad, vilket innebär att koldioxidvolymerna varierar över året.

Bomhuspannan: ca 350 000/år. Bomhuspannan har kontinuerlig drift, vilket innebär att koldioxidvolymerna är relativt jämna över året.

Då Gävles fjärrvärmenät för närvarande håller på att kopplas ihop med Sandvikens fjärrvärmenät, kommer produktionen av fjärrvärme ändras under åren framöver. Det gör att det inte är möjligt att titta på historiska koldioxidvolymerna, utan nya volymer som gäller efter sammankopplingen har simulerats fram.

#### *Allmänt om koldioxidinfångningstekniker*

Det finns flera olika tekniker för att fånga in koldioxiden i processen på Johannes och Bomhuspannan. De kan delas in i tre kategorier.

- **Pre-Combustion**

Detta innebär förgasning av det ursprungliga bränslet för att dela upp det i koldioxid och vätgas. Tekniken har inte utvärderats vidare på grund av dess låga TRL-nivå (technology readiness level/teknologins mognadsgrad).

- **Oxy-Fuel**

Den tillsatta luften i förbränningen ersätts med syrgas och ökar då mängden koldioxid i rökgaserna. Denna teknik bedöms att ha för låg TRL-nivå, innebära för stor risk för befintlig process samt kräver för stora ombyggnationer för att vara intressant att utvärdera vidare.

- **Post-Combustion**

Denna teknik kopplas på efter dagens process och bedöms därför inte påverka befintliga processer. Det är denna teknik vi har studerat vidare, och den kan delas upp i tre undernivåer:

- **Adsorption**

Låg TRL-nivå och bedöms inte vara aktuellt för snabb byggnation.

- **PSA/CRYO**

Leverantör av denna teknik säger sig vara effektiv vid mer än 15% koldioxidhalt i rökgaserna, vilket vi inte har.

- **Kemisk Absorption**

Denna teknik innefattar olika ämnen som binder koldioxiden respektive släpper ifrån sig koldioxid vid skillnader i tryck och/eller temperatur. Denna kategori kan delas upp i ytterligare 3 undergrupper:

- **Aminer**

Denna grupp är främst representerad av MEA (monoethanolamine) vilket nästan alla andra jämför sig med. Boundary Dam Power Station i Kanada är ett kolkraftverk som idag är den enda storskaliga anläggningen i drift på rökgaser. De använder Shell Cansolvs amin. Andra leverantörer är Mitsubishi som har levererat en anläggning till Petra Nova i USA, som dock är nedlagd då det inte fanns tillräckliga ekonomiska incitament. Aker Carbon Capture är en annan leverantör som har designat en testanläggning i Mongstad, Norge.

- **CAP (Chilled Ammonia Process)**

CAP är framtagen för att avskilja koldioxid från rökgaser men har ännu inte förekommit på fullskaliga anläggningar.

- **HPC (Hot Potassium Carbonate)**

HPC är den teknik som Stockholm Exergi har testat på Värtaverket i Stockholm och planerar att bygga med hjälp av bland annat medel från EU:s innovationsfond. Den bygger på att kaliumkarbonat och rökgaserna från verket blandas under tryck och bildar kaliumbikarbonat. När trycket sen minskar och blandningen värms så bildas kaliumkarbonat och koldioxid, vilken då kan avskiljas. Det finns idag ingen helhetsleverantör för detta. Kaliumkarbonat finns dock lätt tillgängligt och alla delar i processen är vanligt förekommande i andra industriella processer.

Komprimeringen av rökgaserna kräver arbete som kan lösas med hjälp av ång- eller eldrivna kompressorer. Uppvärmningen i regenereringen kan ske med hjälp av ånga eller el, och det är här skillnaden mellan

HPC FE och HPC ES är. HPC FE nyttjar energin mellan gas- och vätskefas i processen med hjälp av el och HPC ES tillför energin i form av ånga i stället.

### *Energibalans – energibehov och påverkan på produktionen*

Energibalansen visar (per infångningsteknik) energibehov för en infångningsanläggning samt hur befintlig värme- samt elproduktion på kraftvärmeverken påverkas av att den integreras.

- **Aminer (MEA)**

Processen skulle minska produktionskapaciteten mot fjärrvärmenätet och denna förlust skulle behöva ersättas av annat energislag som i några få timmar skulle vara olja eller elbaserat. För att upprätthålla energibalansen i processen behöver processen kylas. En del skulle kunna kylas mot fjärrvärmenätet men det mesta skulle behöva kylas ner på annat vis, vilket kräver tillförsel ytterligare av energi.

Processen har en låg minlast, vilket betyder att infångningen inte kräver ett speciellt högt flöde av rökgaser för att fungera. Det betyder vidare att produktionen av fjärrvärme inte behöver anpassas för att kunna hålla infångningen i drift.

*Johannes:* Elproduktionen skulle minska då turbinen inte skulle kunna sänka ångan till samma temperatur och tryck som idag, på grund av att regenereringen av aminen kräver högre temperatur än fjärrvärmenätet.

*Bomhuspannan:* Elproduktionen skulle kunna öka något då mer ånga skulle produceras som skulle kunna föras via turbinen för att få rätt tryck och temperatur till processen.

På en pressad bränslemarknad är det svårt att få tag på bränsle att producera denna ånga för att kunna driva en aminanläggning. Leverantörer säger sig dock kunna reducera energibehovet för processen men vill inte säga något mer utan långa och komplicerade sekretessavtal.

- **CAP**

För att nå en bra effekt av infångning med CAP skulle rökgaserna behöva kylas ner till under +10 °C. Detta kräver tillförsel ytterligare av energi, då tillräcklig frikyla inte finns tillgänglig för någon av kraftvärmeverken stora delar av året. Koldioxiden skulle vara trycksatt till ca 20 bar efter infångningen vilket i många tillfällen skulle vara tillräckligt för vidare transport, dvs krävs ingen tillförsel av ytterligare energi för tryckändring. Gasen behöver dock kylas för att kunna transporteras flytande med till exempel lastbil eller tåg, något som kräver tillförsel av energi.

- **HPC**

I denna process finns stora mängder kylbehov, men där temperaturerna som krävs är på en nivå där kylning mot fjärrvärmenätet är tillräckligt. Detta skulle dock till viss del minska behovet av den restvärme vi idag mottar från vår samarbetspartner, vilket är negativt ur ett ekonomiskt och miljömässigt perspektiv. Det skulle dock också ersätta dagens behov av prima värme i form av bioolja, fossil olja eller värme baserat på sekundära träbränslen, vilket innebär

minskade kostnader i processen, och en omfördelning av resurser skulle potentiellt kunna delfinansiera projektet.

Leveransen av el till elnätet skulle minska men vid eventuell effektbrist kan infångningsprocessen stängas av för att i stället prioritera elproduktion. Att stänga av infångningen sker i det närmaste momentant, däremot är det relativt tidskrävande att återuppta den.

HPC FE, som nyttjar energiskillnaderna mellan gas- och vätskefas, kräver tillförsel av el för kompression. Den nyttjade elen ger i sin tur ett energiutbyte som motsvarar 10 ggr den nyttjade energin, vilket gör att det är fördelaktigt ur ett ekonomiskt perspektiv (förutom vid väldigt höga elpriser).

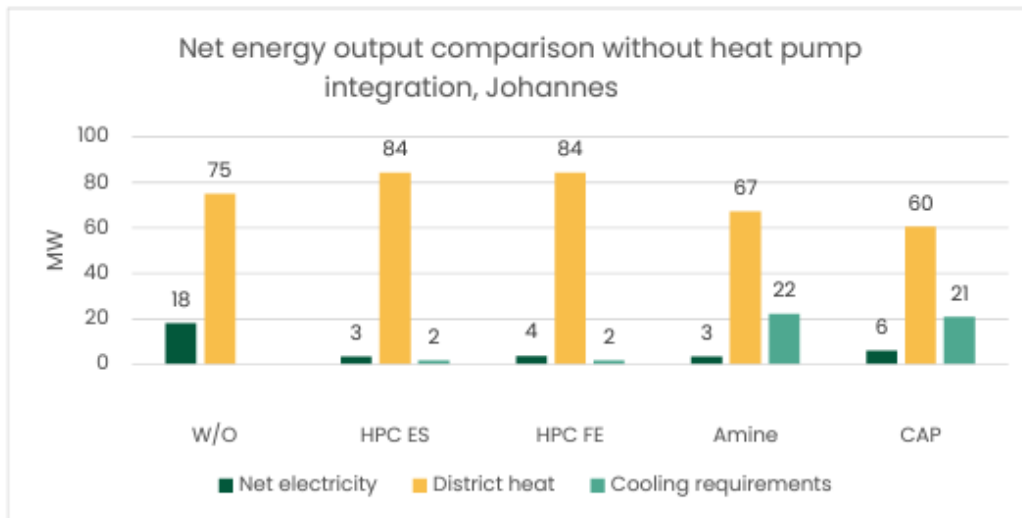
Infångningsprocessen har ganska hög minlast, vilket betyder att infångningen kräver ett relativt högt flöde av rökgaser för att fungera. Det betyder vidare att produktionen på kraftvärmeverk generellt kan behöva hållas på en högre nivå/köras på högre effekt än önskat, bara för att hålla infångningen i drift.

*Johannes:* På grund av den relativt höga minlasten skulle det kunna krävas att rökgaserna återcirkuleras, något som konsumerar mer el, eller att Johannes körs på en högre effekt och därmed tränger undan billigare och mer miljömässigt fördelaktiga energislag (restvärme) mot fjärrvärmenätet.

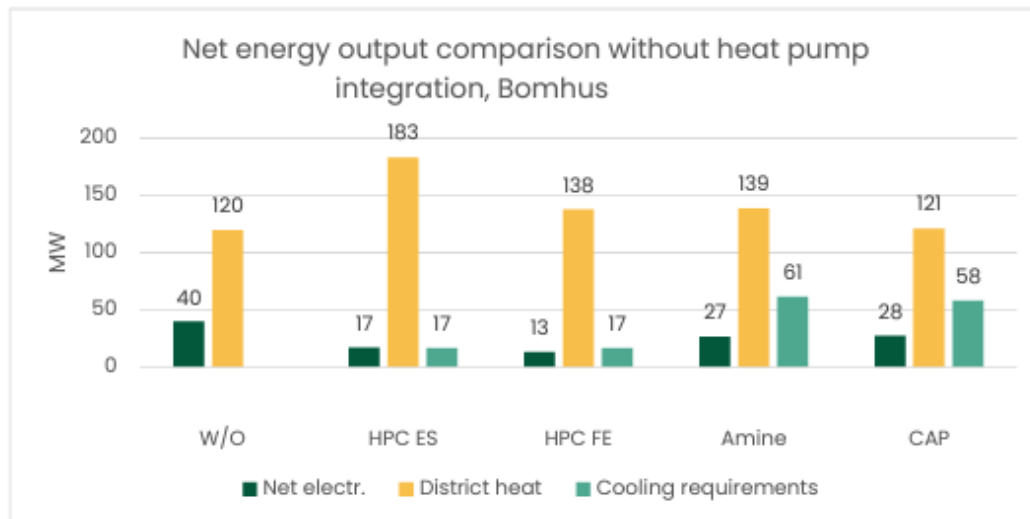
*Bomhuspannan:* Om infångningsanläggningen skulle få tillgång till det närliggande pappersbrukets rökgaser skulle den få det flöde av rökgaser den behöver utan att processen på kraftvärmeverket behöver ändras, och därmed är en relativt hög minlast inget problem.

- **Värmepump eller ej?**

Då infångningsprocessen har ett kylbehov för temperaturer lägre än de som kan nyttjas i fjärrvärmenätet, föreslår en del leverantörer att höja den temperaturen med hjälp av värmepumpar, så att den sedan kan nyttjas i fjärrvärmenätet. Men då både Johannes och Bomhuspannan redan har tillgång till relativt mycket restvärme från lokal industri samt från rökgaskondensering från skorstenarna på respektive anläggning, är det inte ekonomiskt fördelaktigt att köpa in värmepumpar för de få timmar då det skulle vara behov att nyttja dem.



**Figur 8 Energibalans Johannes, utan värmepump**



**Figur 9 Energibalans Bomhuspannan, utan värmepump**

### Kommentar Energibalans

Efter att ha analyserat energibalansen för med de olika teknikerna har det visat sig att HPC FE är den teknik som är mest fördelaktig att använda för både Johannes och Bomhuspannan. Tillgången och priset på biobränsle respektive el skulle kunna påverka detta. Våra analyser tyder dock på att det behöver vara relativt stora förändringar för att påverka slutsatsen.

### Kostnader för en infångningsanläggning

Aminer och HPC bedöms i detta tidiga stadiet kosta i princip lika mycket i kapitalinvestering (CAPEX). Driftkostnaderna (OPEX) för aminer och HPC bedöms vara något lägre för HPC än aminer till stor del på grund av möjligheten att nyttja restvärme i



fjärrvärmenätet. Analyser har genomförts och visar att mer än  $\frac{2}{3}$  av restvärmen borde kunna nyttjas

CAP däremot bedöms kosta mer, både när det gäller kostnader för CAPEX och OPEX.

Kostnadsuppskattningar för CAPEX respektive OPEX för respektive infångningsteknik och anläggning har tagits fram. De är dock att anses som mycket osäkra. Vidare utredningar krävs för att kunna dra fler slutsatser. Det behövs bland annat göras känslighetsanalyser på framför allt el- och bränslepris.

#### **Kommentar Kostnader**

Uppskattningar för CAPEX och OPEX visar att HPC FE är den ekonomiskt mest fördelaktiga infångningstekniken för både Johannes och Bomhuspannan. Som nämnts ovan bör dock ytterligare utredningar göras, något som eventuellt skulle kunna leda till ändring av någon av parametrarna som använts i beräkningarna och därmed potentiellt ändra resultatet.

I sin helhet visar den framtagna kostnadsuppskattningen att det finns en genomförbarhetspotential i ett eventuellt projekt.

#### *Tillstånd för infångning*

Då det ännu inte uppförts någon fullskalig infångningsanläggning i Sverige ännu är det inte helt känt hur tillståndsprocessen kommer se ut och vad som kommer krävas. Projektet har identifierat ett antal intressanta tillståndsprocesser på infångningsområdet vilkas framdrift kommer följas framöver, bland annat FlagshipONE och Övik Energi, Stockholm Exergis BECCS på Värtanverket, Vattenfalls projekt i Jordbro samt FlagshipTWO och Sundsvalls Energi.

I projektet har tillståndsfrågan endast undersökts översiktligt, och mer detaljerad utredning samt framtagning av underlag måste göras i en eventuell senare projektfas.

*Johannes:* Verksamheten vid Johannes omfattas av idag av ett tillstånd enligt miljöbalken som medger drift av kraftvärmeanläggning med en totalt installerad tillförd bränsleeffekt om högst 170 MW. Tillståndet är utfärdat av Miljödomstolen år 2005 (A-verksamhet). För att kunna avskilja och mellanlagra koldioxid vid anläggningen kommer ett ändringstillstånd eller en ändringsanmälan att behöva sökas.

Johannes ligger inom en detaljplan daterad 1996. Planen medger biobräsleanläggning och bör kunna rymma även den planerade utökningen med koldioxidinfångning. För området finns även en fördjupad översiktsplan från 2003 som också anger att platsen är lämplig för industriell verksamhet. De senaste åren har industriområdet runt Johannes expanderat och kraftvärmeverket omges nu av ett stort antal verksamheter av olika karaktär.

*Bomhuspannan:* Bomhuspannan har ett tillstånd enligt miljöbalken till kraftvärmeanläggning, utfärdat 2010 av länsstyrelsens miljöprövningsdelegation (B-verksamhet). Efter ett ändringstillstånd från 2022 är den maximalt installerade effekten 230 MW. Ytterligare ett ändringstillstånd eller en ändringsanmälan skulle behöva sökas för att kunna avskilja och mellanlagra koldioxid.

Bomhuspannan ligger inom samma industriområde som Billeruds produktionsanläggning i Gävle. Platsen omfattas inte av någon detaljplan men däremot finns s.k. "områdesbestämmelser för Korsnäs industriområde", antagna 1992. Dessa medger industriell verksamhet.

### *Säkerhetsmässiga risker med koldioxidinfångning*

Utifrån de utredningar som gjorts vid andra anläggningar i Sverige, kan vi genom att jämföra förutsättningarna vid anläggningarna dra slutsatsen att den säkerhetsmässiga riskbilden inte är något som hindrar ett uppförande av en infångningsanläggning. Vilka konkreta risker en infångningsanläggning kommer innebära har i projektet endast undersökts översiktligt, och behöver utredas vidare i en senare eventuell projektfas.

Det som under studiens gång beskrivits som en av de risker som måste hanteras är ett eventuellt större läckage av koldioxid från till exempel en mellanlagringstank. Koldioxid är i sig är inte farlig, men den kan vara det i och med det faktum att den är tyngre än luft och därför vid ett eventuellt läckage sprids längs med marken samtidigt som den trycker undan syret. En större volym kan därför vara potentiellt skadlig för djur och människor. Dessutom är koldioxid ca 500 ggr mindre i vätske- än i gasform, så vid ett eventuellt läckage kommer den expandera kraftigt och vid denna expansion kyla omgivningen vilket kan orsaka köldskador.

Förmodligen kommer riskerna vid ett eventuellt koldioxidläckage vara större för en hamnterminal än vid infångningen, då det i en hamnterminal sannolikt kommer finnas större mellanlagringstankar och därmed också större volymer som potentiellt kan läcka. Det är dock en risk som kommer behöva hanteras i hela logistikkedjan.

I övrigt finns några säkerhetsmässiga risker förknippade med ämnen som kan vara aktuella att använda i själva infångningsprocessen:

- Aminer kan skapa carcinogena (cancerframkallande) ämnen, vilket kan påverka både personer som arbetar med processen och omgivningen genom eventuella oavsiktliga utsläpp genom skorstenen. Riskerna bedöms dock kunna hanteras.
- HPC kräver katalysatorer för att kunna hålla nere storleken på absorbertornet. Stockholm Exergi har testat sig fram till att borsyra och vanadin skulle fungera, men båda dessa kan vara farliga för människor och kan påverka de som arbetar med processen. Riskerna bedöms dock kunna hanteras.

## **AP3 och AP4a: Koldioxidlogistik**

### *Generellt om syfte och resultat*

Syftet med logistikstudien i AP3 var att analysera och beskriva förutsättningar för koldioxidtransport från Johannes på en övergripande nivå samt att analysera hela kedjan från infångning till permanent lagring inklusive CAPEX, OPEX och totalkostnad per ton infångad koldioxid. Därutöver genomfördes en utredning kring förutsättningar för ett logistikkluster i Gävle som hanterar volymer från fler infångare i regionen.

Resultaten som framkom under första delen av projektet visade att GEAB:s delägda Bomhuspanna har bättre förutsättningar för både infångning och logistik, varmed

projektet under AP4 riktades om till att fokusera främst på logistiklösning från Bomhuspannan. Resultaten från logistikstudien i AP3 är dock i flertalet avseenden giltiga för båda anläggningarna, i synnerhet avseende logistiken från mellanlager till slutlager men även delar av resultaten som avser transport från Johannes till mellanlager ger värdefull information om logistik från båda anläggningarna.

Inom ramen för AP4 genomfördes fördjupande workshops kring olika aspekter av logistiken, dialoger med olika aktörer som skulle kunna vara delar av möjliga logistiklösningar samt ett antal kompletterande logistikutredningar. Bland annat gjordes en fördjupad pipelineutredning där projektet tittade på möjligheten att dra en bottenförlagd pipeline under hamnbassäng och farled. Syftet med detta var att utreda om det är praktiskt och ekonomiskt möjligt att gå vidare med de alternativ för lokalisering av mellanlager i hamnen som identifierats i hamndelen på andra sidan vattenområdet från Bomhuspannan sett.

En fördjupad studie av transportvalet för vidare transport från mellanlager till slutlager genomfördes också, varmed en tåglösning till västkusten och därefter fartygslösning till slutförvar jämfördes med en direkt fartygslösning från Gävle.

Nedan presenteras resultaten från båda arbetspaketen samlat.

#### *Logistik från infångning till permanent lagring av GEAB:s volymer*

För logistikstudien användes den maximala volymen per dag för att definiera den nödvändiga infrastrukturen från en given anläggning. Den totalt infångade årliga volymen för anläggningarna användes tillsammans med årlig CAPEX och OPEX för att beräkna totalkostnaden per ton infångad koldioxid.

Resultaten visar att:

- För Johannespannan är den årliga volymen ca 150 000 ton/år. Driften av anläggningen är säsongsbetonad, vilket innebär att produktionsvolymerna varierar över året. Detta kan innebära utmaningar för ett logistikkoncept som har bättre förutsättningar för kostnadseffektivitet om driften är kontinuerlig över året.
- För Bomhuspannan är den årliga volymen ca 350 000 ton/år. Bomhuspannan har ett hamnnära läge samt en fördel genom närheten till närliggande industri med en teoretisk årlig volym på över 1 000 000 ton/år enligt Naturvårdsverket. Bomhuspannan har även kontinuerlig drift, vilket är en fördel för uppbyggnad av ett kostnadseffektivt logistikkoncept.
- Mellanlager i direkt anslutning till Johannespannan bedöms bli relativt litet eller obefintligt beroende på logistiklösning.
- Mellanlager bedöms inte behövas alternativt bli mycket litet i direkt anslutning till Bomhuspannan.
- Transporten av koldioxid från Johannespannan till Gävle hamn bör ske med lastbil eller rörledning (pipeline). En tåglösning bedöms som inaktuell, bland annat eftersom det inte finns något spår till Johannes och det skulle bli för kostsamt att dra nytt spår för kortare transporter. Transport med lastbil bedöms

vara komplicerat då vägen redan är hårt belastad vissa tider på dygnet. Det bedöms inte gå att lösa säkerhetsmässigt utan att bygga en ny rutt.

- En pipeline-lösning till Gävle hamn bedöms som det ekonomiskt mest fördelaktiga alternativet från Johannespannan. Ledningen från Johannes (ca 7 km) skulle dock behöva gå igenom tätbebyggt område. Ledningsgator för fjärrvärme finns samtidigt idag och utgör en möjlighet till samförläggning. Riskerna med detta har inte utretts vidare då fördelarna med Bomhuspannan jämfört med Johannespannan bedöms som så stora att primärt fokus lades på vidare utredning av Bomhuspannan.
- En pipeline-lösning till Gävle hamn bedöms som det ekonomiskt mest fördelaktiga alternativet även från Bomhuspannan till Gävle hamn, främst på grund av det korta avståndet (ca 2 km). Ledningen kommer enbart att beröra fastigheten för Bomhuspannan samt hamnens fastighet och avståndet till tredje man är stort under hela ledningssträckan. Transporten i ledningen kan göras i antingen flytande eller gasfas. Preliminära resultat indikerar att gasfas skulle vara fördelaktigt, men detta behöver utredas vidare. Det finns risk för ett flöde i tvåfas av koldioxiden vid stopp under kalla perioder, vilket kan hanteras tekniskt med följevärme av ledningen. Höga koncentrationer vid utsläpp bedöms kunna hanteras via en snabb avstängning av ledningen.
- Den fördjupade utredningen av möjligheten att dra pipeline från Bomhuspannan och under farleden till mellanlager i den delen av hamnen visar att detta är kostsamt och förknippat med ett antal utmaningar, men att det är genomförbart och skulle kunna vara en möjlig lösning med hänsyn tagen till teknik, ekonomi, säkerhet och ledtider mm, förutsatt att skälen för att välja någon av dessa lokaliseringar skulle visa sig väga tyngre än utmaningarna med en sådan ledningsdragnings.
- Mellanlager bedöms behövas vid hamnterminalen för både Johannespannan och Bomhuspannan (se vidare kapitlet nedan). Gävle hamn har goda förutsättningar för en framtida utskeppningsterminal för koldioxid med flera möjliga bra ytor och tillräckligt djup för att ta emot och lasta stora fartyg utrustade för att frakta flytande koldioxid (LCO<sub>2</sub>).
- Långdistanstransport med tåglösning från Johannespannan till utskeppning på västkusten utreddes översiktligt men där tillkommer andra försvårande omständigheter utöver avsaknaden av spår, varmed detta avskrevs som praktiskt svårigenomförbart och ekonomiskt ohållbart.
- Långdistanstransport med tåglösning från Bomhuspannan till utskeppning på västkusten utreddes inom ramen för logistiklösning för klustervolymer (se nedan). Slutsatsen är att det möjligen kan vara ett alternativ för mindre volymer i en uppstartsfas, men att det är praktiskt svårigenomförbart och behäftat med många risker, bland annat kopplat till ekonomi och kapaciteten på järnvägen.
- Planering av sjötransporten bör planeras parallellt med infångningsanläggningen då det tar 36-48 månader att designa och bygga ett fartyg. Parallellt med förevarande förstudie deltog GHAB under våren i en mindre sonderande Vinnova-förstudie rörande fartygslogistik för koldioxid i Sverige,

som leddes av DNV. GHAB deltog i samarbetet med syftet att öka kunskapsnivån kring koldioxidtransporter med fartyg samt skapa värdefulla kontakter inför nästa steg i planeringen av sjötransporter för regionalt infångad koldioxid.

- Det kommer att finnas ett tiotal alternativ för slutförvaring av koldioxid när GEAB är redo i och kring Nordsjön. Potentiella lagringsplatser finns även i till exempel Baltikum och möjligheten utforskas till lagring i Östersjön på längre sikt. Diskussioner med varje möjlig lagringsplats behöver genomföras så snart som möjligt för att säkra tillgång till lagring.

#### *Logistikkluster och koncept för koldioxidlogistik*

Samarbete med andra utsläppare för ökade volymer för fartygstransporten kommer att minska kostnaden per ton drastiskt och är därför mycket viktigt. En uppskattning av kostnad per ton hanterad koldioxid visade att vid hantering av Johannes volymer kunde den totala logistikkostnaden från infångning till slutförvar minskas till ca halva kostnaden vid ett samarbete omfattande ett terminalgenomslag på ca 2 miljoner ton per år.

De punktutsläpp av koldioxid som finns i regionen kring Gävle är nästan uteslutande baserade på biomassa och det finns därmed goda möjligheter att skapa en stor mängd minusutsläpp som kan säljas som Carbon Removal Credits (CRC). Det finns även möjligheter att skapa användning av koldioxid i till exempel E-Metanolproduktion som kan lagras i hamnen som fartygsbränsle. Vidare mellanlagras idag allt flygfotogen till Arlanda i Gävle hamn och det finns planer från flera aktörer på produktion av SAF (fossilfritt flygbränsle) i regionen kring Gävle. En sådan produktion skulle också kunna använda koldioxid som råvara.

En inventering genomfördes med hjälp av utsläppsdata i offentliga register (avseende 2021) i avsikt att identifiera hur mycket koldioxid som släpps ut i närområdet kring Gävle. Resultatet visar att det inom en radie av ca 12 mil släpps det ut mer än 5 miljoner ton koldioxid från olika verksamheter, främst pappersmassabruk, fjärrvärmeverk och olika andra industriverksamheter. Den stora merparten av dessa utsläpp är biogena, merparten kommer från pappersmassabruk längs kusterna och några få punktkällor med biogena utsläpp inom en radie av någon mil från Gävle står för mer än hälften av dessa 5 miljoner ton.

Med utgångspunkt från inventeringen ovan och dialog med utvalda utsläppare, tog GHAB beslut om att dimensionera det planerade mellanlagret för upp till 5 miljoner ton koldioxid. Utifrån resultatet av inventeringen skickades även brev från GHAB och GEAB till övriga verksamheter som var att betrakta som stora punktkällor, med information om det planerade mellanlagret i Gävle hamn.

Sammanfattningsvis visar utredningen att en placering av en terminal och mellanlager för koldioxid inom Gävles hamnområde är lämplig och önskvärd, utifrån ett flertal faktorer:

- närhet till GEAB:s framtida infångade koldioxid,
- närhet till framtida möjliga klustervolymer från bland annat pappersmassaindustrier i närområdet,

- god tillgänglig infrastruktur i anslutning till och i hamnområdet avseende samtliga transportslag,
- möjligheter till anlop av relativt stora fartyg
- synergieffekter med andra industrier (bland annat CCU) och logistikkoncept i området (för bränslen och energiprodukter med mera).

Projektet genomförde en samhällsekonomisk analys avseende långväga transport av koldioxiden från mellanlagret i Gävle hamn till ett tänkt slutförvar i Nordsjön. I studien jämfördes en fartyglösning direkt från Gävle med en tåglösning till Göteborg och därifrån vidare fartyglösning till slutförvar. Resultatet visar att ur ett generellt samhällsekonomiskt perspektiv torde ett transportalternativ innebärande fartyg direkt från Gävle till slutförvaringen vara det transportalternativ som leder till de totalt lägsta samhällsekonomiska kostnaderna.

### *Terminal med mellanlager i Gävle hamn*

#### **Förutsättningar för terminalen**

Gävle hamn har goda förutsättningar för en framtida utskeppningsterminal för koldioxid med flera möjliga bra ytor och tillräckligt djup för att ta emot och lasta stora fartyg utrustade för att frakta flytande koldioxid (LCO<sub>2</sub>). Utifrån den genomförda inventeringen av klustervolymer togs inom projektet samt av GHAB beslut om att planera en hamnterminal för mellanlagring och utlastning av infångad koldioxid som på sikt ska kunna hantera upp till 5 miljoner ton per år samt kunna både ta emot och lasta ut koldioxid via fartyg, väg och järnväg.

Bedömningen är att merparten av den koldioxid som kommer att tas emot av terminalen kommer att transporteras dit via pipelines och utlastas med fartyg. Det är dock viktigt att möjligheter även finns för lastning och lossning av koldioxidtransporter med lastbil och tåg, med tanke på klustervolymer utöver GEAB:s egna och delägda pannor samt med tanke på framtida behov av koldioxid för regionala CCU-lösningar.

Flertalet av alternativen som utretts för lokalisering av terminal och mellanlager inom hamnområdet är fullgoda infrastrukturmässigt sett för att kunna hantera 5 miljoner ton. Farledsdjupet är en viktig faktor, då det avgör vilken fartygsstorlek som kan trafikera, vilket i sin tur påverkar behov av anlöpsfrekvens och kostnader samt att det finns tids-, tillstånds- och kostnadsmässiga utmaningar med att uppgradera djupet genom muddring. Farledsdjupet vid flertalet av hamnens kajer är 13,4 m (fritt djup), vilket innebär ett tillåtet djupgående för fartyg på >12 m. Detta djup bedöms vara fullgott för de fartyg som kan tänkas trafikera samtidigt som det är viktigt att inte begränsa en framtida utveckling av terminalen genom att välja en lokalisering med mindre kajdjup.

Vid mellanlagret kommer förvätskning /återförvätskning av koldioxid att behöva ske och anläggning för detta behövs. Därutöver behövs lagringstankar/cisterner, transportledningar, lastningsanordningar och infrastruktur för väg- och järnväg, kaj och lastarmer för fartygslastning.

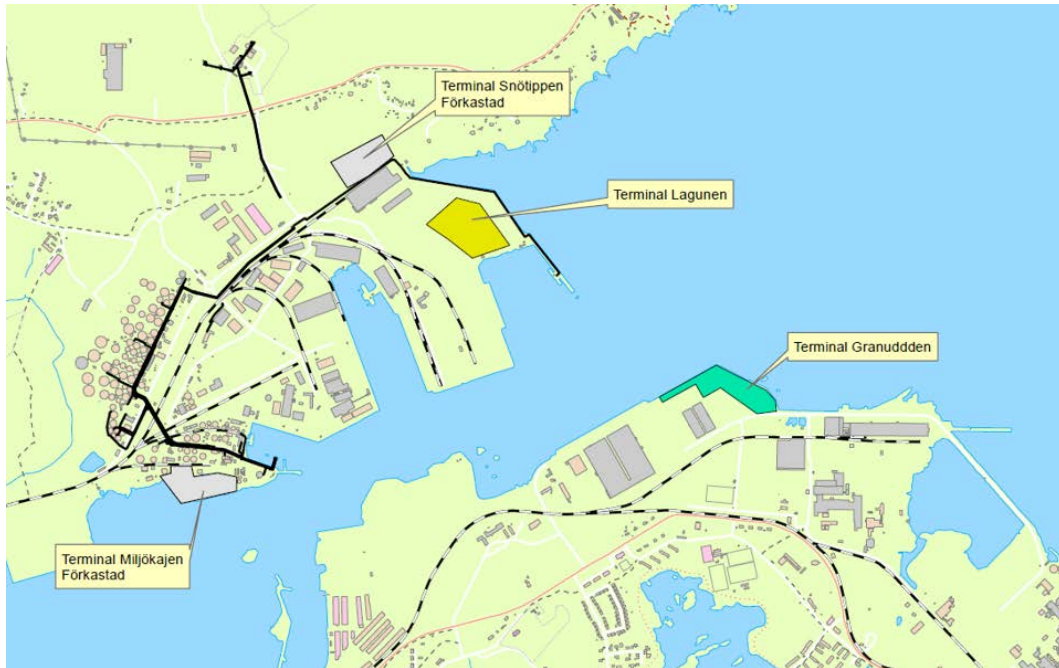
Något som måste utredas vidare i en eventuell senare projektfas är vilket tryck och temperatur på koldioxiden en hamnterminal ska dimensioneras för. Efter dialog med flera slutlagringsplatser under studiens gång har det visat sig att det idag inte finns

någon branschstandard för just tryck och temperatur i bioCCS-kedjan. Vi har till exempel haft kontakt med två aktörer varav den en använder sig av lågtryck i sitt projekt och den andra har valt mellantryck. Detta påverkar utformningen av en hamnterminal i Gävle i både ett ekonomiskt och säkerhetsmässigt avseende. Att dimensionera för ett högre tryck kräver större godstjocklek i förvaringskärlen, vilket är positivt ur en säkerhetsaspekt men är mer kostsamt. Högre tryck kräver också mer energi till komprimeringen, men har samtidigt ett mindre kylbehov.

### **Lokalisering av terminalen i hamnområdet**

Inom Gävle hamns område identifierades ett flertal potentiella lokaliseringar för ett mellanlager med infångad koldioxid. Efter en övergripande jämförelse mot kravspecifikation och analys av de potentiella terminalområdena reducerades alternativen till fyra. Dessa alternativ är alla tekniskt och utrymmesmässigt lämpliga men att har olika för- och nackdelar, möjligheter och begränsningar, när det gäller miljö och säkerhet samt risk för tredje person, tillgänglighet och infrastruktur avseende vägar, järnvägar, farledsdjup, elnät mm, längd på pipelines från infångare av koldioxid, kapacitet för framtida växande volymer, direkt rådighet över terminalområdet för GHAB och behov av investeringar och driftskostnader för kajer, pipeline, iordningsställande av mark och järnvägar etc.

Två av lokaliseringarna ansågs ha större begränsningar av kapacitetsmässiga, tillgänglighetsmässiga och/eller säkerhetsmässiga skäl. De andra två lokaliseringarna uppfyller merparten av kraven, men det ena alternativet, Terminal Lagunen, har utmaningar vad gäller kapacitet på kaj vid >2 miljoner årston och det andra alternativet, Terminal Granudden, har utmaningar vad gäller tillgänglighet i avseendet infrastruktur för vägburen trafik (med tanke på att merparten av volymerna tros komma via pipelines bedöms dock denna begränsning vara hanterbar). Kostnadsdrivande för Terminal Lagunen är att en bottenförlagd pipeline för koldioxid behöver dras från andra sidan fjärden. Kostnadsdrivande för Terminal Granudden är att ny kaj behöver byggas vid terminalen. En fördjupad analys krävs för att utvärdera alternativen, säkerställa deras respektive lämplighet och avgöra vilket alternativ som är att föredra.



**Figur 10 Alternativ för lokalisering av koldioxidterminal inom Gävle hamn**

GHAB har även tittat på möjligheten att använda hamnens bergrum som ligger strax norr om hamnen, ca 800 meter från kaj. Bergrummen består av sex rum med en total lagringskapacitet på ca 800 000 m<sup>3</sup>. Rummen används idag för inlagring av oljeprodukter och driftas av hamnbolaget. Bergrummens geometriska utformning och inlagringsprincip är dock mindre lämplig för förvaring av koldioxid, en uppgradering skulle bli kostsam och dessutom skulle transportavstånd för koldioxid i pipelines från lokala infångare bli större. Utifrån detta har bergrummen avskrivits som alternativ.

### Tillstånd och säkerhet

Verksamheten vid terminal och mellanlager för koldioxid inom hamnområdet är tillståndspliktig B-verksamhet enligt miljöprövningsförordningen, där den räknas som hantering av avfall. Den som bedriver verksamheten kommer därmed behöva ett verksamhetstillstånd enligt Miljöbalken. Verksamhetstillståndet kan troligen sökas från länsstyrelsens miljöprövningsdelegation. I de fall det även tillkommer vattenverksamhet vid anläggning av terminalen (till exempel för anläggande av ny kaj, pipeline i vatten, kylning med havsvatten eller muddring) ska tillstånd för detta även sökas och tillståndsmyndigheten blir Mark- och miljödomstolen.

GHAB har ett befintligt tillstånd enligt Miljöbalken från 2006 som medger bedrivande av hamnverksamhet med upp till 15 miljoner ton gods inom hamnområdet. Tillståndet gäller för gods generellt sett men olika exempel på godskategorier som hanteras anges i ansökan. En ändringsanmälan eller ändringstillstånd av verksamhetstillståndet kommer att behöva sökas, då koldioxid eller avfall i stora mängder inte är ett befintligt godsslag i hamnen idag. Den tillkommande godsmängd bestående av koldioxid som förväntas (ca 2-5 miljoner ton per år) bedöms dock rymmas inom den totala tillståndsgivna mängden gods (15 miljoner ton per år).



Tillstånd enligt Sevesolagstiftningen kan eventuellt bli aktuellt, beroende på hur verksamheten utformas, till exempel med kemikalier för kylning (koldioxid i sig är inte Sevesoklassat). Inom hamnområdet finns idag ett antal Sevesoklassade verksamheter och anpassningar till och samråd med dessa blir en viktig del i utformningen av verksamheten.

Ny detaljplan kommer troligen att behöva göras för det område där verksamheten ska bedrivas.

Av tillståndsskäl måste ett totalt läckage från en bufferttank med koldioxid analyseras ur ett riskperspektiv, även om sannolikheten för att det ska hända är mycket låg. Preliminära spridningsbedömningar visar att flera av de föreslagna lokaliseringarna uppfyller preliminärt ställda säkerhetskrav, men ytterligare beräkningar behöver genomföras.

## **AP4b: Omvärld och affär**

### *Generellt om syfte och resultat*

Delen av AP4b som handlade om förutsättningar, strategier och hinder för nästa steg syftade till att säkerställa att insikter och erfarenheter från projektet togs tillvara för att bilda en grund för ett senare beslut och utformning av en eventuell fortsatt projektfas.

Det jobbades med denna del i workshop-format och resultatet från dessa var i praktiken ett åskådliggörande av förutsättningar inför samt ett antal frågeställningar som behöver besvaras innan eller under en eventuell fortsatt projektfas. Det faktiska resultatet var ett antal bilder som visade vad som diskuterats, och för att få det lätt förståeligt presenterar vi de viktigaste frågeställningarna i avsnittet nedan.

Delen av AP4b som handlade om affärsmodeller/finansiering syftade till att samla upp och visa vilka möjligheter det finns att få offentligt stöd för hela eller delar av ett framtida bioCCS-projekt i Gävle, både för förstudie- och byggnationsfas. Resultatet av detta presenterades i en delrapport, vilken också visar tidslinjer och resursbehov för att kunna genomföra ansökningar. De viktigaste punkterna från denna presenteras i avsnittet nedan.

### *Förutsättningar, strategier och hinder för nästa steg*

#### **Workshop 1 "Tekniska förutsättningar"**

De större anläggningsdelarna i en hamnterminal ritades upp och olika beroenden internt och externt för de dessa diskuterades.

Ett urval av frågeställningar identifierades som extra viktiga för att utredas vidare:

- Vilken aktör äger/ansvarar för vilken anläggningsdel av en hamnterminal? Vilka är aktörerna? Konsortium? Vilken roll ska GHAB respektive GEAB ha, och vad säger ägardirektivet?
- Kommer koldioxiden behöva hållas åtskild på grund av olika ursprung/slutdestination? Hur kommer inflödet av infångad koldioxid variera under året och därmed behovet av tankkapacitet? Hur påverkar olika krav på

koldioxidtryck utformningen av hamnterminalen?

**Workshop 2 "Tillstånd och projektutveckling"**

Utgångspunkt var en kartläggning av tillståndsprocessen och utifrån denna byggdes en realistisk tidsplan för olika projektdelar. Prioriterade aktiviteter inför en eventuell fortsatt projektfas togs också fram.

Ett urval av frågeställningar identifierades som extra viktiga för att utredas vidare:

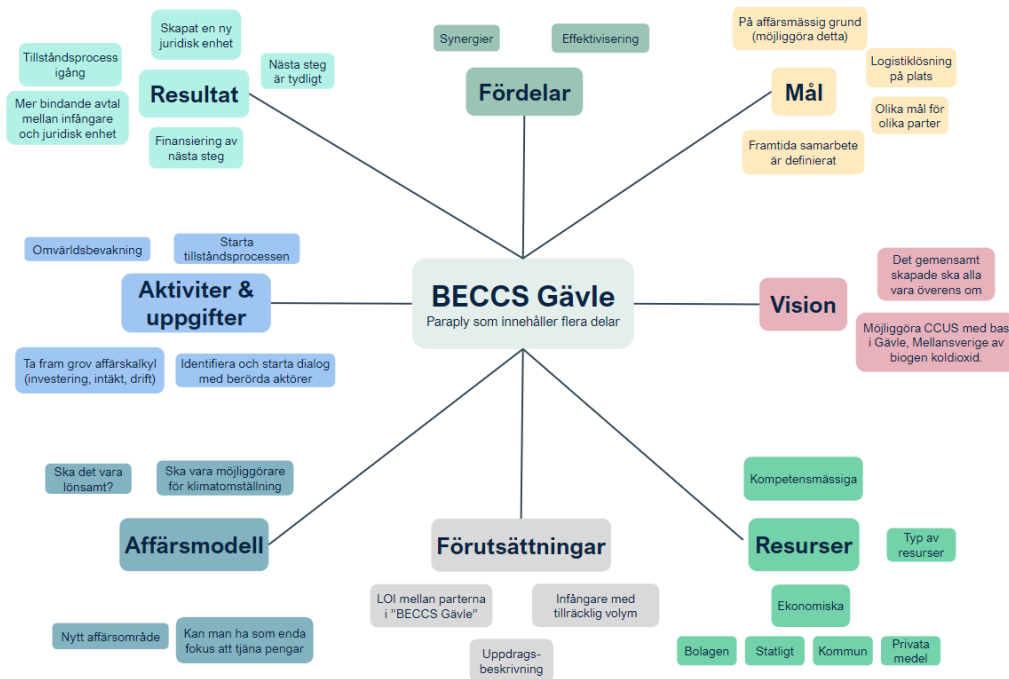
- Hur ska nästa projektfas finansieras och organiseras, och vilka aktörer ska delta? Hur involveras infångarna? Vilka garantier krävs från infångare och andra aktörer, dvs hur riskbenägen kan en vara inför uppstart av kommande projektfaser? Hur hanterar vi long-lead-items (utrustning med lång leveranstid) med tanke på osäkerhet inför kommande faser?

**Workshop 3 "Omvärd och samarbete"**

Innehöll en inblick på hur andra kluster arbetar för att bygga hubbar för koldioxidhantering i hamn samt matnyttig information om när det kan vara lämpligt att skapa konsortier.

Gruppen tog fram ett möjligt scenario för olika flöden/förbindelser mellan olika aktörer, där flöden/förbindelser bestod av koldioxid, monetära transaktioner samt avtal. Det blev tydligt att det finns många olika möjliga scenarior, beroende på vilka aktörer som är involverade och vilka delar de är beredda att ansvara för.

En tankekarta som beskrev ett eventuellt konsortiums uppgift togs också fram.



**Figur 11 Vad är ett konsortiums uppgift?**

#### **Workshop 4 "Summering"**

Här knöts resultat från samtliga arbetspaket ihop och uppsummerades.

Vad som är viktigt framöver för respektive bolag diskuterades, och gruppen tog fram ett förslag till gemensam vision för ett eventuellt framtida projekt – BECCS Gävle.

*"År 2035 finns en etablerad nod för koldioxidhantering i Gävle som på affärsmässig grund bidrar till Sveriges klimatmål med hantering av 5 Mton koldioxid/år."*

Hur vi tar oss till visionen bröts först ned i mål för projektdelarna i en eventuell kommande projektfas, och följdes av en diskussion om hur vi uppnår de målen.

Under hösten 2023 kommer styrgruppen ta beslut om hur ett eventuellt nästa steg ser ut i BECCS Gävle.

#### **Affärsmodeller/finansiering**

Frågan om hur affärsmodellen för bioCCS i Gävleområdet kan se ut var en central del under samtliga workshoppar nämnda ovan, och kommer fortsätta vara central i ett eventuellt nästa steg av projektet. Det är uppenbart att det finns många olika sätt att bygga upp bioCCS i Gävleområdet affärsmässigt, och för att komma vidare i frågan måste bland annat fler potentiella infångare i området involveras i dialogen.

Under projektet inleddes dialoger med potentiella kunder som har visat intresse av att eventuellt köpa negativa utsläpp eller infångad koldioxid för vidare användning. Denna dialog kommer att fortsätta efter att förstudien stängts, dels för att hålla de potentiella kunderna uppdaterade om framdriften för en eventuell realisering av en eller flera anläggningar för bioCCS i Gävleområdet, dels för att kunderna naturligtvis är en central del i arbetet med affärsmodellen.

Den finansieringsutredning som togs fram inom ramen för affärsmodeller/finansiering i AP4b visar att det finns goda möjligheter för att få hjälp med finansiering för eventuella framtida projektfaser. Vid lyckad ansökan finns förutom själva finansieringen även möjlighet till god PR och goodwill, nya samverkansgränssnitt och regional utveckling.

Finansieringsutredningen är uppbyggd av en generell del som bland annat beskriver vad som är viktigt att tänka på och hur en ansökningsprocess vanligtvis går till, samt en specifik del där enskilda utlysningar som kan vara lämpliga för ett eventuellt framtida BECCS Gävle-projekt detaljerat beskrivs. En sammanfattning av utlysningarna i delrapporten finns i figur nedan.

Idrot	Kortnamn	Från	Passar för	Storlek	HL	Finansieringsgrad [%]	Konsortium	Öppnar/(Stänger)	Interna timmar för utveckling	Administration (1-5 = lågt-högt)	Återkommer	län		
3.2.1	Altair	Energimyndigheten	Förstudie			500 kSEK	2-4	100	Annan månde söka (juni + december 2023)	50	2	Nej	<a href="#">Länk</a>	
3.2.2	Pilot	Energimyndigheten	Genomförande			> 7 MSEK	5-7	<100	Ensam ok	höst 2024	50 + 100	2	Ja	<a href="#">Länk</a>
3.2.3	Kund	Energimyndigheten	Förstudie			3 MSEK	4-8	45	Annan månde söka (juni + december 2023)	100	2	Ja	<a href="#">Länk</a>	
3.2.4	Premie	Energimyndigheten	Fordon			200 kSEK	N/A	20	Ensam ok	Löpande tom 2024	40	2	Ja	<a href="#">Länk</a>
3.2.5	Bygg	Energimyndigheten	Delar			2 MSEK	4-8	30	Ja	(4 oktober 2023)	100	2	Nej	<a href="#">Länk</a>
3.3.1	Industri	Vinnova	Förstudie/Tekniktest			6 MSEK	N/A	50	Ja	(25 augusti 2023)	150	2	Nej	<a href="#">Länk</a>
3.3.2	Hörsant	Vinnova	Stöd			N/A	N/A	N/A	Ensam ok	Löpande tom 2023	0	1	Ja	<a href="#">Länk</a>
3.4.1	Kivet	Naturvårdsverket	Förstudie/Tekniktest			1 MSEK	5-8	30	Ensam ok	(29 september 2023)	50	2	Ja	<a href="#">Länk</a>
3.5.1	ERUF	Tillväxtverket	Förstudie			2 MSEK	N/A	30	Ja	(12 september 2023)	50	3	Ja	<a href="#">Länk</a>
3.6.1	Impact	Formas et al	TBA			MSEK	4-8	30-50	TBA	TBA 2024	2007	3	Ja	<a href="#">Länk</a>
3.6.2	Resource	RISE et al	TBA			MSEK	4-8	30	TBA	TBA 2024	2007	3	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.2.1	CHP-CCS	EU (Horizon)	Förstudie/Genomförande			Upp till 3 MEUR	5	50/30	Ja	(5 september 2023)	150	3	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.2.2	Fuel-CCU	EU (Horizon)	Förstudie			1-2 MSEK	4-7	50	Ja	(21 januari 2025)	150	3	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.2.3	Flextech	EU (Horizon)	Förstudie			1-2 MSEK	5	50	Ja	(16 januari 2024)	150	3	Nej	<a href="#">Länk</a>
4.2.4	NextGen	EU (Horizon)	Genomförande			Upp till 5 MEUR	3-4	30	Ja	(16 januari 2024)	500	3	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.2.5	BECCS	EU (Horizon)	Genomförande			Upp till 5 MEUR	6-7	30+	Ja	(21 januari 2025)	500	3	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.2.6	Feedstock	EU (Horizon)	Genomförande			Upp till 10 MEUR	7	30+	Ja	(7 februari 2024)	500	3	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.2.7	SES	EU (Horizon)	Förstudie			Upp till 1 MEUR	4-7	30-50	Ja	TBA 2024	150	3	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.3.1	Kommun	EU (LIFE)	Förstudie			Upp till 1 MEUR	N/A	50	Ja	(16 november 2023)	200	3	Nej	<a href="#">Länk</a>
4.3.2	CLIMA	EU (LIFE)	Förstudie			250 MEUR	N/A	50	Ja	(7 september 2023)	200	3	Nej	<a href="#">Länk</a>
4.4.1	Studies	EU (CEF)	Förstudie			Upp till 1 MEUR	5-7	50	Ensam ok	(5 september 2023)	500	4	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.4.2	Works	EU (CEF)	Genomförande			Upp till 100 MEUR	5-7	30	Ensam ok	(5 september 2023)	500	4	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.4.3	Transport	EU (CEF)	Förstudie/Genomförande			Upp till 125 MEUR	4-7	50/30	Ensam ok	TBA 2024	500	4	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.5	Inno-S	EU (Innovation fund)	Förstudie/Genomförande			2,5 - 7,5 MEUR	4-7	60	Ensam ok	(19 september 2023)	2500	5	Ja	<a href="#">Länk</a>
4.5	Inno-XL	EU (Innovation fund)	Genomförande			Upp till 125 MEUR	4-7	Upp till 60	Ensam ok	TBA 2024	2500	5	Ja	<a href="#">Länk</a>

**Figur 12 Sammanfattning lämpliga utlysningar**

Några viktiga punkter från delrapporten:

- Många av de i rapporten rekommenderade utlysningarna kräver någon form av konsortium eller annat samarbete med flera parter, vilket är ännu en anledning till att i närtid landa i frågan om hur ett eventuellt konsortium skulle kunna byggas upp.
- Utlysningar gäller ofta en specifik del av ett projekt, därför bör ett eventuellt framtida projekt delas upp i olika faser som paketeras separat, för att enkelt kunna söka medel för en specifik fas.
- Att ta fram en ansökan för en utlysning av lite större dignitet är ofta ett tids- och arbetskrävande jobb, något det i god tid måste sättas av resurser till för att få största möjliga kvalitet på ansökan. Vilka utlysningar det ska fokuseras på måste också noggrant övervägas, med tanke på resursbruk.

Delrapporten kommer fungera som ett uppslagsverk inför eventuella kommande projektfaser, för att planera möjliga och lämpliga utlysningar – beroende på vilken inriktning projektet tar.

## Diskussion

Studien har visat att det finns goda möjligheter att fånga in koldioxid vid både Johannes Kraftvärmeverk och Bomhus Energis Kraftvärmeverk. Flera saker gör att Bomhus är att föredra. Potentiell mängd infångningsbar koldioxid, drifttimmar, närheten till Gävle hamn, avstånd till tredje man och möjligheter att utvidga samarbetet med den närliggande industrin gör att en fortsättning av projektet borde fokusera på den siten. Studien har även visat att logistiken står för en stor del av kostnaden, vilket en anläggning på Johannes skulle kunna dra nytta av om Bomhus aktualiseras.

En viktig faktor av betydelse för ett kostnadseffektivt logistikkoncept är kontinuitet i infångning av koldioxid. En anläggning med kontinuerlig drift över dygnet respektive året ger de bästa förutsättningarna. Här har Bomhuspannan mycket goda förutsättningar för effektiv logistik med en kontinuerlig drift över hela året.

En pipelinelösning till Gävle hamn är att föredra ur kostnadssynpunkt framför tåg eller lastbil från både Bomhus och Johannes. För Bomhus blir detta extra tydligt med tanke på det korta avståndet mellan anläggningen och hamnen. Fördelarna med pipelinealternativet blir tydligare ju större de förväntade mängderna infångad koldioxid är. En pipelinelösning borde även vara att föredra ur miljösynpunkt samt ur ett samhällsekonomiskt perspektiv, om hänsyn tas även till säkerhet och trängseffekter på vägar och järnvägar.

Studien visar att en placering av en terminal och mellanlager för koldioxid inom Gävles hamnområde är lämplig och önskvärd, utifrån ett flertal faktorer. Hamnen ligger infrastrukturmässigt väl placerad med närhet till både GEAB:s framtida infångade koldioxid såväl som till framtida möjliga klustervolymer från bland annat pappersmassaindustrier i närområdet. Därutöver finns potentiella synergieffekter att hämta med andra industrier (bland annat CCU) och logistikkoncept i området. Vidare finns flera tillgängliga markområden med lämpliga förhållanden för alternativa etableringar av en terminal inom hamnområdet, samt goda djupförhållanden och god tillgänglighet för sjötransporter såväl som för väg- och järnvägsburen trafik.

Den samhällsekonomiska bedömning som genomfördes av M4Traffic, där logistiklösningen via Gävle hamn jämfördes med alternativet att transportera koldioxiden med järnväg genom mellersta och södra Sverige till västkusten och lasta ut via Göteborgs hamn, visar att en sådan lösning är sämre samhällsekonomiskt sett. Möjligen skulle den senare lösningen kunna lämpa sig för mindre, initiala volymer men med tanke på att även den lösningen kräver stora investeringar i bland annat lok, vagnar och stickspår skulle det leda till dubbla investeringar. När koldioxidvolymen ökar skulle investeringar i en lokal logistiklösning med utlastning från ostkusten ändå bli nödvändig. Upplägget med transporter av större mängder koldioxid via järnväg från Gävleborg till västkusten är också orealistiskt rent genomförandemässigt på grund av kapacitetsbristen på flera av de järnvägssträckor som skulle trafikeras. Dessutom begränsar den förutsättningarna att genom skalfördelar vid logistiken underlätta för infångning av biogen koldioxid vid flera av de identifierade anläggningar i Gävleregionen.

Sammanfattningsvis visar resultatet av studien att potentialen för bioCCS i Gävleområdet är mycket stor. Gävle hamn har goda förutsättningar för att bli ett logistiskt nav och det finns stora mängder biogen koldioxid i området som potentiellt

kan fångas in årligen. Genom studien visar Bomhuspannan goda förutsättningar för bioCCS och om en infångningsanläggning realiserats skulle ca 350 000 ton årligen kunna fångas in. Detta förutsätter att en logistiklösning till Gävle hamn etableras. Etableringen av en hub i Gävle hamn skulle ge goda förutsättningar för infångning även från den närliggande industrin. Bedömningen är att det finns stor sannolikhet för att det från Gävleområdet fångas in upp till 2 500 000 ton koldioxid årligen inom det närmaste decenniet, och på längre sikt upp till 5 000 000 ton årligen. Detta skulle bli ett mycket viktigt bidrag till att uppfylla både lokala och nationella utsläppsmål.

## Publikationslista

### Allmän information om projektet:

- Sveriges Radio - P4 Gävleborg. (2021-11-30). *Miljoner till Gävleprojekt för lagring av koldioxid*. <https://sverigesradio.se/artikel/miljoner-till-gavleprojekt-for-lagring-av-koldioxid> (2023-08-29)
- Gefle Dagblad (2021-11-30). *Gävle Energi vill lagra koldioxid – får miljonstöd*. <https://www.gd.se/2021-11-30/gavle-energi-vill-lagra-koldioxid--far-miljonstod> (2023-08-29)
- Gävle Hamn AB (2021-11-30). *Mångmiljonstöd beviljat Gävle Energi och Gävle Hamn till projekt för koldioxidlagring*. <https://gavlehamn.se/mangmiljonstod-beviljat-gavle-energi-och-gavle-hamn-till-projekt-for-koldioxidlagring/> (2023-08-29)
- Gävle Energi AB (2021-11-30). *Mångmiljonstöd till projekt för koldioxidlagring*. <https://www.gavleenergi.se/2021/11/mangmiljonstod-till-projekt-om-koldioxidlagring/> (2023-08-29)
- Gävle Hamn (dec 2021). *Nyhetsbrev från Gävle Hamn december 2021*. [Nyhetsbrev-dec-2021.pdf \(gavlehamn.se\)](#) (2023-08-29)
- Klimpo (2021-11-30). *Mångmiljonstöd beviljat Gävle Energi och Gävle Hamn till projekt för koldioxidlagring*. <https://www.klimpo.se/mangmiljonstod-beviljat-gavle-energi-och-gavle-hamn-till-projekt-for-koldioxidlagring/>. (2023-08-29)

## Bilagor

Bilaga 1: Administrativ bilaga till Slutrapport