

2023-09-06

Slutrapport HPC pilottest för avfallsförbränning

Helsingborgs Innovativa Carbon capture And Storage projekt

Ansvarig utgivare: Ann-Sofie Lindqvist

Granskad av: Johan Lundberg

**ÖRESUNDS
KRAFT**

Förord

Projektet HPC pilottest för avfallsförbränning, HICAS, har finansierats av Energimyndigheten inom ramen för Industriklivet och Öresundskraft AB.

Öresundskraft har genomfört arbetet tillsammans med Capsol Technologies och sakkunniga experter från Captimise. Vid montage av anläggningen har också lokala entreprenörer medverkat för grundläggning och anslutning av rökgaser, el och vatten.

Innehållsförteckning

FÖRORD	2
1 SAMMANFATTNING	4
2 SUMMARY	4
3 INLEDNING OCH BAKGRUND.....	5
4 GENOMFÖRANDE	7
5 RESULTAT	8
6 BILAGOR	10

1 Sammanfattning

Projektet syftade till fördjupad kunskap om hur effektivt koldioxidinfångning med HPC-teknik (Hot Potassium Carbonate) fungerar vid avfallsförbränning och dess unika förutsättningar. Det innefattade test av koldioxidavskiljning med HPC-tekniken på rökgaser från avfallsförbränningsanläggningen Filbornaverket i Helsingborg.

Testerna genomfördes på Filbornaverket, Helsingborg, under perioden oktober 2022 – februari 2023 med en demonstrationsanläggning som ägs av Capsol Technologies. Driftparametrar såsom rökgasflöde, rökgastryck samt absorbentens sammansättning varierades under testerna. Demonstrationsanläggningen var i drift sammanlagt under 1 675 timmar.

Resultatet visar på en avskiljningsgrad mellan 80 – 95 %. Absorbenten visar ingen betydande påverkan från rökgaserna men rökgaserna har under testerna kylts till ca 20°C vilket är en lägre temperatur jämfört med en applikation med fullskalig anläggning. Det innebär att rökgasen som avleds till en fullskalig HPC-anläggning kan ha något högre halter av vissa inkommande föroreningar, såsom partiklar.

Öresundskraft har parallellt med drift av demonstrationsanläggningen utvärderat HPC-tekniken i fullskalig applikation för Filbornaverket. Utvärderingen visar att HPC är en möjlig teknik men att en aminanläggning har fördelar som väger över. Framst är fördelarna med amin-tekniken, för en implementering i Filbornaverket och dess energisystem, högre elproduktion och en mer flexibel värmeproduktion, dock på bekostnad av periodvis högre kylbehov, för amin-tekniken jämfört med HPC-tekniken.

2 Summary

The project aimed at in-depth knowledge of how carbon capture with HPC technology (Hot Potassium Carbonate) works in waste incineration and its unique conditions. The project included tests of carbon capture with HPC technology on flue gases from the waste incineration plant Filbornaverket in Helsingborg.

The tests were carried out at Filborna EfW plant, Helsingborg, during the period October 2022 – February 2023 with a demonstration facility owned by Capsol Technologies. The tests were carried out with varying operating parameters such as flue gas flow, flue gas pressure and composition of the absorbent. The demonstration plant was in operation for a total of 1 675 hours.

The result shows a capture rate between 80 – 95%. The absorbent shows no significant impact from the flue gases. However, the flue gases have during the tests been cooled to approx. 20°C, which is a lower temperature compared to an application with a full-scale plant. This means that the flue gas diverted to a full-scale HPC facility may have slightly higher levels of certain incoming pollutants, such as particles.

Öresundskraft has, in parallel with operating the demonstration plant, evaluated the HPC technology in a full-scale application for the Filborna EfW plant. The evaluation shows that HPC carbon capture technique is possible to implement at the Filborna EfW plant but that an amine carbon capture plant has advantages that outweigh it. Mainly, the advantages of the amine technology, for an implementation in the Filborna EfW plant and the local district heating system, are higher electricity production and a more flexible heat production, however at the expense of periodically higher cooling needs, for the amine technology compared to the HPC technology.

3 Inledning och bakgrund

Enligt Sveriges klimatpolitiska ramverk är det långsiktiga målet att Sverige ska ha nått nettonoll utsläpp av växthusgaser år 2045. Helsingborg stad, ägare av Öresundskraft, har satt som mål att Helsingborg skall nå nettonollutsläpp till år 2030 för att bidra till nationellt mål om begränsad klimatpåverkan. Infångning av koldioxid från Filbornaverket är en viktig pusselbit för att nå målet om nettonollutsläpp.

Öresundskraft har nyligen antagit en ny strategisk inriktning – ”En plan för en planet”. Den nya strategin innefattar bland annat en kategori ”Klimat och resursanvändning i balans”, där Öresundskraft har ett övergripande mål att alla Öresundskrafts erbjudanden år 2027 ska vara koldioxidneutrala eller koldioxidnegativa. Inom fjärrvärme- och elproduktion har Öresundskraft genomfört ett flertal åtgärder för att minska utsläpp av koldioxid av fossilt ursprung, där de senaste åtgärderna innefattar byte av bränsle för reservkraftanläggning och startbränsle för flera anläggningar från eldningsolja till bioolja. För att ytterligare minska koldioxidutsläpp från fjärrvärme- och elproduktion är ett nästa steg att komplettera med en anläggning för avskiljning av koldioxid på Öresundskrafts avfallseldade kraftvärmeverk - Filbornaverket.

Avfallsförbränning i kraftvärmeverk bidrar i sig till ett resurseffektivt samhälle, då restavfall som inte kan återbrukas eller återvinnas används som bränsle för att generera värme och el. Restavfallet innehåller kol av både biogent och fossilt ursprung. En framtida storskalig anläggning för avskiljning av koldioxid ur rökgaser från avfallsförbränning skulle medföra flera nyttor ur ett resursperspektiv då avfallsförbränningen bidrar med permanenta negativa utsläpp, avlägsnar koldioxid med fossilt ursprung som förbrukats i andra led i samhället samt genererar koldioxidnegativ fjärrvärme och el.

Öresundskrafts långsiktiga mål är att fortsatt kunna erbjuda en utsläppsminimerad och konkurrenskraftig förbränning av avfall som bas i en omfattande energileverans. I detta ingår förbränning av restavfall inklusive en effektiv avgiftning av samhällets plastproblem. Genom att fånga in koldioxid uppnås bolagets mål om koldioxidneutrala eller koldioxidnegativa produkter. Av infångad mängd bedöms biogen koldioxid uppgå till cirka 100 000 ton per år.

Under 2019-2020 genomfördes en studie med syfte att utvärdera hur Öresundskraft ska kunna nå målet om koldioxidnegativ fjärrvärme och samtidigt skapa nya affärsmöjligheter. Studien berörde i huvudsak infångning med aminteknik, då det är en kommersiellt tillgänglig teknik som har testats i pilotskala vid avfallsförbränning. Utredningens förslag är att etablera en fullständig CCS-kedja med infångning, förvätskning, transport och slutlagring av CO₂.

Senare gjordes en översiktlig studie om alternativa tekniker för avskiljning för att undersöka alternativ till absorption med aminer. Där bedömdes att koldioxidavskiljning med Hot Potassium Carbonate (HPC) vara ett intressant alternativ. Den stora nackdelen med HPC-tekniken bedöms vara att den inte är testad i applikationen med rökgaser från avfallsförbränning, där koldioxidhalten i rökgasen är lägre än vid förbränning av biomassa.

Öresundskraft har under 2021 – 2022 gjort en genomförbarhetsstudie, finansierad via Industrikivet med diarienummer 2021-030050, som syftade till att få fördjupad kunskap

för att kunna bygga en riskminimerad och optimerad CCS-kedja för en avfallsförbränningsanläggning. Ett av arbetspaketen i genomförbarhetsstudien omfattade utredning av om HPC-tekniken är tekniskt lämplig för en avfallsförbränningsanläggning. I genomförbarhetsstudien togs det fram en modell över Filbornaverket med integrerad HPC-process för avskiljning av koldioxid.

Den teoretiska modellen som vi simulerar i Aspen har, oss veterligen, inte verifierats med pilot eller fullskaledata för rökgaser från avfallsförbränning. Det gör resultatet från simuleringar i modellen osäker för vår applikation utan pilotstudier. Modellen är till nytta för projektet pilottest som denna ansökan omfattar, och resultat av pilottester kommer att ge värdefullt underlag till verifiering av den teoretiska modellen.

Övergripande mål med projektet var att:

- Underlag till tekno-ekonomisk och miljömässig utvärdering av HPC-baserad CCS-kedja applicerade på vår anläggning och lokala förhållanden.
- Ökad kunskap inom Öresundskrafts organisation genom praktisk erfarenhet av drift av demonstrationsanläggningen.
- Information till allmänheten i syfte att säkerställa allmänhetens acceptans för en anläggning i Helsingborg.
- Fastställa potential för utökad totalverkningsgrad för Filbornaverket.
- Stärka möjligheterna för stöd från till exempel EU innovationsfond.

Mål för projektet var att till andra kvartalet år 2023 utveckla och utvärdera HPC-processen för avfallsförbränning vilket innefattar följande delmål:

- Fastställa optimalt partialtryck av koldioxid i avskiljningsprocessen för våra rökgaser.
- Fastställa sammansättning, koncentration och förbrukning av sorbent och katalysatorer, degradering av sorbent och eventuella degraderingsprodukter som uppstår med våra rökgaser.
- Fastställa hur absorptions- och desorptions kolonnernas fyllkroppspackning ska dimensioneras.
- Verifiera energiförbrukning med målsättning att understiga 1 MJ/kg CO₂ genom nyttjande av s.k. HRU (Heat Recovery Units).
- Fastställa beräkningsmodell för hur emissioner, t.ex. CO₂, SO_x och NO_x, minskas vid implementering av HPC i förhållande till nuvarande emissioner från Filbornaverket.
- Underlag för att verifiera och förfina den modell av Filbornaverket med HPC som tagits fram med simuleringssverktöget Aspen för att säkerställa vidare fullskaleprojektering av anläggningen.

4 Genomförande

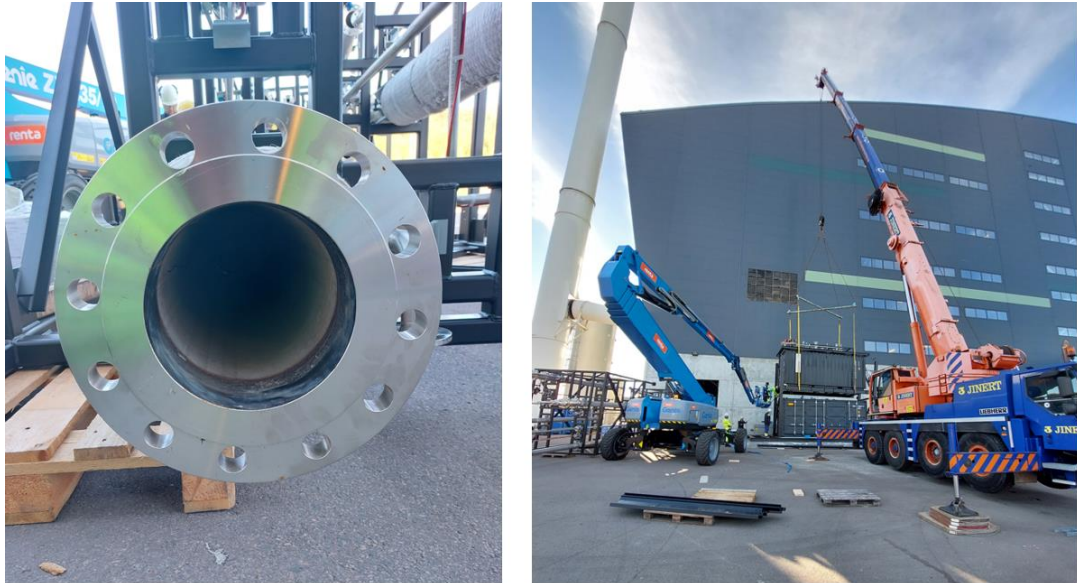
Projektet har genomförts av en projektgrupp sammansatt av anställda på Öresundskraft, personal från Capsol Technologies och Captimise. Demonstrationsanläggningen ägs av Capsol Technologies och Captimise medverkade som oberoende part för drift och utvärdering av testerna.

Öresundskraft ansvarade för grundläggning, vilken bestod av packad grusbädd för avjämning och plåtar, samt anslutning av rökgaser DN80, el, dejonat, tryckluft och rökgaskondensat från kylning av rökgaserna.



Figur 1 Vänster foto visar rökgasanslutningar på befintlig rökgaskanal. Höger foto visar rökgasanslutningar på utsidan av väggen till demonstrationsanläggningen.

Rökgasanslutning gjordes till 2 st studsar placerade intill ljuddämparen på befintlig kanal. En anslutning användes för rökgas till demonstrationsanläggningen medan den andra anslutningen användes för att återföra rökgaser efter avskiljningsanläggningen och avskild koldioxid tillbaka till befintlig rökgaskanal och vidare till skorstenen.



Figur 2 Foton från montage av demonstrationsanläggningen.

Demonstrationsanläggningen anlände i fem huvuddelar som smidigt monterades på plats på Filbornaverket.

5 Resultat

Drift av demonstrationsanläggningen har över lag fungerat bra. Den är utformad för kontinuerlig drift med tillsyn dagtid vilket har gått enligt plan. De driftmässiga problem som har förekommit har varit av karaktären felaktigt material, exempelvis lagerhaveri i en fläkt där lagret inte klarade av temperaturutvecklingen och koppar i en värmeväxlare samt initialt otillräcklig isolering och köldbryggor som gav för stora värmeförluster. Generellt har problemen varit av mindre allvarlig karaktär, med liten påverkan på utförandet av testerna.

För Öresundskraft har testperioden varit lärorik med värdefull erfarenhet inför implementering av en storskalig koldioxidinfångningsanläggning. Utöver drifterfarenheter så har projektet bidragit till kontakt och erfarenhetsutbyte med andra företag inom energibranschen men även potentiella leverantörer av olika delar av CCS-kedjan.

Resultatet av testerna med HPC som absorbent inklusive tillsatser i demonstrationsanläggningen visar på en avskiljningsgrad mellan 80 – 95 %. Avskiljningsgraden påverkas till stor del av anläggningens utformning, exempelvis absorptionskolonnens diameter och höjd i förhållande till rökgastryck och flöde av rökgas och absorbent. Testerna har gett tillräckligt underlag för att kunna optimera en fullskalig anläggning med HPC-teknik. Resultatet av testerna beskrivs mer utförligt i rapporten skriven av Captimise, se *Bilaga 1 HPC test campaign*.

Absorbenten visar ingen betydande påverkan från rökgaserna. Rökgaserna har under testerna kylts till ca 20°C vilket är en lägre temperatur jämfört med en applikation med fullskalig anläggning. Det innebär att rökgasen som avleds till i en fullskalig HPC-anläggning kan ha något högre halter av vissa inkommande föroreningar, såsom partiklar. Halten NO₂, som bidrar till bildandet av stabila salter och därmed förbrukning av absorbent, påverkas dock inte av kylning av rökgaserna. Bedömningen är att all NO₂ i

rökgasen reagerar med absorbenten. För en fullskalig anläggning, baserat på beräkningar och resultat från testperioden, bedöms 20 - 25 % av absorbenten behöva ersättas årligen på grund av reaktion med föroreningar i rökgaserna. Rökgaserna från Filbornaverket har normalt dygnsmedel för NO på 50 – 80 mg/Nm³ våt gas, NO₂ på 1 – 5 mg/Nm³ våt gas respektive SO₂ på 1 – 5 mg/Nm³ våt gas.

Öresundskraft har parallellt med drift av demonstrationsanläggningen utvärderat HPC-tekniken i fullskalig applikation för Filbornaverket. Utvärderingen visar att HPC är en möjlig teknik men att en aminanläggning har fördelar som väger över. Främst är fördelarna med amin-tekniken, vid en implementering i det energisystem där Filbornaverket ingår, högre nettoproduktion av el och en mer flexibel värmeproduktion, dock på bekostnad av periodvis högre kylbehov, för amin-tekniken jämfört med HPC-tekniken. Vilken avskiljningsteknik som passar bäst är specifikt för den anläggning och energisystem där anläggningen ingår, för en annan anläggning kan HPC-tekniken vara mest fördelaktig.

För en fullskalig applikation finns fortfarande osäkerheter gällande kompressors och expanders prestanda. De beräkningar som leverantörer har presenterat visar på att ett system med amin-teknik och värmepumpar ger ett elnetto på cirka 3 MW jämfört med HPC som beräknas medföra att ingen el kan levereras till elnätet. I Öresundskrafts simulering av produktionskostnader för hela fjärrvärmesystemet medför en aminanläggning en lägre total produktionskostnad jämfört med en HPC-anläggning, till stor del beroende på de elintäkter som genereras i fallet med aminanläggning. Det finns dock möjligheter att ytterligare optimera en HPC-anläggning för lägre elförbrukning under perioder med lägre behov av fjärrvärme vilket kan medföra att anläggningen genererar nettoproduktion av el på årsbasis även om anläggningen under delar av året har en förbrukning av el som överstiger den el som genereras av ångturbinen.

Testerna visar att inblandning av tillsatserna, så som bor och vanadin, ger en högre avskiljningsgrad givet alla andra parametrar är oförändrade. För att optimera avskiljningsgrad i förhållande till målsättning om att hålla så lågt tryck på rökgaserna som möjligt, vilket ger lägre elförbrukning för komprimering av rökgaserna, behövs tillsatserna alternativt en ökning av absorptionsytorna i absorberna. Tillsatserna kan vara ett problem ur arbetsmiljöhänseende. Under testerna i demonstrationsanläggningen förekom läckage som hade varit problematiska att hantera ur ett arbetsmiljöperspektiv om de förekom på kontinuerlig basis i en fullskalig anläggning. I en fullskalig anläggning bör gängade flänsar och andra typer av anslutningar som kan medföra läckage undvikas. Läckagen i demonstrationsanläggningen, som inte övergick till fast fas, samlades upp inom den undre containern vars botten är en tät balja för uppsamling av vätska. En storskalig anläggning bör utformas för att minimera risken för läckage samt kompletteras med säkerhetslösningar såsom invallningar för att förhindra att ett läckage når omgivningen.

När det gäller utsläpp till luft bedöms HPC-tekniken ha fördelar jämfört med avskiljning med aminer då kaliumkarbonat i sig inte ger upphov till emissioner som kan vara skadliga för miljön eller människors hälsa. Tillsats av vanadin bedöms främst kunna följa med vattendroppar i rökgasen som lämnar absorberna, effektiv droppavskiljning bedöms medföra mycket låga emissioner. Vanadin är en av de metaller som Öresundskraft har utsläppsvillkor för och som också omfattas av BAT-slutsatser för avfallsförbränning, så det är viktigt att implementering av fullskalig koldioxidavskiljning inte ökar utsläpp av vanadin. Bor bedöms kunna följa med rökgasen i mycket låg halt (ppb-nivå).

Under testperioden gjordes flera besök och presentationer på Filbornaverket. Besökare bestod av representanter från Öresundskrafts styrelse och politiker i stadens ledning, kunder och samarbetspartners till Öresundskraft (såsom fastighetsbolag och industrikunder) samt andra företag som är intresserade av att implementera koldioxidinfångning på sina anläggningar, dels från Sverige och de nordiska länderna, dels från länder på ett större geografiskt avstånd som Spanien, Storbritannien och Malaysia. Studiebesök ordnades också för branschorganisationer som Avfall Sverige och Sweheat samt besökare från Chalmers tekniska högskola, Lunds universitet och KTH.

6 Bilagor

Bilaga 1 HPC test campaign