

Potensiell klimaeffekt ved bruk av CO₂ fra oppgradering av biogass i veksthus



FORFATTERE
KARI-ANNE LYNG

RAPPORTNUMMER
OR 24.20

ÅRSTALL
2020

ISBN NUMMER
978-82-7520-844-4

ISSN NUMMER
2535-812X

RAPPORTTYPE
FORSKNINGSRAPPORT

TILGJENGELIGHET
ÅPEN

NORSUS

PROSJEKTNUMMER

1833

PROSJEKTNAVN

Bærekraftig biogass, NFR p.nr: 269444

OPPDRAGSGIVER

Forskningsrådet/Greve Biogass

REFERANSE

Greve Biogass v/Terje Kirkeng og Forskningsrådet v/Per Arne Karlsen

KVALITETSSIKRER

Hanne Lerche Raadal

ANTALL SIDER

12

EMNEORD

Klimagassregnskap, CO2, veksthus, CCU, biogass

Sammendrag

Den Magiske Fabrikken er den første biogassfabrikken i Norge som utnytter CO₂-gass fra oppgradering av biogass. Gassen transporteres i rør til veksthuset som ligger vegg i vegg, hvor det produseres tomater. Veksthuset er isolert med såpebobler og har dermed lavt energibehov.

I denne rapporten presenteres analyser av klimagassutslipp knyttet til bruk av CO₂ fra oppgradering av biogass til bruk i veksthus, sammenliknet med tilgjengelige alternativer. Det er benyttet livsløpsmetodikk (Life Cycle Assessment – LCA) til å gjennomføre beregningene. I likhet med CO₂ fra oppgradering av biogass vil i de fleste tilfeller industriell CO₂ også være et biprodukt eller en avfallsstrøm fra en annen produksjonsprosess. Det derfor viktig å ha konsistente systemgrenser på tvers av de systemene som sammenliknes. I denne rapporten er det gjennomført analyser med to ulike systemgrenser: CO₂ som gjenvinnbart avfallsprodukt og CO₂ som biprodukt på linje med biogass og biogjødsel.

Resultatene viser at:

- Dersom CO₂ fra oppgradering av biogass ansees som et gjenvinnbart avfallsprodukt som oppstår som en konsekvens av produksjon av biogass og biogjødsel, vil bio-CO₂ få et nærmest neglisjerbart klimagassutslipp (0,0003 kg CO₂-ekvivalenter/kg CO₂). Klimagassutslippene fra fossilt CO₂ som ansees som en gjenvinnbar strøm er beregnet til å være 1 kg CO₂-ekvivalenter/kg CO₂. Overgang fra fossilt CO₂ til bio-CO₂ fra Den Magiske Fabrikken vil dermed gi en utslippsreduksjon på tilnærmet 100%.
- Dersom CO₂ fra oppgradering av biogass ansees som et fullverdig biprodukt på linje med biogass og biogjødsel, gir dette et klimagassutslipp gjennom livsløpet på 0,1 kg CO₂-ekvivalenter/kg bio-CO₂ produsert på Den Magiske Fabrikken. Bruk av industriell CO₂ med fossilt opphav medfører utslipp på 2 kg CO₂-ekvivalenter/kg CO₂ (Europeisk miks). Overgang fra CO₂-gass med fossilt opphav til bio-CO₂ fra Den Magiske Fabrikken medfører dermed en reduksjon på 95%.

Med andre ord vil bruk av bio-CO₂ fra Den Magiske Fabrikken gi et betydelig lavere klimagassutslipp gjennom livsløpet sammenliknet med bruk av fossil CO₂-gass (europeisk miks), uavhengig av hvilke systemgrenser som er valgt.

I tillegg til den dokumenterte klimanytten viser økonomiske analyser som er utført i prosjektet at det kan være lønnsomt å utnytte CO₂ fra oppgradering i biogass. Det anbefales derfor at både eksisterende anlegg og biogassanlegg som er under etablering vurderer muligheten for en bedre utnyttelse av CO₂.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	3
1 Innledning	5
2 Metodikk	6
2.1 Livsløpsanalyse (LCA)	6
2.2 Kvantifisering av miljøpåvirkning	6
2.3 Allokering	7
2.4 Defineringsgrenser og allokeringssprinsipper	8
3 Resultater for klimagassutslipp ved bruk av CO ₂ i veksthus	9
4 Diskusjon og konklusjon	11
5 Referanser	12

1 Innledning

Den Magiske Fabrikken produserer biogass som drivstoff og biogjødsel fra matavfall og husdyrgjødsel. Ved oppgradering av biogass til drivstoffkvalitet økes metaninnholdet i biogassen ved å fjerne CO₂ og andre uønskede gasser. Som en del av forskningsprosjektet Bærekraftig Biogass er det utviklet løsninger for å utnytte strømmen av CO₂ fra oppgradering av biogass ved Den Magiske fabrikken, ved å transportere den i rør til veksthuset som er lokalisert vegg i vegg med biogassanlegget. Disse løsningene er beskrevet i Thomassen og Hovland (2020). Veksthuset er isolert med såpebobler og har derfor lavt energibehov sammenliknet med mer konvensjonelle veksthus. Veksthuset dyrker tomater ved hjelp av biogjødsel og CO₂ fra oppgradering av biogass, og er dermed et eksempel på hvordan matavfallsressurser kan brukes til å produsere ny mat.

Hensikten med denne rapporten er å vurdere miljøeffekten ved bruk av CO₂ fra biogass i veksthuset sammenliknet med CO₂ fra andre kilder, i et livsløpsperspektiv. Rapporten er en del av forskningsprosjektet *Bærekraftig biogass*, som er finansiert gjennom Forskningsrådets EnergiX-program. Klimanytten til alle produktene og tjenestene til Den Magiske Fabrikken er analysert i en egen rapport (Lyng & Saxegård, 2020).

2 Metodikk

2.1 Livsløpsanalyse (LCA)

Livsløpsvurdering (LCA – Life Cycle Assessment) er en velkjent metode for å beregne miljøpåvirkningen fra produkter og tjenester i et helhetlig perspektiv gjennom hele verdikjeden. Metodikken er standardisert gjennom ISO-systemet ISO (2006), og Europakommisjonen har utviklet guidelines for LCA generelt (European Commission Joint Research Centre, 2010) og spesifikt for avfallssystemer (European Commission Joint Research Centre, 2011).

Gjennomføringen av en LCA kan deles opp i frem trinn: definering av hensikt og omfang av studien, datainnsamling, kvantifisering av miljøeffekt og tolkning av resultater.

Hensikten med studien i denne rapporten er å vurdere miljøeffekten ved bruk av CO₂ fra biogass i veksthus sammenliknet med andre reelle alternativer. Analysene er begrenset til miljøpåvirkningskategorien *klimaendringer*. Det benyttes spesifikke tall for produksjon av CO₂ fra Den Magiske Fabrikken, mens det er brukt generiske data for alternativene. Siden datagrunnlaget er av ulik kvalitet, kan ikke resultatene benyttes til å kvantifisere forskjellen mellom de sammenlignende systemene. Men de kan benyttes til å gjøre generelle vurderinger av hvordan bio-CO₂ fra oppgradering av biogass presterer sammenliknet med andre tilgjengelige løsninger, og spesielt kan det gjøres vurderinger knyttet til hvordan opphavet (fossilt eller biogent) til den produserte CO₂ slår ut på det totale klimaregnskapet.

I livsløpsanalyser oppgis miljøbelastningene relatert til en funksjonell enhet. Den funksjonelle enheten skal reflektere tjenesten som produktet gir til brukeren. Den funksjonelle enheten er i denne studien definert som *1 kg CO₂ levert og brukt i veksthus*.

Det presiseres at bruk av CO₂ fra oppgradering av biogass til metan til veksthus ikke kan defineres som CCS (Carbon Capture and Storage) fordi opptak av CO₂ i planter ikke kvalifiserer for langtidslagring av karbon. Men løsningen kan derimot kategoriseres som CCU (Carbon Capture and Utilisation), altså utnyttelse/bruk av oppsamlet CO₂.

2.2 Kvantifisering av miljøpåvirkning

Når en LCA skal gjennomføres, kartlegges alle innsatsfaktorer (material og energibruk) og utstrømmer (utslipp og avfallsstrømmer). Disse strømmene konverteres til miljøpåvirkning, fra enkeltutslipp til potensiell miljøpåvirkning. Eksempler på enkeltutslipp er metan og lystgass som har en potensiell effekt på miljøpåvirkningskategorien klimaendringer. Dette kvantifiseres ofte i form av kg CO₂-ekvivalenter, som er et mål på hvor stor potensiell påvirkning et produkt eller en tjeneste har på klimaendringer/global oppvarming. For å få kg CO₂-ekvivalenter, multipliseres enkeltutslippene med karakteriseringsfaktorer, som skal gjenspeile i hvor stor grad utslippet bidrar til klimaendringer sammenliknet med referansen, som i dette tilfellet er utslipp av CO₂.

Karakteriseringsfaktorene for global oppvarming er utviklet av IPCC, og eksempelvis har metan (CH₄) faktoren 30,5 kg CO₂-ekvivalenter/kg metan (30,5 ganger større påvirkning enn CO₂ når det gjelder klimaendringer, mens lystgass (N₂O) har en faktor på 265 kg CO₂-ekvivalenter/kg lystgass (IPCC, 2013).

Faktorene kan endre seg etter hvert som man får mer kunnskap om hvordan ulike utslipp påvirker atmosfæren.

Det skilles også mellom fossil og biogen karbondioksid (CO₂). Fossil CO₂ består av karbon som er tatt ut fra sokkelen, og som fortsatt ville vært lagret der i tusenvis av år hvis den ikke ble hentet ut. Biogen CO₂ derimot, representerer karbon som er i naturlig sirkulasjon i atmosfæren. Dette kan være CO₂ som tas opp av et tre under vekst, og når treet hugges og brennes, så vil den samme mengden karbon slippes ut i atmosfæren igjen. Tilsvarende vil være med karbon som er i matavfallet som ble tatt opp av planter eller dyr når maten ble produsert, og som vil slippes ut i atmosfæren igjen når matavfallet går til avfallshåndtering. Mens 1 kg fossil CO₂ bidrar til utslipp på 1 kg CO₂-ekvivalenter, er det vanlig å gi biogen CO₂ faktoren 0, fordi det ikke vil bidra til å øke konsentrasjonen av karbon i atmosfæren.

2.3 Allokering

Når flere produkter har felles produksjonsprosess, og det ikke er mulig å splitte opp prosessene på en slik måte at den kan fordeles på sluttproduktene, er det vanlig å allokere miljøpåvirkningene til fellesprosessene mellom de ulike sluttproduktene. Dette kan for eksempel gjøres på basis av masse, energi eller økonomi.

Når bio-CO₂ tas ut fra oppgradering av biogass, er oppgraderingsprosessen en felles prosess for produksjon av biometan (oppgradert biogass) og CO₂, og utråtningsprosessen er en felles prosess for produksjon av både biorest, oppgradert biorest og CO₂. Miljøpåvirkningen fra disse prosessene må derfor fordeles mellom sluttproduktene.

Dersom man følger allokeringss prinsippene til utslippsdatabasen ecoinvents mest brukte database *Allocation, cut off by classification*, kan utstrømmene fra en produksjonsprosess deles inn i tre kategorier (ecoinvent, 2019):

- ordinære biprodukter
- gjenvinnbare avfallsprodukter
- avfallsstrømmer

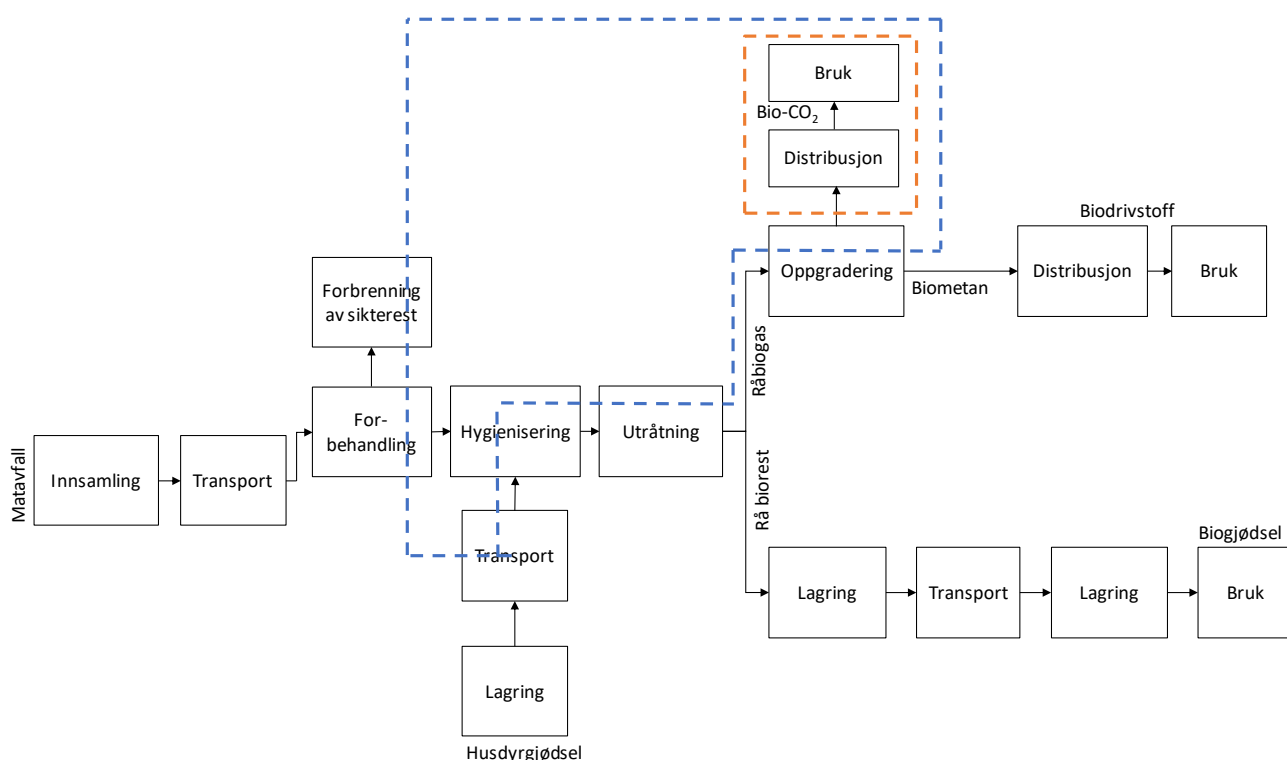
Denne allokeringemetodikken er i tråd med Polluter Pays Principle (International EPD system, 2015). Ordinære biprodukter er produkter som har et marked og en bruker, mens gjenvinnbare avfallsprodukter representerer utstrømmer med liten eller ingen økonomisk verdi, men som kan brukes som innsatsfaktor i gjenvinning eller andre produksjonsprosesser. En avfallsstrøm, derimot, er definert som en strøm med ingen økonomisk verdi og hvor det ikke er insentiver for innsamling uten økonomisk kompensasjon.

Basert på disse prinsippene skal miljøbelastningen knyttet til produksjonsprosessen og sluttbehandlingen av avfallsstrømmene fra produksjonsprosessen belastes de ordinære biproduktene. Gjenvinnbare materialer som utnyttes skal ikke belastes for produksjonsprosessen, men skal kun ha miljøbelastningene knyttet til videre prosessering, distribusjon, bruk og avfallshåndtering. Avgjørelsen om hvorvidt en strøm skal defineres som et ordinært biprodukt eller et gjenvinnbart avfallsprodukt vil ikke alltid være åpenbar, og vil kunne forandre seg over tid dersom etterspørselen for produktet øker.

2.4 Definerings av systemgrenser og allokeringssystemer

Basert på prinsippene beskrevet i delkapitlet om allokering ovenfor, kan systemgrensene i en LCA for CO₂ fra oppgraderingsprosessen i et biogassanlegg til bruk i veksthus deles inn på følgende måter:

- CO₂ defineres til å være et gjenvinnbart avfallsprodukt** fra oppgraderingen av biogassen til drivstoff, ut ifra at den per i dag ikke har noen økonomisk verdi og uten tilstrekkelige incentiver for å utnytte strømmen. Oppgraderingsprosessen allokeres derfor i sin helhet til biogassen. Systemgrensene er illustrert ved oransje stiplet linje i Figur 1-1.
- CO₂ defineres som et høyverdig produkt på lik linje med biodrivstoff og biogjødsel**, og produsert mengde CO₂ allokeres mellom de tre produktene basert på masse (for bioresten er det mengde tørrstoff som teller som masse i allokeringssystemene). Dette er illustrert ved blå stiplet linje i Figur 1-1.

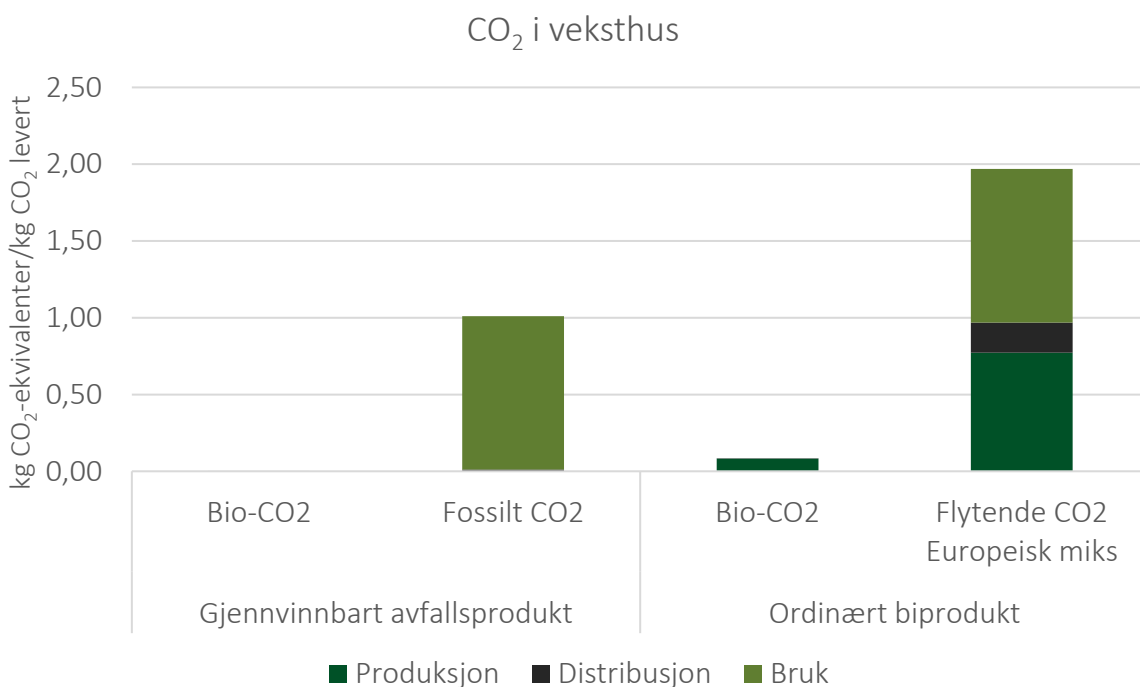


Figur 1-1 Systemgrenser for utnyttelse av bio-CO₂ fra oppgradering av biogass

Konkurrerende produkter (fossil CO₂) vil ha samme type problemstilling fordi de i mange tilfeller også er biprodukter eller en avfallsstrømmer fra en annen produksjonsprosess. Det er derfor svært viktig å basere seg på samme prinsipielle grunnlag når miljøbelastningen til konkurrerende produkter skal sammenliknes, for å sikre konsistente systemgrenser.

3 Resultater for klimagassutslipp ved bruk av CO₂ i veksthus

Resultater for ulike alternativer for CO₂ i drivhus vises i Figur 2-1. Det understrekes at det er innhentet spesifikke data for produksjon av bio-CO₂ ved Den Magiske Fabrikken, men at det brukes databasetall for fossilt CO₂. Siden datagrunnlaget er av ulik kvalitet, kan ikke resultatene benyttes til å kvantifisere forskjellen mellom de sammenlignede systemene. De kan derimot benyttes til å gjøre generelle vurderinger av hvordan bio-CO₂ fra oppgradering av biogass presterer sammenliknet med andre tilgjengelige løsninger, og spesielt kan det gjøres vurderinger knyttet til hvordan opphavet (fossilt eller biogent) til CO₂ som brukes i veksthus slår ut på det totale klimaregnskapet.



Figur 3-1 Resultater for produksjon, distribusjon og bruk av biogent og fossil CO₂ i drivhus fra ulike kilder.

Figuren viser at bruk av biogent CO₂ i drivhus gir vesentlig lavere utslipp av klimagasser enn CO₂ fra fossile kilder, først og fremst fra bruksfasen (vist ved lys grønt). Hovedårsaken til dette er at biogent CO₂ representerer karbon som er i naturlig sirkulasjon i atmosfæren, noe som medfører at netto opptak/utslipp regnes som 0 og dermed får biogent CO₂ ikke utslipp i bruksfasen.

Videre sees at vurderingen av hvorvidt bio-CO₂ skal ansees som et ordinært biprodukt, det vil si et produkt på lik linje med biodrivstoff og biogjødsel fra utråtningsprosessen, eller som et gjenvinnbart avfallsprodukt med liten økonomisk verdi, påvirker utslippene fra produksjonsfasen (vist ved mørk grønn). Dersom det antas å være et biprodukt, vil en masseallokering mellom produktene (tørrstoff for biogjødsel) medføre at bio-CO₂ skal ha produksjonsutslipp tilsvarende 2 % av belastningen fra de felles produksjonsprosessene (transport av husdyrgjødsel og utråtning) og 3% av oppgraderingsprosessen. Dette resulterer i potensielle klimagassutslipp på 0,08 kg CO₂-ekvivalenter/kg bio-CO₂ levert til drivhus. Andelen av produksjonsutslippene som allokeres til bio-CO₂ vil øke dersom en større andel utnyttes. Dette vil medføre en tilsvarende reduksjon på klimagassutslippet til biogass og biogjødsel.

Dersom bio-CO₂ fra oppgradering av biogass ansees som et gjenvinnbart avfallsprodukt, og derfor ikke skal ha miljøbelastninger fra produksjonsprosessen, vil miljøbelastningen utelukkende knyttes til elektrisiteten som er nødvendig for å transportere CO₂ fra oppgradering til veksthus (vist ved svart). Det understrekes at analysene ovenfor gjelder for veksthus som er lokalisert vegg-i-vegg med biogassanlegget, og at bio-CO₂ dermed kan transporteres ved hjelp av rør og ikke må tankes for videre transport med bil.

Til sammenlikning har flytende CO₂ kjøpt på det europeiske markedet en potensiell klimabelastning på i underkant av 2 kg CO₂-ekvivalenter per kg CO₂ levert, gitt at det kommer fra en fossil kilde.

Dette viser at det, ved sammenlikning av ulike kilder for CO₂ i drivhus, er viktig å benytte konsistente modelleringsprinsipper og systemgrenser på tvers av alternativene. Det er også verdt å merke seg at dersom bio-CO₂ «tar ansvaret for» en andel av belastningen knyttet til produksjonen, vil dette medføre noe redusert miljøbelastning for de andre biproduktene (biodrivstoffet og biogjødsel).

Det bør også presiseres at CO₂ som er et avfallsprodukt fra en annen produksjonsprosess, sannsynligvis ville blitt sluppet ut direkte fra denne prosessen dersom det ikke hadde blitt fanget til annen bruk. For fossilt CO₂ vil det si at miljøbelastningen knyttet til bruk av CO₂ flyttes fra produsenten av hovedproduktet til brukeren av CO₂ når CO₂ utnyttes. Men så lenge opphavet til den produserte CO₂ er fossilt, vil det medføre utslipp i bruksfasen og således vesentlige høyere utslipp enn bruk av biogent CO₂.

4 Diskusjon og konklusjon

Når potensiell klimapåvirkning ved bruk av CO₂ fra oppgradering i biogass i veksthus skal sammenliknes med andre kilder for CO₂, er det viktig å ha konsistente systemgrenser. I denne rapporten er det gjort sammenlikninger med to ulike systemgrenser: CO₂ definert som et gjenvinnbart avfallsprodukt fra biogassanlegget og CO₂ definert som et ordinært biprodukt på linje med biogass og biogjødsel.

Drivhuset som er lokalisert vegg i vegg med Den Magiske Fabrikken er et boblevesthus med svært lavt energibehov, og CO₂ fra oppgradering av biogass er derfor sammenliknet med industriell CO₂ i denne rapporten. Resultatene viser at utnyttelse av CO₂ fra Den Magiske Fabrikken gir lavere klimagassutslipp enn fossilt CO₂ uavhengig av hvilke systemgrenser som er valgt.

Resultatene i rapporten er ikke nødvendigvis gyldige for andre typer veksthus der biogent CO₂ vil erstatte andre kilder for CO₂, som f.eks naturgass (som også vil bidra med varme til veksthuset).

I tillegg til den dokumenterte klimanytten viser økonomiske analyser som er utført i prosjektet Bærekraftig Biogass at det er lønnsomt å utnytte CO₂ fra oppgradering i biogass inn i et veksthus som ligger vegg i vegg til anlegget (Stensgård & Hovland, 2020). Den Magiske Fabrikken er den første biogassfabrikken i Norge som utnytter CO₂ fra oppgraderingen. Det anbefales derfor at både eksisterende og biogassanlegg som er under etablering vurderer muligheten for en bedre utnyttelse av CO₂.

5 Referanser

- ecoinvent. (2019). Allocation cut-off by classification. The system model "Allocation, cut-off by classification", or cut-off system model in short, is based on the Recycled Content, or Cut-off, approach. Hentet fra <https://www.ecoinvent.org/database/system-models-in-ecoinvent-3/cut-off-system-model/allocation-cut-off-by-classification.html>
- European Commission Joint Research Centre. (2010). *ILCD handbook. International Reference Life Cycle Data System. General guide for Life Cycle Assessment. Detailed guidance.* .
- European Commission Joint Research Centre. (2011). *Supporting Environmentally Sound Decisions for Waste Management. A technical guide to Life Cycle Thinking (LCT) and Life Cycle Assessment (LCA) for waste experts and LCA practitioners.* (JRC Scientific and Technical Reports).
- International EPD system. (2015). *General Programme Instructions for the International Epd® System 2.5.* Available at: <http://www.environdec.com/en/The-International-EPD-System/GeneralProgramme-Instructions/>.
- IPCC. (2013). *Climate Change 2013. The Physical Science Basis. Working Group I contribution to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)* <http://www.climatechange2013.org>.
- ISO. (2006). *ISO 14044:2006 Environmental Management - Life Cycle Assessment - Requirements and guidelines.* International Standardisation Organisation.
- Lyng, K.-A. & Saxegård, S. (2020). Livsløpsvurdering av produktene og tjenestene til Den Magiske Fabrikken: Avfalls- og gjødselhåndtering, biodrivstoff, biogjødsel og bio-CO₂. NORSUS OR23.20.
- Stensgård, A. & Hovland, J. (2020). *Økonomianalyse: Utnyttelse av CO₂-gass fra Den Magiske Fabrikken i veksthuset til Grønt Skifte AS. Østfoldforskning OR.22.20. Lukket rapport.*
- Thomassen, T. & Hovland, J. (2020). *Sustainable biogas – Bærekraftig biogass. Use of CO₂.* Sintef Tel-Tek.