

2019:00519 - Åpen

Rapport

Beslutningsstøtteverktøy for etablering av en bio-sirkulær industriklynge i Orkdalsregionen

Forberedende prosjekt

Forfatter(e)

Adrian S. Werner, Ulf Johansen, Eli Sandberg



SINTEF Industri

Postadresse:
Postboks 4760 Torgard
7465 Trondheim
www.sintef.no

Foretaksregister: NO 948007029 MVA

EMNEORD:

Sirkulær økonomi, Industriell
symbiose, Optimering

Rapport

Beslutningsstøtteverktøy for etablering av en bio-sirkulær industriklynge i Orkdalsregionen

Forberedende prosjekt

VERSJON
1.0

DATO
22. mai 2019

FORFATTER(E)
Adrian S. Werner, Ulf Johansen, Eli Sandberg

OPPDRAGSGIVER(E)
Hamos, Næringsshagen i Orkdalsregionen

OPPDRAGSGIVERS REFERANSE

PROSJEKT
102018848

ANTALL SIDER OG VEDLEGG
28

SAMMENDRAG

Orkanger er et industriområde i Trøndelag der sirkulær økonomi kan settes i system og skape økonomiske og miljømessige gevinster samt fremtidige industriarbeidsplasser. En bio-sirkulær industriklynge som utnytter ressurser mer effektivt kan være møteplass og utviklingsarena for den fremtidige industrien i Orkdalen men potensialet er langt fra fullt utnyttet.

Verktøy for beslutningsstøtte basert på matematiske tilnærminger, som optimeringsmodeller eller input-output-metoder, kan understøtte analyser med faktabasert og objektiv kunnskap. Slike metoder kan vurdere komplekse sammenheng, se muligheter, finne forslag til gode beslutninger og verdsette forbedringspotensialet. Kvaliteten til innsiktene fra verktøyene er imidlertid svært avhengig av både selve utformingen av verktøyene og kvaliteten og omfanget av informasjonen som mates inn.

To studentprosjekter har tidligere kartlagt ressursstrømmer i Orkdalsregionen og sett på mulighetene for synergier. Denne rapporten bygger på kartleggingen og diskuterer mulige data og datakilder samt metoder for datainnsamling for å lage et kvantitativt beslutningsstøtteverktøy for utforming og drift av en bio-sirkulær industriklynge. Ut ifra avklarte forventninger, tiltenkt bruk og målsettinger presenterer rapporten også et forslag til egnet optimeringsmodell og databasestruktur og skisserer veien mot et videreførende prosjekt.

UTARBEIDET AV
Adrian S. Werner

SIGNATUR



KONTROLLERT AV
Vibeke Stærkebye Nørstebø

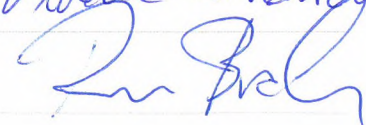
SIGNATUR



GODKJENT AV
Rune Bredesen

SIGNATUR

22. 5. 2019



RAPPORTNUMMER
2019:00519

ISBN
978-82-14-06359-2

GRADERING
Åpen

GRADERING DENNE SIDE
Åpen

Historikk

VERSJON	DATO	VERSJONSBEKRIVELSE
1.0	22. mai 2019	

Innhold

1	Introduksjon	5
2	Datainnsamling og supplerende informasjonskilder	7
3	Material- og energiflyt – eksisterende og planlagte symbioser og nye aktører i klyngen	11
4	Økonomiske transaksjonsdata fra bedriftene i Thamsklyngen	14
5	Analyser og verktøy for beslutningsstøtte – skisse videreførende prosjekt	15
5.1	Optimeringsmodeller	15
5.2	Eksempler for relevante verktøy og optimeringsmodeller	16
5.3	Skisse optimeringsmodell	19
5.4	Forslag til databasestruktur	20
5.5	Mulige anvendelser og bruk av verktøyet	23
5.6	Veien videre	24
6	Oppsummering	27

Sammendrag

Næringslivet i Orkdalsregionen har ambisjoner om å danne en bio-sirkulær industriklynge som utnytter de lokale ressursene mer effektivt. Det eksisterer allerede flere eksempler på symbioser i form av utnyttelse av spillvarme og andre restprodukter mellom bedriftene. Flere av bedriftene samarbeider også når det gjelder kjøp og salg av tjenester. Potensialet er likevel langt fra fullt utnyttet.

Denne rapporten presenterer resultatene fra et forberedende prosjekt med Næringshagen i Orkdalsregionen, Thamsklyngen og Hamos. Prosjektet skal danne grunnlaget for et beslutningsstøtteverktøy som skal bidra til å realisere ambisjonene.

Den anbefalte modellen skal finne effektiv anvendelse av biprodukter og ressurser og matche tilgjengelig volum med effektive anvendelsesområder, både eksisterende og nye. Ved hjelp av modellverktøyet kan man konkludere på anbefalinger om effektiv bruk av biprodukter, samt potensialet for nyetableringer, verdiskaping og eventuelt behovet for økte insentiver for å få til samarbeid. Med komplementære modeller kan også økonomiske ringvirkninger og miljøeffekter av bio-sirkulære symbioser beregnes.

Modellen vil kreve detaljerte økonomiske og tekniske data fra partnerbedrifter, samt innhenting av data fra supplerende kilder, med påfølgende bearbeiding av dataene. I denne rapporten foreslås det en databasestruktur som skal bidra til at dataene som hentes inn har et konsistent format. Det anbefales at det tilrettelegges for videre bruk av datamaterialet, både for næringslivet i Orkdalsregionen, men også for andre klynger eller forskningsformål.

1 Introduksjon

Orkanger er et industriområde i Trøndelag der sirkulær økonomi kan settes i system og skape økonomiske og miljømessige gevinster samt fremtidige industriarbeidsplasser. Bedriftene i området benytter, foredler og produserer ressurser og produkter relatert til både biomasse (hav- og landbruk), avfall, varme, metaller og materialer. En bio-sirkulær industriklynge kan være møteplass og utviklingsarena for den fremtidige industrien i Orkdalen.

Utviklingen av industriklyngen skal sikre økt verdiskapning i regionen, føre til økt innovasjon, lavere miljøfotavtrykk og regional kompetansebygging. Det eksisterer allerede et samarbeidsforum for bedrifter i regionen som jobber sammen mot dette målet. Dette samarbeidsforumet ble initiert av en mulighetsstudie finansiert av Trøndelag Fylkeskommune. Mulighetsstudien viser at det til tross for eksisterende samarbeid mellom enkeltbedrifter er betydelige ressursstrømmer som ikke benyttes av regionale aktører og at det er store uutnyttede energistrømmer i området. Gode verktøy for beslutningsstøtte basert på kvantitative metoder kan bidra til å øke utnyttelsen av disse ressursene. Dette kan for eksempel være i form av anbefalinger om samarbeid mellom eksisterende og nye aktører eller gjennom analyser av ulike innovasjoner eller politiske virkemidler og deres økonomiske og miljømessige effekter på klyngen og regionen. Verktøyene vil også kunne benyttes for helhetlige analyser av bedriftsøkonomiske, miljømessige, teknologiske og samfunnsmessige aspekter.

Ifølge Lea (2018) er det meste av litteraturen om symbioser og sirkulær økonomi fortsatt kvalitativt preget og det finnes få systematiske kvantitative kartlegginger og utviklede verktøy for beslutningsstøtte. De fleste kvantitative tilnæringer fokuserer på operasjonelle aspekter, det vil si daglig drift mellom bestemte aktører, med tilhørende høy modellkompleksitet og store krav til tilgang til data. I en analyse av aktuelle klynger og industrielle symbioser i Europa peker Domenech et al. (2019) også på lite kvantitativ forskning, med unntak av dedikerte case-studier og ulike rammeverk for evaluering. Ifølge forfatterne er mange symbioser i Norge, Sverige og Island drevet av en aktørstyrt tilnærming ("bottom-up") mens en mer proaktiv og målrettet prosess ("top-down") skal være dominerende i Danmark og Finland. På den annen side beskriver Jacobsen (2006) hvordan utveksling og kaskadering av vann og damp mellom aktører i Kalundborg (Danmark) ble satt i gang og tilpasset til aktørenes endrede behov trinnvis over mange år. Domenech et al. (2019) sier videre at mange symbioser oppstår ad-hoc, utvikler seg over tid og som oftest er egenorganisert mellom aktører, men at de også kan dra god nytte av tilrettelegging. Industriklynger er en viktig del av næringslivet i en kommune og større region. Derfor er det viktig at tilrettelegging for slike klynger gjøres målrettet for å gagne regionen best mulig, ikke bare med tanke på økonomi og næringsutvikling, men også for sysselsetting og miljøfotavtrykk.

Verktøy for beslutningsstøtte basert på matematiske tilnæringer, som optimeringsmodeller eller input-output-metoder, kan understøtte omfattende analyser med faktabasert og objektiv kunnskap. Slike metoder kan vurdere komplekse sammenheng, se muligheter, finne forslag til gode beslutninger og verdsette forbedringspotensialet. De kan dermed hjelpe til å belyse situasjonen og effektene av ulike virkemidler fra flere sider. Kvaliteten av innsiktene fra slike verktøy er imidlertid svært avhengig av både selve utformingen av verktøyene og kvaliteten og omfanget av informasjonen som mates inn.

Som et første steg i utviklingsprosessen har det forberedende prosjektet derfor fokusert på å identifisere hvilken informasjon som er tilgjengelig for bruk i en kvantitativ beslutningsstøtte for utforming og drift av en bio-sirkulær industriklynge. Dette arbeidet bygger videre på tidligere kartleggingsaktiviteter som er utført gjennom sommerstudentprosjekter i 2017 og 2018 (Lønvik and Limi (2017), Dahl et al. (2018a)). Denne rapporten gir en oversikt over eksisterende og potensielle aktører, hoved- og biproduktstrømmer av både materialer og energi, samt økonomisk informasjon som reskontrodata og hvordan disse kan utnyttes.

Arbeidet i dette prosjektet er utført i samarbeid med Thamsklyngen og industrimiljøet i Orkdalsregionen men skal føre til utvikling av verktøy for beslutningsstøtte for analyser på et mer generelt plan, som andre potensielle eller eksisterende klynger kan dra nytte av, og som kan brukes i et regionalt perspektiv. Det er derfor verken

hensiktsmessig eller effektivt per nå å få en detaljert og fullstendig oversikt over alle ressursstrømmer. I tillegg er innovasjonstrykket rundt industrielle symbioser og (bio-)sirkulære prosesser høyt, og oversikten vil nesten aldri være ajour eller komplett. For å kunne gi gode råd bør et datadrevet verktøy for beslutningsstøtte og analyser kunne benytte seg av så aktuelle data som mulig. Derfor er det uunnværlig med et godt rammeverk rundt datainnsamlingen for å kunne avklare spørsmål som: Hvilken informasjon er tilgjengelig i hvilken form? Hvor ofte oppdateres den? Hvor enkelt er det å kvalitetssikre den og legge inn i oversikten? Finnes det supplerende informasjon, for eksempel hvilke offentlige kilder som kan være relevante? Er noe av informasjonen konfidensiell, og hvordan kan det håndteres? Hvordan kan informasjonen struktureres, for eksempel i form av en database, slik at den både enkelt kan oppdateres eller tilpasses nye analyser og lett kan tjene som input til matematiske modeller for beslutningsstøtte? I tillegg bør et rammeverk tilrettelegge for enkel bruk av modellresultater i mer omfattende analyser. Kapitlene 2 til 4 beskriver og oppsummerer relevante prosjekresultater.

For en kartlegging av eksisterende og potensielle symbioser mellom bedrifter er det to typer kvantitative data som er mest relevante: material- og energistrømmer, som er nærmere belyst i kapittel 3, og økonomiske strømmer, som er diskutert i kapittel 4. Kjenner man begge disse strømmene, kan *verdien* av produktene / materialene estimeres slik at man i neste omgang kan finne forslag til bruk, gjenbruk eller ombruk til høyest mulig verdi. Ved å gruppere aktørene etter lokasjon, for eksempel i klyngen, i regionen og nasjonalt, kan dataene si noe om betydningen av samarbeidet, for eksempel verdiskaping og sysselsetting, på ulik geografisk skala.

Neste steg i arbeidet er rettet mot utvikling av verktøy for beslutningsstøtte. Dette arbeidet er tett knyttet til resultatene fra første steg. Verktøyene skal være konsistente og helhetlige, slik at de kan benyttes for å legge til rette for best mulig ressursutnyttelse og større utnyttelse av klynge- og samarbeidseffekter. De skal være koblet til plattformene for informasjonsutveksling og kunne gi beslutningsstøtte både til enkeltbedrifter i klyngen og til klyngen som helhet. Dermed er det viktig med en god forankring hos prosjektpartnerne som potensielle brukere slik at verktøyene kan utformes på best mulig måte. I dette prosjektet ble det avklart forventninger, tiltenkt bruk, målsettinger og funksjonalitet for verktøyene. I tillegg ble veien videre mot et større videreførende prosjekt som er dedikert til å utvikle og implementere verktøyene lagt opp. Kapittel 5 beskriver generelle trekk ved matematiske modeller for beslutningsstøtte og gir eksempler på analyser som kan gjennomføres. Videre skisseres det forslag til optimeringsmodell, databasestruktur og flere aspekt rundt videreførende aktiviteter.

Den viktigste målgruppen for løsningene som blir utviklet er bedriftene i Orkanger og Orkdalsregionen. Hamos samler inn og videredistribuerer kommunalt og industrielt avfall. Gjennom klyngesatsingen ønsker Hamos å legge til rette for at andre aktører kan utvikle nye produkter og tjenester basert på de ressursstrømmene Hamos håndterer. Videre vil de øvrige partnerbedriftene i klyngen; Allskog Bio AS, Con-Form Orkanger AS, Mardal Eiendom AS, Norsk Gjenvinning metall, Technip Norge AS Orkanger, Elkem ASA, Salvesen & Thams, Isfjord Norway AS, Norsk Kylling, Nutrimar AS, Retura, Shawcor Norway AS, Orkel, samt Næringshagen i Orkdalsregionen (NiO) videreutvikle egne produkter og nye koblinger basert på forskjellige tilgjengelige ressursstrømmer. Resultatene vil imidlertid være viktig også for regionen med tanke på økt verdiskaping, nye arbeidsplasser og et mer robust og konkurransekraftig næringsliv. Verktøyene som utvikles, både dataplattformen, protokollene for datainnsamling og beslutningsstøtteverktøyet, skal derfor være utformet generelt, slik at de lett vil kunne overføres til andre klynger og næringer.

Arbeidet beskrevet i denne rapporten ble utført vinteren/våren 2019 av SINTEF i samarbeid med Thamsklyngen ved NiO og Hamos, med finansiell støtte fra Innovasjon Norge og NiO. Kapitlene 3 og 4 beskriver resultatene for henholdsvis material- og energistrømmer og økonomiske forhold. Kapittel 5 skisserer innholdet i et eventuelt videreførende prosjekt: Avsnitt 5.3 beskriver hovedelementene i en optimeringsmodell som vil være kjernen i et slikt verktøy, mens avsnitt 5.4 beskriver viktige tabeller i en mulig database som leverer input til og mottar resultater fra modellen. Mulige anvendelsesområder og analyser som kan gjennomføres ved hjelp av et datadrevet verktøy for beslutningsstøtte er beskrevet i avsnitt 5.5. Avsnitt 5.6 tar for seg organisatoriske aspekter ved en søknad for et videreførende prosjekt. Kapittel 6 oppsummerer rapporten.

2 Datainnsamling og supplerende informasjonskilder

Strukturering og systematisering

Et resultat fra en modellkjøring blir aldri bedre enn det som blir puttet inn i modellen. Det er derfor viktig med et godt datagrunnlag som bør være så omfattende og aktuell som mulig. Samtidig bør innsatsen brukt på datainnsamling balanseres mot omfanget av modellkjøringene og analysene. Et godt utformet skjema eller verktøy for datainnsamling, som så bør kunne kobles med analyseverktøyene, kan forenkle dataarbeidet.

Det kan imidlertid være utfordrende å finne frem til en god utforming av datainnsamlingskjemaet: Analyser og underliggende matematiske modeller gir føringer på hvilke data som kreves som input til modellene og i hvilken form.¹ Samtidig påvirker modellinput og -resultater hvordan databasen bør settes opp. Videre bør skjema for datainnhenting og dataoppdatering være tilpasset databasen informasjonen skal inngå i. I tillegg er omfanget og utformingen av analyser og modeller styrt av hvilken informasjon som er tilgjengelig fra ulike kilder. For å lande på godt utformete og samstemte verktøy kreves det altså flere runder med tett samarbeid mellom trinnene utforming, innsamling og analyse. Rapporten skisserer forslag til utforming. Disse bør presiseres og tilpasses i flere iterasjoner i et videreførende prosjekt når flere detaljer på tiltenkt bruk av og krav til analyseverktøy er avklart.

Gjennom tjenesten Proff Forvalt (proff.no), og utvidet tilgang til å hente ut regnskapsdata, kan man få oversikt over aktive bedrifter i området, og hvilken næringsgruppering disse tilhører. Dette kan brukes til å identifisere næringer med stort potensial for samarbeid i regionen, men også som grunnlag for å estimere transportkostnader og dermed lønnsomhet av potensielle symbioser.

Med den økende interessen for sirkulærøkonomi og grønn næringsutvikling vil det trolig også bli økt interesse for kartlegging av biproduktstrømmer. I denne sammenhengen vil også biproduktstrømmene som opptrer sporadisk og/eller har lave volum være av interesse. I tillegg bør kvalitetsindikatorer på biproduktene være en dimensjon som tas med i datainnsamlingen, da dette vil kunne påvirke videre anvendelse. Å finne disse må gjøres i samarbeid med bedriftene som kjenner egenskapene til materialene som kan benyttes som innsatsfaktorer. Informasjon om alle biproduktstrømmer og kvalitetsindikatorer bør derfor samles inn, og helst i et format som kan brukes av flere og i flere sammenhenger.

Lønvik and Limi (2017) har intervjuet 15 bedrifter i Orkdalsregionen om innsatsfaktorer, produkter og biprodukter men har ikke lyktes med å samle inn et systematisk og fullstendig datagrunnlag. For eksempel, så oppgis mengde i tonn, masse og lastebillass. Dette kan være av åpenbare grunner som hensyn til konkurranseforhold. Studentene forberedte et dataark (se tabell 1) som er delvis utfyllt med informasjon fra hver bedrift om hva de produserer og hvor mye de produserer, kartlegging av innsatsfaktorer; hva, hvor mye og leverandører. De oppga også biprodukter; hva og hvor mye, samt hvor de selger produkter og eventuelt biprodukter. Dette dataarket er basert på manuelt utfylte data. Denne type datainnsamling er tidkrevende (studentene brukte mellom 60 og 90 minutter per bedrift) og gir et øyeblikksbilde. Tiden brukt øker for hver bedrift som skal inkluderes i datasettet, samt at informasjonen bør holdes så oppdatert som mulig for hver gang den skal benyttes til analyser.

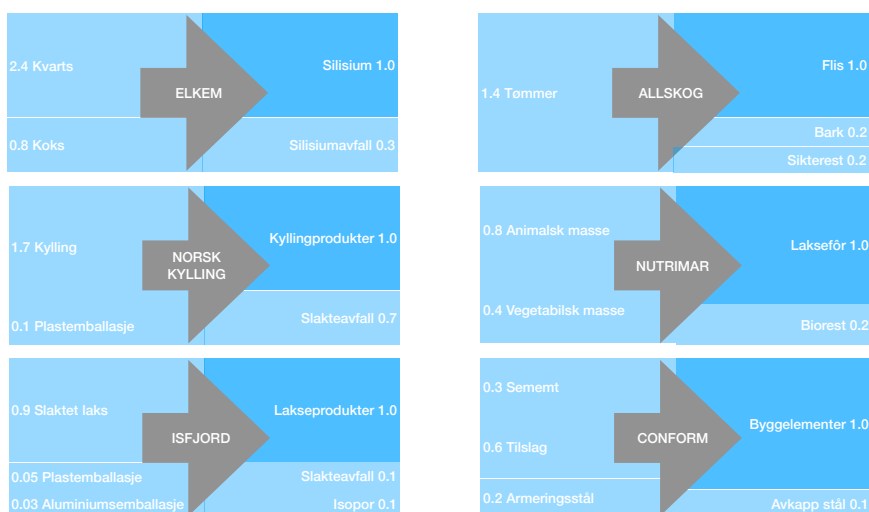
Også Dahl et al. (2018a) diskuterer hvordan innhenting av data kan systematiseres og struktureres. De nevner blant annet et forslag til et grafisk verktøy som kan illustrere andelene for inn- og outputproduktene i de enkelte bedriftene, se figur 1.

For å kunne bruke dataene videre til beslutningsstøtte etter en kartlegging og for videre datainnsamling er det viktig å kunne koble de innsamlete dataene til en database, for eksempel som den som er skissert i kapittel

¹Det kan være data som beskriver tilgjengelige ressurser og kvalitet, variabilitet (for eksempel sesongvariasjoner), bearbeidingsprosesser, mulige anvendelser og produkter, bedrifter, effekter på bedriftsøkonomi, miljø og verdiskaping i samfunnet.

		Aktør 1	Aktør 2	...
Input	hva	...	...	...
	hvor mye	...	...	...
	fra hvor	...	...	...
Produkt	hva	...	...	...
	hvor mye	...	...	...
Bistrøm	hva	...	...	...
	hvor mye	...	...	...
Marked	Produkt	...	...	...
	Bistrøm	...	...	...

Tabell 1: Skjema for strukturering av innhentete data benyttet i kartlegging 2017



Figur 1: Forslag for grafisk verktøy til datainnsamling (Dahl et al., 2018b)

5.4. Til dette formålet er det viktig med en egnet struktur for å gjøre lagring, oppdatering og kvalitetssikring av dataene sikkert og enkelt. En Excelmal kan være et nyttig verktøy, fordi de fleste kjenner Excel, og barrieren for å samle inn data blir mindre. Samtidig er Excelfiler enkle å koble på annet verktøy.

Enda mer egnet er kanskje et (interaktivt) web-grensesnitt. Et slikt grensesnitt kan også være koblet til en database som ligger i bakkant (eventuelt skybasert) og som en bruker ikke vil måtte forholde seg til. Det kan også være koblet til Excel, om det er hensiktsmessig og ønskelig for brukeren. Fordelen med et slikt grensesnitt for datainnsamling er at det kan være lettere for brukere å forholde seg til, og fylle inn i, samt en tryggere løsning for å få data inn på riktig måte og i riktig format.

Trøndelag Fylkeskommune er prosjektpartner i Interreg BSR-prosjektet “**Baltic Industrial Symbiosis**” (BIS), med Trøndelag som case-region. For å skaffe til veie informasjon om aktørenes potensiale og motivasjon for prosjekter og nettverksbygging innen ressursoptimering, industrielle symbioser og grønn næringsutvikling, utviklet prosjektet et omfattende kartleggingsverktøy i Excel-format. Enkeltark ser for eksempel på detaljer om forretningsmodell, kartlegging av input og output (ressurstømmer, forbruk, potensiale), energi, vann og materialer (typer, forbruk, overskudd, muligheter). Det bemerkes at datainnsamlingen tar tid og at skjemautfylling krever veiledning i en-til-en-møter med aktørene. Informasjonen kan derfor være mangelfull eller feil og involverer mye manuell arbeid. Skjemaet er imidlertid godt strukturert og detaljert også med tanke på videre kvantitative analyser. Det kan derfor tjene som verdifullt grunnlag for videre arbeid mot beslutningsstøtteverktøy.

Et Eksperter-i-Team-prosjekt på NTNU våren 2019 hadde som tema “Digitalisering for sirkulær økonomi”. Studentene jobbet med et konsept for en plattform for kunnskapsdeling, med Thamsklyngen som case. Avslutningsrapporten fra dette arbeidet var ikke gjort tilgjengelig da denne prosjektrapporten ble utarbeidet. Det kan dog være en mulighet å ta ideene derfra videre sammen med innsikt fra dette prosjektet, for eksempel i et studentprosjekt, mot en mer generell plattform for informasjonssinnhenting og -deling. En slik plattform kan tjene som et bindeledd mellom ulike datakilder og en mer strukturert database som leverer input til beslutningsstøtteverktøy, for eksempel som den som er skissert i figur 10.

Innsamlingskjemaet bør tilrettelegges for enkel informasjonsoverføring fra andre registreringssystemer der det er mulig. Slike koblinger kan sørge for at informasjonen er alltid oppdatert og så fullstendig som mulig når analyser skal gjennomføres. Oppdateringene må ikke nødvendigvis skje fortløpende, men kan skje til faste tidspunkt, for eksempel en gang per kvartal, eller rett før nye analyser settes i gang. Bruker slipper dermed å måtte koordinere og sette i gang omfattende manuell datainnsamling og -oppdatering fra de ulike kildene. I tillegg er risiko for feil ved informasjonsoverføring redusert samt at man kan foreta en del enkle rutiner for datavask, formattering eller annen kvalitetssikring. Et egnet innsamlingskjema bør derfor også inneholde informasjon om kilde til informasjonen, eventuelle konfidensialitetskrav, aktualiseringsfrekvens og lignende egenskap.

En viktig forutsetning for kartlegging av material- og energistrømmer er at disse faktisk blir målt og registrert hos aktørene. Det krever også at aktørene er bevisste på relevansen av slik aktivitet og på potensiell verdi av sideprodukter/restråstoffer. Måling og registrering bør skje på en systematisk og helhetlig måte men ikke kreve mye innsats hos bedriftene. Det bør være en lavterskelaktivitet. Omfanget av data som skal fylles inn bør begrenses til hva som kreves for å besvare problemstillinger som de deltakende aktørene selv har interesse for at blir besvart. Dette vil øke insentiver til å føre inn dataene, og føre det så korrekt som mulig. I og med at måling og registrering hos aktørene er en forutsetning for strukturert datainnsamling og kartlegging er den utenfor temaet til prosjektet og bør adresseres på annen egnet måte.

Andre kilder for data

Informasjon hentet inn fra aktørene i klyngen er imidlertid ofte ikke fullstendig av ulike årsaker, for eksempel av konkurransehensyn, eller på grunn av taushetsbelagte data eller manglende registrering, og bør suppleres med data fra andre kilder eller med estimater. I tillegg krever mer omfattende analyser også andre typer informasjon/statistikk som bør hentes inn.

Noe informasjon er offentlig tilgjengelig, for eksempel gjennom Statistisk sentralbyrå (SSB). Noe informasjon med høyere detaljeringsgrad er mulig å motta mot betaling. Det må tas med i betraktningen at datautlevering fra SSB har blitt svært kostbart. SSB kan oppgi varestrøm per bedrift. SSB vil også kunne levere avfallsdata, om enn noe grovinnfelt. En del data om restprodukter vil da kunne forsvinne i disse avfallsdataene. Miljødirektoratet har også utslippsdata. Offentlig tilgjengelige data er som regel aggregert, så man må som oftest be om rådata. SSB har blitt mer restriktive på utlevering av variabler med få observasjoner, så bruksretten vil kunne bli begrenset. SSB kan levere vaskede data, for eksempel at bedriftsdataene blir korrigert for at hovedkontoret gjerne er lokalisert på andre steder enn fasilitetene for produksjonen. Regnskapsdata og adresser kan hentes fra Proff Forvalt, men her inntreer problematikken med at dataene er ført på hovedkontoret, og ikke fordelt på produksjonsanlegg. SSB og Fjernvarmekontrollen kan levere brenselforbruk per fjernvarmeselskap, hvor utnyttet spillvarme inngår, mens utnyttet spillvarme er ikke inkludert i statistikken. SSB kan imidlertid levere data på avfall som er levert inn til avfallsforbrenningsanlegg som ikke blir brukt til å produsere fjernvarme. Dette vil for eksempel være avfall som forbrennes gjennom sommeren. NVE samler inn kostnadsdata for investeringskostnader, brenselpriser, samt drifts- og vedlikeholdskostnader per kjeltype og visse eksempelanlegg for kraftproduksjon, kombinert kraft- og varmeproduksjon og fjernvarmeproduksjon. Utgivelsen av denne statistikken har imidlertid ingen fastsatt frekvens.

Smarte målere gjør at informasjon i større grad kan samles automatisk, og man får mer detaljert innsikt i for eksempel energibruk. For spillvarme er det mange lavtemperaturkilder som ikke utnyttes til fjernvarme i dag, på grunn av temperaturkrav med tanke på legionella. Varmepumper benyttes til å booste temperaturen i lavtemperaturkilder. Effektiviteten til luft-til-luft- eller luft-til-vann-varmepumper varierer med utetemperaturen, og det er trolig gjennomsnittsyttelsen som blir rapportert. Det bør derfor også tas høyde for priser som varierer, som brenselpriser og energipriser.

Kunnskapsdeling

En omfattende og systematisk oversikt over hvilke restprodukter som kan brukes til hva og gjennom hvilke prosesser er ikke mulig å etablere. Dynamikken i teknologisk innovasjon forskyver stadig grensene for hva som anses som mulig (og lønnsom), se for eksempel de nordiske case-studiene for sirkulær eller koblet (“cascading”) bruk av biobaserte restråstoffer beskrevet i Klitkou et al. (2019). En oversikt over anvendelsesmuligheter, selv om den skulle finnes, ville aldri være tilstrekkelig oppdatert på tidspunktet analysen skal utføres. Utvikling av nye prosesser, produkter og anvendelsesområder krever både dyp bransjekunnskap og høyteknologisk kompetanse. Som nevnt innledningsvis, oppstår mange symbioser ad-hoc eller gjennom stegvis utvikling over mange år (Domenech et al., 2019). Samarbeidsmuligheter mellom bedrifter synliggjøres gjennom å knytte kontakter i nærområdet. Det kan være mye å hente på å ha kontakt på tvers av bransjer. Som potensielle samarbeidspartnere, fremfor konkurrenter, vil det være lettere å oppnå en slik kontakt. Et forum hvor bedrifter og relevante teknologi- og kunnskapsmiljøer kan møtes, som en klynge, gjør opprettelsen av slik kontakt lettere.

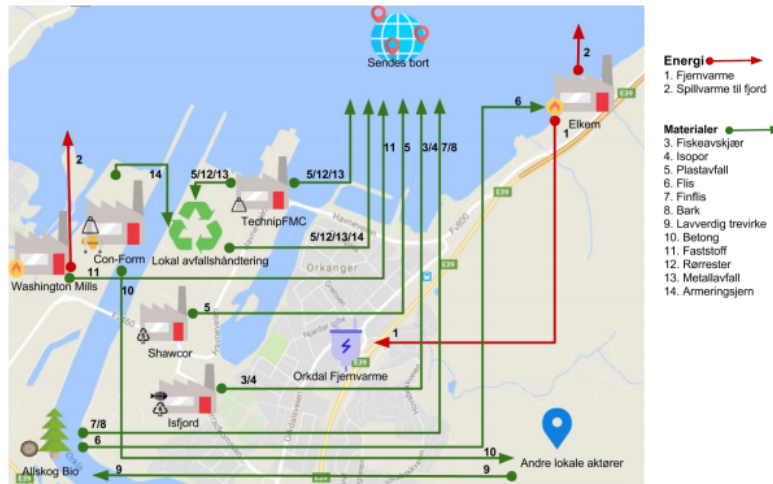
Oppstartsmøtet for Thamsklyngen før jul i 2018 samlet 66 næringslivsaktører fra Orkdalsregionen. Dette tyder på at det er en interesse for å finne nye samarbeidsformer i næringslivet i regionen. Det er dannet flere fokusgrupper innenfor Thamsklyngen, som skal bidra til å øke verdien av deltakelse for medlemmene. Dahl et al. (2018a) diskuterer opprettelse av et innovasjonssenter som kan fremme etablering av nye samarbeidsmuligheter og symbioser. Rapporten nevner også pilottestingsanlegg eller inkubatorer i andre industriklynger i Norge. Disse kan fremme kontakt mellom FoU-miljøer og klyngebedrifter og slik føre til rask kunnskapsoverføring.

Samarbeid og erfaringsdeling – ikke bare mellom bedrifter innenfor klyngen, men også på tvers av klynger – kan gi ny inspirasjon og rask kunnskapsoverføring om nye muligheter. Mo Industripark er en industriklynge på Helgelandskysten som er godt integrert og sentrert rundt sirkulærøkonomi. Eydeklyngen i Kristiansand har samlet prosessindustrien på Sørlandet, og Herøya industripark har samlet prosessindustrien i Grenland. Industriparken på Herøya har akkurat sparket i gang et stort forskningsprosjekt på sirkulærøkonomi i prosessindustri (PRICE²). Også klyngene i Mo i Rana og i Kristiansand har tette bånd til kunnskapsmiljøer og deltar i forskningsprosjekter med fokus på bærekraftige løsninger basert på biomasse samt best mulig utnyttelse av varme og annen energi. Det er opprettet et senter for sirkulærøkonomi på Øra utenfor Fredrikstad. Selv om dette er et ferskt initiativ, vil det kunne gi verdi å dele kunnskap og erfaringer med denne type miljøer. Det finnes flere bioklynger med lengre fartstid, for eksempel bioøkonomiklyngen Heidner i Hedmark og den blå bioteknologiklyngen i Tromsø (BioTech North).

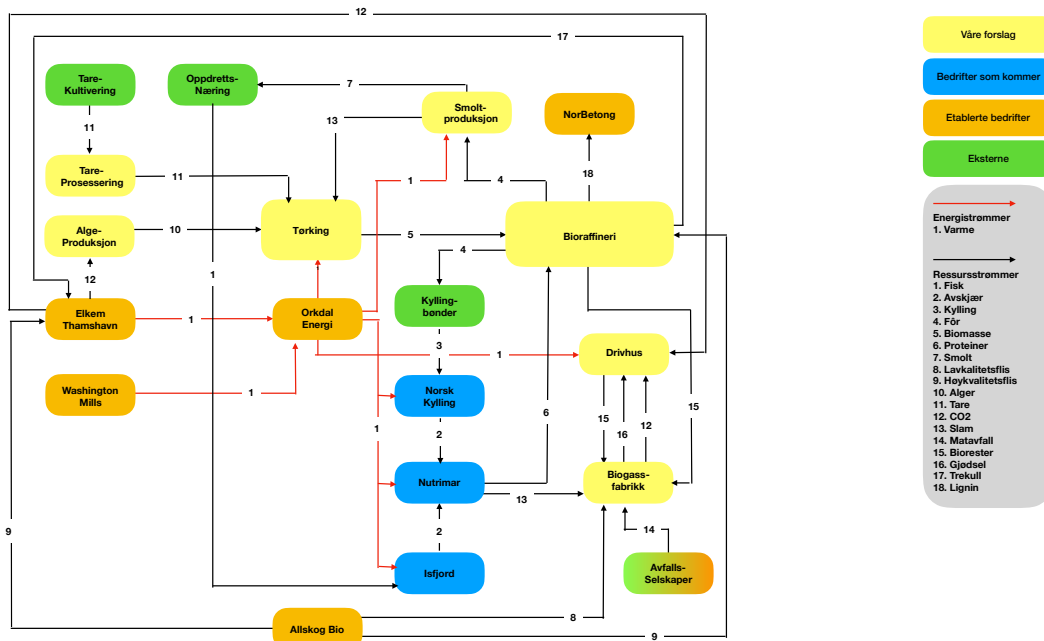
²<https://www.heroya-industripark.no/aktuelt/millioner-til-forskning-paa-sirkulaerokonomi-i-prosessindustri-yara-og-noah-er-med>

3 Material- og energiflyt – eksisterende og planlagte symbioser og nye aktører i klyngen

Studentarbeidet sommeren 2017 (Lønvik and Limi, 2017) kartla viktige material- og energistrømmer i Orkdals-regionen, se figur 2. Dette la grunnlaget for studentarbeid i 2018 (Dahl et al., 2018a), som oppdaterte og utvidet resultatene. Dette arbeidet fokuserte også mer på ulike former for samarbeid og beskriver muligheter for nye aktører, produkter og symbioser, se figur 3. Det forberedende prosjektet i 2019 supplerer disse kartleggingene med nyere funn, og ser særlig på flere datakilder og mulig systematisering av innhentet informasjon.



Figur 2: Material- og energistrømmer identifisert i studentarbeidet 2017 (Lønvik and Limi, 2017)



Figur 3: Eksisterende og planlagt samarbeid samt forslag for nye aktører og symbioser; mulighetsstudie 2018 (Dahl et al., 2018a)

overskuddsvarme går ut i fjorden. I tillegg har Washington Mills spillvarme som i dag går ut i fjorden. Produkter som krever tørking, som for eksempel Con-Forms betongelementer, kan dra nytte av spillvarme.

Washington Mills selger faststoff fra et setningsbasseng til støpejernsproduksjon. Shawcor og Technip selger omsetter plastavfall og metallavfall på markedet, og leverer det de ikke får solgt til Retura. Avfallshånderings-selskapene i Orkanger håndterer avfall fra alle bedriftene i Orkdalsregionen.

Det finnes også flere eksempler på samarbeid mellom bedriftene i regionen. NorBetong leverer betong til Con-Form. Technip leier personell og kjøper maskiner fra Mardahl Maskin. Mardahl leverer også tjenester, som reparasjon og vedlikehold av maskiner, til Retura. Shawcor leverer termoisolasjon til rørene til Technip. Axess, som er delvis eid av Salvesen og Thams, leverer inspeksjonstjenester til Technip. Videre leverer Orkdal Industriservice tjenester til flere av industribedriftene på Thamshavn.

Orkla Energi har tilgang på billig brensel, og en utvidelse av fjernvarmenettet kan være lønnsomt. Optimeringen bør derfor inkludere framskrivninger av varmebehovet og investeringskostnader for fjernvarmenett-utbygging.

4 Økonomiske transaksjonsdata fra bedriftene i Thamsklyngen

Oversiktene utarbeidet sommeren 2017 og 2018 (Dahl et al., 2018a, Lønvik and Limi, 2017) viser vesentlig material- og energiflyt på området. For å få utarbeidet et helhetlig beslutningsstøtteverktøy vil det også være nyttig å få til en oversikt over material-, energi- og tjenestestrømmene målt i pengeverdier. Dette gjør det for eksempel mulig å estimere betydningen, eller ringvirkningene, av en bedrifts aktiviteter både bakover og forover i verdikjeden eller -nettverket: Hvor mye kjøper denne bedriften av materialer, energi og tjenester av andre aktører i klyngen eller regionen, og dermed bidrar til verdiskaping, men også hvor mye andre aktører kjøper av denne bedriften. Det kan for eksempel tenkes at selv om en aktør henter det meste av sine produksjonsfaktorer fra utenfor klyngen, kan dens tilstedeværelse i klyngen være viktig fordi andre aktører har behov for (rest)materialer, energi eller tjenester produsert av bedriften. Sagt med andre ord kan det faktisk være biproduktene til en bedrift som er bedriftens viktigste bidrag til verdiskaping og sysselsetting i klyngen eller regionen ved å bidra til andre aktørers lønnsomhet.

En oversikt over strømmenes pengeverdi kan skaffes på flere måter. En måte er å basere seg på regionaløkonomiske data som SSB produserer på fylkesnivå. Denne datakilden viser hvilke økonomiske transaksjoner som gjennomføres mellom et sett av forhåndsdefinerte næringsgrupperinger. Siden disse dataene er generelle for hele Trøndelag, er det ikke sikkert de representerer den økonomiske aktiviteten som er mellom aktørene i Thamsklyngen så bra. For å heve datakvaliteten på disse dataene, ville vi prøve å samle inn reskontrodata (leverandør- og salgsoversikter for hver enkelt bedrift) manuelt for å se om dette kan brukes som datagrunnlag. Derfor ønsket vi i dette prosjektet å få tilsendt kunde- og leverandørreskontro for hver kunde og leverandør med postene organisasjonsnummer og innkjøp/salgsværdi for regnskapsåret 2018. Vi anså det mest formålstjenlig med et Excel-format.

En erfaring fra det foreberedende prosjektet er at et brev eller skjema som sendes til klyngedeltakerne vil bli for upersonlig og lite informativt for bedriftene. Det kreves heller at man har en individuell samtale med hver enkelt bedrift for å innhente disse dataene. I tillegg har det vært litt utfordrende å få bedriftene til å dele sensitive data, som børssensitive data, personvernsensitive data eller konkurranseutsatt informasjon.

Verken økonomileder eller regnskapsansvarlig har i utgangspunktet fullmakt til å utlevere sensitive data. Derfor må det ofte forankres med administrerende direktør. Hvis det gjelder et stort internasjonalt selskap, vil det kunne være enda mer krevende å få disse dataene. Vi har også erfart at slike data heller ikke har noe fast format, og blir i dag brukt forskjellig fra bedrift til bedrift. Vi har fått tilsendt et par eksempler fra Orkla Stålkonsult og Hamos, og vi ser at formatet ikke egner seg til vårt formål. Vårt ønske var å få totale innkjøp/salg gruppert etter bedrift med organisasjonsnummer, men flere har sendt data med kun fakturanummer/bilagsnummer, og det vil ikke kunne benyttes i prosjektet.

Basert på de initiale erfaringene med disse dataene anser vi at det er høy risiko å basere en modell eller et helt prosjekt på at vi skal få fullstendig datatilgang fra bedriftene i Thamsklyngen. Å inkludere dette i et videreførende prosjekt må i så fall være svært godt forankret hos øverste beslutningstaker i bedriftene, slik at man kan være sikker på at slike data blir levert. I tillegg vil det være en stor jobb å få på plass riktig format på dataene, samt at det vil gå med tid til kvalitetssikring/datavask, for eksempel dobbeltregistreringer, hovedkontoreffekter, utenlandske selskaper, konkurser og så videre, for å være sikker på at kvaliteten er tilstrekkelig.

5 Analyser og verktøy for beslutningsstøtte – skisse videreførende prosjekt

Dette kapitlet skisserer veien videre mot utviklingen av et kvantitativt verktøy for beslutningsstøtte, utifra innsiktene fra arbeidet i dette forberedende prosjektet og SINTEFs erfaringer med å utvikle slike modeller. En godt strukturert database er bindeleddet mellom modellen og datainnsamling, og avsnitt 5.4 beskriver hvordan en slik database kan bli strukturert for informasjonsdeling, leveranse av viktig input til optimeringsmodellen og for lagring av utvalgte modellresultater for videre analyse. Optimeringsmodell og database er sentrale i et verktøy for beslutningsstøtte, men bør kobles sammen med flere elementer (for eksempel skjema for datainnsamling og -oppdatering, brukergrensesnitt, verktøy for visualisering) for å kunne levere et godt grunnlag for videre analyser. Avsnitt 5.6 beskriver et mulig samspill mellom elementene og hvordan det kan tenkes realisert.

5.1 Optimeringsmodeller

En optimeringsbasert modell kan være et svært fleksibelt verktøy for mange ulike analyser. Generelt består den av et sett med matematiske uttrykk som ligninger og beskrankninger som viktige sammenhenger og begrensninger i et system uten å bruke spesifikke tallverdier, men generelle parametre. Disse parameterne er bakgrunnsdata for analysene og varieres ikke under en modellkjøring. Eksempler er distanser, plassering og størrelsen på eksisterende bedrifter, kostnader og priser, eller data som representerer virkemidler, for eksempel en subsidieordning. Som oftest er alle eksakte verdiene for slike modellparametre samlet i en felles database eller et annet egnet verktøy slik at de enkelt kan leses inn for å lage en instans av optimeringsmodellen. Seksjon 5.4 beskriver hvordan en slik database kan være utformet.

Videre inneholder en modell variabler. Dette er de ukjente størrelsene som modellen skal finne svar på. Det vil si hvilken verdi disse variablene skal ha for å oppfylle alle kravene og relasjonene og gi et optimalt resultat, for eksempel høyest mulig profitt, for en gitt modellinstans. En optimeringsmodell for en bio-sirkulær klynge vil søke å gi svar på hvilke aktører som bør inngå i en symbiose for bruk av biprodukter og i hvilket omfang. Andre variabler vil si hvor en bedrift får sine råmaterialer fra, om en ny virksomhet bør etableres, og eventuelt hvor og når.

For å se hvordan systemet oppfører seg kan man tenke seg at man tester ut visse verdier på disse variablene, for eksempel bestemmer et visst produksjonsvolum eller miks av innsatsfaktorer, og ser hva resultatet blir. Et slikt system inneholder imidlertid som oftest veldig mange variabler (typisk i størrelsesordenen en million eller mer), som hver kan ta ulike verdier. Dette gir svært mange valg- og kombinasjonsmuligheter. Det er heller ikke alltid opplagt hvordan man bør forandre de enkelte variabelverdiene for å forbedre resultatene — en forbedring ett sted i verdikjeden kan føre til en begrensning av muligheter eller en forverring andre steder for å få alt til å gå opp. Derfor, i stedet for å prøve og feile og sjekke resultat, lager man en optimeringsmodell, der man sier hva man vil ha optimert (maksimert eller minimert) og lar modellen finne ut hvilke verdier hver variabel da bør ha. Ut fra disse verdiene kan man også beregne verdier for ulike indikatorer og nøkkeltall (for eksempel nåverdi, ringvirkninger, sysselsetting, miljøpåvirkning). Løsningen og nøkkeltallene kan så brukes videre til ulike analyser. Man kan også forandre verdier for utvalgte inputparametre (for eksempel justere salgspriser eller produksjonskostnad) og ha en tidsserie for verdiene, kjøre modellen på nytt og sammenligne resultatene. Dermed kan man evaluere effekter og ulike scenarier eller finne ut hva som må til for å oppnå et bestemt mål.

En optimeringsmodell har en målfunksjon som uttrykker fokuset av optimeringen. Det betyr at man ikke direkte optimerer flere ulike perspektiver eller ulike aktører på en gang. Som oftest antar man at beslutningene til aktørene i hele klyngen er koordinert av en “sterk usynlig hånd” som optimerer et felles mål, til det beste for alle eller for ulike grupperinger av aktører. Dermed gjenskapes det ikke individuelle aktørers beslutningsprosesser, motivasjon eller strategiske hensyn. Dette kan innebære at noen aktører kan få det verre enn om de fikk styre selv, hvis dette fører til at hele systemet får det bedre. Dette gjenspeiler perspektivet til for eksempel offentlige aktører som ønsker å oppnå best mulige resultater for en større helhet. Forslagene fra en optimeringsmodell viser potensialet som kan oppnås. Samtidig kan modellen benyttes til å undersøke hvilke samarbeidsmekanismer og

insentiver som skal til for at potensialet realiseres og ingen aktører går tapende ut.

Selv om en optimeringsmodell fokuserer på et mål som skal optimeres, kan et modellverktøy legges opp til at man kan velge mellom ulike målfunksjoner. Verdien i en slik målfunksjon kan være summert (evt. diskontert) over en tidshorizont (typisk opp til 25 år når man tar et mer strategisk og langsiktig perspektiv). Eksempler på ulike optimeringsmål kan så være (maksimering av):

- samlet profitt i hele klyngen,
- makroøkonomiske ringvirkninger (nasjonalt eller regionalt) av klyngeaktivitetene,
- klyngeprofitt og ringvirkninger i kombinasjon,
- enkeltvirksomheters profitt.

Også minimering av for eksempel miljøfotavtrykket kan være et slikt mål. Med modellen kan man så gjennomføre ulike analyser. Eksempelvis kan man kjøre modellen flere ganger og endre på en parameter som representerer usikre input-data eller rammevilkår og estimere verdien eller tapet for klyngen eller regionen av en slik endring.

En matematisk modell har både styrker og begrensninger med tanke på hva den kan analysere og hva resultatene kan formidle. Skal den representere et helt nettverk med ressurser, infrastruktur, bedrifter, relasjoner og mulig næringsutvikling må den nødvendigvis inneholde en del forenklinger og kan ikke representere virkeligheten nøyaktig. Modellen vil gi et overordnet bilde. Fordelen og ulempen er at modellen ser på helheten: den mister detaljer, men kan til gjengjeld si noe om det større bildet. Anvendelsen av modellen på scenariene og casene kan gi et stort antall resultatdata, og man bør plukke ut de data som er mest hensiktsmessig for den aktuelle analysen. Så vil man, avhengig av hvilken aktør man er og hva man vil se nærmere på, kunne bruke dette som utgangspunkt for mer detaljerte analyser av hva dette har å si for en bestemt virksomhet, en bestemt teknologi, eller andre enkeltelementer i systemet.

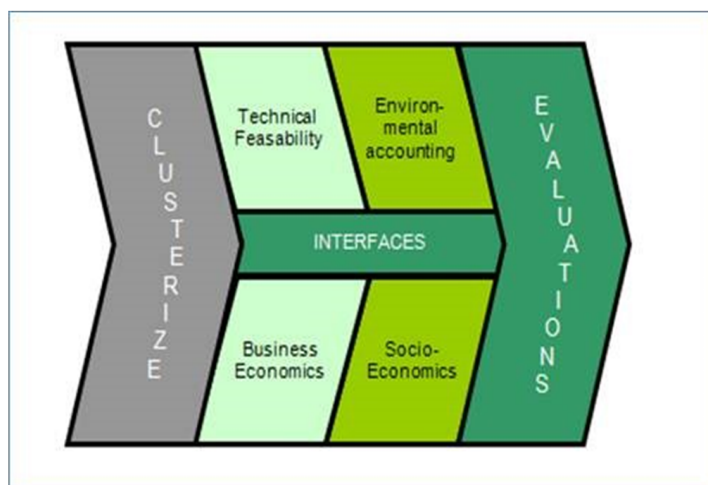
For dypere analyser bør man imidlertid ikke bare se på den beste løsningen modellen foreslår (optimalløsningen), men også studere et håndfull nesten-optimale forslag. Selv om det kan være lite forskjell på måltallene (profitt, ringvirkninger e.l.), kan resultatforslagene som ligger bak være nokså ulike og en nesten optimal løsning kan passe bedre med realiteten eller være enklere å oppnå fra dagens ståsted. Et annet moment er at en optimeringsmodell vanligvis starter hver analyse helt fra bunnen av, og sammenligning med en referansesituasjon bør derfor også inkludere flere løsningsforslag enn bare optimalløsningen.

5.2 Eksempler for relevante verktøy og optimeringsmodeller

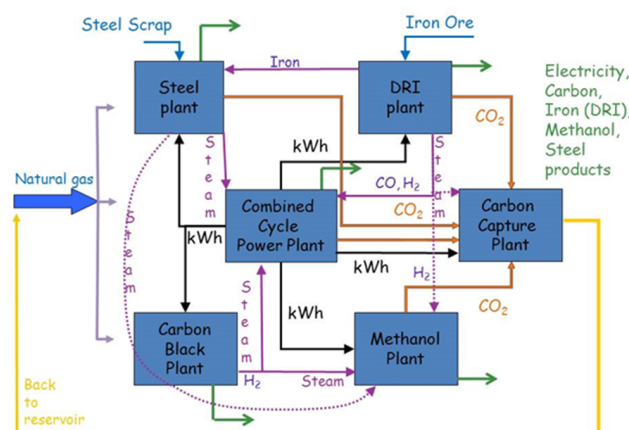
Forskningsmiljøene innen optimering og økonomi ved SINTEF og NTNU har lang og rikholdig erfaring med å utvikle kvantitative modeller for beslutningsstøtte. Denne seksjonen beskriver eksempler på relevante verktøy for beslutningsstøtte og optimeringsmodeller. Konsepter og elementer fra disse kan tjene som byggestein og videreutvikles for å lage nye optimeringsbaserte verktøy. Det er imidlertid viktig at slike verktøy ikke blir blåkopier av tidligere tilnærminger men formes etter brukernes behov og formål. Avsnitt 5.3 skisserer et oppsett for en optimeringsmodell som kan være kjernen i et tilpasset verktøy for å støtte utviklingen av bio-sirkulære industriklynger.

Forskningsprosjektet *GassMat* ble finansiert av Forskningsrådet (NFR-prosjekt 187465/I30) og ble gjennomført sammen med Statoil, Alstom, Celsa, Sydvaranger Gruve og LKAB. Her var utgangspunktet ilandføring av gass til en industriklynge bestående av jernverk, metanolfabrikk, stålverk og carbon-black-fabrikk. Et sentralt aspekt var symbioser mellom aktørene, særlig med tanke på energi, varme og CO₂, se figur 6. I tillegg ble best mulig ressursutnyttelse og nye muligheter for naturgassressursen vurdert. I tillegg til lønnsomheten for selve næringsklyngen var det viktig å se på ringvirkninger i området klyngen lokaliseres i form av annen virksomhet og nye arbeidsplasser. Prosjektet utviklet et Excel-verktøy for beslutningsstøtte bestående av fem moduler, se figur 5. Den første analyserer og drøfter hvor en næringsklynge bør lokaliseres, hvilke bedrifter den bør bestå av og

hvordan den bør koordineres og administreres (Cluster-ize). Den andre modulen tar for seg teknologi og produksjonsprosesser i industriklyngen, mens den tredje modulen analyserer den bedriftsøkonomiske lønnsomheten til klyngen. Miljømessige hensyn med basis i LCA utgjør den fjerde modulen, og i den femte modulen inngår samfunnsøkonomiske beregninger av næringsklyngen. Verktøyet ble demonstrert ved å analysere et realistisk investeringscase for en integrert industriklynge, blant annet under scenarier med gasskraftverk og CO₂-rensing (Pérez-Valdés et al., 2012).



Figur 5: Modulene i beslutningsstøtteverktøyet utviklet i prosjektet GassMat

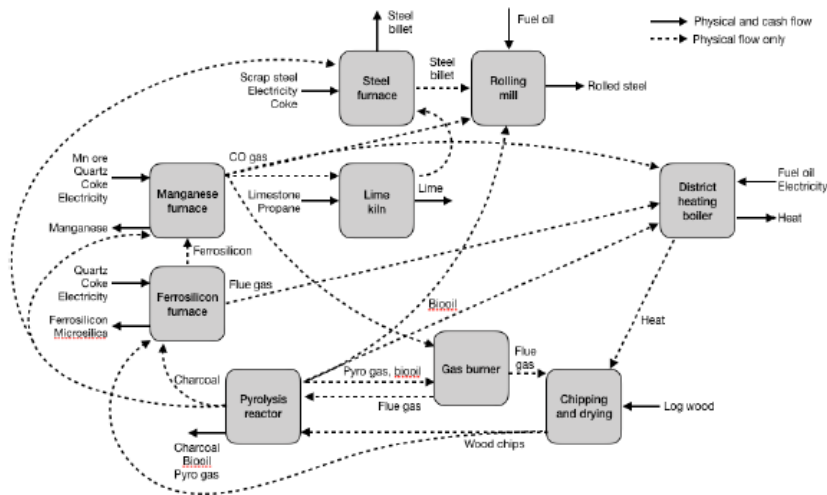


Figur 6: Material- og energiflyt i potensiell industriklynge analysert i casestudien (GassMat)

NorFor var et Kompetanseprosjekt i offentlig sektor finansiert av Forskningsrådet (NFR-prosjekt 239093) og prosjektpartnerne Fylkesmannen i Nordland, Nordland Fylkeskommune, Skognæringa Kyst, Statskog, Allskog, Mosjøen Havn, Moelven Van Severen og Arbor. Prosjektet hadde som mål å øke kunnskap om verdiskapingsmuligheter, både for næringen, det offentlige og forskningsmiljøene. Dette inkluderer effektiv bruk av transport-systemet; bruk av lokale råstoffer; regional næringsutvikling og vekst samt å identifisere styrker, muligheter og begrensninger i nettverket av aktører, med søkelys på Nordland.

Basert på en enkel kartlegging av viktige aktører og relevante produktstrømmer i og utenfor regionen, se figur 7,

Lea (2018) skisserer en optimeringsmodell som ser på optimal design av en industriklynge ut fra økonomiske mål. Med Mo industripark som case, undersøker oppgaven muligheter for å videreutvikle klyngens sirkulærøkonomi-strategi gjennom etablering av nye aktører. Optimeringsmodellen ser på hvilke nye produksjonsprosesser som kreves for å iverksette symbioser som både utnytter biprodukter og tilfredsstiller ressursbehovet til eksisterende aktører, se figur 9. Selv om modellen skal være av strategisk karakter, er den nokså detaljert på aktørenes operasjonelle beslutninger, med dertil omfattende og detaljert databehov for å kunne utføre realistiske analyser.



Figur 9: Potensiell materialflyt i casestudien i Lea (2018)

5.3 Skisse optimeringsmodell

Hovedmålet i et videreførende prosjekt er utvikling av verktøy for beslutningsstøtte for å etablere bio-sirkulære industriklynger, med søkelys på ressurseffektiv og lønnsom bruk av biprodukter som oppstår i klyngeaktørenes produksjon. Med antakelsen om at aktørene tar beslutninger om produksjon og så videre etter sine egne mål, er bedriftenes hovedprodukter gitt, og bør ikke omfattes direkte av en optimeringsmodell. Selv om tilgjengeligheten av biproduktene er styrt av hovedproduktene, må deres eventuelle bruk ikke nødvendigvis være helt optimal for aktøren. Jacobsen (2006) observerte at aktørenes økonomiske motivasjon for bruk av biprodukter ofte er knyttet til forbedret drift opp- eller nedstrøms i verdikjeden heller enn verdien til selve biproduktene. Dette tyder på at det er behov for å styre etablering av (noen) symbioser utenfor enkeltaktørenes beslutningsprosesser, gjennom sentral koordinering med et overordnet perspektiv (for eksempel Næringshagens eller andre offentlige posisjon) som ser klyngen som helhet og dens nytte mot omgivelsene.

En optimeringsmodell som kjerne i et verktøy for beslutningsstøtte kan bygge på elementer fra modelleksempelene vist over, men bør formes etter brukerpartnernes (for eksempel Thamsklyngens eller Trøndelag Fylkeskommunes) behov. Utvikling av optimeringsmodeller som fokuserer på relasjoner mellom ulike aktører starter ofte med en detaljert beskrivelse av nettverket (eller verdikjeden) mellom disse aktørene. En slik beskrivelse omfatter potensielle material-, energi- og økonomiske strømmer, lagring, ressurser/råmaterialkilder, slutt kunder/markeder og eventuelt logistikk. Relasjonene i figurene 3 og 4 kan være gode utgangspunkt for et slikt diagram for dette prosjektet, men bør detaljeres ut mer, for eksempel som vist i figurene 6, 8 eller 9. En utfyllende og detaljert beskrivelse går parallelt med utvikling av optimeringsmodellen. Begge deler krever tett dialog med både brukerpartnere og relevante aktører i og rundt klyngen for å avstemme modellen med formålene i analysene og med viktige faktiske aspekt. Derfor beskrives det her kun hovedelementer i optimeringsmodellen og detaljerte formuleringer overlates til det videreførende prosjektet.

I første omgang er modellen tenkt å gi innspill til offentlige aktører, forvaltning etc. og bør derfor være på strategisk/taktisk nivå. Det betyr at man ser på et større bilde over et lengre løp (som i NorFor-prosjektet) i stedet for å detaljstyre aktørenes produksjon og driftsbeslutninger. *Analysehorisonten* bør altså ligge på ca. 15–25 år, med tidssteg på et kvartal, halvår eller år.⁵ Relevante *mål for optimeringen* er maksimering av økonomiske nøkkeltall som lønnsomhet (profitt) i hele klyngen eller verdiskaping, eller en kombinasjon av begge målene. Omfanget av økonomiske detaljer i modellen bør imidlertid avklares i det videreførende prosjektet da nøyaktighet i modellering og dermed modellkompleksitet må veies mot tilgang til informasjon, samt fokus og nødvendig detaljnivå i analysene.

Helt konkret bør en optimeringsmodell søke å matche eksisterende mengder av biprodukter med behovet hos andre aktører slik at dette blir optimalt over klyngen.

Relevante *beslutninger (variabler)* kan omfatte:

- etablering av nye aktører (valg mellom gitte typer/beskrivelser): hvilke, når
- etablering eller inn- og utfasing av produksjonsteknologier: hvilke, når, hvilken aktør, med hvilken kapasitet
- volum av ulike (bi)produkter/materialer sendt fra hvilken aktør til hvilken aktør

Viktige *beskravninger og føringer* gjelder:

- massebalanser, konvertering av produkter til nye produkter (eller kvaliteter) gjennom produksjonsprosesser eller degradering
- tilgang til ressurser (som oftest som øvre grense, inkludert sesongvariasjoner)
- eventuelt kobling av tilgjengelige mengder biprodukter til produksjonen av hovedprodukter
- lagring
- produksjons- og lagringskapasiteter
- etterspørsel etter ressurser, eventuelt også fra kunder utenfor klyngen
- videre restriksjoner, for eksempel som følge av lovgiving og lignende

Avsnitt 5.4 nevner noen viktige *modellparametere* som ulike kapasiteter, kostnader og priser eller beskrivelser av produksjonsprosessene. Andre modellparametere som bør utvikles er multiplikatorer for å estimere verdiskaping, sysselsetting, miljøfotavtrykk, samt andre økonomiske, miljømessige eller sosiale bærekraftsindikatorer.

I et videre utviklingssteg kan man inkludere for eksempel input-output-metodikk som kan ivareta aktørenes individuelle beslutningsprosesser. Disse modellene kan fokusere mer på relasjoner, særlig produktutveksling, mellom aktører og muligens indikere behov for nye typer aktører. Modellene er som oftest på et noe mer generelt eller på mer overordnet nivå, med typisk inndeling av industrien i sektorer eller undersektorer, og basert på statistikk om eksisterende strømmer og teknologier. Imidlertid kan det tenkes at metodikken kan benyttes for en første sondering som indikerer fra hvilken sektor det ville vært mest lovende å inkludere nye aktører eller nye teknologier. Metodene vil også kunne bidra til å estimere ringvirkninger av klyngeaktiviteter og symbioser bedre. Hvordan en slik kobling mellom input-output-metoder og optimeringsmodeller kan gjøres i detalj bør være del av forskningsinnholdet i et videreførende prosjekt.

5.4 Forslag til databasestruktur

En database samler viktig informasjon som er input til eller output fra modellkjøringene og fungerer dermed som et bindeledd mellom datainnsamling, modellen og videre analyser eller visualiseringer. Databasen bør være godt strukturert slik at det er enkelt å legge inn, oppdatere eller lese ut informasjon, holde kontroll på ulike modellkjøringer samt å tilfredsstillere krav til konfidensialitet og sikker lagring av informasjonen. En database kan gjerne være usynlig for brukeren ved å ligge bak et brukergrensesnitt som tar seg av styringen av koblingene mot andre verktøy og tilpasser dataarbeidet til brukernes behov. Avsnitt 5.6 beskriver en mulig måte å organisere

⁵Kortere tidssteg bør velges om sesongsvingninger i biproduktstrømmer eller sysselsetting kan være viktige.

dette på.

For å gjøre modellkjøringene og analysene effektive og smidige bør databasen inneholde all nødvendig informasjon/data som trengs: det som samles inn fra klyngen, supplerende data (for eksempel fra offentlige kilder, prosess tekniske parametere, pris- og kostnadsestimater), samt parametere som er nødvendige for å kunne kjøre modellene (for eksempel diskonteringsrater, lengde på analyseperiode, tidsinndeling). Dette avsnittet skisserer imidlertid bare de mest relevante tabellene for å kunne beskrive case for analyser og dermed lage modellinstanser samt for å rapportere ut resultater. For inputparametere er fokus altså på informasjon som kan samles inn fra klyngebedriftene eller beregnes på grunnlag av slik informasjon.

Forslagene for tabellinndeling og -struktur presentert her er basert på SINTEFs erfaring med å utvikle optimeringsbaserte verktøy for beslutningsstøtte med lignende formål. Det kan imidlertid forventes at de kommer til å bli tilpasset under modellutviklingen med tanke på både krav og utforming av optimeringsmodellen etter brukernes behov samt endelig format og omfanget av innsamlede data. Dette kan dreie seg om mer utfyllende informasjon, flere dimensjoner på parametere, nye tabeller og lignende.

Tabeller for datainput til modellen

Tabell 2 lister opp alle eksisterende og mulige aktører i klyngen, sammen med noen egenskaper, for eksempel multiplikatorer for å beskrive ringvirkninger/verdiskaping som følge av deres aktiviteter (typisk i kroner per tonn eller kubikkmeter). På lignende vis kan estimater av miljøfotavtrykk eller lignende inkluderes. Multiplikatorene kan forhåndsregnes basert på statistikk eller innhentet informasjon. Dette kan gjøres av SINTEF og/eller ved hjelp av komplementære verktøy.

Aktør (navn)	Eksisterer (ja/nei)	Multiplikator verdiskaping	Multiplikator sysselsetting	Beskrivelse
Aktør 1

Tabell 2: Eksisterende og potensielle aktører i nettverket samt noen egenskap

Tabell 3 beskriver produksjonsfunksjoner og virkningsgrad/effisiens ("oppskrifter") for alle mulige produksjonsprosesser som finnes eller kan etableres hos klyngeaktørene. Beskrivelsen gjør det også mulig å modellere at en prosess kan ha ulike inputprodukter for å produsere samme/lignende output, men trenger da ulike mengder eller andeler og kan ha ulik kostnad. Avhengig av hvordan dette formuleres i optimeringsmodellen bør tabellen muligens deles opp i flere for å modellere prosessene på en bedre måte; for eksempel å skille mellom prosesser som kombinerer flere produkter til ett og prosesser som lager flere produkter av et inputprodukt. Om det er mer formålstjenlig og effektivt, kan informasjonen i denne tabellen også presenteres i form av input-output-tabeller.

Prosess	Inputprodukt	Outputprodukt	Andel
Prosess 1

Tabell 3: Beskrivelse av de ulike teknologiene/prosessene – hvor mye av et/flere inputprodukt(er) gir hvor mye av et/flere outputprodukt(er)

Tabell 4 kobler så de ulike produksjonsprosessene med aktørene og beskriver hvilken aktør som benytter hvilken prosess/teknologi i sin produksjon. Implisitt beskriver denne koblingen altså aktørens input- og outputprodukter.

Tabell 5 kartlegger produksjonskapasiteter og ulike kostnader for teknologiene hos aktørene og deres mulige variasjon over tid. Etablerings- og fjerningskostnader kan eventuelt inkluderes i tabell 4.

Aktør	Prosess	Eksisterer (ja/nei)	Beskrivelse
Aktør 1	Prosess 1	...	...

Tabell 4: Teknologier/prosesser aktørene har tilgjengelig eller kan implementere

Aktør	Prosess	Periode	Prod.kapas.	Fast prod.kost	Variabel prod.kost	Etabl.kost	Fjerningskost
Aktør 1	Prosess 1	Periode 1	...	...	...	...	...

Tabell 5: Flere detaljer om aktørens teknologier/prosesser

Tabell 6 beskriver produksjonskostnader. Det må avklares ved utforming av optimeringsmodellen i videreførende prosjekt om tabellen (og dermed modellen) skal omfatte bare biproduktstrømmer som er tilgjengelige for bruk av andre aktører eller også hoved-/alle produkter. Informasjonen i denne tabellen er noe komplementær til tabell 5, videre modellarbeid bør avklare om begge variantene er nødvendig.

Aktør	Produkt	Periode	Fast produksjonskost	Variabel produksjonskost
Aktør 1	Produkt 1	Periode 1	...	...

Tabell 6: Aktørens produksjonskostnader for outputprodukter i alle tidsperiodene

Tabell 7 beskriver lagring av produkter hos aktørene og kan omfatte alle produkter som håndteres hos aktøren, altså input- og outputprodukter i alle prosesser (og dermed også mellomleveranser).

Aktør	Produkt	Periode	Lagerkapasitet	Kostnad
Aktør 1	Produkt 1	Periode 1	...	...

Tabell 7: Detaljer for lagring av produkter

Tabell 8 beskriver hvor mye av råmaterialene er tilgjengelig og til hvilken pris. På lignende vis beskriver tabell 9 markedssituasjonen for ferdige produkter. Forenkelt antas at prisen er proporsjonalt med innkjøpt/solgt mengde.

Aktør	Produkt	Periode	Ressurs	Pris	Variabel (ja/nei)
Aktør 1	Produkt 1	Periode 1	...	...	...

Tabell 8: Aktørens kjøp av råmateriale til pris

Aktør	Produkt	Periode	Etterspørsel/salgsvolum	Salgspris	Variabel (ja/nei)
Aktør 1	Produkt 1	Periode 1	...	...	...

Tabell 9: Aktørens salg av (hoved)produkter til gjennomsnittlig pris

Tabell 10 fokuserer på (bi-)produkter som ikke selges på et marked / til slutt kunder og fører opp mulige kostnader for lagring, avhenting, kasting samt potensiell pris eller verdi om produktet kan selges til andre aktører eller på et sekundært marked. Denne tabellen kan eventuelt utvides med en kolonne "Aktør" om kostnadene/inntektene kan være forskjellige for ulike aktører, eventuelt med flere kolonner om verdiene varierer med både selger og kjøper.

Produkt	Periode	Kostnad	Salgspris
Produkt 1	Periode 1	...	...

Tabell 10: Lagrings-/avhentings-/andre kostnader og potensiell inntekt ved salg

Tabeller for resultater fra modellen

Databasen bør også inneholde tabeller som gir oversikt over resultater etter optimeringsmodellen ble kjørt på et case. Dette kan være relevante beslutningsvariable men også viktige nøkkelvdiere beregnet i modellen. Et eksempel er tabell 11 som viser hvor mye av sine produkter de enkelte aktørene bør sende til ulike avtakere (andre aktører i klyngen eller sluttbrukere/markeder) for å oppnå høyest lønnsomhet og hvilken inntekt de kan forvente.

Case-ID	Aktør	Produkt	Periode	Mengde	Inntekt
Case 1	Aktør 1	Produkt 1	Periode 1	...	...

Tabell 11: Resultattabell: distribusjon av produkter til avtakere

Andre tabeller kan inneholde viktige nøkkeltall for de kjørte casene og slik gjøre det enklere å sammenligne ulike case-oppsett eller scenarier, se tabell 12 for eksempler. Her kan det også tenkes at ulike indikatorer for sirkularitet inngår.⁶

Case-ID	Klyngeprofitt	Verdiskaping region	Verdiskaping nasjonalt	Miljøfotavtrykk 1	Miljøfotavtrykk 2	...
Case 1

Tabell 12: Resultattabell: nøkkeltall for ulike case

Verdiene i resultattabellene legger grunnlaget for videre analyser. Tabellstruktur og -innhold er derfor tett knyttet til behovene i analysene og bør avstemmes med brukerpartnerne.

5.5 Mulige anvendelser og bruk av verktøyet

Når modellen og databasen med alle nødvendige inputdata har blitt satt opp, er det enkelt å forandre noen parameterverdier i databasen og kjøre modellen på nytt. Man kan også lett lage nye case eller scenarier ved å legge inn nye (fiktive) aktører, teknologier, produkter eller bruksområder og teste effekten på resultatene. Også endringer i rammebetingelser som utslippsgrenser eller subsidier kan enkelt testes ut. Sammenligner man de ulike forslagene og nøkkeltallene med hverandre og med dagens situasjon, kan man finne interessante innspill for videreførende analyser.

Av umiddelbar interesse for klyngen er for eksempel spørsmål om hvordan og under hvilke betingelser verdiskaping fra lokalbedriftene kan maksimeres og hvilken effekt dette har på miljøfotavtrykket. Et annet aktuelt tema er synliggjøring av profitpotensialet innenfor spesielle typer bransjer. På denne måten kan klyngen målrettet tiltrekke seg nye aktører som ser muligheter i symbioser med eksisterende bedrifter. Modellen vil da også kunne komme med forslag på hvordan samarbeidet burde organiseres eller på hva som kreves av tilrettelegging for å hente ut mest mulig av potensialet.

En slik ny type aktør kan være en bedrift som samler inn sporadiske eller små biproduktstrømmer. Slike strømmer blir ofte, også i litteraturen eller case-studier, ikke ansett for å være veldig relevante. Når de samles inn sentralt og dermed over flere aktører, blir strømmene imidlertid mindre sporadiske samtidig som totalvolum

⁶Det pågår arbeid på dette temaet innen SINTEFs Sirkulær-Økonomi-satsning.

øker til et relevant nivå. Verktøy for beslutningsstøtte kan hjelpe til å evaluere effekten på verdiskaping og på miljøet eller hva som må til for å sikre lønnsom drift av et slikt opplegg.

Andre nyttige analyser kan være å se på hvordan symbioser påvirker regionen rundt klyngen, for eksempel i form av verdiskaping, sysselsetting, miljøfotavtrykk, men også om det finnes eller vil oppstå flaskehals eller andre risikofaktorer. Modellkjøringer med endrede parametere på kjøps- og salgsspriser eller ressurstilgang (også arbeidskraft) vil kunne vise hvor robuste løsningene er mot markedsendringer eller sesongvariasjoner. Et mer grunnleggende spørsmål kan være under hvilke betingelser det er lønnsomt eller miljøriktig å lukke visse sløyfer eller å bruke noen sidestrømmer mer aktivt.

Det er imidlertid viktig å huske at kvaliteten til modellresultatene henger tett sammen med kvaliteten til informasjonen som er grunnlag for kjøringene. En optimeringsmodell representerer også en mer eller mindre sterk forenkling av virkeligheten og kan som oftest ikke ta innover seg alle detaljer og aspekt som synes å være relevante. Modellresultatene viser dermed potensialet og gir forslag for å ta ut dette under ideale forhold. Typisk finnes det mange måter å oppna nesten like verdier for viktige nøkkeltall på, og det kan være meningsfull å vurdere nesten-optimale forslag i tillegg til beste løsning. Ofte kan det være nyttig å kjøre modellen med små variasjoner i inngangsdata og sette de ulike resultatene opp mot hverandre for å identifisere robuste løsninger.

Fortolkning og evaluering av resultatene til en optimeringsmodell krever ofte noe erfaring med hvordan den matematiske modellen vil oppføre seg for ulike inngangsverdier. På den annen side er det nødvendig å bygge videre på modellresultatene med omfattende bransje- og lokalkunnskap, også på organisatorisk og politisk plan.

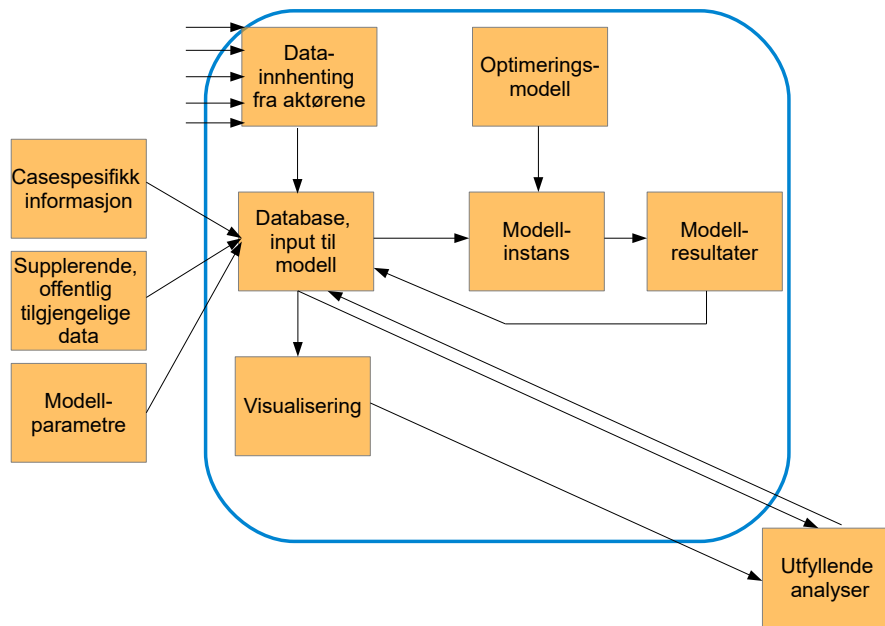
5.6 Veien videre

Det forberedende prosjektet har identifisert og delvis beskrevet flere ulike temaer eller elementer som kan inngå i et kvantitativt beslutningsstøtteverktøy for utforming og drift av en bio-sirkulær industriklunge:

- skjema eller annet egnet opplegg for datainnsamling,
- database for strukturert lagring av inngangsdata og resultater,
- optimeringsmodell, eventuelt andre kvantitative metoder, og deres implementering,
- visualisering som støtter fortolkning av inngangsdata og resultater,
- brukergrensesnitt,
- støtte til gjennomføring av analyser basert på modellresultatene.

Noen av disse elementene er av mer teknisk karakter, for eksempel optimeringsmodellen og opplegget for å kjøre denne modellen eller databasen for lagring og organisering av informasjon. Disse krever ofte spesialkunnskap til å benytte seg av dem samt jevnlig vedlikehold og feilretting, eventuelt også oppdateringer med tanke på tekniske løsninger. Det er derfor en fordel å legge et brukergrensesnitt rundt disse elementene som gjerne kan være webbasert og interaktivt. Et slikt grensesnitt kan ta seg av mange av de bakenforliggende oppgavene, som styring av koblinger mellom elementene, automatisert datainnhenting fra ulike kilder, sammenstilling av resultater og visualisering av relevante data, løsningsforslag og nøkkeltall. Et webbasert opplegg kan gi brukeren en interaktiv tilgang til modeller uten å måtte dele modellkode, Excelfiler, databaser eller lignende og tillater slik også enkel oppdatering og eventuell feilretting i modellkoden. Brukeren får dermed en lavterskeltilgang til avansert funksjonalitet og verktøy men kan fokusere på sine analyseformål. Figur 10 skisserer en mulig sammenheng mellom de ulike elementene og hvor et brukergrensesnitt kan tenkes å ligge.

Åpenbart er disse elementene ganske ulike med tanke på krav til kompetanse til deres utvikling, mulig forskningsinnhold, omfang og kompleksitet, krav til generalitet versus brukertilpasning, eierskap og målgruppe/tiltenkt bruk. Det er dermed nærliggende å finne ulike måter å organisere og finansiere deres utvikling og realisering på. Elementene har mange berøringsflater og bør kobles tett, men må ikke nødvendigvis realiseres under samme paraply, for eksempel i samme prosjekt. Det er da en risiko for at et slikt prosjekt vil bli for bredt og ufokuset.



Figur 10: Mulig samspill og informasjonsflyt mellom de ulike verktøyene og analyser. Blå ramme indikerer et tenkt brukergrensesnitt.

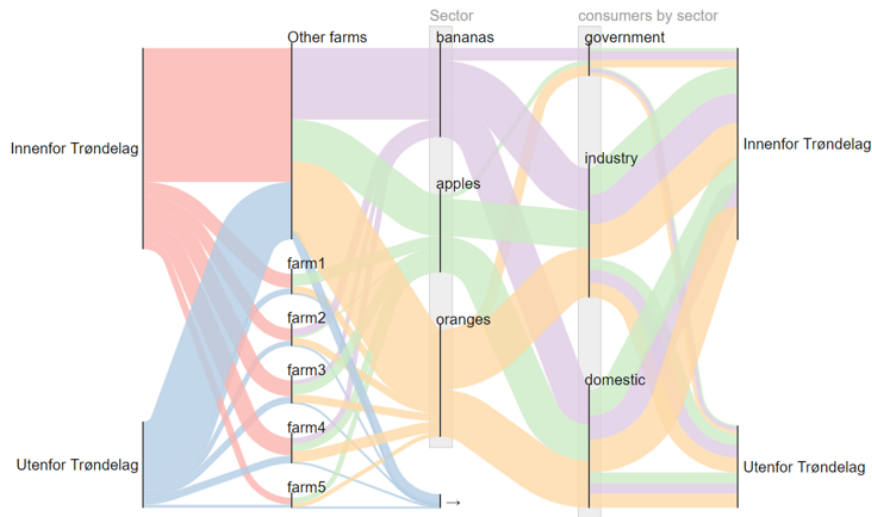
Prosjektet ville også kunne virke for stort og komplekst til at resultatene kan forankres godt hos andre brukere som klyngebedriftene. Vi foreslår separate, eventuelt parallelle, løp for utvikling av noen elementer, spesielt de som krever brukertilpasning. Eventuelt kan de mer generisk orienterte aktivitetene samles i et større prosjekt der de kan underbygges med mer forskningsinnhold. En tredelt tilnærming virker å være mest hensiktsmessig for veien videre:

- Et *interaktivt visualiseringsverktøy* kan være en god og enkel start. Dette kan være et interaktivt kart på en webside basert på en enkel datainnsamling, for eksempel som vist i figur 1. Verktøyet kan illustrere dagens situasjon med relevante bedrifter, statistiske data for material- og energistrømmer samt tilbud og etterspørsel etter ulike biprodukter. Det kan også åpne for at brukerne kan leke seg med kartet ved å legge inn fiktive nye bedrifter, material- og energistrømmer, endre tilbud eller etterspørsel og så videre. Dette elementet fokuserer mest på brukere og deres behov, og kan raskt gi synlige første resultater. Dermed bidrar det til å utvikle eierskapsfølelse og forankring hos klyngebedriftene og kan dermed øke motivasjonen til å delta i det videre løpet. Utviklingsansvaret bør ligge hos Thamsklyngen som brukerpartner, mens SINTEF eller også NTNU kan bidra med kompetanse og annen støtte. I tillegg leverer dette første steget verdifull innsikt for det videre arbeidet med tanke på hvilken funksjonalitet som kan være relevant, nyttig og i hvilken utforming. Verktøyet kan altså benyttes til utvikling av et brukergrensesnitt der nye elementer og funksjonalitet kan legges til når de er realisert.
- Videre arbeid med *datainnsamling* kan rettes mot utvikling av et innsamlings skjema og oppbygging av en database. Dette kan være en videreføring av tidligere arbeid som skissert på side 9. Selv om arbeidet er mye styrt av hvilken informasjon som er tilgjengelig og ønskelig av brukerne, så bør skjemaet og relaterte verktøy utformes for mer generell bruk.
- En tredje aktivitet går på utvikling av *optimeringsmodellen* og *eventuelle koblinger med annen metodikk* som input-output-metoder eller mer komplekse modeller for å estimere miljøfotavtrykk og andre bærekraftsindikatorer. Også implementeringen av modellene som et verktøy for beslutningsstøtte bør inngå i denne aktiviteten. Dette arbeidet bør ha en generisk og bred vinkling slik at metodene lett kan overføres til andre klynger og regioner. Her er det potensielt mye forskningsinnhold slik at ansvaret bør ligge hos

SINTEF (eventuelt sammen med andre forskningspartnere), men med tett samarbeid med brukerpartnere som Thamsklyngen og Trøndelag Fylkeskommune.

I denne aktiviteten bør det også inngå utvikling av ulike case og demonstrasjon av verktøyet på disse samt bruk av resultatene i analyser. Dermed gir aktiviteten rom for vitenskapelig og populærvitenskapelig publisering og synergier mot andre prosjekter.

I tillegg kommer aktiviteter som etablerer gode koblinger mellom de ulike elementene, realiserer et mer avansert brukergrensesnitt og eventuelt supplerer med annen resultatvisualisering, for eksempel som vist i figur 11.



Figur 11: Eksempel for resultatvisning: visualisering av produktstrømmer.

Rundt et videreførende prosjekt bør det også bygges på med prosjekt som er mer spesifikke på teknologiutvikling (for eksempel nye eller forbedrede prosesser og produkter). Gjennom innspill på hva som er teknisk mulig å gjennomføre sikrer dette blant annet at analysene og forslagene fra modellene er mer realistiske. Samtidig kan forslagene raskt testes ut i praksis.

Finansieringsmulighetene er flere, og avhenger av hva man ønsker å gjøre. Avhengig av forskningsinnhold versus innovasjonsinnhold kan full-finansiering fra Forskningsrådet eller lignende aktører, delvis finansiering, eller full-finansiering fra partnerne selv være muligheter. Mulige finansieringskilder er blant annet Forskningsrådet, Regionalt Forskningsfond Midt-Norge, Innovasjon Norge, men også ulike EU-programmer. Disse har jevnlig utlysninger som vi følger med på på SINTEF.

6 Oppsummering

Industriklyngen på Thamshavn i Orkanger, Thamsklyngen, har potensial og ambisjoner om å bli en bærekraftig bio-sirkulær klynge som utnytter ressursstrømmer bedre og ansetter flere. To studentprosjekter har tidligere kartlagt ressursstrømmer i Orkdalsregionen og sett på mulighetene for synergier gjennom samarbeid mellom bedriftene i området, samt planlagte og potensielle nyetableringer. Disse rapportene viser at det finnes et gryende samarbeidsmiljø i regionen, hvor potensialet kan utnyttes bedre.

SINTEF har samarbeidet med Thamsklyngen gjennom Næringshagen i Orkanger og avfallshåndteringsselskapet Hamos i et forberedende prosjekt. Denne studien diskuterer hvilke data og datakilder som er tilgjengelig eller kan gjøres tilgjengelig for å lage et kvantitativt beslutningsstøtteverktøy for utforming og drift av en bio-sirkulær industriklynge. Ut ifra avklarte forventninger, tiltenkt bruk, målsettinger og funksjonalitet presenterer denne rapporten også et forslag til egnet optimeringsmodell og databasestruktur.

En slik optimeringsmodell bør være en bottom-up-modell med detaljerte beskrivelser av teknologier og kostnader, og som dermed krever sterk partnerinvolvering. Modellen kan ha fokus på biprodukter, med høy detaljeringsgrad, og inkludere biprodukter som genereres sporadisk og i små mengder. Det anbefales at modellen er på et taktisk eller strategisk nivå, fremfor operasjonelt, og ha en mellomlang til lang tidshorison på 15 til 25 år. Modellens beslutningsvariabler vil være volum og anvendelse av biprodukter, samt nyetableringer, nedleggelses og investeringer i ny kapasitet og teknologier.

Data som kan inngå i beslutningsverktøyet er inndelt i to hovedgrupper. Den første er material- og energistrømmer, og den andre er økonomiske strømmer. Ved å samle inn data på material-, energi- og tjenestestrømmer, samt deres pengeverdi, kan man utføre samfunnsøkonomiske analyser, for eksempel ringvirkningsanalyser. Med en komplementær modell kan modellresultatene også brukes til å vurdere miljømessige effekter av bio-sirkulære synergier. Det anbefales at datagrunnlaget skal kunne gi et videre bruksområde enn bedriftsøkonomisk optimering, samt ha en overføringsverdi til for eksempel andre klynger. Dette må imidlertid veies opp mot informanternes interesser, da det kreves at bedriftene oppgir detaljerte data om innsatsfaktorer, produkter og restprodukter.

En av hovedutfordringene med å skaffe data er at en del analyser vil kreve konkurranse- eller personvernssensitiv informasjon som bedriftene ikke nødvendigvis vil gi fra seg. SINTEF har imidlertid svært gode rutiner, prosedyrer og systemer når det gjelder konfidensialitet samt sikker lagring og overføring av data. En annen utfordring er at noe data krever manuell innsamling og bearbeiding. Optimeringsmodellen bør inkludere endogene investeringer, og må derfor ha input om potensielle teknologier. Dette kan innebære teknologier som ennå ikke eksisterer. Videre er ikke alle anvendelsesområdene til ressursene kjent. Nye anvendelsesområder er innovasjoner som blir til, for eksempel i klynger. Det er derfor en fordel for et videreførende prosjekt å etablere samarbeid med mer tekniske prosjekter som ser på prosess- eller produktutvikling for å realisere nye ideer for symbioser.

Modeller vil uansett gi forenklete bilder av virkeligheten, og modellresultatene krever fortolkning. SINTEF har erfaring med liknende prosjekter som innebærer å bygge en optimeringsmodell, analysere og presentere fortolkede resultater. SINTEF mener at dette forberedende prosjektet gir et godt grunnlag for videreføring, der det med partnerne jobbes videre med datainnsamling og modellspesifikasjoner for å bygge kvantitative verktøy for beslutningsstøtte.

Da det er gjort få generiske kvantitative studier om bio-sirkulære symbioser, vil dette prosjektet kunne bli et banebrytende bidrag til det grønne skiftet, ikke bare for regionen, men også nasjonalt.

Referanser

- P. H. Dahl, R. Olsson, S. F. Bjerland, S. Lea, and S. H. Vågen. Industrielle symbioser og sirkulærøkonomisk innovasjon i Thamsklyngen. Prosjektrapport Grønne og Bærekraftige Sommerjobber i SINTEF, 2018a.
- P. H. Dahl, R. Olsson, S. F. Bjerland, S. Lea, and S. H. Vågen. Grønnøra. Sirkulær økonomi i Orkdalsregionen. Presentasjon Grønne og Bærekraftige Sommerjobber i SINTEF, 2018b.
- S. Damman and M. Hatling. Sosiale nettverk i skognæringa i nord. SINTEF-rapport 2017:00068, 2017.
- T. Domenech, R. Bleischwitz, A. Doranova, D. Panayotopoulos, and L. Roman. Mapping industrial symbiosis development in Europe – typologies of networks, characteristics, performance and contribution to the Circular Economy. *Resources, Conservation & Recycling*, pages 76–98, 2019.
- N. B. Jacobsen. Industrial symbiosis in Kalundborg, Denmark. A quantitative assessment of economic and environmental aspects. *Journal of Industrial Ecology*, 10(1–2):239–255, 2006.
- C. A. Kastner, R. Lau, and M. Kraft. Quantitative tools for cultivating symbiosis in industrial parks; a literature review. Preprint. Cambridge Centre for Computational Chemical Engineering, 2015.
- A. Klitkou, A. M. Fevolden, and M. Capasso, editors. From Waste to Value. Valorisation pathways for Organic Waste Streams in Circular Bioeconomies. Taylor & Francis, 2019. URL <https://www.taylorfrancis.com/books/e/9780429460289>.
- S. G. Lea. Industrial park extension towards a circular economy. Project report course TIØ4500 Managerial Economics and Operations Research, NTNU Trondheim, 2018.
- X. Lin and K. R. Polenske. Input-output modeling of production processes for business management. *Structural Change and Economic Dynamics*, 9:205–226, 1998.
- I. Lønvik and I. Limi. Orkanger industriområde. Ledende på sirkulær økonomi? Prosjektrapport, Næringshagen i Orkdalsregionen og Sør-Trøndelag Fylkeskommune, 2017.
- G. Pérez-Valdés, M. Kaut, V. Nørstebø, and K. Midthun. Stochastic MIP modeling of a natural gas-powered industrial park. *Energy Procedia*, 26:74–81, 2012. doi: 10.1016/j.egypro.2012.06.012. Proceedings of the 2nd Trondheim Gas Technology Conference.
- A. Werner, V. S. Nørstebø, U. Johansen, and K. T. Uggen. Effektive verdikjeder i skognæringen i Nordland og Trøndelag. Dokumentasjon av optimeringsmodell med ringvirkninger. SINTEF-rapport 2017:00330, 2017.