

# Praktiske utfordringer ved modulær produktutvikling

Erfaringer hentet fra modulbasert utvikling av et micro-avfallsforbrenningsanlegg

**Camilla Naume**

**Veileder**

Bjørnar Henriksen

*Masteroppgaven er gjennomført som ledd i utdanningen ved Universitetet i Agder og er godkjent som del av denne utdanningen. Denne godkjenningen innebærer ikke at universitetet inntår for de metoder som er anvendt og de konklusjoner som er trukket.*

## **Forord**

Denne hovedoppgaven er skrevet som avsluttende arbeid i mastergradstudiet Industriell Økonomi og Teknologiledelse (IndØk), ved Universitetet i Agder våren 2015.

Oppgavens tema er hentet fra et pågående produktutviklingsprosjekt, hvor hensikten er å utvikle et innovativt micro-avfallsforbrenningsanlegg ved hjelp av modulær produktutvikling.

Bakgrunnen for det valgte temaet var et ønske om å ta for seg praktiske utfordringer knyttet til verdikjedestyring og produktutvikling for en lokal industribedrift. Gjennom samtaler med veileder ble Innovativ Kraft, TeamTec og deres pågående produktutviklingsprosjekt introdusert. Innovativ Kraft er en arena for innovasjon og kunnskapsdeling for virksomheter øst i Aust-Agder, og gjennom denne arenaen har TeamTec fått kunnskap om modulær produktutvikling og benytter nå denne metoden for å utvikle sitt nye produkt. Muligheten for å ta del i, observere og analysere en pågående modulær produktutviklingsprosess var svært unik, og valget falt derfor på å skrive hovedoppgaven basert på dette.

Jeg ønsker å takke TeamTec for muligheten til å bli kjent med deres produktutviklingsprosess gjennom tilstedeværelse i bedriftens miljø, deltakelse på prosjektmøter og gjennom møter med leverandører. Jeg vil også takke nøkkelpersonene i prosjektet som til tross for en hektisk periode tok seg tid til å bli intervjuet. En takk rettes også til de utvalgte leverandørene som tok seg tid til å svare utfyllende på spørreundersøkelsen.

Til slutt er det ønskelig å rette en stor takk til veileder Bjørnar Henriksen ved SINTEF, som også er prosjektleder for Innovativ Kraft. Det settes stor pris på alle gode råd og hurtige tilbakemeldinger som har blitt gitt gjennom hele semesteret, både via mail og veiledningsmøter.

Grimstad 25.05.15



Camilla Naume

## **Sammendrag**

Målet med prosjektet som denne oppgaven er basert på er å utvikle et modulært micro-avfallsforbrenningsanlegg. Behovet for et slikt produkt har oppstått fordi det i mange øysamfunn er vanskelig å bli kvitt avfallet lokalt. Avfallet må ofte fraktes langt med skip til deponier på fastlandet. For å løse dette problemet er det ønskelig å brenne avfallet, men det finnes for tiden ikke utslippsgodkjente småskala avfallsforbrenningsanlegg som kan gjøre dette lønnsomt. Dette vil TeamTec gjøre noe med, da de besitter stor kunnskap knyttet til små og effektive forbrenningsovner til skip. De ønsker ved hjelp av standardisering og masseproduksjon å kunne selge effektive micro-forbrenningsanlegg til en akseptabel pris.

Formålet med denne oppgaven har vært å synliggjøre de praktiske utfordringene man kan møte på når man jobber med standardisering og masseproduksjon i forbindelse med modulær produktutvikling. Dette er utfordringer som kan knyttes til utvikling, design, produksjon og kunnskap, fire viktige deler i en helhetlig modulær utviklingsprosess.

Gjennom oppgaven har teori i forbindelse med modularisering blitt forsøkt kartlagt. En modul er en standardisert enhet med definerte grensesnitt som passer sammen med andre moduler i en plattform. Modularisering defineres dermed som aktiviteten som foregår i forbindelse med struktureringen av modulene. En helhetlig tilnærming til modularisering vil muliggjøre utnyttelse av de positive effektene man kan oppnå ved modulær strategi, noe som er en forutsetning for å lage produktet til forventet pris og kvalitet. Muligheten for å kjøpe inn større volum av standardiserte moduler for på denne måten å redusere pris per modul er en positiv effekt av modulariseringen. Denne muligheten veier opp for at modulariseringen i utviklingsprosessen tar lenger tid og koster mer enn konvensjonell produktutvikling. Det samme gjelder for videreutviklingen av produktet, som kan skje raskere fordi man gjennom den universelle produktplattformen gjør produktet mer fleksibelt med tanke på utskifting og endring av moduler. Disse endringene er planlagt med bakgrunn i prosjektgruppens kunnskap, og gjennom den modulære produktutviklingsmetoden blir denne kunnskapen godt dokumentert.

Det er kjent at man ved å danne en forsyningskjede hvor aktiviteter i aktørens verdikjede knyttes sammen kan skape en infrastruktur som er konkurransemessig fordelaktig. Gjennom

modulær produktutvikling forholder man seg til færre leverandører, noe som muliggjør tettere relasjoner. Dette kan igjen gjøre produksjonen av produktet mer smidig med tanke på logistikk og lagerutfordringer, samt at kunnskapsdeling mellom kunde og leverandør kan sikre produktets kvalitet. Utfordringen ligger i å se fordelene med disse tette relasjonene i produktutviklingsfasen, for å utvikle gode samarbeidsforhold så tidlig som mulig.

Det ble benyttet kvalitativ metode for å samle inn data til drøftingen i denne oppgaven. Datainnsamlingen har skjedd via strukturert intervju, spørreundersøkelse, deltakende observasjon og dokumentasjon. Deltakende observasjon har bestått i å være til stede under prosjektmøter og leverandørmøter, samt å hjelpe til med leverandøranalyser. Dette har gjort at oppgaven gir et dyptgående perspektiv på de praktiske utfordringene knyttet til modularisering.

Gjennom drøftingen ble det kjent at utfordringer i forbindelse med den valgte modulære produktutviklingsmetoden MFD (Modular Function Deployment), var at produktets kompleksitet gjorde metoden svært tidskrevende å gjennomføre. Det at modulindelningen av produktet allerede var bestemt gjorde også at man ikke så nødvendigheten av å gjennomføre flere av stegene i MFD metoden.

Drøftingen indikerer også hvilke praktiske utfordringer knyttet til modulbasert design og produksjon som kan oppstå. I forbindelse med design og produksjon har det vært utfordrende å få tak i standardiserte moduler, først og fremst på grunn av produktets kapasitet, men også på grunn av at bransjen ofte leverer spesialtilpassede moduler. Siden TeamTec har uttrykt ønske om å bestille mange like moduler, har flere leverandører tilbudt redusert pris som følge av stort volum.

Med tanke på utformingen og produksjonen av produktet forventes det at utfordringer vil oppstå i forbindelse med grensesnittene mellom modulene. Dette er på grunn av mangel på erfaring med tilpassing av grensesnitt og at man ikke har planlagt dette godt nok ved hjelp av MFD metoden.

Drøfting i forbindelse med utfordringer knyttet til modulbasert kunnskap viste at mangelfull dokumentasjon i forbindelse med valgene som ble tatt underveis i utviklingsprosessen, kunne føre til utfordringer senere. Taus kunnskap som enkeltpersoner besitter risikerer å gå tapt hvis noen av nøkkelpersonene slutter i prosjektet, noe som igjen kan føre til utfordringer i forbindelse med videreutviklingen av produktet.

Drøftingen av kunnskapsdeling og samhandling med leverandører indikerte at det ikke var spesielt fokus på dette, men at TeamTec generelt har en flat struktur og tillitsvekkende framtoning. Dette er et godt grunnlag for å opprette relasjon som kan føre til verdifull samhandling mellom bedriftenes aktivitet, ressurser og aktører. Dette danner grunnlaget for en konkurransemessig fordelaktig forsyningskjede, og kan bidra til at micro-avfallsforbrenningsanlegget kan bli lønnsomt.

## Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn.....	1
1.2	Problemstilling og forskerspørsmål.....	3
1.3	Begrensninger.....	4
1.4	Struktur.....	4
2	Teori.....	6
2.1	Innledning.....	6
2.2	Verdikjedeperspektiv.....	6
2.3	Modularisering.....	8
2.3.1	Definisjoner.....	8
2.3.2	Helhetlig tilnærming til modularisering.....	10
2.4	Modulbasert utvikling.....	10
2.4.1	Om modulær utvikling.....	10
2.4.2	Ulike metoder for modulær produktutvikling.....	11
2.4.3	MFD – Modular Function Deployment.....	12
2.5	Modulbasert design.....	19
2.5.1	Platform design.....	19
2.5.2	Bærekraftig design.....	20
2.6	Modulbasert produksjon.....	20
2.6.1	«Make or buy» beslutninger.....	20
2.6.2	Outsourcing.....	21
2.6.3	Transaksjonskostnader.....	23
2.6.4	Agentteori.....	25
2.6.5	Innkjøp.....	26
2.6.6	Innkjøp og samarbeid ved modulær produktutvikling.....	27

2.7	Modulbasert kunnskap .....	30
2.7.1	Kunnskap og innovasjon.....	30
2.7.2	Ressurser .....	33
2.7.3	Relasjoner.....	34
3	Metode.....	37
3.1	Forskningsmetode .....	37
3.2	Metodisk tilnærming .....	37
3.3	Forskningsprosessen.....	38
3.4	Pålitelighet og validitet.....	44
4	Casebakgrunn.....	48
4.1	TeamTec.....	48
4.2	IMS Group.....	48
4.3	Innovativ Kraft .....	49
4.3.1	STN - Sørlandsporten Teknologinettverk.....	50
5	Drøfting .....	51
5.1	Prosjektet.....	52
5.1.1	Innledning.....	52
5.1.2	Beskrivelse av micro-avfallsforbrenningsanlegget.....	52
5.1.3	Aktører.....	54
5.1.4	Prosjektstatus.....	55
5.2	Helhetlig modulær produktutvikling .....	56
5.2.1	Modulbasert utvikling .....	56
5.2.2	Modulbasert design .....	70
5.2.3	Modulbasert produksjon.....	73
5.2.4	Modulbasert kunnskap.....	79
6	Konklusjon .....	86

7	Etterord .....	92
	Bibliografi .....	93
	Vedlegg.....	96



## Figurer

Figur 1 Den generiske verdikjeden (Porter & Millar, 1985) side 151.....	6
Figur 2 Aktører i en forsyningskjede (Kalsaas, 2009) .....	7
Figur 3 En modul som del av et produkt (Miller & Elgård, 1998) side 16 .....	9
Figur 4 Helhetlig modulbasert produktutvikling (Henriksen & Røstad, 2011) side 4 .....	10
Figur 5 De fem stegene i MFD-prosessen (Ericsson & Erixon, 1999) side 30.....	12
Figur 6 QFD-analyse (Ericsson & Erixon, 1999) side 33.....	14
Figur 7 Pugh matrise (Ericsson & Erixon, 1999) side 34.....	14
Figur 8 Funksjons-tre (Ericsson & Erixon, 1999) side 35. ....	15
Figur 9 MIM - Tekniske løsninger og modulære drivere (Ericsson & Erixon, 1999) side 36. ...	16
Figur 10 Moduler og grensesnitt (Ericsson & Erixon, 1999) side 53 .....	18
Figur 11 Modulære spesifikasjoner (Ericsson & Erixon, 1999) side 55 .....	19
Figur 12 Nettverk av underleverandører i Tiers (Kalsaas, 2009) side 17 .....	28
Figur 13 Rammeverk for definering av leverandørinvolvering (Hsuan, Januar 1999) side 9... 29	
Figur 14 Syntetisk og analytisk kunnskapsbase (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012) side 152.....	31
Figur 15 Rammeverk for definering av innovasjon (Henderson & Clark, 1990) side 5.....	32
Figur 16 Forsyningskjede med flyt av informasjon og kunnskap (Muckstadt et al, 2001) .....	33
Figur 17 Samhandling mellom aktører i markedet (Håkan Håkansson, et.al., 2009) side 30 og 35.....	34
Figur 18 Forenklet modell for forskning uten hypotese (Punch, 2005) side 40 .....	39
Figur 19 Metoder for datainnsamling (Chapman, 2005) side 23 .....	40
Figur 20 Strukturen rundt IMS .....	48
Figur 21 Illustrasjon av oppstillingen av micro-avfallsforbrenningsanlegget .....	53
Figur 22 Samarbeidsmodell for Innovativ Kraft .....	54
Figur 23 Funksjonskrav basert på QFD-analyse .....	58
Figur 24 Funksjons-tre.....	61
Figur 25 Teknisk løsning tre.....	61
Figur 26 Tekniske løsninger og modulære drivere.....	62
Figur 27 Modulære drivere .....	63
Figur 28 Grensesnittene mellom de ulike modulene.....	65
Figur 29 Modulære spesifikasjoner for CEMS.....	68

Figur 30 TeamTec leverer i dag forbrenningsanlegg i kontainerutforming til skip (TeamTec, 2015).....	71
Figur 31 TeamTecs informasjons- og kunnskapsflyt .....	81
Figur 32 Resultat av spørreundersøkelsen til leverandører - Spørsmål 9.....	83

## **Tabeller**

Tabell 1 Beskrivelse av de modulære driverne (Bahtijarevic & De Murcia E Paes, 2014) side 19-20.....	16
Tabell 2 Beskrivelse av de ulike modulene (Ericsson & Erixon, 1999) side 65.....	17
Tabell 3 ARA-modellens tre lag .....	35
Tabell 4 Samarbeidspartnere Innovativ Kraft .....	49
Tabell 5 Forbrenningsanleggets moduler .....	53
Tabell 6 Nøkkelpersoner i prosjektet .....	54
Tabell 7 Prosjektstatus, mai 2015 .....	55
Tabell 8 Oversikt over moduler og sterkeste drivere.....	64

## **Vedlegg**

Vedlegg 1 Intervjuguide .....	96
Vedlegg 2 Spørreskjema til leverandører.....	97
Vedlegg 3 TeamTecs QFD-analyse .....	98
Vedlegg 4 Leverandøranalyse - sammenlikning av CEMS leverandører.....	102

# 1 INNLEDNING

---

## 1.1 BAKGRUNN

I Norge er det svært ressurskrevende å drive med produksjon. Ofte må råvarene importeres fra utlandet, store geografiske avstander skaper logistikkutfordringer, lønnsnivået for industriarbeidere er det høyeste i verden (69 % høyere enn ellers i Europa (Valmot, 2013)), og mange byråkratiske prosesser og høyt skattenivå kan være utfordrende for bedriftene. Likevel går enkelte deler av fastlandsindustrien i Norge så det suser, og totalt kan industrien vise til en omsetning på over 700 milliarder, og et bruttoprodukt på 206 milliarder kroner i 2013 (DNB, Januar 2015). Til sammenlikning ble samferdselsdepartementet bevilget 55 milliarder kroner i statsbudsjettet for 2015 (Finansdepartementet, 2015).

Mye av grunnen til at norsk industri går så bra er selvfølgelig olje og gassutvinningen i Nordsjøen. Mange industribedrifter designer og produserer produkter som benyttes i forbindelse med olje og gassutvinning i hele verden. Norske oljeindustriklynger har skapt et miljø for innovasjon og produktutvikling, som de har levd godt av. Dette kunne dessverre ikke vare evig og mot slutten av 2014, da lave oljepriser reduserte investeringsvilligheten i Nordsjøen og førte til mange oppsigelser, gikk det opp for de fleste at gullårene i norsk økonomi som følge av oljeeventyret nærmer seg slutten (DNB, Januar 2015).

Denne situasjonen gjør at mange norske industribedrifter nå må peke ut en ny kurs og ta en rekke strategiske valg for framtiden. Nå må de finne ut hvordan må kan bruke kunnskapen og erfaringen bedriften allerede innehar på en ny og bedre måte. Noen bedrifter har kanskje tenkt på en ny kurs for virksomheten, mens andre allerede begynt å omvende seg. Noen vil gjøre det godt i nye markeder, mens andre kanskje vil gå konkurs. Uansett vil noen industribedrifter kunne gå nye gullår i møte. Det viktigste for norske industribedrifter er å basere seg på egenskapene og ressursene de innehar, og gå den nye tiden i møte på best mulig måte.

For at en norsk industribedrift skal kunne være konkurransedyktig må man se på forventinger fra markedet og på hvilke ressurser man innehar. Mange år med masseproduksjon har gitt oss stor tilgang på forbruksvarer og økt velstand. En rekke

produkter produseres i Asia for en billig penge og med kvalitet som gjenspeiler dette. Før masseproduksjonen ble de fleste produkter produsert i liten skala og var forbeholdt de mest velstående. Disse «skreddersydde» produktene var kostbare luksusvarer som kun utvalgte grupper mennesker hadde anledning til å kjøpe.

I Norge har vi tilgang på gode råvarer og ansatte med høy utdanning, noe som har gitt norsk industri et godt rykte med tanke på kvalitet. Dette er et godt grunnlag for norsk industri, og hvis man i tillegg jobber videre med å utvikle smarte produktutviklingsprosesser kan dette sikre fremtiden for mange norske industribedrifter. Det er her *masseprodusert skreddersøm* kommer inn i bildet, og som Odd Richard Valmot skriver i Teknisk Ukeblad, kan dette gjøre norsk industri konkurransedyktig (Valmot, 2013). Masseprodusert skreddersøm er når man designer et produkt med en produktplattform utformet slik at kunden selv kan velge en rekke egenskaper med produktet. I bilbransjen kan man for eksempel velge mellom forskjellige motorstørrelser uten at det forandrer utseende på bilen. Da kan man effektivt masseprodusere karosseri og et lite utvalg motorer, for deretter å sette dette sammen slik kunden ønsker – masseprodusert skreddersøm.

For å få til dette i norsk industri kan man innføre en modulær strategi knyttet til produktutvikling, hvor man lager et produkt med en fast produktplattform og enkelt tilpasser produktet etter kundes behov ved å sette sammen forskjellige moduler. På denne måten kan virksomheten standardisere modulene og spare både tid og penger, samtidig som de forskjellige modulsammensetningene gjør det mulig å møte markedets etterspørsel. Samtidig passer denne strategien godt med tanke på at norsk industri i stor grad outsourcer produksjon av deler som ikke er en del av virksomhetens kjernekompetanse. Man kan også kjøpe inn moduler som består av hele systemer for på denne måten å kunne dra nytte av andre virksomheters innovasjon og ekspertise på et område. Best nytte får man av dette hvis man er i stand til skape et godt samarbeidsforhold til leverandører med gjensidig tillit og god kommunikasjon.

Denne oppgaven presenterer praktiske utfordringer knyttet til modulær produktutvikling, og samhandling med underleverandører som en del av dette. De praktiske erfaringene er basert

på aktiviteter og hendelser fra et pågående prosjekt med formål å utvikle og produsere et nytt produkt på en modulær måte.

Prosjektet tilhører TeamTec og med seg på laget har de også Sørlandsporten Teknologinettverk (STN), SINTEF og Inventas. Dette prosjektet skal resultere i et innovativt micro-avfallsforbrenningsanlegg som tilfredsstillende aktuelle miljøkrav. Målet er å kunne selge en miljøvennlig måte å kvitte seg med søppel på, hvor energien fra avfallet omdannes til varmt vann og strøm som kan forbrukes lokalt.

Det unike med prosjektet er at anlegget er mindre i både skala og kapasitet enn det som er vanlig med tanke på avfallsforbrenning. Bransjen vil også ha det til at det ikke er mulig å lage små avfallsforbrenningsanlegg som er lønnsomme, siden utstyret for måling av utslipp er svært kostbart. Man har likevel startet utviklingen av micro-avfallsforbrenningsanlegget fordi man ønsker nå ut til mindre øysamfunn som ønsker en enkel, rimelig og miljøvennlig løsning på søppelproblemet. For å lage et anlegg i riktig prisklasse er det lagt vekt på effektiv produktutvikling og produksjon. Modulbasert produktutvikling er derfor en viktig del av prosessen. Virksomheten kan ved å benytte modulær produktutvikling oppnå lavere produksjonskostnader og kortere produksjonstid, de kan få tilgang på eksterne ressurser og spesialkompetanse, videreutvikling av produktet kan skje hurtigere, og utskifting i forbindelse med ny teknologi blir lettere samtidig som det vil være en inntektskilde for virksomheten. Kanskje kan dette være starten på en ny gullalder for Tvedestrandsbedriften.

## **1.2 PROBLEMSTILLING OG FORSKERSPØRSMÅL**

I denne oppgaven vil utfordringer knyttet til å gjennomføre en modulær produktutviklingsprosess ses på gjennom et pågående produktutviklingsprosjekt.

Man vil derfor drøfte de praktiske utfordringene som virksomheten har møtt på eller vil møte på senere, og ut i fra dette konkludere med løsninger på utfordringene. For å få best utbytte av modulariseringen må man ha en helhetlig tilnærming til strategien. Derfor vil utfordringer ved modulbasert utvikling, modulbasert design, modulbasert produksjon og modulbasert kunnskap bli presentert og drøftet. Det er også mange utfordringer som knyttes til samhandling og kunnskapsdeling med leverandører, så utfordringer knyttet til dette vil også drøftes fra virksomhetens perspektiv. Med bakgrunn i den pågående

modulære produktutviklingsprosessen ble problemstillingen utarbeidet og har følgende formulering:

**Hvilke utfordringer møter man i en helhetlig modulær produktutviklingsprosess og hvordan påvirker denne prosessen samhandlingen med leverandørene?**

### ***Forskerspørsmål***

For å besvare problemstillingen ble disse forskerspørsmålene utarbeidet:

- 1. Hvilke utfordringer møter man gjennom modulbasert utvikling ved å benytte metoden «Modular Function Deployment» MFD?**
- 2. Hvilke praktiske utfordringer knyttes til modulbasert design og modulbasert produksjon?**
- 3. Hvilke utfordringer knyttes til modulbasert kunnskap, og hvordan foregår samhandling og kunnskapsdeling med leverandører?**

## **1.3 BEGRENSNINGER**

Oppgaven begrenses av at det her blir sett på et pågående prosjekt hvor man kommer inn og studerer produktutviklingsprosessen etter at prosessen er igangsatt, og ferdigstiller oppgaven før produktutviklingsprosessen er ferdig. Dette fører til at man jobber med data som er samlet inn midt i en prosess, og det er denne innfallsvinkelen denne oppgaven gir. Det fører også til at det ikke er mulig å innhente data fra alle leverandørene, og det er heller ikke mulig å sammenlikne konklusjoner fra denne oppgaven med det endelige resultatet fra produktutviklingsprosessen. Likevel er det stort rom for å synliggjøre de praktiske utfordringene ved den modulære produktutviklingsprosessen.

## **1.4 STRUKTUR**

Oppgaven er delt inn i 7 hovedkapitler med tilhørende underkapitler. Under er innholdet i hvert av hovedkapitlene kort forklart.

### ***Innledning***

I dette kapittelet blir bakgrunnen, problemstillingen og strukturen for oppgaven presentert. Problemstillingens aktualitet beskrives, og bakgrunnen for valg av oppgave legges frem. Deretter presenteres problemstillingen og oppgavens forskerspørsmål.

## ***Teori***

I dette kapitlet blir teoretisk grunnlag for oppgaven presentert. Man ser på viktige beslutninger knyttet til forsyningskjeden og hvordan en helhetlig modulær strategi kan føre til en suksessfull produktutvikling hvor det er spesiell vekt på funksjonsbasert modularisering. Til slutt blir teoretisk stoff om kunnskap og innovasjon i forbindelse med produktendringer presentert, og teori rundt samhandling og relasjoner til leverandører legges også frem.

## ***Metode***

Dette kapitlet inneholder relevant teori om metode og forskning, og beskriver fremgangsmåten for innhenting av informasjon som er brukt i oppgaven. Kapitlet tar også for seg oppgavens pålitelighet og validitet.

## ***Casebakgrunn***

I dette kapitlet blir TeamTec som bedrift presentert. I tillegg blir prosjektet Innovativ Kraft og næringsklyngen Sørlandsporten Teknologinettverk som TeamTec er med i beskrevet.

## ***Drøfting***

Her blir informasjon om TeamTec og prosjektet presentert i lys av forskerspørsmålene og oppgaven generelt. Dette er hoveddelen i oppgaven hvor prosjektets stilling og de praktiske utfordringene blir presentert. Drøftingen skjer med en gjennomgående struktur hvor de praktiske utfordringene presenteres gjennom modulbasert utvikling, modulbasert design, modulbasert produksjon og modulbasert kunnskap. Som en del av modulbasert kunnskap går man også nærmere inn på hvordan samhandling med leverandører foregår.

## ***Konklusjon***

I dette kapitlet konkluderes det med hvilke utfordringer som kan knyttes til modulær produktutvikling. Dette gjøres ut i fra forskerspørsmålene og den samme strukturen som ble benyttet i drøftingskapitlet, for på denne måten å besvare problemstillingen.

## ***Etterord***

Her beskrives det kort hvilke muligheter som finnes med tanke på videre forskning som kan gjøres i forbindelse med utviklingsprosjektet.

## 2 TEORI

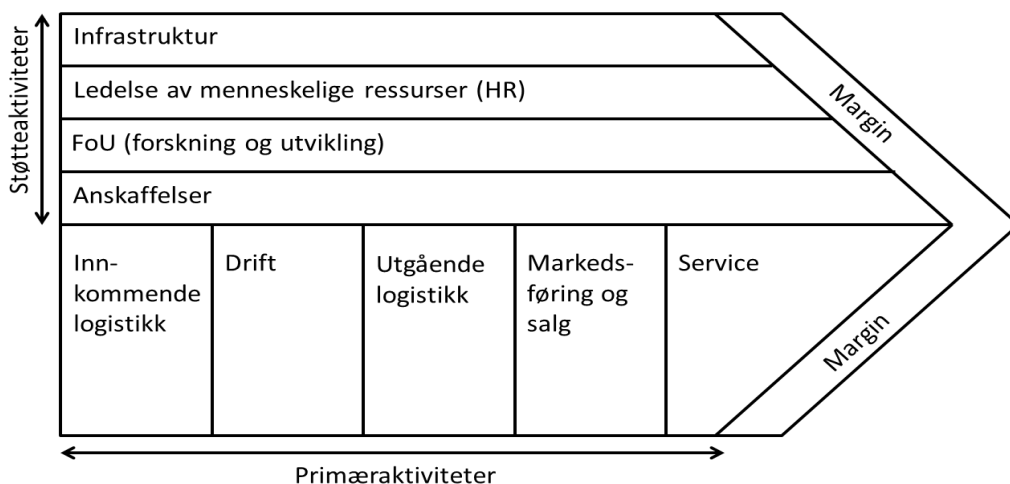
### 2.1 INNLEDNING

Som produksjonsbedrift har man store utfordringer knyttet til produktutvikling og produksjon. Man er et ledd i en større forsyningskjede og må tenke på virksomhetens aktiviteter basert på dette. Stadig endring i etterspørselen fra kunder, samt konkurranse fra andre virksomheter gjør produktutvikling til en viktig del av den daglige driften. Det å være innovativ og fleksibel er viktig for å sikre seg sin del av markedet.

Virksomheter som produserer produkter med lang livssyklus og til høy pris, kjenner også på kundens forventning til produktendringer og innovativ videreutvikling. Global konkurranse og høye forventinger til kvalitet gjør at man må foreta en rekke strategiske beslutninger knyttet til forsyningskjeden for å kunne konkurrere i et slikt marked. Man forsøker hele tiden gjennom aktivitetene i verdikjeden å effektivisere utviklingen og produksjonen, og forsøker å finne den beste måten å fremstille produktet på.

### 2.2 VERDIKJEDEPERSPEKTIV

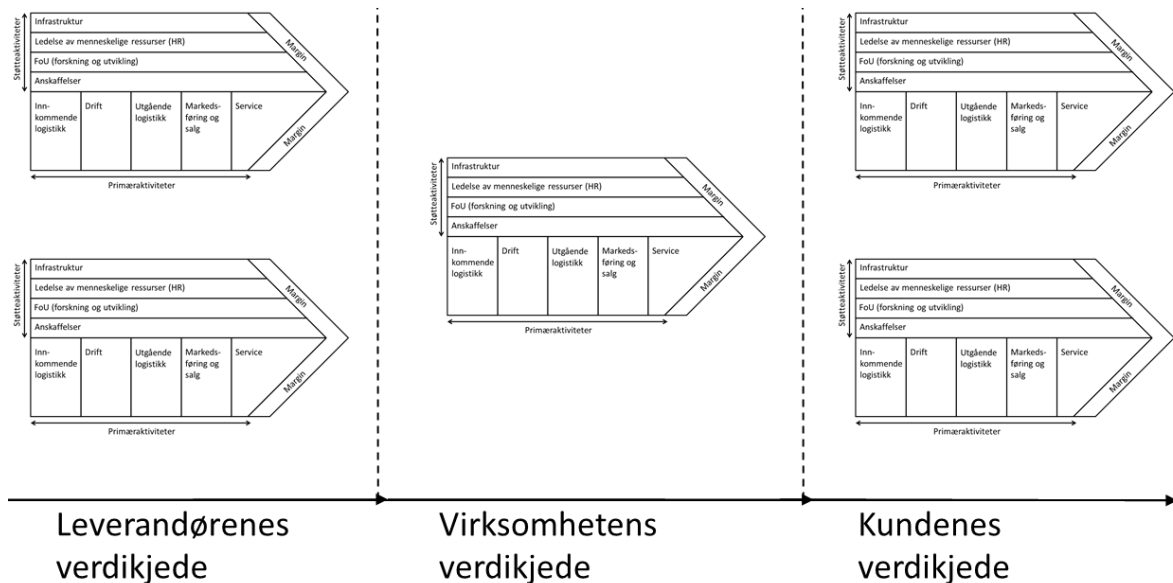
Verdikjedestyring kan defineres som styring og integrering av en rekke virksomhetsprosesser som skaper produkter, service og informasjon som gir kunden verdi. Verdikjedestyring knyttes ikke bare til logistikk, men også til andre aktiviteter i verdikjeden som for eksempel forskning og utvikling (M.C. Cooper et.al., 1997). Ved hjelp av den generiske verdikjeden får man et overblikk over virksomhetens aktiviteter (Porter & Millar, 1985).



Figur 1 Den generiske verdikjeden (Porter & Millar, 1985) side 151



Mange aktiviteter utføres gjennom forskjellig grad av samhandling med andre virksomheter. Dette knytter virksomhetenes verdikjeder sammen, og man skaper en forsyningskjede. Forsyningskjedens suksess vises gjennom den totale lønnsomheten som virksomhetene sammen skaper, men i virkeligheten foregår det en maktkamp innad i forsyningskjeden mellom virksomhetene for å sikre seg størst andel av profitten. Profitten deles gjerne ulikt mellom aktørene i forsyningskjeden. I Figur 2 kan man se hvordan de ulike aktørene i forsyningskjeden har hver sin verdikjede.



Figur 2 Aktører i en forsyningskjede (Kalsaas, 2009)

Hvilken posisjon en virksomhet har i en forsyningskjede kommer an på virksomhetens kjerneaktivitet og strategi (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012). Hvis for eksempel kjerneaktiviteten er å utvinne aluminium er man råvareleverandør og får gjerne en mindre del av profittkaka, enn om man er ferdigvareprodusent og produserer det ferdige produktet. Ofte er det aktøren som er nærmest sluttbruker som får det største delen av profittkaka, men det gjelder ikke i alle tilfeller.

De viktigste valgene en virksomhet tar, og som henger sammen med virksomhetens posisjon, er valget av produkt og kunder. Deretter er valg knyttet til hvordan virksomheten investerer i produksjonsprosesser og infrastruktur svært viktig. Hvis man tar feil beslutninger i forhold til dette ender man opp med å investere i prosesser og infrastruktur som ikke er nødvendig i forhold til det kundene ønsker. For å unngå dette bør man gjøre følgende (Berry, Hill, & Klompmaker, 1995):

- Definere virksomhetens mål
- Utvikle markedsføringsstrategier for å nå disse målene
- Vurdere hvordan ulike produkter vinner ordre
- Etablere de mest hensiktsmessige måter å produsere på
- Skape den nødvendige infrastrukturen for å produsere

Man må også definere om virksomheten skal ha en markedsbasert eller ressursbasert produksjonsstrategi. Markedsbasert produksjonsstrategi betyr at man produserer etter markedets behov, mens ressursbasert produksjonsstrategi er når man lager produkter etter hvilke ressurser man innehar og forventer at markedet vil respondere på dette (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012).

Å velge modularisering som strategi kan muliggjøre effektive produksjons- og innovasjonsnettverk, samt muliggjøre outsourcing og økt innkjøp, og gi virksomheten en bedre posisjon i verdikjeden og en større del av profittkaka. Men for å få til dette må man innføre modulariseringen i alle prosesser som forbindes med produktet.

## **2.3 MODULARISERING**

### **2.3.1 Definisjoner**

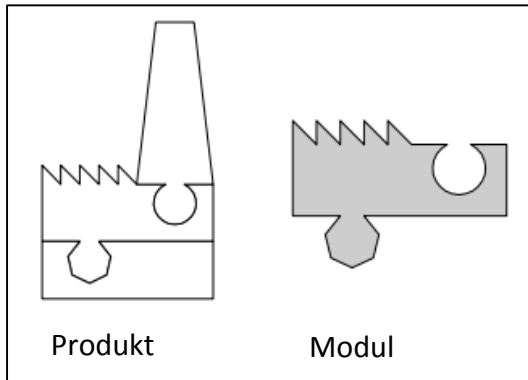
Tradisjonell tankegang i forbindelse med produksjon går ofte ut på å enten masseprodusere eller skreddersy et produkt. Når man masseproduserer går dette på bekostning av fleksibilitet, mens når man skreddersyr et produkt går dette på bekostning av effektiviteten. Ved å endre dette kjente produksjonsmønsteret og heller satse på masseprodusert skreddersøm, kan man lage en underliggende produktplattform som gir rom for fleksibilitet, spesialtilpassing og lenger produktlevetid. På denne måten kan man produsere ulike produkter ut i fra den samme produktplattformen ved å kombinere ulike moduler. Derfor kan modularisering defineres som et verktøy som benyttes når man ønsker masseprodusert skreddersøm (Elgård & Miller, 1998).

Kort oppsummert er disse de tre sterkeste grunnene til å velge modulbasert design (Henriksen & Røstad, 2011):

1. Standardisering og rasjonalisering

2. Kundetilpasning og fleksibilitet
3. Redusere kompleksitet

**Modul;** En modul kan defineres som en standardisert enhet eller et system med definerte grensesnitt som passer sammen med andre moduler i en plattform (Ericsson & Erixon, 1999). Standardiserte grensesnitt og interaksjoner muliggjør sammensetning av produkter ved forskjellige kombinasjoner (Miller & Elgård, 1998).



Figur 3 En modul som del av et produkt (Miller & Elgård, 1998) side 16

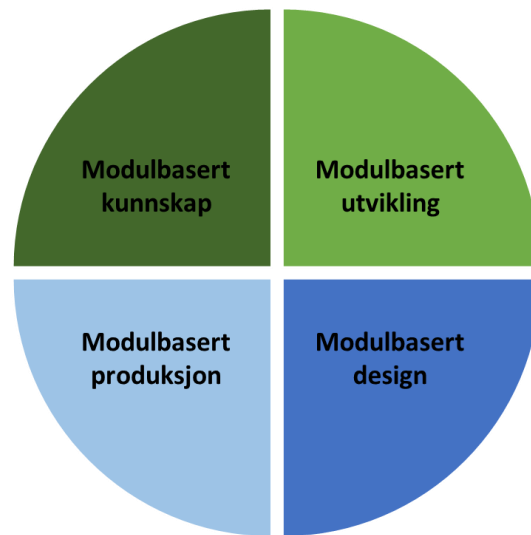
**Modulær;** er egenskapen til et system relatert til konstruksjon og funksjonalitet. En modulær struktur er en struktur bestående av selvstendige, funksjonelle enheter (moduler) med standardiserte grensesnitt og interaksjoner. Et modulært system har den egenskapen at man ved å erstatte en modul med en annen skaper en ny variant av produktet (Miller & Elgård, 1998).

**Modularisering;** er aktiviteten som foregår i forbindelse med strukturering av moduler (Miller & Elgård, 1998). En virksomhets modulariseringsstrategi vil påvirke utvikling, design, produksjon og kunnskap, og føre til at samarbeid med leverandører kan bli enda viktigere.

**Plattform;** er de grunnleggende fysiske geometriske egenskaper som for eksempel avstand mellom komponenter, type materiale og basisregler for grensesnitt. En plattform vil være et grunnleggende reisverk som kan benyttes over en lengre periode, mens modulene utvikles hver for seg og skiftes ut oftere (Henriksen & Røstad, 2011).

### 2.3.2 Helhetlig tilnærming til modularisering

For å oppnå best mulig effekt av modulbasert produktutvikling må man ha en helhetlig tilnærming til modularisering. Med dette menes det at man må standardisere prosessene slik at de ønskede produktkravene kan oppnås. Prosessene omfatter utvikling, design, produksjon og kunnskap som vist i Figur 4, og man kan ved å standardisere disse oppnå ønsket effekt av modulariseringen (Henriksen & Røstad, 2011).



Figur 4 Helhetlig modulbasert produktutvikling (Henriksen & Røstad, 2011) side 4

Videre vil de påfølgende kapitlene presentere de fire ulike prosessene og teorien knyttet til disse. På denne måten kommer helheten fram, og dermed også forutsetningen for en vellykket modulær produktutviklingsprosess. Først ser vi på modulbasert utvikling.

## 2.4 MODULBASERT UTVIKLING

### 2.4.1 Om modulær utvikling

Å utvikle en modulær produktplattform er en omfattende prosess. Det er både tids- og kostnadskrevende, og for mange virksomheter blir det en helt ny måte å jobbe med produktutvikling på. Ofte må man planlegge enda lenger fram i tid enn man ellers har gjort, og blir dermed sårbare for radikale endringer i markedet. Hvis produktet ikke slår an risikerer man å sitte igjen med et enda større økonomisk tap enn det man ville gjort ved konvensjonell produktutvikling.

Likevel er det stor fordeler ved å benytte modulbasert produktutvikling, og i noen bransjer kan det være helt avgjørende for å være konkurransedyktig. Dette gjelder for eksempel i

bilbransjen. Her er det mange aktører og mange ulike kundegrupper, og for å nå ut til flest mulig må man ha rett pris, rett teknologi og tilby ulike variasjoner av produktet slik kunden ønsker. Dette kan man oppnå ved å benytte modulbasert produktutvikling. Ved å utføre en modulær produktutviklingsprosess kan man øke effektiviteten ved å redusere kompleksiteten. Den modulære tilnærmingen gjør produktet mer fleksibelt og det blir enklere å foreta produktendringer. Dette gjør at inkrementelle innovasjoner og videreutvikling av moduler kan foregå parallelt, noe som i stor grad kan være både kostnads- og tidsbesparende (Ericsson & Erixon, 1999).

#### **2.4.2 Ulike metoder for modulær produktutvikling**

Innen produktutvikling finnes det flere forskjellige metoder som kan benyttes for å utvikle et produkt. Det finnes også en rekke ulike metoder innen modulær produktutvikling, og den store forskjellen mellom disse ligger i strukturen rundt prosessen knyttet til utviklingen av modulene. Man skiller ofte mellom komponent- og funksjonsorientert modularisering. Komponentorientert modularisering har en struktur som fokuserer på en utviklingsprosess med design, arkitektur, komponenter og tilpasninger, mens funksjonsorientert modularisering har en struktur basert på design, krav/forventinger, funksjoner og moduler (Henriksen & Røstad, 2011). De mest fundamentale metodene, som stammer fra komponent- og funksjonsbasert modularisering, er DSM, Function-Structure Heuristics og MFD (Börjesson, 2012).

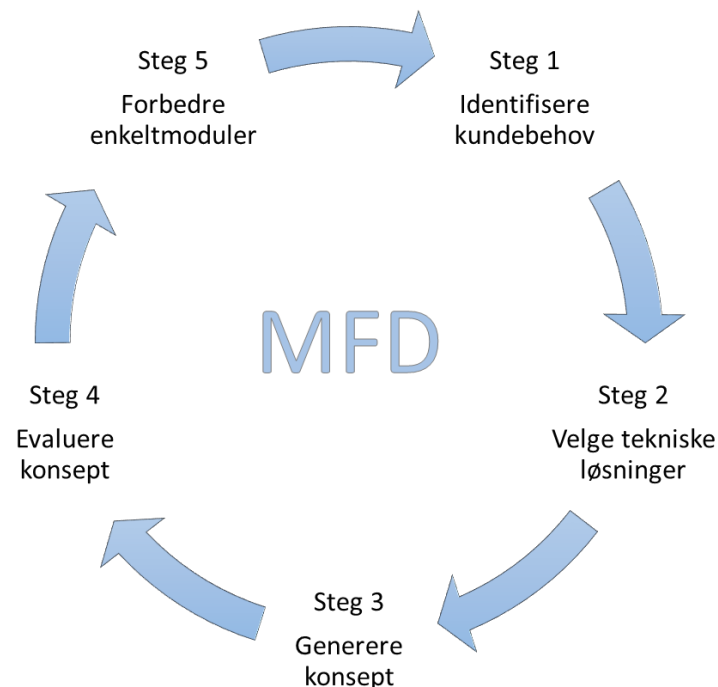
DSM som står for «design structure matrix», er en kjent metode som kan benyttes i forbindelse med modulær produktutvikling. Denne metoden baseres rundt en matrise som gir en enkel, kompakt, og visuell representasjon av et komplekst system. DSM er et verktøy eller en teknikk for å dekomponere systemer, og benyttes for å visualisere koblinger mellom komponenter. Derfor passer denne metoden til produktutvikling hvor det er fordelaktig å kunne håndtere et system basert på dets komponenter, og hvor fokus på koblingene mellom komponentene er viktig (Browning, 2001) (Börjesson, 2012).

Metoden «Function-Structure Heuristics», er basert på en modell som benyttes for å identifisere moduler basert på en funksjonell beskrivelse av et produkt. Dette gjøres ved å sette opp produktet eller systemet i et funksjons-struktur diagram, hvor produktets

funksjoner deles inn i flere underfunksjoner, som deretter settes sammen for å danne en funksjonell modell for produktet. Deretter gjøres en produktutviklingsprosess hvor man først går igjennom to steg i en funksjonell modeleringsfase, for deretter å gå videre gjennom to steg i en produktarkitekturfase. (Stone, 2000) (Börjesson, 2012).

En annen metode som fokuserer på modulenes funksjon er «modular function deployment» MFD. Denne metoden innebærer å analysere ulike matriser man benytter for å beskrive relasjonen mellom kundekrav, produktegenskaper, tekniske løsninger og modulære drivere. Metoden kan benyttes til å utvikle komplekse systemer med tilhørende komplekse moduler (Börjesson, 2012). Det er denne metoden som er valgt i produktutviklingsprosessen som drøftes i denne oppgaven, og en grundig gjennomgang av metoden vil derfor bli presentert i kommende kapittel.

### 2.4.3 MFD – Modular Function Deployment



Figur 5 De fem stegene i MFD-prosessen (Ericsson & Erixon, 1999) side 30

MFD er en metode for å identifisere og optimere moduler som fokuserer på funksjon i stedet for fysiske komponenter/deler. Det indikeres at det ideelle antallet moduler knyttet til et eksisterende produkt, er kvadratroten av antallet monteringsoperasjoner man har i gjennomsnitt. MFD gjennomgår og dokumenterer hele utviklingsprosessen fra kundebehov, gjennom tekniske spesifikasjoner og modulgrensesnitt til videreutvikling av enkeltmoduler.

Dette gjøres gjennom fem steg, som vist i Figur 5. Dokumentasjonen som lages underveis gjør det mulig å gå tilbake i prosessen å se når og hvorfor de ulike valgene ble tatt (Pandremenos & Chryssolouris, 2009) (Ericsson & Erixon, 1999).

Hvis man benytter MFD på et komplekst produkt anbefales det å dele opp produktet i noen hovedmoduler for så å gå gjennom stegene for hver av hovedmodulene, illustrert i Figur 5. På denne måten blir det enklere og mer systematisk å gå igjennom stegene, og man kan gå mer i dybden på både funksjoner og kundekrav. Det er denne måten man gjøre det på i bilbransjen, for eksempel hos Volvo (Ericsson & Erixon, 1999).

### ***Steg 1 – Identifisere kundebehov***

Her defineres karakteristikken til produktet, basert på kunde- og markedsanalyser. Først av alt må man forsikre seg om at de aktuelle designkravene virkelig er drevet fra kunde- og markedsbehov, og at produktstrategien er definert. Deretter må kundekravene defineres slik at produktspesifiseringen kan formuleres. Produktspesifiseringen kan gjøres gjennom en forenklet QFD-analyse (Quality Function Deployment). Denne forenklete QFD-analysen er en matrise hvor man ser på relasjonen mellom *hva* kundene vil ha og *hvordan* produktegenskapene er. Graden av relasjon beskrives i de fleste eksempler med 9 for sterk relasjon, 3 for medium relasjon og 1 for svak relasjon (Ericsson & Erixon, 1999). Dette gjør man for å tydeliggjøre de sterke relasjonene. Man kan også benytte en annen poengfordeling om man ikke ønsker like sterkt skille mellom sterke og svake relasjoner.

Hvordan Hva	Modularitet	Produktegenskaper										Sum	
Kundekrav	9		1	1								3	14
													0
	3			3		1							7
	9												9
				3	3								6
	9												9
													0
													0
									1				1
									1			1	
Sum	21	0	1	7	3	1	0	1	1	0	3	0	

Figur 6 QFD-analyse (Ericsson & Erixon, 1999) side 33.

Når poengfordelingen i QFD-analysen er gjort kan man lage et diagram som beskriver resultatet av matrisen. På denne måten får man bedre oversikt over det utarbeidede resultatet. Diagrammet lages da basert på summen i x-aksen. På denne måten ser man hvilke produktegenskaper som er spesielt viktig med tanke på kundekrav.

### Steg 2 – Velge tekniske løsninger

De funksjonelle kravene møter kundekravene, og sammen skaper disse kravene grunnlaget for valget av de tekniske løsningene.

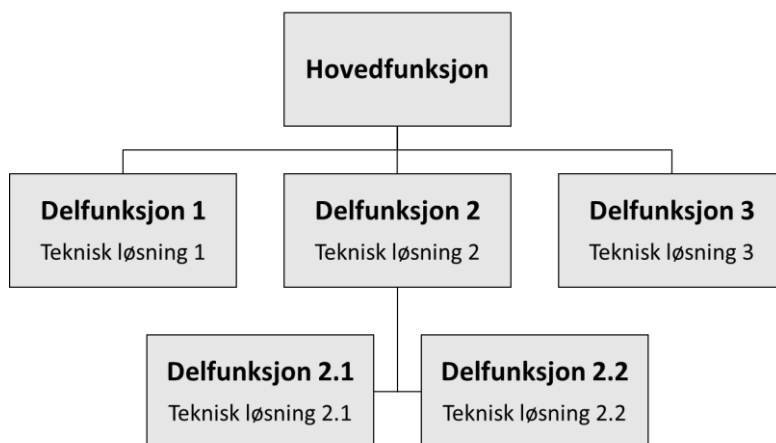
Teknisk konsept og løsninger	Evalueringkriterier							Sum +	Sum -
	Kriterium 1	Kriterium 2	Kriterium 3						
Alternativ A	+	-	-						
Alternativ B	+	+	-						
Alternativ C	-	+	-						
Alternativ D	-	-	-						

Figur 7 Pugh matrise (Ericsson & Erixon, 1999) side 34.



Siden kravene drevet fram i steg 1 har fokus på markedet, vil man i steg 2 sette fokus på de tekniske spesifikasjonene. Man ser derfor på produktet fra et funksjonelt perspektiv. Man foretar en *funksjonell dekomponering* hvor man deler opp produktet i funksjoner og deres tilhørende tekniske løsninger. Man kan gjøre dette ved å benytte en «Pugh-matrise», som viser fordelene og ulempene med de forskjellige alternativene. Evalueringskriteriene kan hentes fra steg 1 og ses sammen med interne betraktninger fra virksomheten (Ericsson & Erixon, 1999).

Funnene i «Pugh-matrisen» benyttes til å sette opp et «funksjons-tre». Her kan man oversiktlig identifisere og sette opp funksjoner og delfunksjoner. Dette gjør at produktets funksjonelle struktur med tilhørende tekniske løsninger kommer bedre frem (Ericsson & Erixon, 1999).



Figur 8 Funksjons-tre (Ericsson & Erixon, 1999) side 35.

### **Steg 3 – Generere konsept**

I steg 3 blir de tekniske løsningene man kom fram til i steg 2 analysert. Analysen gjennomføres ved å benytte en MIM (Module Indication Matrix), hvor de tekniske løsningene vurderes opp mot de modulære driverne, se Figur 9. Dette er «hjertet» i MFD-metoden. Her blir hver tekniske løsning vektlagt (9 poeng tilsvarer en sterk driver, 3 poeng en medium driver, og 1 poeng en svak driver) i forhold til viktigheten av at den er en modul. Grunnen til at man bruker denne ujevne poenginnvidlingen er for å få frem skillet mellom de sterkeste og svakeste drivere (Ericsson & Erixon, 1999).

Tekniske løsninger																Sum
		Modulære drivere														
Produkt- utvikling og design	«Carryover»				9				3			1				13
	Teknologiutvikling	3	1						3	3		1			9	19
	Produktendringer		9				1	1							1	12
Varians	Forskjellig spesifisering			3											3	6
	Styling				1	9	1			9						20
Produksjon	Felles enhet	9		9	3		9	9	3	3		9	9	1	1	65
	Prosess / organisering		1	1							1					3
Kvalitet	Separat testing					3			3		1					7
Innkjøp	Leverandør tilgjengelighet							3						3		6
Ettersalg	Service og vedlikehold			9												9
	Oppgradering								1	9					9	19
	Resirkulering			3	3			9				3				18
Sum		12	11	25	13	12	11	22	13	24	2	14	9	4	23	

Figur 9 MIM - Tekniske løsninger og modulære drivere (Ericsson & Erixon, 1999) side 36.

Den vertikale summen i Figur 9 indikerer hvilke «modulkandidater» man har, mens den horisontale summen indikerer hvilken produktstrategi man bør ha. De ulike modulære driverne er beskrevet i Tabell 1 under. I ulike produktutviklingsprosesser vil det være ulike modulære drivere, så hvilke drivere som er med i MIM kan variere etter hvilke produkt det er snakk om (Ericsson & Erixon, 1999).

Tabell 1 Beskrivelse av de modulære driverne (Bahtijarevic & De Murcia E Paes, 2014) side 19-20.

Modulær driver	Beskrivelse
«Carryover»	For å bli gjenbrukt i neste generasjon
Teknologiutvikling	For å muliggjøre nye løsninger fra leverandører
Produktendringer	For å bli forbedret separat
Forskjellig spesifisering	For å isolere spesifikasjonsdrevet varians
Styling	For å isolere forskjellig styling, merker og liknende
Felles enhet	For å kunne masseprodusere
Prosess / organisering	For å beskytte knappe ressurser / prosesser
Separat testing	For å teste systemet for seg
Leverandør tilgjengelighet	For å bli utviklet og beskyttet av en samarbeidspartner

Service og vedlikehold	For lett å kunne bli reparert eller erstattet
Oppgradering	For å øke ettersalget
Resirkulering	For å beskytte miljøet

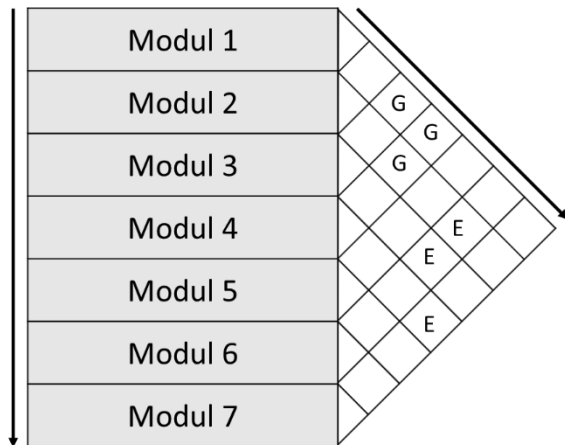
Når viktigheten av de modulære driverne er summert for hver tekniske løsning, altså finner summen på x-aksen, vil de med høyest poengsum være de tekniske løsningene som det anbefales å ha som modul for seg selv. Mens de tekniske løsningene som får lav poengsum bør danne grunnlaget for å være en modul sammen med andre tekniske løsninger. Disse funnene setter man opp i en tabell hvor man beskriver modulen, de sterkeste driverne, antall varianter og de tekniske løsningene. Dette vises med et eksempel fra Volvo hvor moduler i forbindelse med taket inni bilen er satt opp i Tabell 2. Volvo har omlag en person med ansvar for hver modul i bilproduksjonen sin (Ericsson & Erixon, 1999).

Tabell 2 Beskrivelse av de ulike modulene (Ericsson & Erixon, 1999) side 65.

Modul	Sterkeste drivere	Antall varianter	Tekniske løsninger
M1 – Bremselys modul	«Carryover» Felles enhet	1 variant	Bremselys Bakre klipp
M2 – Solskjerming modul	«Carryover»	2 varianter	Solskjerm
M3 – Sikkerhetsbelte modul	Teknologiutvikling	2 varianter	Beltebase og en opsjon
M4 – Taklys modul	«Carryover» Felles enhet	1 variant	Taklys
M5 – Leselys modul	«Carryover» Felles enhet	1 variant	Leselys
M6 – Base modul	Styling Resirkulering	2 varianter	Ramme Bæring Polstring Håndtak Takfeste til sikkerhetsbelte

#### **Steg 4 – Evaluere konsept**

I dette steget ser man på grensesnittene mellom modulene man kom fram til i steg 3. Grensesnittet mellom to moduler kan være geometrisk «G» fast eller i bevegelse, eller energioverførende «E». Man kan også benytte andre betegnelser på grensesnittene til produktet. Med medieoverførende grensesnitt kan det for eksempel være snakk om når eksos går fra motoren i en bil som er en modul, og over til eksosanlegget og katalysatoren som er en annen modul. Det kan også være snakk om væske eller elektrisitet som blir overført fra en modul til en annen (Ericsson & Erixon, 1999).



Figur 10 Moduler og grensesnitt (Ericsson & Erixon, 1999) side 53

I steg 4 evaluerer man de modulære konseptene og undersøker om de burde bli valg som moduler eller ikke, og hvordan disse valgene passer med virksomhetens visjon og strategi. Spørsmål rundt det økonomiske, som produktkalkyler og logistikk kostnader kommer også opp her i steg 4. MFD-konseptet er fortsatt ganske nytt og det finnes ikke økonomiske analyser som beskriver fordelene med et modulbasert produkt, så man bruker gjerne kjente produktkalkyler som for eksempel ABC-kalkyle.

Steg 4 skaper også rom for å evaluere andre viktige faktorer som bland annet produktet og modulenes livssyklus. Bærekraftig design beskrives nærmere i kapittel 2.5.2 på side 20.

### **Steg 5 – Forbedre enkeltmoduler**

Til slutt, i steg 5 blir en spesifisering for hver moduls tekniske informasjon, kostnadsmål, planlagte utvikling og variasjoner laget. Det foreligger ikke et generisk oppsett for dette, men et forslag til en oversiktlig modell er presentert i Figur 11. Disse spesifiseringene blir «ryggraden» i produktplattformen og en slags oppsummering over valgene tatt i produktutviklingsprosessen. Videre vil modulene forbedres adskilt én og én, med fokus på forbedringer på komponentnivå. Som utgangspunkt for disse forbedringene kan man bruke MIM som ble laget i steg 3, og se på hva som var de sterkeste driverne til den aktuelle modulen og fokusere på forbedring knyttet til dette.

Modul:	
Ansvarlig:	
Målkostnad:	
Tekniske løsninger	Modulær driver
Grensesnitt	Type grensesnitt
Kundekrav	Utvikling

Figur 11 Modulære spesifikasjoner (Ericsson & Erixon, 1999) side 55

## 2.5 MODULBASERT DESIGN

### 2.5.1 Platform design

Modulbasert design er når man planlegger en produktplattform bestående av moduler som sammenkobles via felles grensesnitt. For å dra full nytte av modulariseringen bør alle moduler planlegges i forhold til utskifting på grunn av utvikling. Et godt eksempel på dette er Sonys Walkman, hvor det ble laget en god produktplattform med muligheter for utskifting av ulike moduler uten å endre hele produktet. Dette krever jo lenger tid på planlegging og design, men i det lange løp vil man kunne redusere utviklingskostnader fordi man slipper å endre hele produktet (Ulrich, 1995).

Reparasjon og vedlikehold kan også effektiviseres på et produkt med modulbasert design. Det blir enklere å bytte ut en modul når den gamle går i stykker eller når nye krav fra bransjen eller myndighetene kommer. Er det mulig kan man samle komponenter med kortere levetid i en modul, og ha et kortere utskiftningsintervall på denne modulen. På denne måten slipper man for eksempel nedetid på en viktig maskin, og man trenger ikke å bytte ut komponenter som ikke er defekte. Dette gjør da at utskiftning som en del av vedlikeholdet kan gjøres enklere, mer effektivt og i mange tilfeller rimeligere. Virksomheten kan også tjene mer på ettersalg fordi de er de eneste som tilbyr akkurat den modulen, og de

får på den måten fordeler av avhengighetsforholdet som kunden får til virksomheten (Ulrich, 1995).

### **2.5.2 Bærekraftig design**

Med modulbasert design kan man planlegge produktets livssyklus og sette sammen modulene på en måte hvor komponenter med lav levetid er en egen modul, og komponenter med lang levetid er en annen modul. Ved å planlegge enkel utskifting av moduler med kort levetid, eller å danne utskiftingsmoduler bestående av komponenter med kort levetid, vil produktet få en lengre levetid og samfunnet blir spart for bruk av ressurser til å lage et helt produkt. Samtidig kan moduler med komponenter med lang levetid gjenbrukes i nye produkter. Hvis det lar seg gjøre bør man også ha fokus på komponentenes materiale for å sette sammen komponenter med likt materiale i en modul for på denne måten gjøre gjenvinning enklere (Bahtijarevic & De Murcia E Paes, 2014).

## **2.6 MODULBASERT PRODUKSJON**

### **2.6.1 «Make or buy» beslutninger**

Når man skal utvikle et nytt produkt er det også en rekke beslutninger å ta. En av disse er om man vil produsere delene til produktet selv eller kjøpe de fra leverandører. Det er denne problematikken som kalles «make or buy». Spørsmål man bør stille i en «make-or-buy» situasjon er (Ericsson & Erixon, 1999):

- Er det strategiske grunner til at teknologien bør beholdes internt i virksomheten?
- Har vi nok ressurser både i dag og i fremtiden til å utvikle og produsere produktet?
- Finnes det noen leverandør som tilbyr en modul eller et standardisert delsystem i dag?

Velger man å produsere internt kan det være fordi man ser det som strategisk riktig og økonomisk lønnsomt. I mange tilfeller velger virksomheter å produsere internt fordi de besitter viktig kunnskap som er med på å sikre produktets kvalitet. Velger man heller en mellom ting mellom å produsere internt og å kjøpe varene, vil dette være å betrakte som outsourcing. Outsourcing handler i stor grad om bedriftens posisjon i forsyningskjeden, fordi beslutningen om «make or buy» er en av de viktigste strategiske valgene en produksjonsbedrift tar (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012). I en «make or buy»

beslutningssituasjon må man ta hensyn til forskjellige aspekter ved produktet. Dette handler om hvordan man kan oppnå ønsket kvalitet og ønsket salgspris, med lavest mulig kostnader. Som vi ser i neste kapittel er det en rekke fordeler og ulemper ved å outsource produkter og tjenester.

### **2.6.2 Outsourcing**

Proessen med å overlate hele eller deler av virksomhetens funksjoner til en eller flere eksterne aktører kalles outsourcing. Ofte handler det her om et langvarig samarbeid mellom ulike aktører (Weele, 2014). Beslutningen om å outsource handler som tidligere nevnt om virksomhetens plass i forsyningskjeden, og er et strategisk valg som ofte kan skape konflikter. På tross av konflikter og risiko er det mange virksomheter som velger å sette ut produksjonen av produkter og utførelsen av tjenester i stedet for å gjøre det selv. I mange tilfeller kan det falle seg naturlig å fremstille varer hos en aktør som kan produsere billigere eller som har bedre kompetanse. Dette gjør man da for å sikre riktig pris på sluttproduktet eller for å sikre den kvaliteten som er ønskelig (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012).

Man kan outsource både funksjoner og prosesser i virksomheten. Eksempler på funksjoner som kan outsources er regnskap, rengjøring og IT-support, mens outsourcing av prosesser er når en komponent eller et produkt blir fremstilt eksternt (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012).

Det finnes forskjellige former for outsourcing. Man skiller mellom offshoring, nearshoring og onshoring. Offshoring er når man setter ut enkle produkter eller funksjoner til leverandører i lavkostland. Det har blitt mer og mer vanlig å produsere produkter som selges i Asia, i Asia. Nearshoring er når man outsourcer til nærliggende lavkostland, typisk Polen for norske bedrifter. Mens onshoring er når man setter ut produksjon eller funksjoner til bedrifter i samme land. Fordeler med de to sistnevnte er kortere geografiske avstander og mindre kulturforskjeller, som igjen fører til at kommunikasjonen går lettere (Weele, 2014).

#### ***Fordeler og ulemper med outsourcing***

En av fordelene, og ofte hovedgrunnen til at virksomheter velger å outsource, er at man kan redusere produksjonskostnader ved å produsere i land med lavere tilvirkningskostnader. Dette gjelder typisk for lite komplekse deler eller komponenter. Det samme gjelder for

outsourcing av tjenester, hvor oppgaver kan utføres rimeligere på grunn av lavt lønnsnivå i landet (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012). Man slipper også ved å outsource å ha avdelinger, eller produsere produkter som ikke inngår i kjernevirksomheten. På denne måten får man økt fokus på den viktigste delen av virksomheten. Når man flytter fokus som dette frigjør man både økonomiske, fysiske og menneskelige ressurser, samtidig som man får en bedre økonomisk oversikt. Dette resulterer i mindre tid på produktkalkyler og leting etter skulte kostnader (Weele, 2014).

En annen fordel med å outsource produksjonen er at man kan få større tilgang på, og frigjøre ressurser. Dette gjelder både menneskelige, økonomiske og fysiske ressurser man får tilgang til eksternt, og interne ressurser som blir frigjort når produksjonen flytter. Har virksomheten for eksempel beliggenhet på en liten plass i en liten by, kan outsourcing frigjøre menneskelig personell og areal, og låst kapital i forbindelse med maskiner og lager. Man kan også ved å outsource få bedre tilgang på kunnskap man selv ikke innehar i virksomheten, og som kan kreve store ressurser å skaffe seg. (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012). Ved å outsource kan man redusere risikoen knyttet til produksjonsprosessen som følge av uforutsette hendelser, samtidig som man fremdeles kan ha tilgang på produktet. Dette er fordi man lar andre ta seg av prosessen, og dermed risikoen som medfølger (Weele, 2014). Risikoen det er snakk om her er produksjonsstopp på grunn av defekte maskiner, mangel på arbeidskraft eller mangel på råvarer.

Selv om det er en rekke fordeler med å outsource for å få tilgang til ressurser finnes det også noen ulemper. Man risikerer å miste viktige ressurser som kunnskap og kompetente folk, hvis man legger med produksjonen i en avdeling. Da kan kunnskap gå tapt fordi folkene som innehar denne kunnskapen mister jobben eller forflyttes til å drive med noe annet (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012). Dette kan igjen gå utover kvaliteten på produktet hvis den nye produsenten ikke har den samme kunnskapen og erfaringen.

Hvis den nye produsenten har kunnskapen og erfaringen til å levere et tilsvarende produkt til riktig kvalitet, kan det likevel være kritisk å inngå en avtale. Dette er fordi man ved å outsource blir avhengig av leverandørene som kan levere kompliserte produkter, og leverandøren får et slags monopol (Weele, 2014). Man kan miste fordelene av



produksjonsfleksibiliteten ved å inngå langvarige avtaler (Embleton & Wright, 1998) og når leverandøren har overtatt makten kan de forhandle om salgspris og andre vilkår, og det kan i verstefall bli svært dyrt for virksomheten å opprettholde samarbeidet og produksjonen av varene man er avhengig av.

Andre utfordringer, som vil bli forklart nærmere i kapittel 2.6.3, er transaksjonskostnadene knyttet til outsourcing. Dette er blant annet kostnader som øker etter som behovet for oppfølging og informasjonsflyt øker, og andre kostnader som oppstår når man ønsker å redusere risikoen knyttet til å benytte en ekstern aktør.

Benytter man seg i stor grad av offshore outsourcing vil man møte på utfordringer knyttet til myndigheter og kultur. Usikkerheten knyttet til dette øker ofte med avstanden fra virksomheten, da kommunikasjonen kan bli vanskeligere å opprettholde og misforståelser kan oppstå. I noen land kan mangelen på klare lover og regler fra myndighetene være et problem som kan føre til uforutsette kostnader (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012).

Det å foreta et valg om å outsource deler av produksjonen kan gå utover produksjonen man beholder i virksomheten på den måten at det kan være ødeleggende for moralen til de gjenværende ansatte. Man kan skape frykt og usikkerhet noe som absolutt ikke er bra for arbeidsmiljøet til de gjenværende arbeidstakerne. I tillegg kan en slik beslutning ødelegge de ansattes tillit til virksomheten og styret (Embleton & Wright, 1998).

### **2.6.3 Transaksjonskostnader**

Kostnader knyttet til gjennomføring av handel kalles transaksjonskostnader, og betegnelsen omfatter indirekte kostnader som påløper ved innkjøp. Transaksjonskostnadene kan for eksempel komme fra leting etter leverandører, informasjonsinnhenting eller kvalitetssjekk. Begrepet transaksjonskostnader ble først presentert av Ronald Coase i 1937, men forbindes ofte med Nobelprisvinneren i økonomi (2009), Oliver E. Williamson, som tolket og bygget videre på arbeidet til Coase. Williamson stoler ikke på markedet og mener at økonomiske aktiviteter helst bør integreres i hierarkiet i virksomheten og ikke outsources når aktiviteten krever betydelige særegne investeringer, og skaper økt usikkerhet og økt frekvens (Williamson, *The Economic Institutions of Capitalism*, 1985) (Williamson, *The Economics of*

Organization: The Transaction Cost Approach, 1981) (Kalsaas, 2009). De tre kritiske dimensjonene som fører til økte transaksjonskostnader defineres som:

**Særegne produkter** (asset specificity): Handler om i hvor stor grad både fysiske og menneskelige investeringer er spesialisert og unike for én oppgave. Dette kan for eksempel være når en underleverandør foretar en stor investering i spesialtilpasset utstyr, på bakgrunn av en kontrakt som forplikter kunden til å benytte seg av denne underleverandøren. Dette gir underleverandøren et slags monopol og kan føre til at kunden får økte transaksjonskostnader. Er det stor grad av særegenhet øker transaksjonskostnadene ved outsourcing, og man bør heller vurdere å integrere produksjonen i hierarkiet (Williamson, The Economic Institutions of Capitalism, 1985) (Williamson, The Economics of Organization: The Transaction Cost Approach, 1981).

**Usikkerhet** (uncertainty): Ved økende usikkerhet forventes transaksjonskostnadene også å øke. Dette er på grunn av kompenserende tiltak mot usikkerheten, for eksempel økt lagerhold. Dette gjelder også usikkerheten knyttet til interne menneskelige ressurser og deres handlinger i virksomheten, og usikkerheten knyttet til eksterne transaksjoners omgivelser som politiske reguleringer og geografisk plassering. Så ved økt usikkerhet bør produksjonen heller integreres i hierarkiet, for å slippe unødige transaksjonskostnader (Williamson, The Economic Institutions of Capitalism, 1985).

**Frekvens** (frequency): Etter som frekvensen av transaksjoner øker fører dette igjen til økte transaksjonskostnader. Dette er fordi det må etableres mer permanente leveringsløsninger enn det som ellers ville vært nødvendig. Dette krever igjen større investering i kommunikasjons prosedyrer, og mer bruk av ressurser til oppfølging. På en annen side vil en langvarig leveringsavtale kunne redusere transaksjonskostnadene, fordi man slipper å bruke ressurser på å lete etter leverandører og inngå nye avtaler (Williamson, The Economic Institutions of Capitalism, 1985).

Årsaken til at Williamson ikke stoler på markedet begrunnes med at mennesker har begrenset rasjonalitet og opportunistisk adferd. *Begrenset rasjonalitet* betyr at menneskers rasjonalitet er begrenset av informasjonen man besitter, personlige kognitive begrensninger

og tiden man har tilgjengelig, når man skal ta avgjørelser. Den andre årsaken, *opportunistisk adferd*, handler om at alle mennesker vil gjøre det som er til sitt eget beste. Man kan handle mot etikk og moral for å få oppfylt egeninteresse (Williamson, *The Economic Institutions of Capitalism*, 1985).

#### 2.6.4 Agentteori

Begrenset rasjonalitet og opportunistisk adferd er også bakgrunnen for det som kalles agentteori, som handler om utfordringer knyttet til interessekonflikter mellom oppdragsgiver og oppdragstaker, kalt prinsipal og agent. I tillegg er grad av *asymmetrisk informasjon*, som betyr at partene alltid vil inneha ulik grad av informasjon, også viktig for å forstå konflikter som kan oppstå i relasjoner (Eisenhardt, 1989).

Problemer som knyttes til agentteorien er at prinsipalen og agenten kan ha forskjellig mål og at det kan oppstå forskjellig forventinger til risiko. Det første problemet handler både om at prinsipalens og agentens forventinger til sluttresultat er ulike, og at prinsipalen ikke kan vite hva agenten egentlig holder på med eller at det blir for kostbart å kontrollere agenten. Det andre problemet handler om at prinsipalen og agenten vil foretrekke ulike handlinger på grunn av forskjellige risikopreferanser (Eisenhardt, 1989).

I teorien brukes metaforen kontrakt som en analyseenhet for å fastsette relasjonen mellom prinsipal og agent. Deretter fokuserer man på å fastsette hvilken kontraktstype som er den mest effektive med bakgrunn i relasjonen. Man skiller da mellom adferdsorientert kontrakt (eller handlingsorientert kontrakt) og resultatorientert kontrakt (Eisenhardt, 1989).

**Adferdsorientert kontrakt** – Denne kontraktstypen er typisk basert på timebetaling, pris per kilometer o.l. Kontraktsformen benyttes av kontrollerende ledere og i prosjekter med stor grad av styring. Denne formen for kontrakt legger en stor del av risikoen på prinsipalen, og krever mye ressurser til overvåking og kontrollering (Eisenhardt, 1989).

**Resultatorientert kontrakt** – Denne kontraktstypen er typisk basert på antall enheter produsert eller levert, antall strekninger kjørt o.l. Kontraktsformen gir rom for insentiver hvor hurtig ferdigstillelse belønnes, eller man kan straffe langsom fremgang. Denne

kontraktsformen legger mer risiko på agenten, samtidig som den gir rom for at agenten skal jobbe så effektivt som mulig og bruke så lite ressurser som mulig, for å tjene mer på avtalen (Eisenhardt, 1989).

Valg av kontrakt er situasjonsavhengig og inneholder i mange tilfeller en blanding av adferdsorientert og resultatorientert kontrakt, hvor resultatbaserte insentiver skaper motivasjon sikrer og effektivitet, samtidig som prinsipalen har tilgang til informasjon om fremgangen for å verifisere agentens adferd (Eisenhardt, 1989) (Kalsaas, 2009).

### **2.6.5 Innkjøp**

Et alternativ til å produsere internt, eller eksternt ved hjelp av outsourcing, er å kjøpe varer av aktuelle leverandører. Dette gir virksomheten et større handlingsrom med tanke på pris, kvalitet, produktomstillinger og tid. Man sitter ikke lenger med ansvaret for produksjonen, men heller ansvaret for ferdigstillingen. Gevinsten er at leverandøren tar ansvaret for produksjonsprosessen og kvaliteten, samt innovasjon og utvikling av produktet. De nye utfordringene er knyttet til kommunikasjon og samarbeid med leverandøren for å sikre god vareflyt, samt grad av avhengighet og innkjøpspriser i forhold til dette. Innkjøpsprosessen kan derfor by på utfordringer, spesielt når man skal kjøpe inn et nytt produkt fra en ny leverandør, men også når man skal reforhandle gamle avtaler. I forhold til nye kunde-leverandørforhold vil det også oppstå transaksjonskostnader knyttet til å finne den nye leverandøren, bli kjent med produktene og for å kontrollere kvaliteten på produktet. Mens gamle kunde-leverandørforhold gjerne har oppnådd stor grad av tillit og er mer transparente, kan nye forhold kreve mye tid og arbeid for å oppnå dette (Weele, 2014).

Innkjøpsprosessen omhandler alle aktiviteter som skal gjennomføres fra et behov har oppstått til det er tilfredsstilt (Bø, Gripsrud, & Nygaard, 2013). Dermed kan man forstå at innkjøpsprosessen, og spesielt valg av leverandør, er en viktig del av et produktutviklingsprosjekt. Innkjøpsprosessen kan variere etter hva slags kjøp det er snakk om, men består av seks trinn<sup>1</sup> (Weele, 2014):

---

<sup>1</sup> Trinn en og to i innkjøpsprosessen har hovedfokus i denne oppgaven, da disse trinnene kan knyttes til Modular Function Deployment (MFD), som blir beskrevet i kapittel 2.4.3.

1. Definere spesifikasjon
2. Velge leverandør
3. Kontraktinngåelse
4. Bestilling
5. Ekspedering
6. Evaluering

Det er forskjellige forhold som påvirker innkjøpsprosessen. Dette er først og fremst type produkt, innkjøpsstrategi, leverandørmarkedet og risiko, men kan også omfatte andre forhold som for eksempel miljøkrav til leverandør (Weele, 2014).

Går man nærmere inn på utfordringene knyttet til det å velge leverandør, kan man skille mellom ulike kjøpsituasjoner (Robinson, Faris, & Wind, 1967):

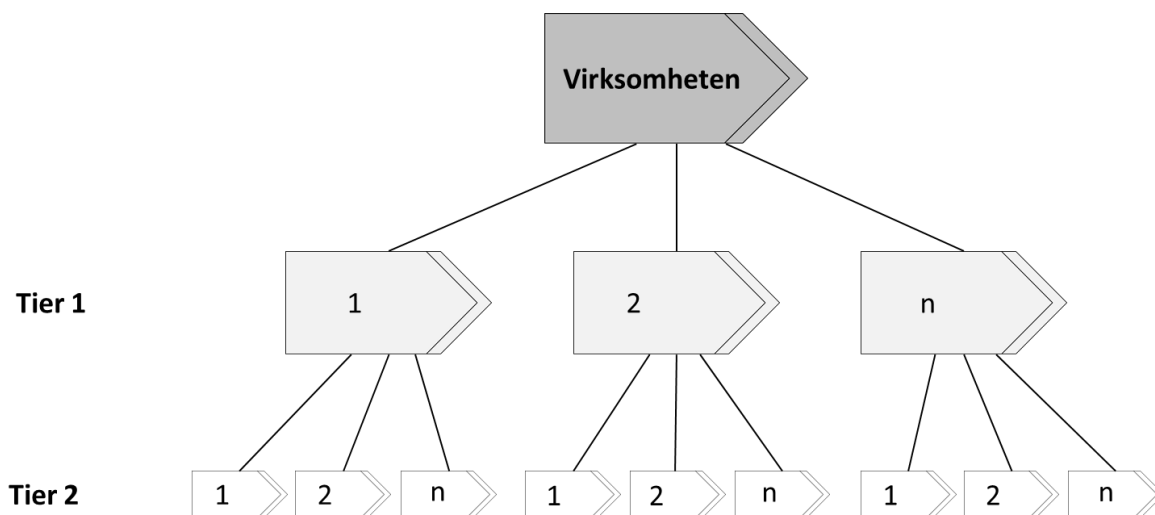
- «New task situation» - Oppstår når en virksomhet kjøper et helt nytt produkt fra en ukjent leverandør. Stor grad av usikkerhet når det gjelder kjøpsituasjonens utfall.
- «Modified rebuy» - Oppstår når en virksomhet enten kjøper et helt nytt produkt fra en kjent leverandør, eller et kjent produkt fra en ukjent leverandør. Moderat usikkerhet når det gjelder kjøpsituasjonens utfall.
- «The straight rebuy» - Oppstår når en virksomhet kjøper et kjent produkt fra en kjent leverandør. Lav usikkerhet når det gjelder kjøpsituasjonens utfall.

Uavhengig av hvilke av disse innkjøpsituasjonene man havner i må man beslutte om produktene skal produseres etter bestilling (make to order, MTO) eller om de skal bestilles til lager (make to stock, MTS). Det knyttes risiko til begge beslutningene, den første fordi man risikerer at man ikke har produktet når det trengs, den andre fordi man kan risikere å bli sittende med for mye på lager (Bø, Gripsrud, & Nygaard, 2013). For å minske risikoen knyttet til begge tilfeller er samhandlingen mellom bedriftene i forsyningskjeden svært viktig. Dette gjelder spesielt ved modulære produksjonsprosesser, hvor hver modul låser store ressurser.

### **2.6.6 Innkjøp og samarbeid ved modulær produktutvikling**

I innkjøpsituasjoner med stor grad av teknisk spesifikasjon og store forventinger til leverandørene, vil det i større grad være andre dimensjoner enn pris som spiller den

avgjørende rollen for leverandørvalget. Ved innkjøp på dette nivået vil muligheten for integrasjon og relasjoner mellom kunde og leverandør ofte være vel så viktig som pris for virksomheten (Bø, Gripsrud, & Nygaard, 2013). Dette kan man se eksempel på i en artikkel om varebilprodusenten IVECO skrevet av Patrizia Zagnoli og Alessandro Pagano. Her beskrives og analyseres blant annet IVECOs organisasjonsendring for å få færre leverandører med tettere samarbeid, slik at de kan levere komplette systemer i stedet for deler. Dette gjør at IVECO utvikler et leverandørnettverk bestående av færre hovedleverandører, hvor hovedleverandørene håndterer underleverandørene ( Zagnoli & Pagano, 2001). Denne måten å organisere leverandørene på er hentet fra lean og Janpansk bilindustri, hvor man organiserer leverandørene i Tiers<sup>2</sup> som illustrert i Figur 12. Tier 1 viser bedriftens hovedleverandører, og Tier 2 er deres underleverandører. På denne måten slipper virksomheten å forholde seg til mange små underleverandører, og kan heller konsentrere seg om hovedleverandørene, noe som effektiviserer prosessene i verdikjeden.



Figur 12 Nettverk av underleverandører i Tiers (Kalsaas, 2009) side 17

Det som tidligere var tilfellet hos IVECO var at man handlet direkte med en rekke Tier 2 leverandører. Dette ble endret slik at Tier 1 leverandører fikk krav om å forholde seg til Tier 2 leverandørene, slik at man får en struktur mer lik den som er illustrert i Figur 12 og kan forholde seg til færre leverandører. Dette gjør det igjen lettere å utvikle samarbeidsforholdet med hovedleverandørene, altså Tier 1 leverandører ( Zagnoli & Pagano, 2001).

<sup>2</sup> I mangel på et passende norsk ord vil det engelske ordet Tier eller Tiers bli benyttet om organiseringen av leverandørene.

Fordelene med modulbasert produksjon er altså at man kan teste og kvalitetssikre modulene der de produseres, for på denne måten å spare transportkostnader og lagring av defekte moduler. Defekte moduler oppdages der de produseres og man har større kunnskap til å kunne reparere feilen der. Dette gir både kunde, leverandør og miljøet gevinst, da det forhindrer kasting av defekte deler og klimagassutslipp i forbindelse med frakt.

I tillegg kan man gjøre avtaler hvor leverandøren kan stille med garantier for rask respons på etterspørsel av moduler. På denne måten reduserer virksomheten egne lagerkostnader og kan frigjøre mer midler ( Zagnoli & Pagano, 2001).

Leverandørens grad av involvering i produktutviklingen kan karakteriseres gjennom *grad av funksjonell spesifikasjon* og *grad av ansvar for detaljert engineering*. Dette danner grunnlaget for et rammeverk som definerer leverandørens grad av involvering i produktutviklingen (Hsuan, Januar 1999), som vist i matrisen i Figur 13.

		Detaljert engineering	
		Leverandør	Kunde
Funksjonell spesifikasjon	Leverandør	LEVERANDØRENS MERKEVARE BESKYTTEDE DELER	«SPØRSMÅLSTEGN» DELER
	Kunde	«BLACK-BOX» DELER	DETALJKONTROLLERTE DELER

Figur 13 Rammeverk for definering av leverandørinvolvering (Hsuan, Januar 1999) side 9

**Leverandørens merkevare beskyttede deler:** Her har leverandøren ansvaret for både de funksjonelle spesifikasjonene og for den detaljerte engineeringen av delene. Det er nesten ingen involvering av leverandør i kundes utviklingsbeslutninger. Eksempler på deler som havner i denne kategorien er standardiserte brytere og andre «vanlige» elektriske komponenter, eller svært kundetilpassede deler som digitale signalprosesschips o.l. (Hsuan, Januar 1999).

**Detaljkontrollerte deler:** Her har kunden ansvaret for både de funksjonelle spesifikasjonene og for den detaljerte engineeringen av delene. Det er typisk for slike deler at kunden innehar

patenter, og at man dermed vil at leverandørens involvering skal være begrenset. Et eksempel på denne typen deler er kontrollenheter til motorer (Hsuan, Januar 1999).

**«Spørsmålstegn» deler:** Av naturlige grunner vil det nesten ikke være mulig å få noen deler i denne kategorien. At kunden detaljert engineerer en del mens leverandøren bestemmer dens spesifiserte funksjon er ikke noe som vanligvis skjer i en produktutviklingsprosess, derfor kan man se bort i fra denne kategorien (Hsuan, Januar 1999).

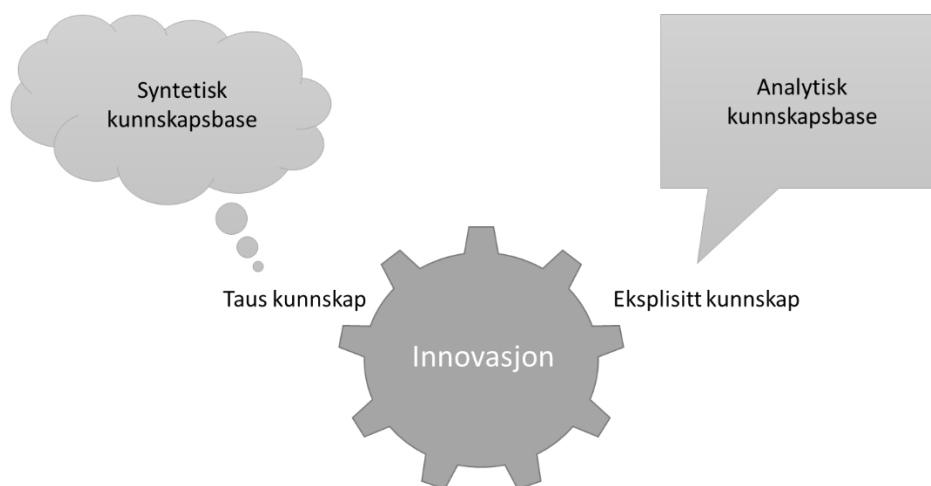
**«Black-Box» deler:** Her kommer kjøper med den funksjonelle spesifikasjonen, mens leverandøren gjør den detaljerte engineeringen. For denne typen deler ligger suksessfaktoren i aktørenes samarbeidsvillighet, og er helt nødvendig for å kunne skape en produktplattform med grensesnitt som muliggjør fordelene ved modularisering (Hsuan, Januar 1999). Det er denne typen deler det stort sett handler om når man driver med funksjonsbasert modulær produktutvikling, og det er viktig å forstå hvor viktig kommunikasjon og samarbeid med leverandør er for å oppnå et godt resultat. God interaksjon mellom kunde og leverandør kan muliggjøre en kunnskapsflyt som er fordelaktig for begge parter.

## 2.7 MODULBASERT KUNNSKAP

### 2.7.1 Kunnskap og innovasjon

Produksjon handler stadig i større grad om å kunnskapsutvikling, læring, fleksibilitet og kontinuerlig forbedring. Derfor kan man relatere kunnskapsledelse til prosesser hvor skapelse, overføring og tilpassing av kunnskap er grunnleggende elementer. Kunnskap kan deles inn i *eksplisitt kunnskap* og *taus kunnskap*. Eksplisitt kunnskap er tilgjengelig kunnskap som lett kan kommuniseres og dokumenteres, mens taus kunnskap er mer personlig, erfaringsbasert og vanskelig å videreformidle (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012).





Figur 14 Syntetisk og analytisk kunnskapsbase (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012) side 152

Eksplisitt og taus kunnskap beskriver hvilken form kunnskapen har, mens kunnskapen baseres på analytisk kunnskap og syntetisk kunnskap, se Figur 14. I følge Store Norske Leksikon er analytisk kunnskap en logisk sannhet eller «*kunnskap hvor den egenskapen en tilskriver et gitt objekt hører inn under definisjonen av objektet*», mens syntetisk kunnskap er «*kunnskap som krever en egenskapstilskrivelse*» (Holmen, 2015). Analytisk kunnskap knyttes til radikale innovasjoner og områder hvor vitenskapelig kunnskap er viktig. Syntetisk kunnskap knyttes til inkrementelle innovasjoner hvor utvikling og forbedringer basert på erfaring gjennom bruk av eksisterende produkt er viktig. Innovasjon er vanligvis basert på en kombinasjon av taus og eksplisitt kunnskap, som stammer fra syntetisk og analytisk kunnskapsbase, som illustrert i Figur 14 (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012).

Generelt kan innovasjon beskrives som en prosess med flere stadier hvor organisasjonen transformerer ideer til nye eller forbedrede produkter, service eller prosesser, dette for å fremme, konkurrere og skille seg ut med suksess i sitt marked (Baregheh, Rowley, & Sambrook, 2009). Ut i fra denne beskrivelsen kan man forstå hvor viktig innovasjon er for en virksomhet for å kunne opprettholde eller øke dens konkurrerende posisjon i markedet. Innovasjon består som nevnt av kunnskap, men også ressurser. Man kan dele innovasjon inn i fem forskjellige typer (Schumpeter, 1934) (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012):

- Produktinnovasjon – nytt produkt eller ny kvalitet på et produkt
- Prosessinnovasjon – ny måte å produsere på
- Markedsinnovasjon – døråpner til nye markeder
- Tilgangsinnovasjon – ny tilgang til råmaterialer

- Organisasjonsinnovasjon – utvikling av en mer effektiv organisasjon

Med fokus på innovasjon i forbindelse med utviklingen av et nytt produkt kan man dele innovasjon inn i fire forskjellige typer, som vist i Figur 15. I denne figuren beskriver den horisontale dimensjonen en innovasjons påvirkning på komponentene, mens den vertikale beskriver en innovasjons påvirkning på koblingen mellom komponenter (Henderson & Clark, 1990).

		Kjernekonsepter	
		Forsterket	Omveltning
Kobling mellom kjernekonsepter og komponenter	Uendret	Inkrementell	Modulær
	Endret	Arkitektonisk	Radikal

Figur 15 Rammeverk for definering av innovasjon (Henderson & Clark, 1990) side 5

De fire forskjellige typene innovasjon kan beskrives som (Henderson & Clark, 1990):

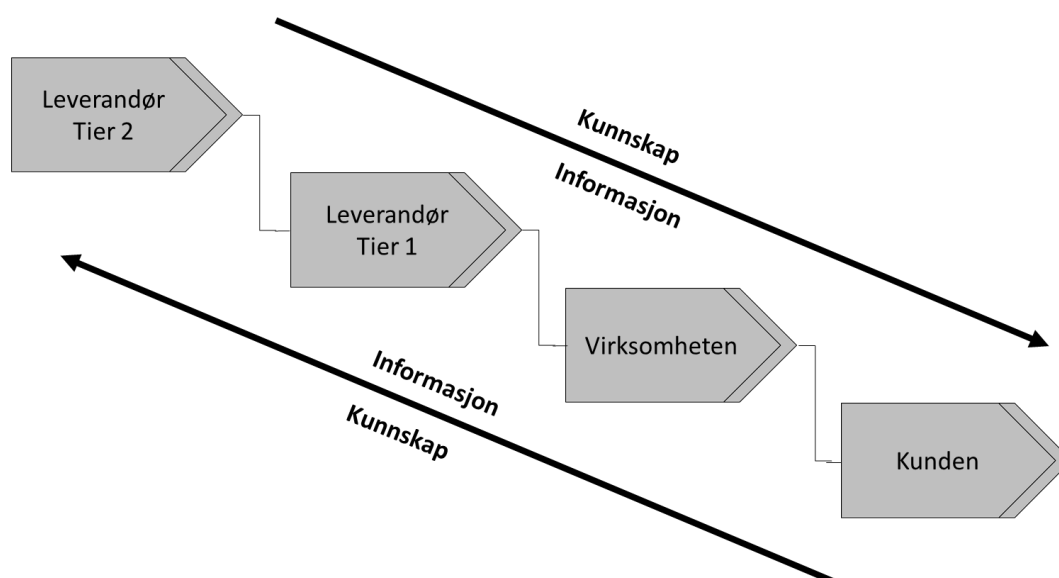
- **Inkrementell innovasjon** – Å gjøre mindre endringer, uten å endre koblingen mellom kjernekonsepter og komponenter.
- **Radikal innovasjon** – Å gjøre noe helt nytt. En radikal omveltning hvor man endrer koblingen mellom kjernekonsepter og komponenter.
- **Modulær innovasjon** – Å gjøre store endringer i kjernekonseptet uten å endre koblingen mellom kjernekonsepter og komponenter. Det essensielle her er at plattformen og dens grensesnitt forblir uendret mens modulene endres.
- **Arkitektonisk innovasjon** – Å kun endre koblingen eller relasjonen mellom kjernekonseptet og komponentene, og ikke konseptet i seg selv. Det essensielle her er at produktets plattform endres og man kan koble sammen eksisterende komponenter på en ny måte.

Innovasjon kan foregå lukket internt i virksomheten, eller åpent med påvirkning fra eksterne aktører i forsyningskjeden. Det finnes selvfølgelig også en mellomting. Hvilken form man

foretrekker avhenger av hvilken produksjonsstrategi virksomheten har. Rene masseproduksjonsvirksomheter driver typisk med interne innovasjonsprosesser hvor kunnskapen skapes sentralt i virksomheten. Motsatt er det for virksomheter med en mer LEAN-tilnærmet produksjonsstrategi. For slike virksomheter vil kunnskapstilblivelsen være mer desentralisert, og syntetisk kunnskapsbase gjennom taus kunnskap er ofte svært viktig. Videreutvikling av en modul hos en leverandør er en slik måte å innovere på. Dette er en utmerket måte å få tilgang til en annen virksomhets tause kunnskap (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012).

## 2.7.2 Ressurser

Ressursene en virksomhet innehar kan bli sett på som kapabiliteter hvis man har kunnskapen til å utnytte dem. Ressursene det først og fremst handler om er de tekniske, menneskelige og organisatoriske. Man kan for eksempel ikke dra full nytte av investeringer i en maskin hvis man ikke har kunnskap nok til å bruke den til alt den kan. Det samme gjelder med mennesker og organisering, både internt og eksternt. Ved å utvikle prosesser internt og eksternt for å få tilgang på all den kunnskapen virksomheten indirekte besitter, drar man bedre nytte av virksomhetens ressurser og omgjør disse til kapabiliteter (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012). For eksempel er kunnskapen rundt det å benytte MFD en kapabilitet, fordi MFD-prosessen organiserer hvert steg i prosessen slik at dokumentasjonen for valgene blir mer spesifisert. På denne måten blir eksplisitt kunnskap bedre dokumentert og lettere å forholde seg til i ettertid.

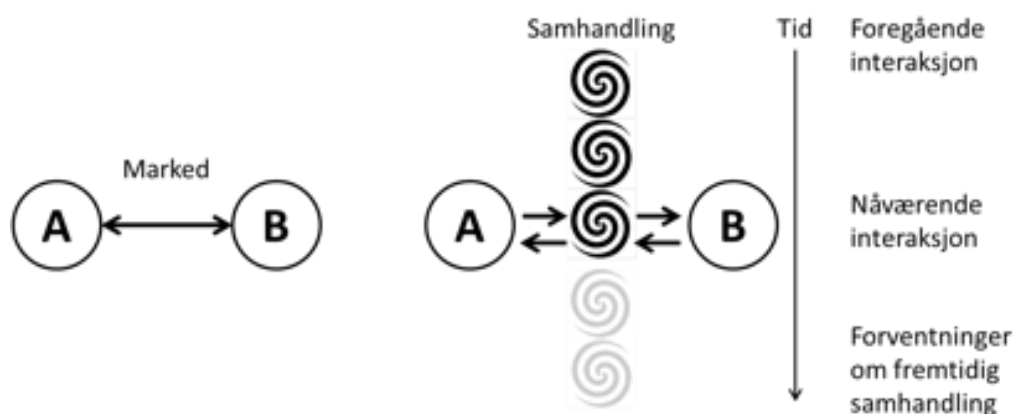


Figur 16 Forsyningskjede med flyt av informasjon og kunnskap (Muckstadt et al, 2001)

Det er kjent at man ved å danne en forsyningskjede hvor de ulike aktivitetene i hver enkelt bedrifts verdikjede knyttes sammen vil kunne skape en infrastruktur som er konkurransemessig fordelaktig (Muckstadt et al, 2001). Som en del av den svært viktige informasjonsflyten er flyten og utvekslingen av kunnskap. Denne flyten burde gå begge veier i forsyningskjedenettverket som man kan se i Figur 16. For å få til dette må virksomheten ha en strategi med konsekvent fokus på kommunikasjon og samarbeid med leverandører, som sier noe om hva slags kunnskap det skal fokuseres på og hvordan den skapes (Rolstadås, Henriksen, & O'Sullivan, 2012).

### 2.7.3 Relasjoner

Kontinuerlige relasjoner er fordelaktig for både kunder og leverandører når man ønsker å oppnå både stabilitet og endringer. Dette er fordi gjentakende transaksjoner kan gi begge parter forutsigbarhet og effektivitetsfordeler som fører til større gevinst enn kostnader. En av de store gevinstene er deling av kunnskap som ofte kommer begge parter til gode. I tillegg er langsiktige relasjoner ifølge undersøkelser (Håkansson, 1989) en fordel når det gjelder utvikling og innovasjon. Disse fordelene kan oppnås når aktører i markedet samhandler i en prosess over tid, som illustrert i Figur 17. I figuren viser aktørene (A og B), og spiralen som illustrerer interaksjon i en utviklende prosess. Tidsaspektet er også med for å beskrive forventninger om den tidsmessige lengden på samhandlingen (Håkan Håkansson, et.al., 2009).



Figur 17 Samhandling mellom aktører i markedet (Håkan Håkansson, et.al., 2009) side 30 og 35

Den utviklende prosessen, som spiralen illustrerer, og utfallet av interaksjonen kan man beskrive ved hjelp av ARA-modellen. Dette er et rammeverk som beskriver utfallet av interaksjonen gjennom aktivitetslenker, ressurstilknytning (Tiers), og aktørbånd. Som Tabell

3 viser er disse tre er ikke uavhengige, men fremstilles som tre lag av kjøper og selgers relasjoner (Håkan Håkansson, et.al., 2009).

<b>Aktivitet:</b> Dette laget relater til koblingen mellom de to aktørenes aktiviteter, som i større grad kan bli strukturert, integrert og sammenkoblet. Dette gjelder for aktiviteter knyttet til produksjon, logistikk, administrasjon og informasjonshåndtering ( <b>Håkan Håkansson, et.al., 2009</b> ).
<b>Ressurser:</b> Dette laget handler om hvordan aktørenes ressurser gjensidig tilpasses og kan sammenstilles etter som interaksjonen utvikles. Ressursene det her er snakk om er både fysiske ressurser og kunnskapsmessige ressurser ( <b>Håkan Håkansson, et.al., 2009</b> ).
<b>Aktører:</b> Dette laget handler om relasjoner mellom individer i de involvere virksomhetene, om hvordan de stoler på, setter pris på og påvirker hverandre ( <b>Håkan Håkansson, et.al., 2009</b> ).

Tabell 3 ARA-modellens tre lag

Hvis det skulle oppstå begrenset kobling mellom virksomhetenes aktiviteter gir dette vanskeligheter med å dele ressurser, som igjen kan gjøre individuelle tillitsforhold vanskelige å oppnå (Håkan Håkansson, et.al., 2009).

Interaksjonen mellom aktører kan defineres som en av fire forskjellige former (Muckstadt et al, 2001):

- **Communicators:** Den mest grunnleggende formen for relasjon, hvor kundene sender inn ordre til virksomheten og det forventes at virksomheten responderer på ordren innen tiden kunden forventer. Noen store kunder ønsker ikke mer integrasjon enn dette.
- **Coordinators:** Man deler informasjon om lagerbeholdning og kunders kunder, men holder ellers en «armlengdes avstand».
- **Cooperators:** Samme som Coordinators, men man får større innsikt i kundens aktivitetsplaner og andre forretningsprosesser. På denne måten kan man se når kunden foretar seg noe som kan skape større etterspørsel og planlegge produksjonen etter dette.
- **Collaborators:** Samme som Cooperators, men man er rutinemessig involvert i hverandres strategiske, taktiske, og operasjonelle beslutninger. Man planlegger i fellesskap hvordan kapasiteten skal benyttes.

Sistnevnte kan beskrives som mest aktuell i en relasjon basert på ARA-modellen, men «cooperators» gir også rom for innsikt i forbindelse med aktiviteter, ressurser og aktører. Valg av interaksjon henger sammen med virksomhetens strategi, men baseres også på virksomhetenes kultur og vaner i forhold til interaksjon og samhandling.

## 3 METODE

---

### 3.1 FORSKNINGSMETODE

Det finnes ulike forskningsmetoder som kan benyttes for å besvare forsknings spørsmål. En av mest brukte metodene innen samfunnsvitenskapelig forskning er casestudie (Yin, 2012). Et case kan defineres som et fenomen som forekommer i en avgrenset sammenheng, mens en casestudie kan beskrives som en forskningsstrategi som fokuserer på dyptgående, helhetlig og sammenhengende studie av en eller flere caser. Det vil typisk i en casestudie bli brukt flere kilder for å samle inn nødvendig data (Punch, 2005).

I en casestudie ser man på et enkelt case, men på en måte som kan kaste lys over andre lignende tilfeller. Casestudie har tradisjonelt blitt benyttet som en metode for å evaluere prosesser, men kan også brukes til å analysere utfall og resultater av hendelser. En av fordelene med casestudie er at man kan gå i dybden på en enhet, og dermed få en unik nærhet til fenomenet, som kan gi en dypere forståelse. En annen fordel er at dataen som behandles i en casestudie både kan være kvantitativ og kvalitativ (Punch, 2005) (Yin, 2012).

Kritikken rettet mot casestudie knyttes ofte til generaliseringen. Det kan være vanskelig å forstå hvordan man kan undersøke et enkelt fenomen, og fatte en generell beslutning som også skal gjelde lignende situasjoner (Punch, 2005). Kritikere stiller også spørsmål til generaliseringen fordi man i en casestudie benytter et lite antall subjekter, og gjør beslutninger på bakgrunn av få innspill (Yin, 2012).

Til tross for dette ble det i denne oppgaven valgt å benytte casestudie som metode. Dette ble valgt fordi casestudie er en utmerket metode til å evaluere pågående prosesser på med bakgrunn i kvalitativ data. Dette passer godt i en oppgave som denne hvor det er lite numerisk data å håndtere, men heller fokus på muntlig og skriftlig uttalelser basert på involverte aktørers erfaring.

### 3.2 METODISK TILNÆRMING

Metodisk tilnærming kan deles inn i to hovedstrategier, kvantitativ og kvalitativ metode. Disse to metodene relateres til ulike egenskaper ved dataen, og da spesielt med tanke på om dataen er i numerisk form eller ikke. Kvantitativ metode benyttes ved undersøkelser hvor

dataen er i numerisk form, mens kvalitativ metode benyttes når dataen ikke er i numerisk form (Punch, 2005).

### ***Kvantitativ metode***

Benytter man kvantitativ metode foretar man en rekke målinger i løpet av en undersøkelsesprosess, hvor man tilslutt står igjen med numerisk data. Med andre ord vil man i løpet av prosessen innhente informasjon i form av tall. Disse tallene kan beskrive hendelser, mennesker eller andre ting man ønsker å undersøke nærmere. Tallene får ofte større verdi når de settes inn i en sammenheng, og ses i forbindelse med for eksempel en tidsperiode. Det er ikke like vanlig å benytte kvantitativ metode i case studie som det er å benytte kvalitativ metode (Punch, 2005).

### ***Kvalitativ metode***

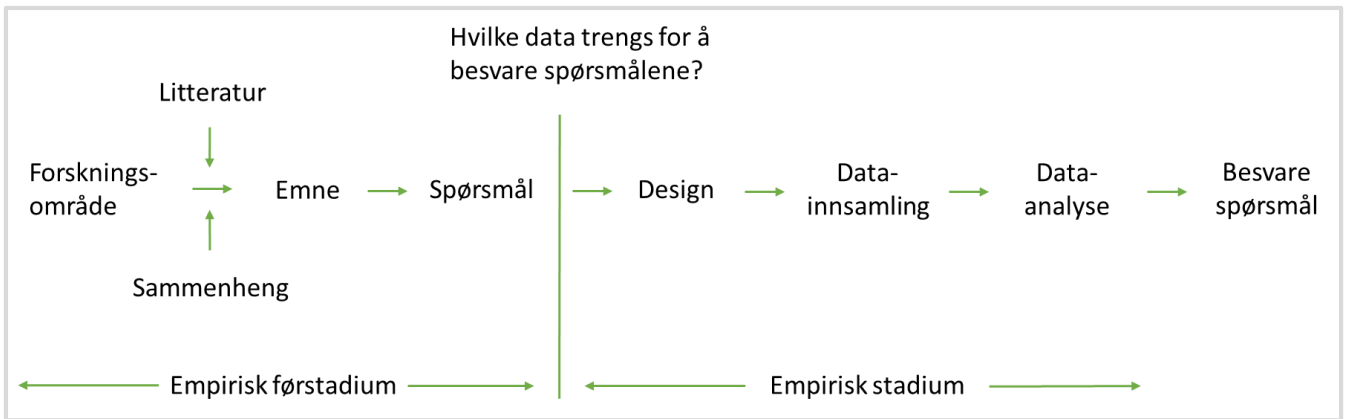
Benytter man kvalitativ metode ser man på data som ikke er i numerisk form, som heller består av skriftlig eller muntlig uttalelser basert på subjekters erfaringer. Det er denne metoden som oftest forbindes med casestudie, hvor forskningsdata er basert på intervjuer, observasjoner, opptak, notater, dokumenter med mer. Det er denne tilgangen på forskjellig data som gjør at kvalitativt casestudie gir et så dyptgående bilde av et fenomen (Punch, 2005).

Muligheten for å danne et mer dyptgående bilde var en av grunnene til at kvalitativ metode ble brukt i oppgaven. En annen grunn er at det er et case som det er vanskelig å gjennomføre ved hjelp av kvantitativ data, da det handler om en prosess og hvordan man opplever denne prosessen. Slike ting er vanskelig å beskrive med tall, og kvalitativ metode ble den eneste riktige metoden å velge.

## **3.3 FORSKNINGSPROSESSEN**

Hvordan forskningen foregår kan beskrives ved hjelp av en forenklet modell, se Figur 18. Her begynner man i et empirisk førstadium hvor man ser på litteratur og teori i det aktuelle forskningsområdet. Man formulerer spørsmål og utformer forskningsdesignet, for videre å samle inn og analysere data slik at man kan besvare spørsmålene.





Figur 18 Forenklet modell for forskning uten hypotese (Punch, 2005) side 40

### ***Forskerspørsmål***

Da oppgavens problemstilling var ferdig formulert og godkjent av veileder, ble forskerspørsmålene laget ut i fra problemstillingen. Forskerspørsmålene fremstod som gode komplette spørsmål, men det var rom for endringer hvis det skulle bli ønskelig senere. Forskerspørsmålene hjalp til med å definere oppgaven og gjorde det lettere å jobbe videre på en mer målrettet måte.

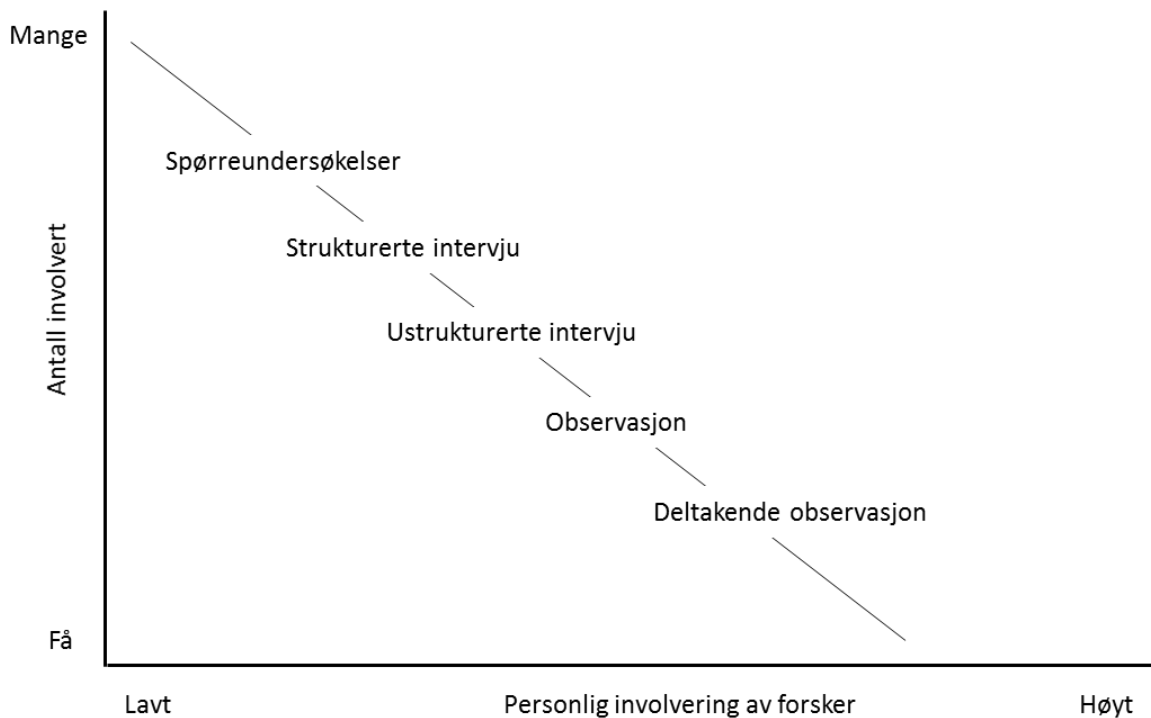
### ***Forskningsdesign***

Forskningsdesign er som vist i Figur 18 ovenfor, et steg mellom defineringen av forskningsspørsmål og innhenting av data. Forskningsdesign vil ifølge Keith F. Punch vise hvordan forskningsspørsmålene vil bli koblet til data. Derfor handler forskningsdesign om å finne ut hvilke data man vil trenge, og fra hvem man skal få den (Punch, 2005).

I denne oppgaven ble forskningsdesign planlagt direkte ut i fra forskerspørsmålene. Dette gjorde det enkelt å bestemme hvilke aktører som burde kontaktes, og hvilke erfaringer de burde uttale seg om. For å finne fordelene og ulempene ved modulær produktutviklingsprosess ble det besluttet å intervju alle nøkkelpersonene i prosjektet. For å finne ut hvilken tilnærming til modularisering aktører i tilknytning til TeamTec har, ble det besluttet å sende ut spørreskjemaer til utvalgte leverandører som vurderes i prosjektet. Nøkkelpersonene hos TeamTec ble stilt spørsmål i intervjuet som liknet spørsmålene i spørreskjemaet. På den måten kunne leverandørenes og TeamTecs syn på samhandling sammenliknes i drøftingsdelen.

### ***Datainnsamling***

Et av kjennetegnene med casestudie er at det ofte brukes flere kilder til data. Som nevnt tidligere finnes det en rekke kilder til data i en casestudie, og man må selv se hvilke kilder som er mest aktuelle i det enkelte caset. I Figur 19 under kan man se hvordan antall involverte personer og forskerens grad av personlig involvering bestemmer hvilke type metode for datainnsamling som passer i det aktuelle tilfellet.



Figur 19 Metoder for datainnsamling (Chapman, 2005) side 23

Metodene som ble benyttet for å samle inn data i denne oppgaven var strukturert intervju, spørreskjema og deltakende observasjon. I tillegg til dette var det også en del dokumentasjon som TeamTec hadde utarbeidet som ble brukt som datakilde.

### Strukturert intervju

Strukturert intervju brukes når man ønsker å finne ut hva folk føler, tenker og mener om noe. Hensikten er å få innblikk i en annen persons perspektiv på ting, et perspektiv som man igjen kan bruke til å kaste lys på det man forsker på (Lotherington, 1990). Intervju er en metode som egner seg godt for casestudier. Man kan si at formen for intervju kan deles inn i to ytterkanter; ustrukturert og strukturert, hvor en mellomting mellom de to ytterkantene kalles delvis strukturert (Chapman, 2005).

Den ustrukturerte intervjuformen kan minne om en vanlig samtale hvor man har forberedt noen temaer man vil snakke om, men ikke formulert spørsmålene skriftlig, noe som gjør at intervjuet utvikler seg mer ukontrollert. Det anbefales derfor at slike intervju spilles inn slik at man kan høre på det senere. Denne formen for intervju krever også at forskeren er deltakende i en situasjon over en periode, og ikke avhengig av kun ett eller to intervjuer. (Chapman, 2005) (Punch, 2005) (Lotherington, 1990).

Den strukturelle intervjuformen er som navnet sier en mer strukturert og formell intervjuform. Her er man godt forberedt med en rekke spørsmål som man går i gjennom i den rekkefølgen som de står. Derfor er det ikke like viktig å spille inn slike intervju, da det minner mer om utfyllende spørreundersøkelser og dermed blir lettere å skrive ned svarene (Punch, 2005). Denne formen for intervju overlater lite til tilfeldighetene og er en god form når man ønsker å minimalisere ulikheten i spørsmålene, for på denne måten å lettere kunne analysere og sammenlikne de forskjellige intervjuene (Chapman, 2005) (Lotherington, 1990).

I forbindelse med intervjuene som ble foretatt av nøkkelpersonene i prosjektet (Tabell 6) ble det benyttet en strukturell form for intervju hvor spørsmålene var skrevet ned og rekkefølgen på spørsmålene fulgt. Intervjuobjektet fikk også ha et ark med spørsmålene foran seg. Dette ble gjort for at intervjuobjektet skulle kunne svare mer konkret på spørsmålene, slik at like og ulike meninger skulle komme tydelig fram. På denne måten ble det også lettere å sammenligne de ulike intervjuene. Fem personer ble intervjuet og intervjuenes varighet var om lag 1,5 time per person. Det ble ikke benyttet lydopptaker under intervjuene, i stedet ble det valgt å skrive ned utsagnene til objektene. Denne metoden ble valgt for å skape en mer hyggelig og trygg atmosfære, hvor objektet ikke skulle være redd for å komme med sin mening. Det var heller ikke nødvendig å gjøre lydopptak siden intervjuet var strukturert, noe som gjorde det mulig å notere seg svarene underveis. Notatene fra intervjuet ble rett etter hvert intervju renskrevet og svarene ble fylt inn under hvert spørsmål i et Word dokument.

### **Spørreskjemametodikk**

Spørreskjemametodikk kan brukes når man skal undersøke noe konkret, og ønsker innspill fra mange personer. På denne måten kan man samle inn store mengder data på kort tid.

Siden spørreundersøkelser har et generelt oppsett og besvares uten tilstedeværelse av den som har laget spørsmålene, kan man si at spørreundersøkelser er mer objektive enn for eksempel intervju (Chapman, 2005).

Spørreskjemaet som ble laget var utformet på engelsk slik at alle objektene kunne besvare det samme skjemaet. Dette skulle gjøre det enklere å sammenligne svarene, uavhengig om objektet snakket tysk, engelsk eller norsk. Skjemaet ble bygget opp med ja/nei spørsmål med mulighet for å kommentere, enkelte spørsmål hadde kun kommentarfelt, mens det til slutt var meningen at objektene skulle gradere former for samarbeid og involvering fra 1 til 4. Spørreskjemaet ble sendt ut til tre virksomheter som ble vurdert som leverandører av den samme modulen, og alle de tre virksomhetene besvarte undersøkelsen. Skjemaene fra disse virksomhetene var interessant å kunne sammenligne med hverandre, og med nøkkelpersonenes egne oppfatninger gjengitt i intervjuene.

### **Deltakende observasjon**

Under deltakende observasjon blir man kjent med dem man observerer. Dette kan gjøre det vanskelig å forholde seg objektiv. Man inngår i en kompleks balanse mellom det å delta i virksomhetens samhandling og det å studere og observere aktiviteten i virksomheten. Fordelen med deltakende observasjon er at gruppen mister følelsen av å bli observert, og man kan innhente data som ikke er påvirket av observasjon. På en annen side kan dataen være lite konkret og har stor sannsynlighet for å være påvirket av det at man kommer så tett på gruppen (Katrine Fangen, 2011). Deltakende observasjon er en god ekstrakilde til data, for eksempel i tillegg til data fra intervju og spørreundersøkelser.

I forbindelse med denne oppgaven har jeg deltatt på flere prosjektmøter, hvor jeg har fått godt innblikk i prosjektet. Jeg har også hatt en egen kontor plass hos TeamTec hvor nøkkelpersonene har vært tilgjengelige for spørsmål, deltatt på leverandørmøter, og ellers tatt del i virksomhetens miljø. I forbindelse med valg av leverandører til to ulike moduler har jeg hatt som oppgave å sette de ulike tilbudene opp mot hverandre for å gjøre det lettere å se hvilken leverandør TeamTec bør velge. Jeg har vært med å lage leverandøranalysen i Vedlegg 4. Det har blitt foretatt notater under prosjektmøter og leverandørmøter som har

blitt benyttet for å besvare forskerspørsmålene i denne oppgaven. I tillegg har observert data blitt benyttet som bakgrunn for spørsmålene i intervjuet.

### **Dokumentasjon**

Dokumentasjon er en viktig datakilde i mange casestudier, men graden av viktighet varierer etter hvordan resten av dataen samles inn. I noen tilfeller kan man bygge hele undersøkelsesstudier basert på dokumentasjon, mens man for eksempel i casestudier bruker dokumentasjon som supplement til annen innhentet data (Punch, 2005).

For å innhente aktuell teori til teoridelen i oppgaven er det benyttet en rekke bøker og forskningsartikler, samt artikler fra internettsider, rapporter og statsbudsjettet for 2015. Universitetets database Oria er benyttet flittig for å finne artikler og bøker, og det samme har Google Scholar og Google generelt. Annen dokumentasjon benyttet i empiridelen i denne oppgaven har vært; markedsanalyse, mail, datablader, søknader, møtetreferater og tekniske tegninger. Jeg har også fått tilgang til et dokument hvor steg 1 i MFD-prosessen er laget, samt dokumentet knyttet til valg av leverandør. Dokumentasjonen har i all hovedsak blitt benyttet som supplement til intervju, spørreskjemaanalyse og observasjon, bortsett fra data fra markedsanalysen som har blitt benyttet direkte som kilde.

### **Dataanalyse**

Analyseringen begynner ved at man gjør seg kjent med og organiserer dataen ved å utforske, kategorisere og arrangere den. Det er viktig å se på dataen i samsvar med problemstillingen. Dataanalyse kan bygges opp ved hjelp av tre ulike analysestrategier på bakgrunn av utformingen og forventningen til oppgaven. Den ene måten å analysere på baserer seg på *teoretiske påstander*, den andre baserer seg rundt å avklare *rivaliserende påstander*, og den siste måten baserer seg på at caset blir drevet av *motiv for å oppdage noe*. Når man har avklart hvilken strategi som passer for analysen velger man en teknikk for å analysere caset. Det finnes flere teknikker, deriblant mønstergjenkjenning, forklaringsoppbygging og tidsserieanalyse (Yin, 2012).

I analyseringsprosessen ble det laget oppsummeringer av alle intervjuene, for at de viktigste punktene skulle kunne vurderes opp mot hverandre på oversiktlig måte. Svar på

spørreskjemaene ble også sammenliknet og satt opp mot hverandre og enkelte funn ble satt opp i tabeller for å visualisere forskjeller og likheter. Deretter ble funn fra intervjuene sett på sammen med funn fra spørreundersøkelsene. Funn med bakgrunn i deltakende observasjon ble benyttet som supplement til oppdagelser gjort fra analyseringen av intervju og data.

Det ble valgt å benytte strategien hvor caset ble drevet av et motiv for å oppdage noe, siden oppgaven tar sikte på å oppdage utfordringer med modulær produktutvikling. Som teknikk ble tidsserieanalyse benyttet fordi det gir en god oversikt over prosjektets fremgang, som igjen kan avbilde hvor de praktiske utfordringene har oppstått.

### **3.4 PÅLITELIGHET OG VALIDITET**

Det at en metode er pålitelig betyr at hvem som helst som benytter metoden vil komme opp med det samme resultatet. Dette lar seg ikke alltid gjøre i forbindelse med kvalitativ metode, da spesielt med tanke på kvalitativ datainnsamlingsmetoder som for eksempel observasjon og åpne intervju (Chapman, 2005).

I forbindelse med om datainnsamlingen gjenspeiler det som egentlig er tilfellet, kan det stilles spørsmål om validitet. Førrende spørsmål som tydelig er laget for å føre til et viss utfall og som stilles til grupper med samme oppfatning som datainnsamler har lav validitet. For å oppnå økt validitet bør spørsmål stilles til alle som har en mening rundt det aktuelle temaet, og stilles på en måte som får fram hva objektet egentlig mener (Chapman, 2005).

Kritikere til casestudie metoden stiller spørsmål ved validiteten og mener at subjektive vurderinger benyttes i for stor grad. De mener også at casestudier ikke har tilstrekkelige målinger, noe som påvirker påliteligheten (Yin, 2012). For å øke validiteten og påliteligheten har jeg i dette casestudiet benyttet flere kilder til data (intervju, spørreskjema, deltakende observasjon og dokumentasjon), stilt de samme spørsmålene på samme språk til flere aktører og finskrevet data fra intervju umiddelbart etter at intervjuet var ferdig. På denne måten har jeg forsøkt å holde datainnsamlingen så objektiv som mulig og vært veldig bevisst på dette.

En faktor som kan påvirke denne oppgavens validitet er min manglende breddekunnskap og erfaring rundt modulær produktutvikling. Dette kan ha ført til at enkelte teorier som kunne

vært viktige for oppgaven kan ha uteblitt. På en annen side har jeg fått svært god veiledning fra min veileder når det gjelder det teoretiske innholdet, og vi mener at den teorien som er med i oppgaven er det viktigste rundt dette feltet per dags dato.

En annen faktor som kan påvirke oppgavens validitet er at veileder har rolle som prosjektleder for prosjektet Innovativ Kraft, som har hjulpet TeamTec med å finne den rette produktutviklingsprosessen til utviklingen av micro-avfallsforbrenningsanlegget. Dette er positivt fordi det har gitt unik tilgang til dokumentasjon i forbindelse med prosjektet og metoden, men kan også påvirke den objektive oppfatningen av prosjektet. Derfor er det kun dokumentasjon som også er tilgjengelig for TeamTec som har blitt benyttet som datakilde, og det ble valgt å kun intervju ansatte hos TeamTec for å analysere utfordringer ut fra bedriftens perspektiv.

### ***Strukturert intervju***

Strukturerte intervju blir sett på som gode måter å samle inn data på fordi de er standardiserte slik at alle de man intervjuer blir stilt de samme spørsmålene. På denne måten kan man lettere sammenligne de ulike intervjuene med hverandre når man skal analysere. Strukturerte intervju kan derfor gi mer eller mindre samme resultat når de utføres på like personer. Derfor blir strukturerte intervju sett på som en pålitelig måte å samle inn data på. (Chapman, 2005).

En ulempe med strukturerte intervju er at man ved hjelp av spørsmålene og rekkefølgen kan legge føringer på den som blir intervjuet. Noen mener også at veldig strukturerte intervju kan føles som et forhør, noe som ikke skaper det nødvendige rommet for tillit og betroelser som er viktig.

Bakgrunnen for at det ble valgt å foreta strukturerte intervju var at det i større grad ville sikre påliteligheten. Denne måten å samle inn data på ga lite rom for subjektiv tolkning, og alle objektene fikk mulighet til å si sin mening om alle temaene. Det var også viktig at spørsmålene ikke var førende, men så åpne at objektenes egne meninger kom godt fram. For at det ikke skulle føles som et forhør for den som ble intervjuet ble det valgt å skrive ned intervjuet i stedet for å spille det inn, og objektet fikk også ha en kopi av spørsmålene foran

seg slik at han kunne følge med på gangen i intervjuet. Disse tiltakene mener jeg var med på å sikre påliteligheten og validiteten på den innsamlede dataen.

En validitetsbegrensning er at intervjupersonene er midt i et pågående prosjekt, og alle innspill de kommer med knyttes kun til prosessen så langt. Det kan derfor stilles spørsmål ved om erfaringer gjort på dette tidspunktet kan gjelde for hele prosjektet, eller om man vil oppleve prosessen annerledes etter at den er gjennomført. Dette forholdet må jeg bare forholde meg til når jeg jobber med denne oppgaven på denne måten, og denne begrensningen er godt beskrevet innledningsvis for å informere leseren om dette.

### **Spørreskjema**

Feilkilder i spørreskjemaundersøkelser kan deles opp i tre hovedtyper; utvalgsfeil, målefeil og prosesseringsfeil (Haraldsen, 1999):

- Utvalgsfeil henger sammen med at det gjøres feil i utvelgelsen av deltakere, at man ser på feil gruppe mennesker i undersøkelsen. Dette kalles *dekningsfeil*.
- Målefeil henger sammen med at det er skjevhet i resultatet på grunn av frafall eller at noen lar være å svare på noen av spørsmålene. Dette kalles *enhetsfracfall* og *partielt fracfall*.
- Prosesseringsfeil er feil som gjøres i forbindelse med datainnsamlingen. Å miste et spørreskjema, eller å registrere feil svar er eksempler på prosesseringsfeil.

Når det gjelder spørreskjema som ble sendt ut til de utvalgte leverandørene, kan validiteten variere på bakgrunn av hvor seriøst utfyllingen av skjemaet har blitt tatt. Et eksempel er en leverandør som avklarte besvarelsen med aktuelt personell sentralt i virksomheten, for å kunne gi best mulig tilbakemelding. Mens man helt tydelig kan se at utfyllingen har gått veldig fort for en annen leverandør siden noen av spørsmålene ikke er fylt ut, altså et tilfelle av partielt frafall.

På spørreskjemaene sendt ut til de utvalgte leverandørene er det ikke målefeil, da alle som fikk tilsendt spørsmålene svarte på de. Det har heller ikke forekommet prosesseringsfeil ved innsamlingen av data i denne oppgaven. Slike typer feil vil nok helst oppstå i tilfeller hvor det samles opp store mengder kvantitativ data, som kan være mer krevende å håndtere.



### ***Deltakende observasjon***

Ved å observere for å innhente data får man et mer helhetlig bilde av en situasjon eller et tilfelle. Man kan også få tilgang på informasjon man ikke ville fått gjennom intervju eller spørreundersøkelse. Ulempen, og det som påvirker validiteten på dataen er mangel på struktur og objektivitet. Man får et subjektivt inntrykk ved deltakende observasjon og det kan være vanskelig å forholde seg til ustrukturert data når man skal analysere funnene. Derfor ble deltakende observasjon ikke benyttet som enkeltstående kilde til data, men heller som et supplement hvor data fra intervju og spørreskjema ikke gikk nok i dybden.

### ***Dokumentasjon***

Dokumentasjon som er benyttet i teoridelen har blitt funnet ved hjelp av pålitelige søkeprogram (Oria og Google Scholar). Det er valgt å benytte bøker og artikler som er skrevet av forskere med stor kunnskap rundt sitt felt, og som oppfattes som pålitelige kilder. Artikler basert på undersøkelser har alltid rom for en validitetsvurdering, men ved å benytte artikler som har blitt referert til en rekke ganger og som er skrevet av personer med lang fartstid innen faget mener jeg at kildene som er benyttet har høy grad av validitet.

Annen dokumentasjon som har blitt benyttet er dokumenter som har forbindelse med prosjektet. Denne dokumentasjonen er en svært pålitelig kilde og har høy validitet, siden datablader, mail og søknader er svært viktige og forseggjorte dokumenter. I tillegg ble dette mest brukt som supplement til spørreundersøkelser og intervju.

Dokumentasjon fra markedsundersøkelse gjort av TeamTec ble benyttet som kilde i forbindelse med gjennomgangen av MFD prosessen i empiridelen. Dette er annenhånds data som er samlet og analysert av TeamTec, og jeg vurderer det dithen at analysen har høy validitet.

## 4 CASEBAKGRUNN

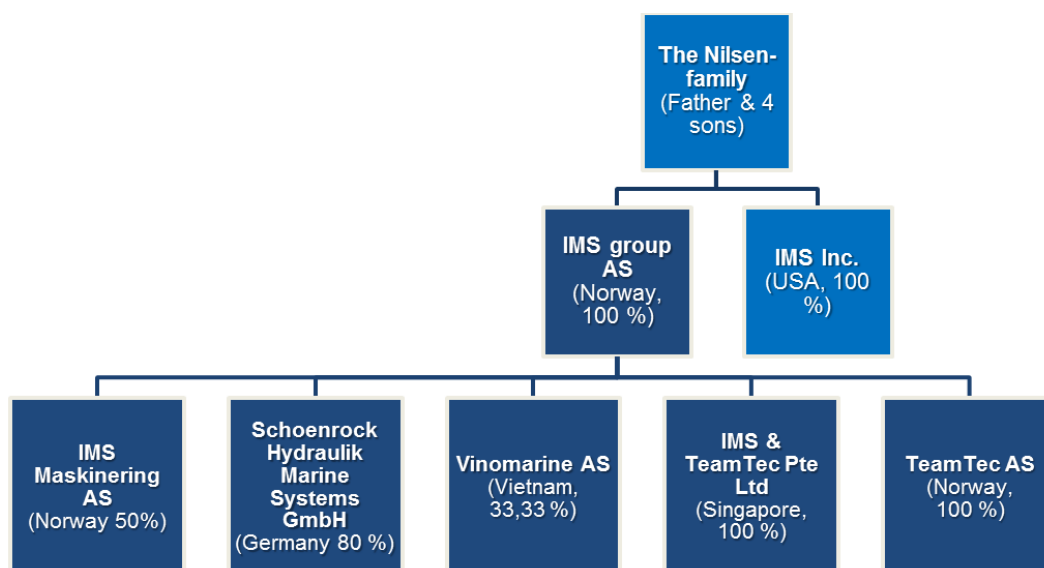
---

### 4.1 TEAMTEC

TeamTec er en mekanisk virksomhet som produserer forbrenningsovner til skip, ejetorer i forskjellige størrelser og til forskjellig bruk, og sikkerhetsvinduer til marine og offshore industrien. Forbrenningsovnene de produserer er blant de beste i sin klasse når det gjelder kvalitet og forbrenningseffektivitet, og TeamTec har levert disse systemene til en rekke skip og offshoreinstallasjoner. Både forbrenningsovnene og ejetorsystemene har lang levetid og store deler av omsetningen (ca. 70 %) knyttes til service og vedlikehold. TeamTec har hovedkontor og produksjonslokaler i Tvedestrand hvor ejetorene produseres, avdeling i Gjerstad hvor forbrenningsovnene produseres, samt produksjonsavdeling i Singapore (TeamTec, 2015). Virksomheten ble startet i 1984 og har siden den tid hatt flere eiere, men ble i desember 2012 kjøpt opp av sin nåværende eier, IMS Group AS.

### 4.2 IMS GROUP

IMS er verdensledende på vanntette dører, og leverer også sikkerhetsvinduer og automasjonsløsninger. De leverer enkeltdeler til annen mekanisk industrivirksomhet og besitter store ressurser knyttet til kunnskap og maskineri rundt dette. I tillegg har de en serviceavdeling som driver med montering og vedlikehold (IMS group AS, 2015). IMS group AS består av flere bedrifter både i Norge og i utlandet, og strukturen er illustrert i Figur 20. TeamTec i Singapore og Norge vises nederst til høyre i figuren.



Figur 20 Strukturen rundt IMS

Selv om IMS eier TeamTec foregår driften stort sett avskilt. Per i dag leverer IMS automasjonssystemer til TeamTec, og det forventes at IMS vil være leverandør i forbindelse med micro-avfallsforbrenningsanlegget. Prosjektlederen med ansvaret for utviklingen av forbrenningsanlegget, Thomas Davami er ansatt hos IMS. De andre nøkkelpersonene er ansatt hos TeamTec. IMS er også hovedaktøren i Innovativ Kraft prosjektet, som skal hjelpe med ressurser til utviklingsprosjekter slik som TeamTecs forbrenningsanlegg. Innovativ Kraft beskrives nærmere i neste kapittel.

### 4.3 INNOVATIV KRAFT

Innovativ Kraft<sup>3</sup> er et fireårig innovasjonsprosjekt i Aust-Agder som skal gi de deltagende virksomhetene konkurransekraft gjennom å dele kapabiliteter. Prosjektet ble igangsatt i slutten av februar 2014 og skal pågå til februar 2018. Det er beregnet et budsjett på 23,7 millioner i forbindelse med prosjektet hvorav 15,5 millioner kommer fra egenfinansiering fra virksomhetene og de resterende 8,3 millionene finansieres av Norges Forsikringsråd. Prosjektansvarlig er IMS Group AS med administrasjonsansvarlig Thomas Davami, og prosjektleder er Bjørnar Henriksen fra SINTEF (som også er veileder i denne oppgaven). Prosjektet har en rekke samarbeidspartnerne, bestående av lokale virksomheter og forskningsorganisasjoner.

Tabell 4 Samarbeidspartnerne Innovativ Kraft

1.	IMS group AS
2.	TeamTec AS
3.	Sørlandsportalen Teknologinettverk (STN)
4.	Ertec AS
5.	Inventas Kristiansand AS
6.	SINTEF teknologi og samfunn avd. Trondheim
7.	Universitetet i Agder campus Grimstad
8.	Bremer Institut für Produktion und Logistik GmbH

Meningen med prosjektet Innovativ Kraft er å skape rom for samhandling og innovasjon mellom de regionale mekaniske virksomhetene i Aust-Agder. Prosjektets hovedmål er å styrke bedriftenes konkurransekraft ved å møte deres behov for samhandling i innovasjonsprosesser. Dette skal skje ved at forskning skal bidra til utvikling av konkrete

---

<sup>3</sup> All informasjon i delkapittel 4.3 er hentet fra prosjektbeskrivelsen i forbindelse med Innovativ Kraft.

løsninger og mekanismer for deling av ressurser eller kapabiliteter, og at dette skal føre til gevinst for virksomhetene og regionen. For å få til dette skal prosjektet:

- Tydeliggjøring av krav til innovasjonsprosesser i industrien. Identifisere kapabiliteter som muliggjør innovasjonsprosesser
- Utviklet handlingsrommet for dynamiske løsninger for metadata som premissgiver i strategiutvikling og innovasjonsprosesser, samt utvikle prototype av løsninger
- Fremskaffe prinsipper og metoder for kontinuerlig utvikling av innovasjons-kapabiliteter med basis i modularisering og metadata
- Identifisere barrierer for effektiv samhandling og deling av innovasjons-kapabiliteter
- Utvikle prinsipper, metoder og konkrete løsninger som muliggjør transparens, samhandling og deling av innovasjons-kapabiliteter mellom bedriftene
- Videreutvikle aksjonsforskning som metode for realisering av gevinst

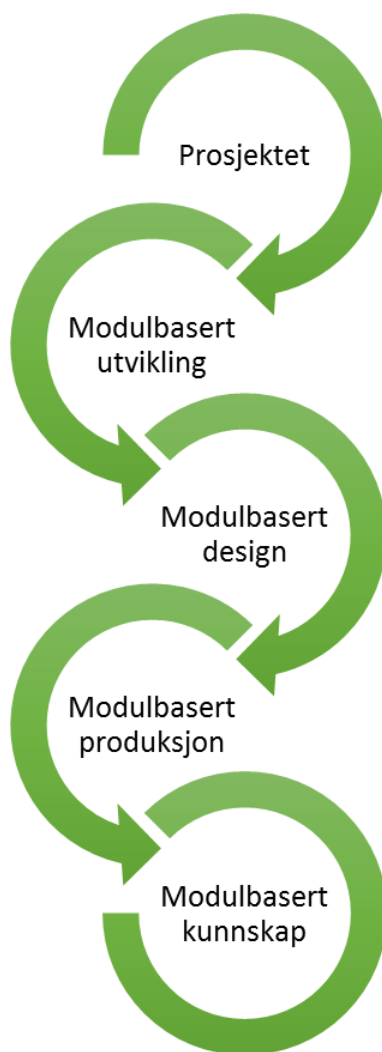
#### **4.3.1 STN - Sørlandsporten Teknologinettverk**

En aktør i Innovativ Kraft prosjektet er STN - Sørlandsporten Teknologinettverk. Dette er en møtarena for medlemsbedrifter hvor målet er å fremme lønnsomhet i de aktuelle bedriftene gjennom samarbeid og felles tiltak. Klyngen består av 16 mekaniske virksomheter lokalisert i Gjerstad, Risør, Tvedestrand og Vegårdshei i Aust-Agder fylke. Mange av bedriftene i STN opererer i forbindelse med offshore industrien, og en rekke av virksomhetene handler med hverandre, mens andre er konkurrenter. TeamTec for eksempel, som selger produkter til offshore og maritim sektor, handler med virksomheter i klyngen, og har ingen direkte konkurrenter. IMS derimot har relasjon med flere bedrifter i STN, og har i tillegg en konkurrent.

## 5 DRØFTING

---

Gjennomføringen av drøftingen i dette empirikapittelet vil starte med å presentere utviklingsprosjektet. Her vil prosjektet og dets aktører beskrives, samt prosjektets nåværende status. Videre vil praktiske utfordringer ved modulær produktutvikling knyttet til utvikling, design, produksjon og kunnskap presenteres og drøftes. I begynnelsen av dette kapittelet blir virksomhetens påbegynte utviklingsprosess bli presentert, ferdigstilt og drøftet, og videre drøftes det rundt produktets modulbaserte design og utforming. Deretter drøftes modulbasert produksjon gjennom «make or buy» problematikk og forsyningskjedestrategi, før man til slutt ser nærmere på innovasjon, kunnskapsdeling og samhandling. Gjennom dette kapittelet drøftes teorien og forskningsfunnene mot hverandre, for å kunne danne grunnlaget for konklusjonen i kapittel 6.



## 5.1 PROSJEKTET

### 5.1.1 Innledning

TeamTec AS har i mer enn 30 år levert forbrenningsanlegg til marine og offshore industrien. De har satset på høy kvalitet og har rykte på seg for å levere et godt produkt både med tanke på holdbarhet og forbrenningsegenskaper. Anleggene som leveres til skip brukes til å brenne avfall og spillolje mens skipet er på havet. Det er ikke lov til å brenne slikt når skipet ligger til kai, da det er strengere krav fra myndigheter når det gjelder utslipp i nærheten av land. Som en del av TeamTecs satsing på utvikling av høyteknologiske miljøvennlige produkter ble det i 2014 satt i gang et for-prosjekt for å utrede grunnlaget for et nytt produkt. Dette produktet er et micro-avfallsforbrenningsanlegg som skal oppfylle EU sitt miljøkrav til utslipp fra avfallsforbrenning, som samtidig skal kunne produsere varme og/eller elektrisitet. Produktet skiller seg fra eksisterende produkter da det er i mye mindre skala enn andre avfallsforbrenningsanlegg, og på denne måten passer det som et avfallshåndteringssystem for små øygrupper eller på plasser med dårlig infrastruktur. Det kan også bli aktuelt å ta i bruk forbrenningsanlegget i forbindelse med flyktningleirer eller militære leirer på grunn av anleggets mobilitet.

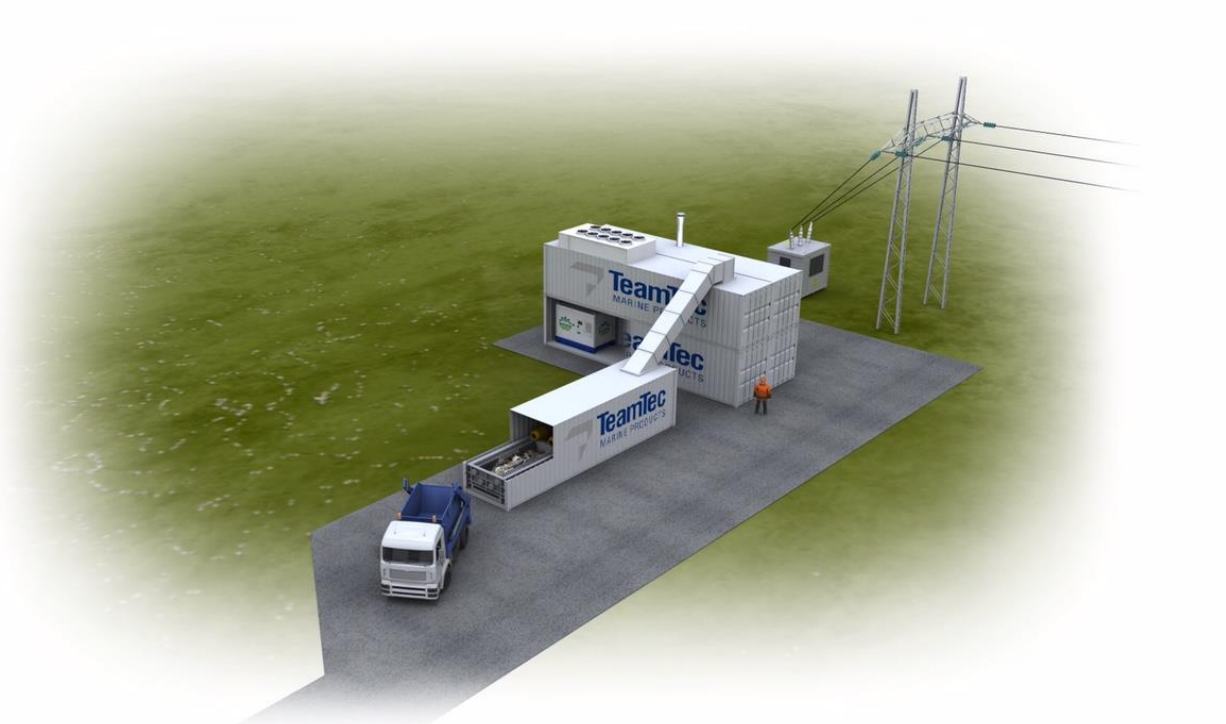
En av de største utfordringene med å lage et micro-avfallsforbrenningsanlegg ligger i at det ikke finnes standardiserte deler til mindre anlegg. Dette gjør igjen at hver del blir svært kostbart. For å redusere kostnadene har TeamTec valgt en modulær produktutviklingsprosess, hvor leverandørene har blitt forespurt å lage standardiserte løsninger som de kan levere i større opplag.

Kunnskapen knyttet til avgassrensning og optimal energiutnyttelse som TeamTec tilegner seg gjennom prosjektet, vil i neste omgang kunne benyttes i utviklingen av de eksisterende forbrenningsovnene som TeamTec produserer. Det forventes nemlig at det i framtiden vil komme strengere miljøkrav i forbindelse med avfallsbrenning på skip.

### 5.1.2 Beskrivelse av micro-avfallsforbrenningsanlegget

Micro-avfallsforbrenningsanlegget skal kunne håndtere ca. 5 tonn søppel i døgnet, noe som skal kunne gi ca. 500 kW effekt, hvorav 10-15 % som strøm. Energiproduksjonen fra anlegget forventes årlig å være;  $500 \text{ kW} \times 23 \text{ timer/døgn} \times 360 \text{ dager i drift/år} = 4,1 \text{ GWh/år}$ . Til

sammenligning vil et dieselaggregat bruke 1,6 millioner liter diesel for å produsere tilsvarende mengde energi. Pris per anlegg er beregnet til ca 8 millioner, og TeamTec anslår i 2020 en omsetning på 160 millioner. Forventet salg i 2020 er altså 20 anlegg, noe som er basert på markedsundersøkelser foretatt i for-prosjektet. Anlegget skal bestå av tilsammen fem containere, hvor én benyttes i forbindelse med innmatingen av avfall, mens de fire andre sammenstilles som vist i Figur 21.



**Figur 21** Illustrasjon av oppstillingen av micro-avfallsforbrenningsanlegget

Anlegget vil i hovedsak bestå av syv ulike moduler (Tabell 5), og i tillegg vil TeamTec kjøpe inn komponenter i forbindelse med automasjon. Dette faller seg naturlig da automasjon og styring skal kobles til de ulike modulene. Dette er også noe TeamTec har kunnskap og erfaring med å gjøre selv.

**Tabell 5** Forbrenningsanleggets moduler

M1	Innmatingssystem
M2	Forbrenningsenhet
M3	Kjele
M4	Avgassfilter
M5	Enhet som gjør varme om til strøm
M6	System for kontinuerlig overvåking av utslipp i henhold til EU sitt miljøkrav (CEMS)
M7	Kontainere

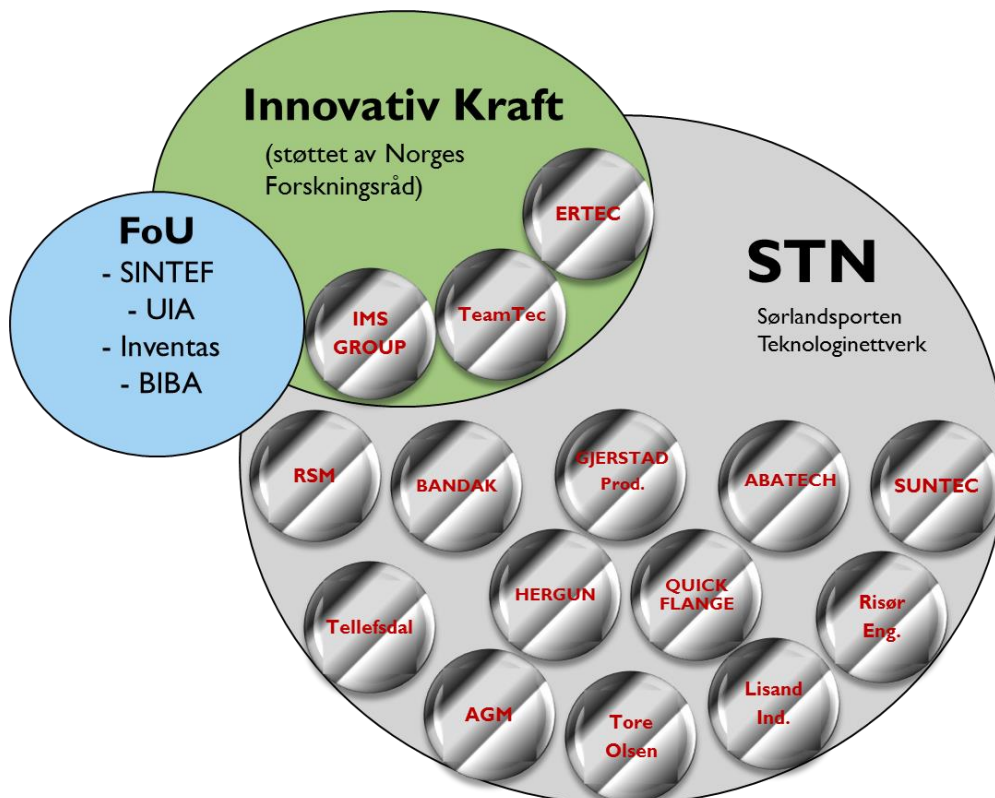
Det er fem personer som til daglig jobber med fremgangen i prosjektet. Disse kan man kalle nøkkelpersonene i prosjektet (Tabell 6), og deres ansvarsområde er design, tekniske løsninger, valg av leverandører og generelt gjennomføringen av prosjektet.

Tabell 6 Nøkkelpersoner i prosjektet

Tittel	Navn
Prosjektleder	Thomas Davami
Hovedutvikler / designer	Nils R. Kristiansen
Mekanisk ingeniør	Jan Erik Gjelde
Elektroingeniør	Eivind Torgersen
Teknisk sjef	Kristian Kristoffersen

### 5.1.3 Aktører

Det er knyttet en rekke aktører til prosessen rundt utviklingen av micro-avfallsforbrenningsanlegget gjennom Innovativ Kraft prosjektet beskrevet i kapittel 4.3. Samarbeidet er illustrert i Figur 22, hvor man kan se de forskjellige aktørenes roller. Noen av virksomhetene i næringsklyngen STN vil også bli leverandører i forbindelse med forbrenningsovnene som TeamTec produserer selv.



Figur 22 Samarbeidsmodell for Innovativ Kraft



### 5.1.4 Prosjektstatus

Fremgangen i forbindelse med de ulike modulene i utviklingsprosjektet kommer fram i Tabell 7 under. Produksjonen av modulene er ikke igangsatt, men det er valgt leverandør på en av modulene.

Tabell 7 Prosjektstatus, mai 2015

	Modul	Teknisk løsning valgt?	Teknisk løsning under utvikling?	Leverandør valgt?
M1	Innmatingssystem	Ja	Ja, utvikles av Inventas	Onshoring, produseres internt
M2	Forbrenningsenhet	Ja	Ja, internt	Produseres internt
M3	Kjele	Ja	Ja	Ja, modulen kjøpes
M4	Avgassfilter	Ja	Ja	Ja, modulen kjøpes
M5	Enhet som gjør varme om til strøm	Nei	Nei	Nei, men det er besluttet å kjøpe modulen
M6	EU-krav om kontinuerlig utslippsovervåking	Ja	Ja	Ja, modulen kjøpes
M7	Kontainere	Ja	Ja	Nearshoring, produseres eksternt

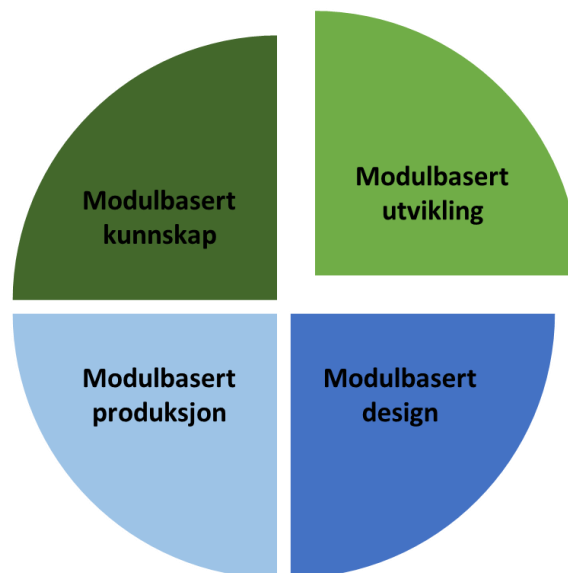
To moduler produseres internt, selv om den ene designes av Inventas, en av aktørene i Innovativ Kraft. Produksjon av konteinerne skal outsources til Polen, og ferdigstilles etter tegninger laget av TeamTec. Konteinerne skal gjennomgå modifiseringer slik at de får grensesnitt sånn at de passer sammen og at moduler som går på tvers av veggene inne i kontaineren får mulighet til dette. Det må også settes inn dører slik at det er forsvarlig for en vedlikeholdsarbeider å ferdes inne i de sammenstilte konteinerne.

Fire av modulene er det valgt å kjøpe av ulike leverandører fordi TeamTec selv ikke innehar de nødvendige ressursene som trengs for å lage modulene. TeamTec har erfart at det tar lang tid å finne de rette leverandørene til denne typen forbrenningsanlegg. De fleste leverandørene er vant med å levere få og spesialdesignede komponenter eller moduler til store forbrenningsanlegg, og ikke til anlegg på den størrelsen som TeamTec vil utvikle. Derfor tar det lang tid for leverandørene å komme med tilbud, og ofte må man gå flere runder for å få de rette tekniske spesifikasjonene, for deretter å reforhandle prisen i tilbudet. Det TeamTec ønsker er å få en pris som gjenspeiler at de vil bestille mange moduler

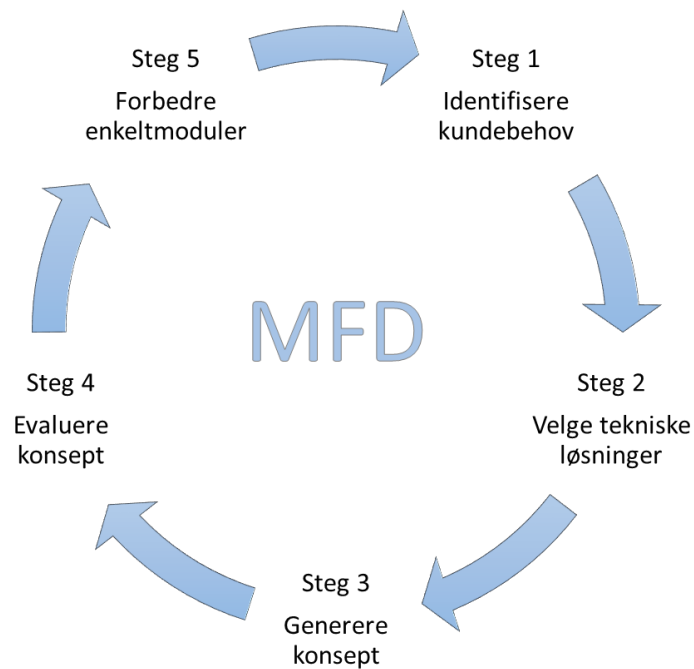
i fremtiden slik at de kan dra fordel av den modulære tankegangen, men det leverandørene stort sett er vant med er å levere et spesialtilpasset produkt som ikke skal masseproduseres.

## 5.2 HELHETLIG MODULÆR PRODUKTUTVIKLING

### 5.2.1 Modulbasert utvikling



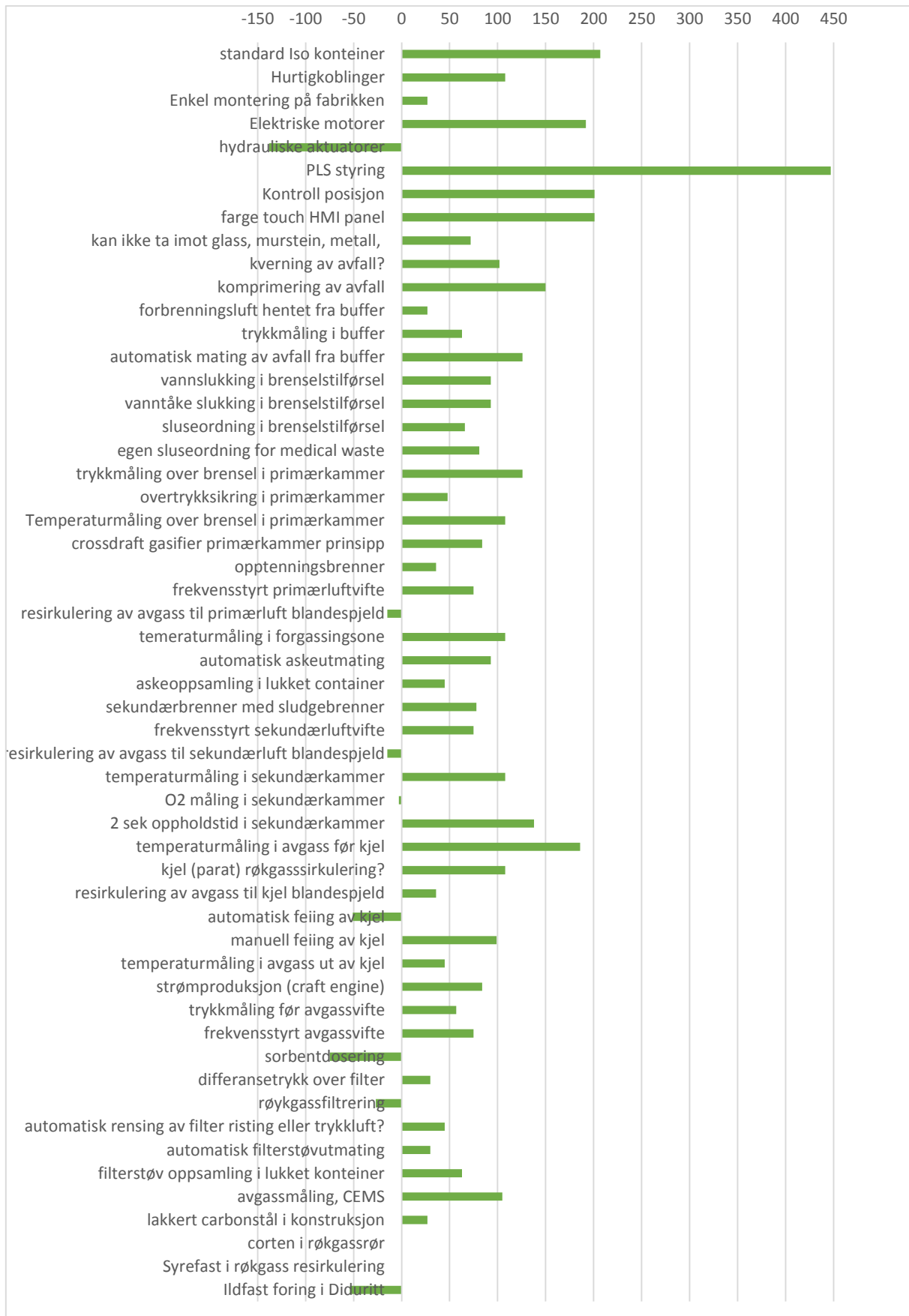
Prosjektutviklingen har foregått på en funksjonsbasert modulær måte ved at man har fulgt en modulær produktutviklingsprosess (MFD) helt fra begynnelsen av prosjektet med kundeanalyser og valg av tekniske løsninger. For å få en bedre forståelse av MFD-prosessen til TeamTec, vil dette kapitlet gjennomgå de fem stegene og avslutningsvis gjøre en generell drøfting av prosessen som helhet. Siden TeamTec allerede har utarbeidet en QFD-analyse i forbindelse med det første steget i prosessen har dette, sammen med innspill fra intervjuene, dokumentasjon og observasjon, vært grunnlaget for det videre arbeidet. På nåværende tidspunkt har TeamTec fullført steg 1 i prosessen.



### ***Steg 1 – Identifisere kundebehov***

Det TeamTec har gjort i sin QFD-analyse er først å sette opp et Excel-ark med kundekravene i y-aksen og de tekniske funksjonene i x-aksen. De har benyttet en poengskala hvor relasjonen mellom kundekrav og funksjon er gitt verdiene 0, 3, 6 og -3. Her beskrives 0 som ingen relasjon, 3 som noe relasjon, 6 som sterk relasjon og -3 som negativ relasjon. Denne poengskalaen er ulik den som anbefales i MFD prosessen beskrevet i teorikapittelet. Her anbefales det å benytte 1, 3, og 9 slik at man tydelig ser når kundekrav og funksjon har en sterk relasjon. TeamTec benytter også negativ verdi om kundekrav og tekniske funksjoner som har negativ relasjon. Dette gir et inntrykk om hvilke tekniske funksjoner som ikke matcher kundekravene.

QFD-analysen til TeamTec er laget i to omganger. Først er det laget en QFD-analyse som vist i teorikapittelet. Deretter har man vektlagt kundekravenes viktighet og ganget dette med resultatene i den første QFD-analysen. Det er denne QFD-analysen som er vist i Vedlegg 3, og som danner grunnlaget for diagrammet i Figur 23 som tydelig viser de viktigste funksjonskravene. Det å multiplisere relasjonen mellom kundekrav og funksjon med en faktor som beskriver kundekravets viktighet blir ofte gjort i QFD-analyser. Dette gjøres ganske enkelt fordi noen kundekrav er viktigere enn andre, og man får på denne måten godt frem hvilke relasjoner som gjenspeiler de mest avgjørende kundekravene.



Figur 23 Funksjonskrav basert på QFD-analyse

Funksjonskravene det er kommet fram til er vist i Figur 23. Her kan man få et inntrykk av hvilke funksjoner som er viktige og hvilke som er uviktige i forhold til kundenes forventinger, noe som begrunner videre valg i prosessen. Man kan ikke stole blindt på resultatet i QFD-analysen. For eksempel har røykgassfiltrering fått negativt utfall, men er likevel svært viktig for å tilfredsstille utslippskravene. Så selv om filtreringen ikke direkte er viktig for kunden, er det likevel viktig fordi man må ha dette for at anlegget skal bli godkjent etter aktuelle krav. Slike vurderinger tas med til neste steg hvor man evaluerer ulike tekniske løsninger og setter opp et funksjons-tre med løsningene man velger.

### ***Steg 2 – Velge tekniske løsninger***

Det å velge mellom ulike tekniske løsninger til hver modul er tett knyttet sammen med hvilken leverandør man velger å benytte i prosjektet. TeamTec har gjort steg 1 i prosessen grundig og fått klare resultater på hva kundene vil ha og hvordan produkttegenskapene burde være (Figur 23). Deretter har de begynt direkte på arbeidet med å finne leverandører. I følge MFD-modellen setter man i steg 2 opp de alternative tekniske løsningene og vurderer disse opp mot ulike evalueringskriterier i en «pugh-martise» (Figur 7).

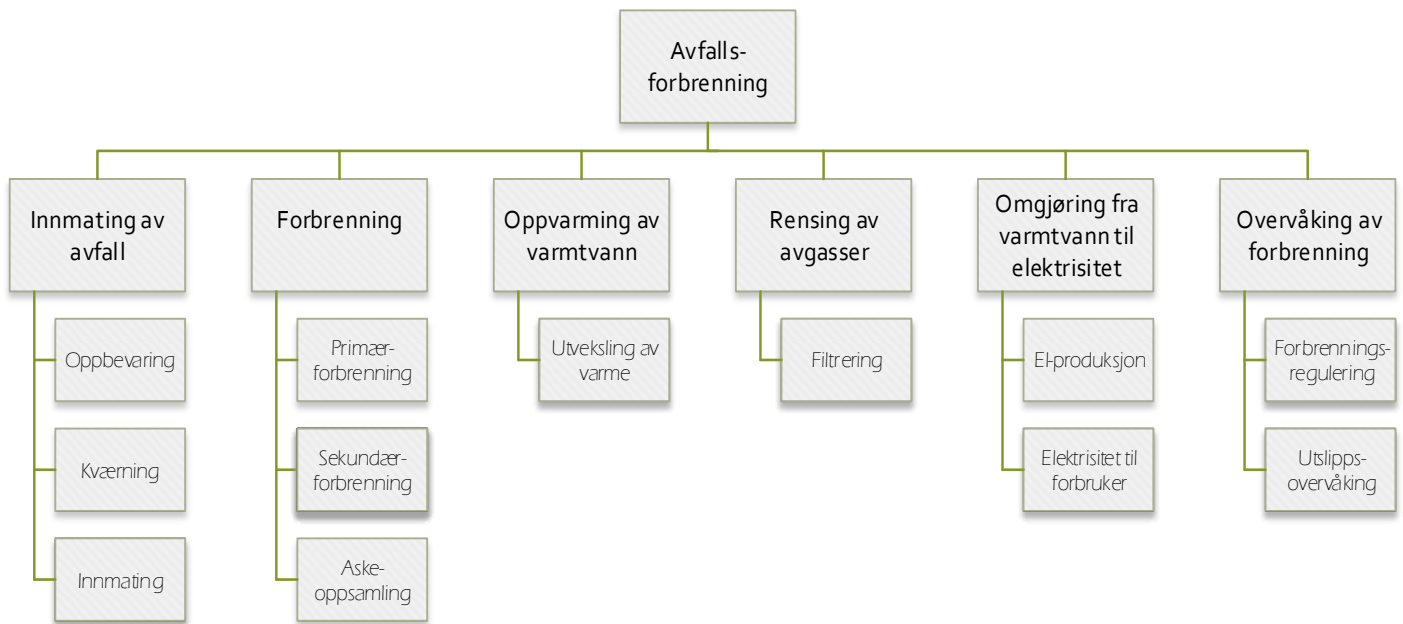
TeamTec har ikke satt opp alternative tekniske løsninger, men de har satt opp alternative leverandører og deres løsninger for å evaluere dette (se Vedlegg 4). Gjennom en leverandøranalyse har tilbud fra typisk tre ulike leverandører av en modul blitt vurdert opp mot hverandre på bakgrunn av blant annet funnene i QFD-analysen. Dette er gjort for å finne positive og negative sider med de ulike tilbudene for å velge leverandør. Her er det snakk om kriterier som kvalitet, erfaring, pris, tekniske løsninger, tidligere samarbeid, tilgang verden rundt, opplæring i bruk og vedlikehold, og virksomhetenes soliditet som har blitt brukt.

Flere av de tekniske løsningene som TeamTec kjøper er «Black box design», hvor TeamTec beskriver funksjonen og leverandøren står for de tekniske spesifikasjonene. Dette er nok en av grunnene til at «pugh-matrisen» ikke ble benyttet, fordi det var vanskelig å sette opp de tekniske kriteriene. En annen grunn er at inndeling av funksjoner som skulle bli moduler på forhånd var foreslått og at MFD metoden derfor ble oppfattet som unødvendig og tidskrevende. Hvis det hadde vært snakk om «detaljkontrollerte deler» og man ikke på

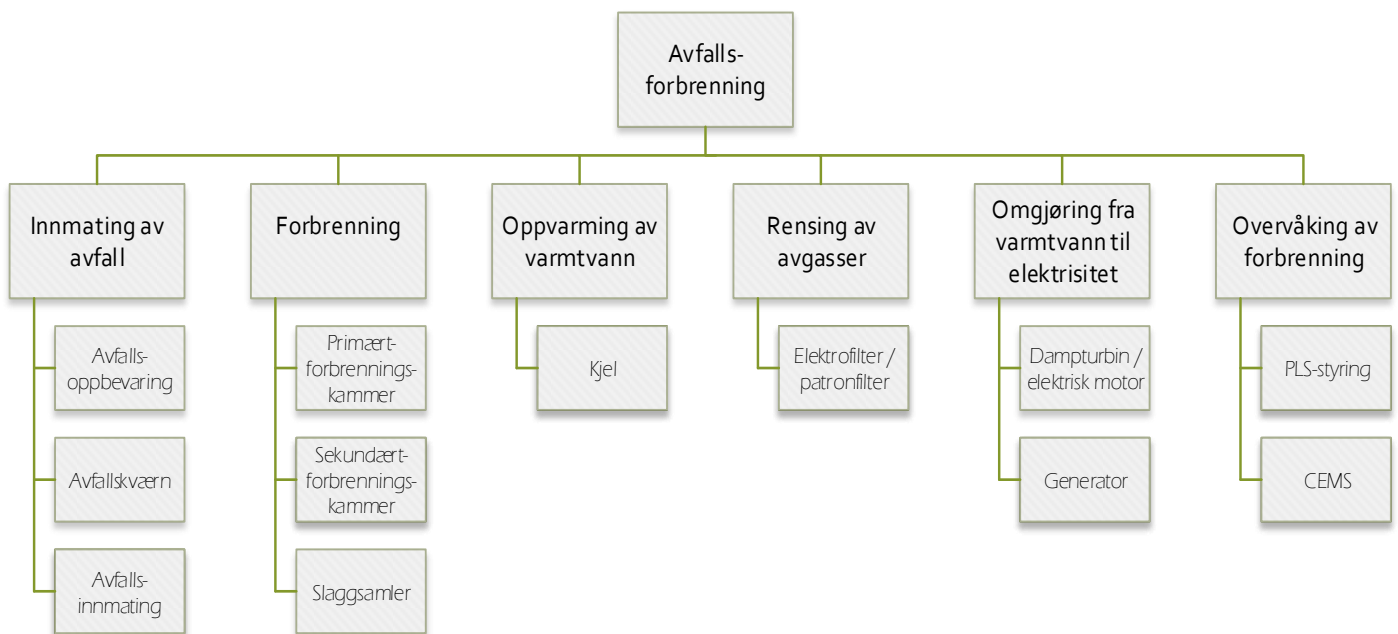
forhånd hadde et klart bilde av hvilke moduler man skulle ha, ville nok TeamTec kjent mer på behovet for å benytte en «pugh-matrise» fra starten av. Dette for å spesifisere modulene og de ulike løsningene. «Black box design» og «detaljkontrollerte deler» er beskrevet i Figur 13.

Det er vanskelig å sette opp en «pugh-matrise» for et så komplekst system som det et micro-forbrenningsanlegget er, og dette er nok en av grunnene til at matrisen ikke har blitt prioritert. Om dette vil gå utover produktet i framtiden vet man ikke, men det kan oppstå utfordringer hvis noen av nøkkelpersonene med kjennskap til de tekniske løsningene slutter. Utfordringer kan oppstå fordi «Pugh-matrisen» også er en form for dokumentasjon, og den begrunner i ettertid hvilke valg man hadde og hvorfor man endte opp med de løsningene man valgte. Det kan derfor vise seg i ettertid at man burde brukt tid på dette. Om det blir for vanskelig og tidskrevende for TeamTec å sette opp en matrise for hele systemet, kan man dele opp systemet etter de tekniske løsningene og lage flere mindre matriser.

I følge MFD-oppskriften fra teoridelen skal man bruke de positive og negative sidene hentet fra en «Pugh-matrise» med de ulike tekniske løsningene til å lage et funksjons-tre, men i dette tilfellet er det funksjonskravene benyttet i Figur 23 som er bakgrunnen for funksjons-treet. I Figur 24 er funksjonene og delfunksjonene satt opp, noe som gir god oversikt over funksjonene de tekniske løsningene må dekke. I Figur 25 er de tilhørende tekniske løsningene satt opp i et tilsvarende tre. Det er disse tekniske løsningene som benyttes videre i steg 3 i MFD-prosessen.



Figur 24 Funksjons-tre



Figur 25 Teknisk løsnings tre

### Steg 3 – Generere konseptet

I dette steget ble de tekniske løsningene hentet fra Figur 25 satt inn i en matrise sammen med modulære drivere. På samme måte som i QFD-analysen ble det gitt poeng etter hvor godt de tekniske løsningene gikk overens med de modulære driverne. Denne gangen med poengskalaen som anbefalt i teoridelen. Bakgrunnen for poengene knyttet til de modulære

driverne er hentet fra intervjuet hvor alle nøkkelpersonene ble stilt spørsmålet; «hvorfor har dere valgt modulær produktutvikling?», som resulterte i disse svarene:

- «Det er naturlig å tenke sånn»
- «Fordi det at produktet er modulært, er en fordel med tanke på logistikk»
- «For å kunne være fleksibel på leveransene»
- «For å lage hele enheten «in house» i stedet for «on sight»»
- «Fordi vi senere ønsker å kunne modifisere med å kunne bytte ut moduler»
- «Det blir lettere å legge til og trekke fra løsninger»
- «Fordi man kan lettere sette grenser for hva man må gjøre selv og hva som må bli satt ut»

Tekniske løsninger		Modulære drivere														
		Avfallsoppbevaring	Avfallskværn	Avfallsinnmating	Primær forbrenningskammer	Sekundær forbrenningskammer	Slaggsamler	Forbrenningsovervåkingssystem	Forbrenningsreguleringsystem	Kjel	Elektrofilter / patronfilter	Damp turbin / elektrisk motor	Generator	Utslippsovervåking etter EU-krav	Kontainerutforming	Sum
Produkt- utvikling og design	«Carryover»															0
	Teknologiutvikling		3	3				3	1		1			9		20
	Produktendringer		3	3	3	3		1	1			3	3	3		23
Varians	Forskjellig spesifisering		3	3				3				1	1	9		20
Produksjon	Felles enhet									9	9	9	3	9		39
	Prosess / organisering		1	3						3	1	1	1			10
Kvalitet	Separat testing															0
Innkjøp	Leverandør tilgjengelighet									3	3	3	3	9		21
Ferdigstilling	Effektiv logistikk														9	9
	Hurtig montering														9	9
Ettersalg	Service og vedlikehold		3	3												6
	Oppgradering							3	3		1			3		10
	Resirkulering															0
	Sum	0	13	15	3	3	0	10	5	15	15	17	11	42	18	

Figur 26 Tekniske løsninger og modulære drivere

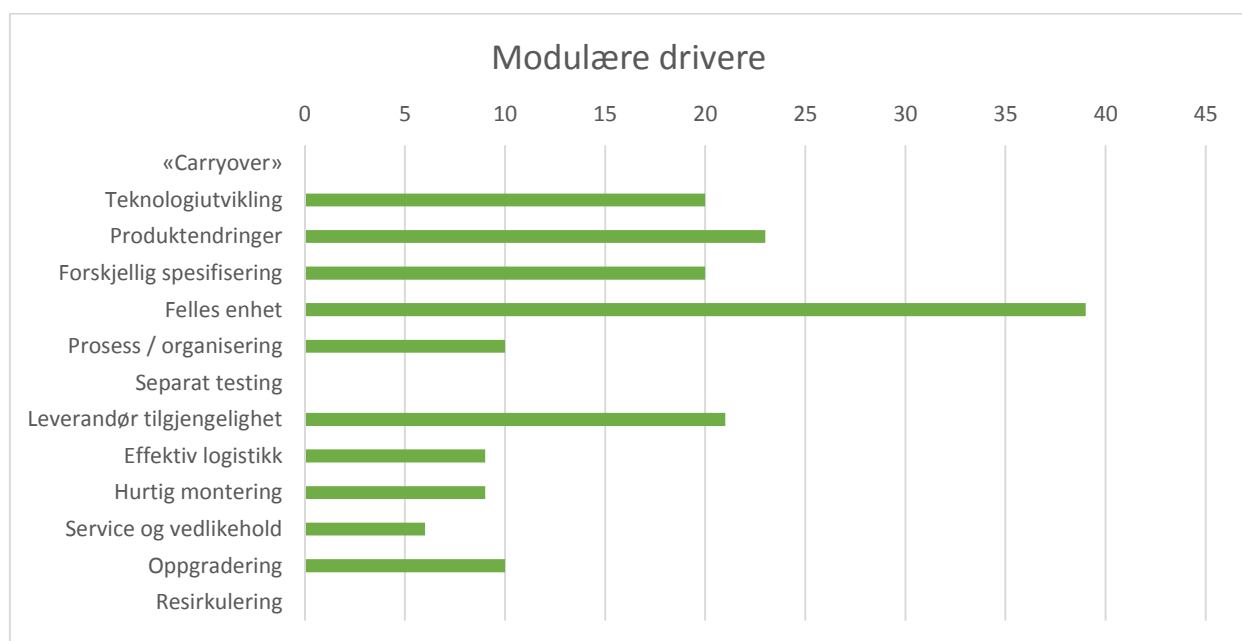
Som det kommer frem av svarene var det ingen som nevnte at det var viktig at modulen kunne benyttes igjen (carryover), testes separat eller resirkuleres. Disse modulære driverne er svært viktige med tanke på bærekraftig utvikling, og det er synd at dette ikke ble nevnt.



På en annen side er dette ting som normalt sett blir tatt opp senere i prosessen, etter at de tekniske og funksjonelle kravene er satt og man har anledning til å begynne å tenke mer på de miljømessige gevinstene av modularisering.

Viktigheten av felles enhet som beskriver muligheten for å masseprodusere ble heller ikke nevnt i intervjuene. Dette er likevel tatt med fordi dette er et tema som har kommet opp gjentatte ganger på prosjektmøtene, og ofte i forbindelse med prisreduksjon ved masseproduksjon. Dette gjelder for alle modulene TeamTec planlegger å kjøpe.

Besvarelsene gjorde det også nødvendig å tilføye «Ferdigstilling» med effektiv logistikk og hurtig montering, som modulær driver. Som det kommer frem av svarene er dette viktige grunner til at TeamTec har valgt å utforme forbrenningsanlegget i moduler. Det å gjøre både frakt og montering så effektivt som mulig skal redusere tiden «on sight» og dermed redusere kostnader.



**Figur 27 Modulære drivere**

Kort oppsummert er det altså på bakgrunn av intervjuet og prosjektmøtene kommet fram at felles enhet er den viktigste modulære driveren, mens andre drivere som teknologiutvikling, produktendringer, forskjellig spesifisering og leverandørtilgjengelighet også er svært viktige i forbindelse med produktet (se Figur 27).

Annen informasjon som hentes fra Figur 26 er hvilke tekniske løsninger som kan passe sammen i en modul. Det er ikke alltid enkelt å bestemme dette, men i TeamTec sitt tilfelle var modulene allerede bestemt før MFD-prosessen ble satt i gang. Hvilke tekniske løsninger som blir en modul er valgt basert på erfaring fra en av nøkkelpersonene, og basert på hvilke funksjoner som lettest kan behandles som en modul ut i fra bransjens inndeling. Det finnes for eksempel aktører som har spesialisert seg på filter, mens andre har spesialisert seg på kjele. Det var derfor naturlig å fordele de tekniske spesifikasjonene inn i disse syv modulene:

**Tabell 8** Oversikt over moduler og sterkeste drivere

	<b>Modul</b>	<b>Sterkeste drivere</b>	<b>Antall varianter</b>	<b>Tekniske løsninger</b>
M1	Innmatingsystem	Teknologiutvikling Produktendringer Forskjellig spesifisering Service og vedlikehold	1 variant	Avfall- soppbevaring Avfallskvern Avfalls innmating
M2	Forbrenningsenhet	Produktendringer	2 varianter (Liggende/ stående primær- kammer)	Primærkammer Sekundær- kammer Slaggsamler Forbrennings- overvåkning og regulering
M3	Kjele	Felles enhet Prosess / organisering Leverandør- tilgjengelighet	1 variant	Kjele
M4	Avgassfilter	Felles enhet Leverandør- tilgjengelighet	1 variant	Posefilter
M5	Enhet som gjør varme om til strøm	Produktendringer Felles enhet Leverandør- tilgjengelighet	1 variant	Damp turbin / dampmotor Generator
M6	CEMS - Kontinuerlig utslippsovervåking ifølge EU-krav	Teknologiutvikling Produktendringer Forskjellig spesifisering Felles enhet Leverandør- tilgjengelighet Oppgradering	2 variant (Med eller uten loggføring av utslipps- overvåking.	Avgassmåling Støvmåling Temperatur- måling Trykkmåling Aircondition
M7	Kontainere	Effektiv logistikk Hurtig montering	1 variant	Fem containere



På denne måten kan man forhindre at det blir gjort feil med tanke på utskjæring og forsterking av kontainerne.

Andre kritiske grensesnitt som krever nøye planlegging er grensesnittet mellom forbrenningsenheten og de andre enhetene. Både hvordan innmatingen til forbrenningsovnen skjer, hvordan rensingen av røykgassen gjøres og hvordan varmen fra forbrenningen overføres i en kjel, eller generator er kompliserte grensesnitt. Det at TeamTec produserer forbrenningsovnen selv vil nok være en stor fordel, siden de da kan tilpasse grensesnittene fra ovnen slik at de passer overens med de øvrige modulene. Hvis dette ikke hadde vært tilfelle ville det blitt mye vanskeligere å velge leverandører og det hadde vært større rom for feil knyttet til grensesnittene.

### **Evaluering**

**Konseptet** til hver modul må evalueres i forhold til TeamTecs visjon (TeamTec, 2015):

*“TeamTec's vision is to be a world leading provider of green solutions within our product range. By giving top priority to quality in design, production, documentation, commissioning and after sales, and further development of our leading technology, TeamTec shall be the preferred supplier of solutions and services for incinerators and ejectors. The focus on environmental issues is continuously increasing. We foresee stricter requirements in the future and TeamTec will be ahead of the development”*

*“TeamTec - Costs you Less! When quality matters”*

Først og fremst kan man ut i fra visjonen se at TeamTecs verdier stemmer godt med det man kan oppnå med modulbasert produktutvikling. Ser man nærmere på visjonen bør man ha fokus på kvalitet og miljø, og det er svært viktig at de tekniske løsningene i forbindelse med hver modul svarer til dette. De fleste modulene som er valgt tilfredsstiller ønske om god kvalitet, men det mangler fortsatt en del informasjon om modulenes bærekraftighet. Dette kan hentes fra leverandørene når man har funnet leverandør av alle modulene.

**Kalkyler** i forhold til pris per modul blir ikke oppgitt i denne oppgaven, men det foreligger et budsjett hvor forventet kostnad per modul er beregnet. Man bør ta frem dette budsjettet her i steg 4 for å sammenligne dette med prisene fra leverandørene.

**Reparasjon og vedlikehold** i forhold til valg av moduler virker fornuftig. Ved å ha den inndelingen av moduler som TeamTec har valgt, vil hver leverandør få sitt felt som de får ansvar for. Utformingen av anlegget bør ikke stå i veien for at vedlikehold og reparasjon kan foregå slik leverandørene ønsker eller er vant med. Det er bestemt at det skal settes inn dører og eventuelt luker på tvers av veggene mellom kontainerne slik at det blir mulig å komme til alle de ulike modulene. Detaljert vedlikeholds og reparasjons planlegging vil kreve at man går mer nøyaktig inn på hver modul, og planlegger i forhold til dette. Dette bør TeamTec begynne på når alle de tekniske løsningene er bestemt og leverandørene valgt.

**Livssyklusanalyse** bør også foretas for hver modul når alle leverandørene er valgt, men foreløpig kan man analysere rundt syklusen til hele avfallsforbrenningsanlegget. Det forventes at anlegget har en levetid på minimum 20 år. Modulene som anlegget består av produseres hver for seg, og det forventes at moduler testes og kvalitetssikres før de sendes og sammenstilles. Dette sparer TeamTec og leverandørene for kostnader knyttet til defekte deler og moduler, som reparasjon og logistikk. Det sparer også miljøet for ekstra klimautslipp i forbindelse med produksjon og logistikk. Anlegget sammenstilles og fraktes som enkeltkontainere med båt og lastebil til det ferdig opparbeidede stedet anlegget skal stå. Derfra planlegges det utskiftninger av deler og eventuelt moduler, etter hva leverandørene anbefaler. Hvis behovet for forbrenningsanlegget opphører kan man demontere containerløsningen og frakte anlegget til en annen lokasjon, og på denne måten gjenbruke hele anlegget. Når anleggets levetid er over kan det demonteres og fraktes til gjenvinning. Dette gjør det mulig å demontere anlegget en plass hvor de har kunnskap til å gjenvinne fortsatt brukbare deler, mens defekte deler kan resirkuleres på riktig måte.

### **Steg 5 – Forbedre moduler**

I steg 5 oppsummeres alle spesifikasjonene man gjennom de tidligere stegene har funnet. Dette gjøres for hver enkelt modul, og i Figur 29 er det utslippsovervåkings-modulen vi ser. Øverst kan man se navn på modulen, navn på personen som har ansvar for modulen og den budsjetterte målkostnaden på modulen. Kostanden på 1.000.000 NOK gjelder for prototypen, og det forventes at denne kostnaden vil synke når man setter i gang produksjonen og kjøper flere like moduler. Derfor er prisreduksjon tatt med som første

punkt på utvikling. Videre forventes det en utvikling i teknologi som følge av nye krav fra myndigheter om hvilke gasser som må måles, samt teknologiutvikling fra leverandør som kan gjøre det enklere å måle innholdet i røykgassen.

<b>Modul:</b> M6 - Utslippsovervåking	
<b>Ansvarlig:</b> NN	
<b>Målkostnad:</b> 1.000.000 NOK	
<b>Tekniske løsninger</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Avgassmåling</li> <li>• Støvmåling</li> <li>• Temperaturmåling</li> <li>• Trykkmåling</li> <li>• Aircondition</li> </ul>	<b>Modulær driver</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Teknologiutvikling</li> <li>• Produktendringer</li> <li>• Forskjellig spesifisering</li> <li>• Felles enhet</li> <li>• Leverandørtilgjengelighet</li> <li>• Oppgradering</li> </ul>
<b>Grensesnitt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• M2 - Forbrenningsenhet</li> <li>• M5 - Strømproduksjon</li> <li>• M7 - Kontainere</li> </ul>	<b>Type grensesnitt</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Geometrisk</li> <li>• Elektrisk og geometrisk</li> <li>• Geometrisk</li> </ul>
<b>Kundekrav</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Hurtigkoblinger</li> <li>• Enkel montering på fabrikken</li> <li>• Kommunikasjon mer PLS-styring</li> <li>• Farge touch HMI panel</li> <li>• Trykkmåling</li> <li>• Temperaturmåling</li> <li>• Avgassmåling</li> </ul>	<b>Utvikling</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prisreduksjon</li> <li>• Ny målingsteknologi</li> <li>• Forenkling av produksjon og sammenstilling</li> <li>• Større spekter av gasser som er målbare</li> </ul>

Figur 29 Modulære spesifikasjoner for CEMS

Figur 29 viser en veldig enkel oversikt over spesifikasjonene, og det vil i ulike utviklingsprosesser være behov for å dokumentere ulike spesifikasjoner i forbindelse med hver modul. Siden det i TeamTecs visjon er lagt stor vekt på kvalitet og miljø, burde kanskje spesifikasjoner knyttet til dette tas med i forbindelse med dokumentasjonen av de modulære spesifikasjonene.

Videre kan det diskuteres om man ikke heller burde benyttet de modulære spesifikasjonene man kommer fram til gjennom alle stegene i MFD prosessen til å velge leverandør. Da ville spesifikasjonene vært hentet direkte fra funnene i QFD-analysen, «pugh-matrisen»,

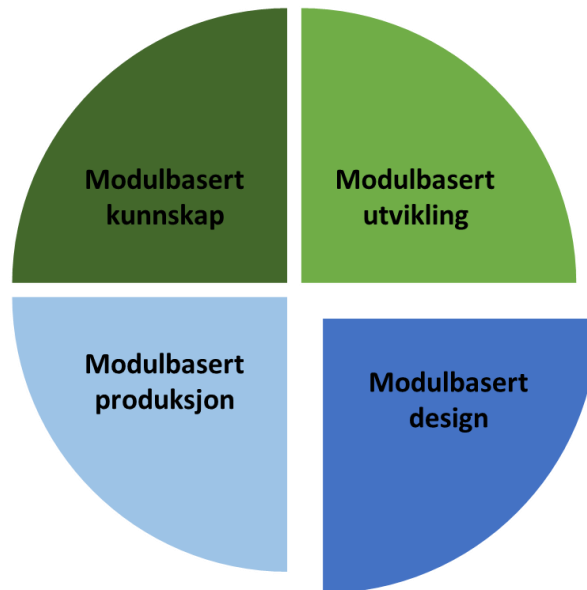
funksjons-treet, MIM-analysen og grensesnitt modellen, og dette hadde gitt et solid grunnlag for valg av leverandør. Man ville da helt uavhengig funnet ut hva man trenger, og ut i fra dette velge den leverandøren som tilbyr det som stemmer best med spesifikasjonene.

### **Generell drøfting rundt MFD-prosessen**

QFD-analysen som ble laget i forbindelse med steg 1 i MFD-prosessen oppfattes som gjennomført, og kundebehovene og de tekniske løsningene oppfattes som reelle forventinger. Det samme gjør poengfordelingen, og måten poengene er fordelt på virker fornuftig. Videre har det blitt laget en leverandøranalyse i stedet for en «Pugh-matrise». Siden valg av tekniske løsninger henger tett sammen med valg av leverandør kan dette virke fornuftig på en måte, men det kan også påvirke planleggingen av de tekniske løsningene på en uheldig måte. Dette er fordi man blir for opphengt i hvilken av løsningene leverandørene tilbyr som er best, og ikke hvilken tekniske løsning som ville vært den optimale for produktet. Man kan også bli påvirket av priser, samt personlige egenskaper hos personer som representerer leverandørfirmaet. For å forhindre dette bør hele MFD-prosessen gjøres uten innblanding av leverandører, for deretter å benytte modulspefisikasjonene for å finne de rette leverandørene.

De andre stegene i prosessen er gjort etter mine vurderinger basert på informasjon fra TeamTec, og erfaringer hentet fra dette er at MFD-prosessen er en grundig prosess som går igjennom alle aspektene ved produktutviklingen. Det kan vurderes om det burde vært et eget steg som omhandlet produktets livssyklus. Viktige momenter som utskiftningsintervall, reparasjon, vedlikehold og levetid kommer på slutten av evalueringssteget etter evalueringen av grensesnitt. Det er for så vidt bra at grensesnitt og vedlikehold blir sett i sammenheng, men siden viktigheten av kartleggingen av et produkts livssyklus får stadig større fokus i samfunnet mener jeg at dette kunne vært et eget steg 5, i en MFD-prosess med 6 steg. På en annen side vil det for noen produktutviklingsprosesser bli for detaljert og ressurskrevende hvis man må gå gjennom et steg i forbindelse med livssyklus, så kanskje dette bør være en vurderingssak i forhold til kompleksiteten av produktet man skal utvikle.

## 5.2.2 Modulbasert design



Siden design i forhold til utviklingen av micro-avfallsforbrenningsanlegget er en del av MFD-prosessen, er det den modulære produktutformingen som blir drøftet i dette kapitlet. Dette handler mer om fordelene og ulempene knyttet til å lage anlegget modulært i containere.

### ***Kontainerutforming***

Modulbasert utforming og design på produktet er ikke helt nytt for TeamTec. De har lenge laget forbrenningsanlegg til skip som leveres integrert i containere, for enklere montering «on sight» (Figur 30). Dette kaller TeamTec for et «plug & play» konsept, og det er dette konseptet som nå videreføres til micro-avfallsforbrenningsanlegget. Dette skal gjøre det lettere å ferdigstille et forbrenningsanlegg i områder med dårlig tilrettelagt infrastruktur. Dette gjelder blant annet områder som bare er tilgjengelig med båt, og hvor leveranse av et komplett system reduserer sannsynligheten for byggestopp i forbindelse med mangel på komponenter. Det gjør også byggeprosessen betydelig kortere, noe som er en fordel for alle parter. Det er mange fordeler med denne kontainerutformingen, men det finnes også ulemper. Det å utforme anlegget i containere gir designerne utfordringer knyttet til plassutnyttelse. Det ble i intervjuene uttrykt at dette kunne skape utfordringer, mens andre uttrykte at det var større plass å forholde seg til i forhold til forbrenningsovnene som leveres til skip.





Figur 30 TeamTec leverer i dag forbrenningsanlegg i kontainerutforming til skip (TeamTec, 2015)

Man kan si at TeamTec er vant med å være leverandør av moduler, men ikke innkjøper av moduler. Det kom fram gjennom intervjuene at TeamTec tidligere i liten grad har tenkt modulært når det gjelder utvikling og produksjon av produktene. Fra før av kjøper de altså komponenter, og ikke moduler, fra faste leverandører og sammenstiller dette til de produktene de leverer i dag. Det at TeamTec ikke har særlig erfaring med modulbasert utvikling, oppfattes som en av grunnene til at det har tatt lenger tid til å finne og velge leverandører enn først antatt. Valg av leverandør har også foregått med andre kriterier enn pris for å sikre solide og kunnskapsrike leverandører med erfaring innen sitt felt.

Plasseringen av de ulike modulene inne i kontainerløsningen er ikke helt bestemt ennå, men siden modulene settes sammen basert på funksjonsfokus og ikke komponentfokus vil noen moduler gå på tvers av veggene i kontainerne og ha grensesnitt til flere ulike moduler. På bakgrunn av dette er det svært viktig med en nøye planlagt produktplattform, hvor det er godt tilrettelagt for de medieoverførende grensesnittene. Hvorvidt det å beholde de indre veggene i forbrenningsanlegget forhindrer fordeler med modularisering som kundetilpasning og fleksibilitet med tanke på utskiftning eller endring av moduler, bør diskuteres. Det er en helt klar fordel å beholde veggene ved at kontainerne blir mer robuste og at man kan frakte anlegget enkelt med båt og lastebil uansett værforhold. På en annen siden vil man ved å beholde veggene vær nødt til å sette inn flere dører og luker slik at vedlikeholdsarbeidere kommer til over alt.

Siden forbrenningsanlegget er en kompleks plattform hvor modulene ikke bare skal passe overens fysisk, men også med tanke på energioverføringer kan man forvente at det vil oppstå utfordringer i forbindelse med grensesnittene mellom modulene. Sammenstillingen av prototypen skal skje i produksjonen til TeamTec i Gjerstad, hvor man har lang erfaring med å produsere forbrenningsovner og har både kvalifisert personell og det rette utstyret for å kunne gjøre justeringer når grensesnitts-utfordringer dukker opp. På denne måten vil TeamTec kunne takle de fleste utfordringer som dukker opp utenom komplikasjoner knyttet til utslippsovervåkingen, som de ikke selv innehar kunnskap rundt. Derfor vil samarbeid og kunnskapsoverføring i forbindelse med denne modulen være ekstremt viktig for at anlegget skal bli godkjent. Det virker derfor fornuftig å bruke lang tid på å finne den rette leverandøren av denne modulen.

### **Standardisering**

En av de store fordelene med modularisering er at man kan kjøpe standardiserte «hyllevarer» og likevel selge et spesialtilpasset produkt. Denne fordelen er det vanskelig å utnytte til det fulle i dette tilfellet, fordi modulene TeamTec vil kjøpe er av en helt annen dimensjon enn de som gjerne selges til forbrenningsanlegg. Bransjen er dessuten ofte vant med å selge spesialtilpassede produkter som designes for hvert enkelt anlegg. Dette er en utfordring som knyttes til bransjen, og som gjør den modulære utviklingen litt mer tidskrevende og kostbar. For å få fram viktigheten av å kjøpe masseproduserte moduler har TeamTec forsøkt å presentere dette i møter med leverandørene. Det har resultert i at flere leverandører har gitt tilbud med løfte om redusert pris ved bestilling av flere moduler. Resultatet av dette er at prototypen blir kostbar, men at produksjonsprisen forventes å bli vesentlig lavere når man begynner å produsere flere anlegg i året. Et eksempel på dette kommer fram i Vedlegg 4, hvor leverandør B tilbyr en prisreduksjon på 10-15 prosent ved bestilling av 10 moduler eller mer.

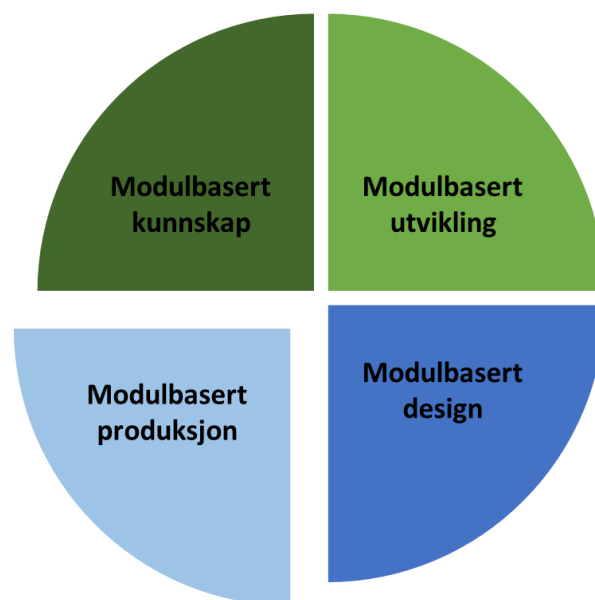
Andre forhold TeamTec risikerer å måtte forholde seg til er om standardiseringen kan gå på bekostning av produktets kapasitet. Dette gjelder for eksempel hvis det ikke finnes noen standardisert el-motor på markedet som passer til anlegget. Da må man velge mellom en standardisert el-motor som avgir mindre effekt, eller en spesiallaget el-motor som bedre utnytter energien. Siden TeamTec kan bestille mange like moduler og på denne måten

reducere prisen per el-motor, står de på en måte friere til å velge med bakgrunn i ønskede tekniske egenskaper. Dette er en av fordelene med å lage et standardisert produkt, men det avhenger av hvor stor prisforskjell det er snakk om.

### ***Videreutvikling***

Foreløpig har det vært lite fokus på videreutvikling og utskifting av moduler, men nøkkelpersonene i prosjektet er klar over at dette er en av fordelene med modularisering og de vil nok benytte seg av dette når de har gjort prototypen ferdig og det blir rom for vurdering av modulene. Ved å ha muligheten til å bytte ut moduler uten å endre hele produktet står man ovenfor muligheten til å bytte leverandør. I et tilfelle er det for eksempel snakk om å velge den dyreste leverandøren av en modul fordi de har stor kunnskap rundt produktet, fordi det i ettertid er mulig å inngå en avtale med en rimeligere leverandør når man har lært mer om hvordan denne modulen må fungere for å få et tilfredsstillende anlegg. Dette er ikke så heldig med tanke på å opprette et gjensidig tillitsforhold, men kan være svært gunstig med tanke på det økonomiske.

### **5.2.3 Modulbasert produksjon**



I forbindelse med modulbasert produksjon er det valgt å sette fokus på utfordringer knyttet til produktutviklingsstrategien, «make or buy» problematikken, transaksjonskostnadene og forsyningskjeden. Det faller seg naturlig å se på disse utfordringene på bakgrunn av

prosjektets nåværende status, og disse delene av den modulbaserte produksjonen oppfattes som viktige å drøfte i forbindelse med produktutviklingen.

### ***Produktutviklingsstrategi***

TeamTec har valgt å satse på å utvikle micro-avfallsforbrenningsanlegget fordi de innehar kunnskap og erfaring knyttet til utvikling og produksjon av forbrenningsovner til maritim sektor. De har produsert forbrenningsovner som kan forbrenne avfall om bord i skip i en årrekke, men har også fått flere henvendelser angående små landbaserte avfallsforbrenningsanlegg. Man kan si at den pågående produktutviklingen både er markedsbasert og ressursbasert.

Markedsbasert fordi det har kommet en rekke henvendelser til TeamTec hvor kunder ønsker å kjøpe et micro-avfallsforbrenningsanlegg som kan brukes på land, gjerne i øysamfunn som har problemer med å kvitte seg med søppelet sitt. I noen få tilfeller har behovet vært så stort at kunder har fått dispensasjon fra myndighetene slik at TeamTecs forbrenningsovner til skip har blitt tatt i bruk på land. Problemet med dette er at det er andre miljøkrav til forbrenning på land enn til forbrenning på skip til havs, og de nåværende forbrenningsovnene tilfredsstill ikke disse miljøkravene. Det å lage et forbrenningsanlegg som tilfredsstill utslippskrav og til en pris som kunden kan akseptere, er derfor de viktigste egenskapene til det nye produktet.

Produktutviklingen er også ressursbasert på den måten at TeamTec innehar kunnskapen om effektiv forbrenning. De trenger bare å videreutvikle konseptet slik at det kan benyttes på land. Denne utviklingen vil gi TeamTec kunnskap knyttet til å lage forbrenningsanlegg som er godkjent i forhold til EU-krav. Noe som igjen kan videreføres til forbrenningsovnene som leveres til skip, da det forventes at utslippskravene her vil bli strengere i framtiden. Når denne omstillingen kommer er TeamTec allerede kjent med hva som må til for å tilfredsstille de nye kravene og vil få en stor konkurransemessig fordel.

### ***«Make or buy»***

TeamTec kjøper generelt deler framfor å produsere de selv når de ikke er den del av kjernekompetansen. De produserer deler knyttet til forbrenningsovnen med spesielle egenskaper som de selv har utviklet. Disse delene sammen med det totale forbrennings

systemet er bedriftens kjernevirksomhet som de besitter stor kunnskap rundt.

Forbrenningsovnene som skal lages til forbrenningsanlegget vil bli produsert i Gjerstad og består av deler som er produsert internt og deler som er kjøpt eksternt. Fordelene med å gjøre det på denne måten er at man får tilgang på deler med høy teknisk kvalitet uten at man besitter kunnskapen selv. Man frigjør også ressurser slik at man kan fokusere på det man er best på. I mange tilfeller er det også billigere å kjøpe deler framfor å produsere de selv.

Innmatingssystemet skal også produseres internt, men blir utviklet av Inventas. Ved å gjøre det på denne måten sparer TeamTec utviklingskostnader som da heller dekkes av Norges Forskningsråd gjennom Innovativ Kraft, og de kan fokusere sine ressurser rundt andre deler av produktet. Man kan si at utviklingsdelen er outsourcet, mens de selv vil produsere modulen. I framtiden bør TeamTec vurdere om innmatingssystemet skal betraktes som en del av kjernekompetansen og produseres internt av strategiske grunner, eller om denne modulen kan outsources. Outsourcing vil frigjøre plass og kompetanse i produksjonen slik at man kan ha full fokus på forbrenningsovnene og sammenstillingen av modulene. På en annen side vil outsourcing av denne modulen ikke føre til flere arbeidsplasser i kommunen, noe som er en del av formålet med Innovativ Kraft prosjektet. I tillegg øker transaksjonskostnader knyttet til å finne en egnet produsent, samt behovet for kontrollering. Det kan forventes at dette til slutt blir et spørsmål om kapasitet, kunnskap og pris. Dette gjelder også for «make or buy» beslutninger i forbindelse med kontainermodulen, drøftet i kapittel 5.2.2.

De øvrige modulene har man valgt å kjøpe fordi man ikke innehar ressursene det kreves for å utvikle og produsere de, og man vil ikke bruke tid på å utvikle disse modulene. En av fordelene med å kjøpe moduler på denne måten er at leverandørene kan organiseres som Tier 1 leverandører, som igjen har sine underleverandører. Ved å opparbeide seg et slikt leverandørnettverk i flere Tiers kan TeamTec forholde seg til færre underleverandører, og blir på denne måten spart for kostnader knyttet til «new task situation», som leting etter leverandører, organisering og informasjonsinnhenting. Man slipper å lete etter mange ulike leverandører og kan fokusere på et fåtalls modulleverandører, noe som igjen gir rom for å opprette et godt samarbeidsforhold. Fordelene ved dette diskuteres videre i kapittel 5.2.4.

Andre fordeler med å kjøpe moduler i stedet for å produsere eller sammenstille de selv er at man har muligheten til å teste og lagre modulene hos leverandøren. Testing av moduler hos leverandør kan som tidligere nevnt spare miljøet for klimagassutslipp til unødig transport og sparer begge aktørene for det å forholde seg til defekte moduler. Spesielt gunstig er dette for TeamTec hvis man ser for seg scenarioet at de for eksempel har bestilt en el-motor og lagret denne til den skal monteres i kontaineren, og når de tar den frem og monterer den viser det seg at den ikke virker. Dette er svært uheldig, og derfor er det gunstig at man kan unngå dette ved å kjøpe en ferdig testet modul.

### ***Transaksjonskostnader***

På grunn av modulenes særegenhet i forbindelse med micro-forbrenningsanleggets størrelse vil mange av modulene som produseres kun brukes av TeamTec. Ulempen med dette er at man ikke kan kjøpe standardiserte «hyllevarer» og at man blir svært avhengig av leverandøren av en modul både på grunn av utstyr og kunnskap, men også på grunn av transaksjonskostnader knyttet til å finne en ny. I dette tilfellet er det spesielt kjelen som har stor grad av særegenhet. Den må lages spesielt til dette anlegget, og har derfor blitt dyrere enn forventet. Leverandøren av kjelen må antageligvis ikke investere i unikt utstyr for å kunne produsere akkurat denne modulen, så det forventes ikke stor grad av avhengighet på bakgrunn av dette. På en annen side vil leverandøren tilby reduksjon i prisen hvis TeamTec kjøper inn et større volum. Dette tilbyr leverandøren både fordi pris per modul blir lavere når flere like enheter skal produseres, men også for å inngå en langsiktig avtale. Denne formen for avtaler med kvantumsrabatt er svært vanlig. Dette er fordi leverandørene ofte tjener på å gjøre det ekstra kostbart for kundene å bytte leverandør, da kostnader knyttet til det å miste rabatt kommer i tillegg til transaksjonskostnadene i forbindelse med å finne en ny leverandør.

I følge transaksjonskostnadsteorien øker kostnadene når frekvensen øker, og man bør heller integrere produksjonen i hierarkiet. I dette tilfellet vil transaksjonskostnadene naturlig nok øke ved økt frekvens. Blir det for eksempel behov for å kjøpe inn 20 kjeler i året, betyr det at man må ferdigstille mer enn 1,5 anlegg i måneden. Hvis det da blir forsinkelser som følge av misforståelser eller feil med logistikk, lagring eller selve produktet, påvirker dette hele tidsplanen for anlegget. Derfor vil det bli behov for større investeringer i

kommunikasjonsprosedyrer, og i kostnadskrevede kontrollprosedyrer. Disse transaksjonskostnadene må TeamTec påberegne seg, og er prisen å betale for å ha en innkjøpsstrategi som de har. På en annen side gir økt frekvens også leverandøren større produksjon av moduler, og fordelene med dette er som kjent at om man bestiller mange like moduler kan prisene presses. Derfor kan det tenkes at kostnader knyttet til strengere prosedyrer og oppfølging likevel ikke blir høyere enn kostnadene man sparer ved å bestille store kvantum av de spesialtilpassede modulene. Transaksjonskostnadene knyttet til kontrollering av modul og leverandør sikrer at modulene holder forventet kvalitet, noe som er lagt stor vekt på i TeamTecs strategi.

### ***Kontraktinngåelse***

Kontrakter som inngås mellom TeamTec og leverandører bør ut ifra definisjonen i teorien være resultatorientert, men kan også inneholde deler som er mer adferdsorientert. Dette kan for eksempel være at leverandør gir en fast pris per modul, mens hjelp til installering og inspeksjon har en oppgitt timepris. En slik kontrakt er å foretrekke fordi TeamTec da får en modul med avtalte funksjoner til avtalt pris, mens kostnader i forbindelse med installering varierer etter behovet. Risikoen ligger i stor grad hos leverandøren ved inngåelse av en slik kontrakt, men begrenset rasjonalitet og faren for opportunistisk adferd hos leverandøren gjør at TeamTec likevel bør sjekke om kvaliteten svarer til forventningene. Leverandøren trenger ikke å ha en intensjon om å lage modulen til dårligere kvalitet enn det TeamTec forventer, men kan rett og slett ha et annet syn på hva som er kvalitetsmessig godt nok. Kommunikasjon kan ikke forhindre interessekonflikter som kan oppstå mellom kjøper og leverandør, men kan være med på å synliggjøre de ulike forventningene og gi mulighet for avklaringer før slike interessekonflikter blir et alvorlig problem.

### ***Leverandører i forsyningskjeden***

Det nye micro-avfallsforbrenningsanlegget gir TeamTec en mulighet til å bli sluttleverandør, og dette kan igjen sikre bedriften en større del av forsyningskjedens profitt. TeamTec skal forholde seg til 5 ulike leverandører som de kjøper komplette moduler av. Disse leverandørene blir TeamTecs 1 Tier leverandører, som igjen har sine underleverandører som da blir TeamTecs 2 Tier leverandører. TeamTec slipper med dette selv å lage en struktur med mange Tiers på leverandørforholdene, det kommer mer av seg selv.

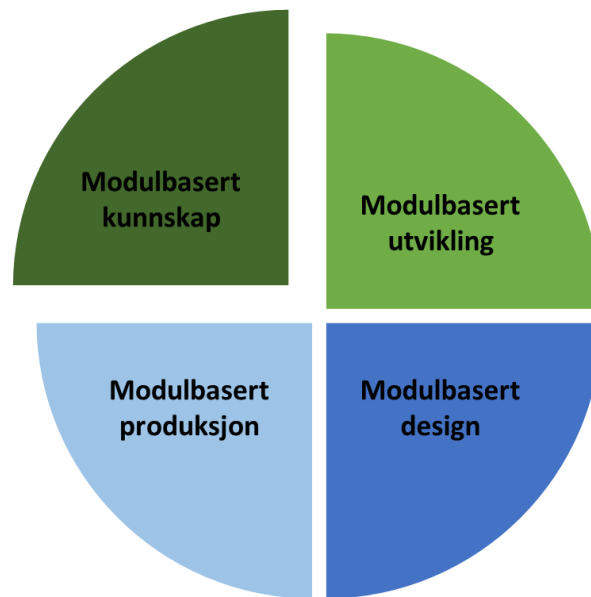
TeamTec vil i noen tilfeller måtte handle inn komponenter i tillegg til modulene. Styringssystemet vil de for eksempel lage selv, og i forbindelse med dette er det ønskelig å kjøpe kjente deler fra leverandører som TeamTec (og IMS) allerede benytter. Det er dette som kalles «the straight rebuy» og fordelen med dette er at man slipper mye av usikkerheten knyttet til å forhandle med nye leverandører eller å kjøpe nye produkter. Ved å kjøpe av leverandører TeamTec har et forhold til håper de å kunne få gode leveringsavtaler, rabatterte innkjøp og styrke leverandørforholdet. I de tilfellene det er mulig å velge kjente leverandører bør TeamTec vektlegge dette høyt i en leverandøranalyse.

«The straight rebuy» vil i stor grad også bli gjort i forbindelse med modulen TeamTec selv står for, forbrenningsovnen. Her er det i noen tilfeller mulig å kjøpe kjente deler fra kjente leverandører «the straight rebuy», men det vil nok i større grad bli kjøpt ukjente deler fra kjente leverandører «modified rebuy». Fordelen med «modified rebuy» er at man kan bygge videre på eksisterende relasjoner til leverandører som man kjenner til. Dette kan sikre gode innkjøpsavtaler, og det knyttes mindre risiko til denne kjøpsituasjonen. Så langt det lar seg gjøre er «the straight rebuy» og «modified rebuy» å foretrekke.

Innkjøp av modulene derimot er i de fleste tilfellene «new task situation», siden det er snakk om å forholde seg til en ny leverandør med et ukjent produkt. Det er knyttet større risiko til dette tilfellet, og det er mye av grunnen til at det tar så lang tid å velge blant disse nye leverandørene. I tillegg til at man skal forholde seg til en ukjent leverandør, skal man også forholde seg til en modul som er kjøpt på bakgrunn av funksjon. Den funksjonelle spesifikasjonen kommer fra TeamTec, mens den detaljerte engineeringen kommer fra leverandøren. Dette kalles «Black-Box» deler, og suksessfaktoren for denne typen deler ligger i aktørenes samarbeidsvillighet. Derfor burde TeamTec vektlegge samarbeidsevne og kunnskapsdeling ved valg av slike leverandører i større grad enn de har gjort til nå, se Vedlegg 4 med analyse av CEMS leverandører. Dette diskuteres videre i påfølgende delkapittel.



## 5.2.4 Modulbasert kunnskap



Siden kunnskap, samhandling og innovasjon henger tett sammen i en modulær produktutviklingsprosess, er det valgt å rette fokus mot dette i denne delen av drøftingen.

### ***Tilgang til informasjon, kunnskap og støtte gjennom Innovativ Kraft***

Gjennom intervjuene kom det klart fram at TeamTecs kjennskap til MFD metoden kommer fra Innovativ Kraft prosjektet, og prosjektleder Bjørnar Henriksen. Denne metoden har tilført bedriften retningslinjer på hvordan man skal gjennomføre planleggingen av produktutviklingen med hensyn på den modulære tankegangen. Flere av nøkkelpersonene ga positive tilbakemeldinger til modularisering og fortalte at MFD metodens struktur har gjort at beslutninger tas på en mer bevisst og oversiktlig måte. Dette er også hensikten med metoden, i tillegg til at metoden gjør det lettere å gå tilbake i ettertid for å finne bakgrunnen for valgene som ble tatt.

TeamTecs deltakelse i Innovativ Kraft prosjektet har gitt bedriften kunnskap om modulær utvikling, noe som viser viktigheten og verdien av å involvere seg i slike innovasjonsprosjekter. De har fått hjelp med igangsettingen av utviklingsprosessen av en person som har kunnskap og erfaring knyttet til modulær utvikling, noe som ellers ville vært vanskelig å tilegne seg på egenhånd. Gjennom Innovativ Kraft har de også fått tilgang til andre aktører som er hjelpelige rundt produktutviklingen, blant annet Inventas og

Universitetet i Agder (UiA). Inventas tar seg av utviklingen av innmatingsmodulen, mens UiA skal ta ansvaret for CFD analysen. Dette er en analyse som skal undersøke strømningsforhold med hensyn på oppholdstid og trykkfall i forbrenningsovnen, samt blanding av brennbare gasser og forbrenningsluft.

Det fine med et innovasjonsprosjekt som Innovativ Kraft er at utfordringer som oppstår og erfaringer som hentes fra et slikt utviklingsprosjekt, kan tilbakeføres fra TeamTec til prosjektet (se Figur 31 på neste side). Dette kan i neste omgang være verdifull erfaring for Innovativ Kraft å ta med seg som rådgiver til neste bedrift som ønsker å utvikle et produkt eller en prosess. Det at industribedriftene som inngår i Innovativ Kraft holder til på et geografisk lite område, gjør at de ofte kan stå ovenfor de samme utfordringene når det gjelder forsyningskjedeproblematikk. Dermed kan erfaringer gjort gjennom ett utviklingsprosjekt også gjelde for andre bedrifters utviklingsprosjekt, og man kan på denne måten lære av andres feil. Dette danner igjen et bedre grunnlag for verdiskaping gjennom innovasjonsprosesser hos virksomhetene.

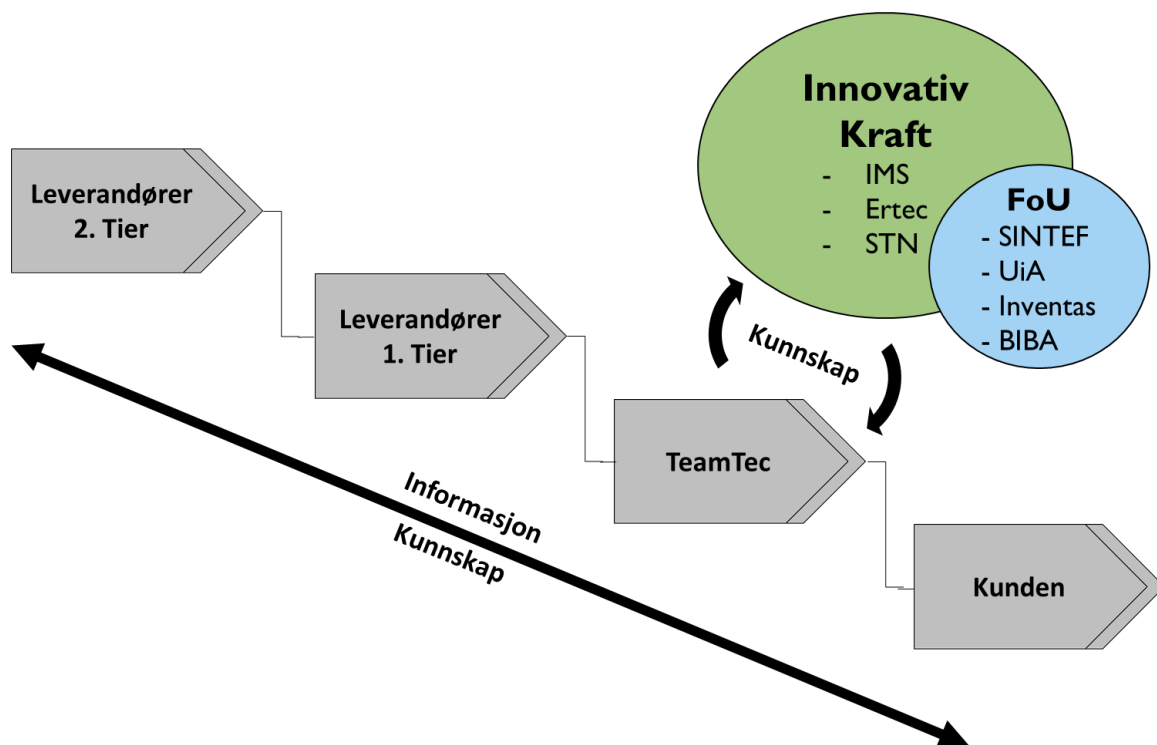
### ***Tilgang til informasjon, kunnskap og erfaring gjennom leverandører***

Gjennom Innovativ Kraft har kunnskap i forbindelse med produktutviklingsprosessen kommet til TeamTecs rådighet, mens man gjennom leverandører kan forvente å få kunnskap i forbindelse med de tekniske spesifikasjoner og myndighetskrav. En del av bakgrunnen for at TeamTec har valgt en modulær strategi er nettopp at de ikke innehar all kunnskapen som er nødvendig for å kunne ferdigstille et slikt komplekst anlegg som det her er snakk om. Derfor er det svært gunstig for TeamTec å kunne tilegne seg andres kunnskap og erfaring ved hjelp av å kjøpe moduler. Dette gjør også slik at TeamTec får tilgang til leverandørenes kvalitetsprodukter med tilhørende rykte og tilgang til referanser fra tidligere arbeid. Det å selge kostbare og komplekse anlegg uten referanser er svært vanskelig, så det at TeamTec velger å kjøpe moduler fra kjente leverandører gjør at de får tilgang til andres referanser og erfaring, og dermed kan dette gjøre det lettere å selge produktet.

På spørsmål om hvordan TeamTec tilegner seg kunnskap for å kunne utvikle og produsere produktet har svarene vært at kunnskap kommer fra leverandører, deling av kunnskap internt, opplæring og kursing, datasøk på nettsider, erfaringer fra salgsavdelingen og

servicefolk, forskningsartikler og forskningsmiljø. Det med å tilegne seg kunnskap fra leverandører var svaret som gikk igjen mest, og det var en forventning om at leverandørene i forskjellig grad kunne stille med kursing, infomøter og servicearbeidere.

For å få best utnytte av kunnskapen leverandørene besitter er det viktig å jobbe for å skape tillit og gode samarbeidsforhold mellom bedriftene. Siden det nå er snakk om et fåtall store leverandører å forholde seg til, bør TeamTec ta sikte på å skape en forsyningskjede rundt virksomheten hvor kunnskap og informasjon flyter begge veier. Dette vil være fordelaktig for både TeamTec og leverandørene. Kunnskaps- og informasjonsflyt er illustrert i Figur 31, og her ser man også kunnskapsdelingen med Innovativ Kraft.



Figur 31 TeamTecs informasjons- og kunnskapsflyt

Gjennom intervjuene kan det oppfattes som at samarbeid med leverandørene ikke har fått like stort fokus som det burde ha fått. Det kan hende at man får mer fokus på dette senere i utviklingsprosessen, men det beste er å skape et godt forhold til leverandørene med en gang. Positivt er det at sjefen for innkjøp hos TeamTec har vært med på møtene med leverandørene, selv om han ellers ikke er direkte involvert i produktutviklingen. Innkjøpsavdelingens ønske generelt har vært at man benytter så mange av de kjente leverandørene som mulig, noe som virker svært fornuftig.

## **Interaksjon**

Å skape kontinuerlige relasjoner er noe TeamTec bør ta sikte på å få til i forbindelse med micro-avfallsforbrenningsanlegget, og for å gjøre dette bør de benytte ARA-modellen. Man kan diskutere om ikke innholdet i ARA-modellen (aktiviteter, ressurser og aktører), burde komme på banen tidlig når man inngår et samarbeid med en valgt leverandør. Da kan man tidlig begynne å planlegge koblingen mellom TeamTec og leverandørens aktiviteter, slik som salgsaktiviteter, logistikk, lagring og liknende. Neste lag i ARA-modellen handler om å planlegge tilpassing av ressursene, spesielt kunnskap, men også andre ressurser. Her kan man for eksempel kartlegge hvor leverandøren har service og support, og dermed undersøke om leverandøren kan ta ansvar for servicen selv og inngå avtaler i forbindelse med dette. Dette gjør igjen at TeamTec kan selge gode serviceavtaler sammen med micro-forbrenningsanleggene, et viktig poeng når man selger et nytt produkt som få har kjennskap til. Eventuelt kan man danne supportstasjoner sammen med leverandørene, hvor gruppen innehar all kunnskapen som trengs for å vedlikeholde og reparere hele forbrenningsanlegget. Når det gjelder kunnskap kan man arrangere felles kursing og infomøter i forbindelse med opplæring. Dette fører oss videre til det siste laget i ARA-modellen som omhandler aktørene. Ved å presentere en forventning om et transparent forhold helt i startfasen av avtaleinngåelsen, vil dette kunne skape gode tillitsforhold og lojalitet på tvers av bedriftene. Dette vil igjen være med på å gjøre de to foregående lagene i ARA-modellen mulig å innføre.

Det er vanskelig å si hva leverandørene vil si til en slik samarbeidsmodell, og det vil nok være noen som er mer positive til dette enn andre. Dette henger sammen med hvilken relasjon leverandørene er vant med å ha, og hvilken strategi de har når det gjelder samhandling. I spørreundersøkelsen som ble sendt til de tre aktuelle leverandørene av CEMS, ble følgende spørsmål stilt; «hvilken grad av interaksjon forventer dere å få med TeamTec hvis dere blir leverandør?» (Grader fra 1-4, hvor 1 er det mest forventede). Resultatet av svarene er sammenliknet i en tabell for å gi bedre oversikt.

	A	B	C
"Communicators": They place orders, we do our best to forecast their needs. Some large customers do not want more integration	4	3	
"Coordinators": We see needs, their inventory levels (and politics), but a part from that - keeps arm's length distance	3	2	
"Cooperators": Same as "coordinators" but getting routine update on the upcoming changes through highly integrated business processes.	2	1	x
"Collaborators": Same as "cooperators" but are routinely involved in each other's strategic, tactical and operational decisions	1	4	

Figur 32 Resultat av spørreundersøkelsen til leverandører - Spørsmål 9

Figur 32 viser at leverandør A forventer et samarbeid hvor de rutinemessig er involvert i hverandres strategiske, taktiske og operasjonelle beslutninger. Ut i fra dette kan man forvente at leverandør A ville vært positiv til å ta del i innovasjons- og utviklingsprosesser med TeamTec over tid, noe som ofte vil komme begge parter til gode.

Leverandør B forventer et samarbeid hvor de rutinemessig får innsikt i TeamTecs aktivitetsplaner, gjennom integrerte forretningsprosesser. Det samme forventer leverandør C. Det kan derfor se ut som at leverandørene av CEMS generelt ville vært åpne for å inngå et samarbeid, men hvor dyptgående dette ville blitt er vanskelig å vite.

Gjennom intervjuene ble nøkkelpersonene stilt spørsmål om hvilken form for interaksjon de forventet å få med leverandørene. Dette spørsmålet ble stilt mens de jobbet med å finne leverandør av CEMS, og flere av nøkkelpersonene nevnte viktigheten av samarbeid og toveis kommunikasjon, samt forventinger om samarbeid når det gjelder forbedringer og endringer av moduler. En person nevnte en forventning om «å være samarbeidspartnere når det gjelder salg og teknisk». Dette handler om at leverandøren bidrar til å selge anlegget i geografiske områder de kjenner til, slik at de igjen får solgt flere moduler til anleggene. Dette er et godt

eksempel på hvordan samhandling i ulike prosesser er fordelaktig, og man kan ut i fra dette forstå hvilke ressurs interaksjonen mellom to virksomheter kan være.

Selv om man forstår viktigheten av samhandlingen, er utfordringen å skape denne interaksjonen. Vanskelighetsgraden i forbindelse med dette varierer fra bransje til bransje og fra bedrift til bedrift. Når det gjelder leverandørenes samhandlingskultur i dette tilfellet, er de vant til å levere spesialtilpassede anlegg til sine kunder. Dette gjør nok at de kjenner til viktigheten av å kommunisere godt med kundene sine, slik at produktet de leverer svarer til kundens forventning. Derfor burde TeamTec lære mer om samhandling og kommunikasjon av sine leverandører, og bruke ARA-modellen bevisst som en plan for hvordan denne interaksjonen med alle de ulike leverandørene skal foregå. På denne måten er det mulig å dele ressurser og unngå problemer som kan oppstå i forbindelse med forbrenningsanlegget.

### ***Innovasjon***

Innovasjon og videreutvikling kan foregå både internt og eksternt samtidig når man har en modulær strategi. Ønsker man å benytte seg av dette bør man planlegge forventinger til videreutviklinger både for hele produktet og for hver enkelt modul. Bruker man da ARA-modellen og skaper en god relasjon til leverandørene kan man ta opp planer om utvikling og ønsker om nye funksjoner, og sammen lage en plan for dette. Man kan formidle informasjon om produktforbedringer ønsket fra kunder, og sammen komme fram til muligheter for å imøtekomme kundens etterspørsel.

Da nøkkelpersonene ble spurt om hvordan innovasjonen i forbindelse med modulene vil foregå, svarte alle at innovasjon bør foregå både hos leverandør og hos TeamTec. Det forventes at det vil være en kombinasjon av at leverandøren kommer med nye oppfinnelser og forbedringer, og at TeamTec etterspør nye funksjoner. Hvis man knytter dette til rammeverket for definering av innovasjon som illustrert i Figur 15, vil det si at leverandørene alene bør stå for inkrementell innovasjon, mens TeamTec alene kan stå for modulær innovasjon. I forbindelse med radikal innovasjon kan leverandøren ta ansvaret, men bør rådføre seg med TeamTec. På samme måte som at TeamTec kan ta ansvaret for arkitektonisk innovasjon, men bør rådføre seg med leverandøren.

Hvilken form for innovasjon som forventes i forbindelse med hver av modulene bør defineres som en av de modulære spesifikasjonene i steg 5 i MFD-prosessen. Formen for innovasjon som forventes bør sees i sammenheng med hvilken grad av relasjon man kan opprette med leverandøren. Hvis TeamTec forventer radikal innovasjon i forbindelse med en modul, bør dette kommuniseres til leverandør og det samme bør også forventingen om samarbeid i forbindelse med dette. Hvis ønsket om innovasjon og samarbeid ikke er mulig å få til for leverandøren kan man vurdere om det finnes andre leverandører som kan tilby dette.

Hvor kunnskapen som driver innovasjonen kommer fra vil variere mellom modulene. Det kan for eksempel forventes inkrementell innovasjon basert på taus kunnskap som kommer fra syntetisk kunnskapsbase, i forbindelse med forbrenningsovnene, innmatingssystemet og hele forbrenningsanlegget. Slike utviklinger kan knyttes direkte til enkeltpersoners kunnskap og er ofte vanskelig å fange opp og dokumentere. Hvis personen eller personene som besitter denne tause kunnskapen forsvinner ut av prosjektet, vil man miste kunnskapen man trenger i forbindelse med fremtidige produktforbedringer.

For å forhindre at dette kan skje har MFD metoden et gjennomgående fokus på dokumentasjon. Dette er for å dokumentere hva som ble gjort og hvorfor, for å videre kunne beskrive hva som bør gjøres i framtiden og hvorfor. På denne måten vil utviklingen av produktet fortsette i samme retning, selv om noen av personene i prosjektet skulle falle fra. Når man begynner på utvikling av et standardisert produkt, og en så ressurskrevende prosess som modulær produktutvikling er, må man kunne være sikker på at prosessen kan fortsette selv man skulle miste enkeltpersoner og deres kunnskap.

## 6 KONKLUSJON

---

Drøftingen basert på teorien og forskningsfunnene er grunnlaget for svarene på forskerspørsmålene i dette kapittelet. Forskerspørsmålene knyttes til hver sin del av den helhetlige modulære produktutviklingsprosessen, for på denne måten å kunne konkludere med hvilke praktiske utfordringer man står ovenfor ved modulær produktutvikling.

### **Forskerspørsmål 1:**

*Hvilke utfordringer møter man gjennom modulbasert utvikling ved å benytte metoden «Modular Function Deployment» MFD?*

### **Modulbasert utvikling**

Generelt møter man utfordringer i forbindelse med det å planlegge et komplekst produkt med et langsiktig perspektiv. Det langsiktige perspektivet er en stor fordel med modularisering, samtidig som det i praksis også gjør utviklingen tids- og kostnadskrevende. Det kan være vanskelig for alle involverte parter å vite når planleggingsfasen går fra å være verdiskapende til å være mer kostandsgenererende.

Gjennomgangen av MFD stegene viser hvor systematisk og strukturert metoden er. Den tar bedriften gjennom 5 steg hvor man hele tiden tenker på funksjon. Man tar valg på bakgrunn av kundebehov, tekniske løsninger, modulære drivere og grensesnitt, og gjennom prosessen dokumenterer man hvorfor de ulike valgene ble tatt. På bakgrunn av dette oppfattes MFD som en god metode for utviklingen av et komplekst produkt, med markeds- og ressursbasert produktutviklingsstrategi.

MFD metoden er en god metode for dette prosjektet fordi alle fordelene med modulær produktutvikling blir tatt med i prosessen. Når man ser på relasjonen mellom de modulære driverne og de tekniske løsningene får man godt frem hvilke egenskaper med modularisering som er de viktigste for akkurat dette produktet. Da vet man hva det er viktig å holde fokus på gjennom utviklingsprosessen, og i forbindelse med produktendringer og videreutvikling i framtiden.

Dokumenteringen av valgene som tas underveis er en fordel med tanke på kunne se tilbake på hvorfor man gjorde som man gjorde, men i praksis er det vanskelig å se fordelene av dette



når man er midt i prosessen. Som en følge av dette har man i prosjektet som oppgaven bygger på, gått rett fra steg 1 i MFD prosessen til valg av leverandører. Dette kan i ettertid vise seg å være uheldig med tanke på videreutviklingen av produktet.

En annen utfordring med MFD prosessen er at man må vurdere om man skal benytte metoden på hele systemet eller på deler av systemet. I et praktisk eksempel hentet fra Volvo ble MFD stegene gjennomgått for kun en del av bilen, og ikke for hele på en gang. I utviklingsprosessen oppgaven bygger på, ble MFD prosessen benyttet på hele det komplekse micro-forbrenningsanlegget. Som man kan se av QFD analysen bedriften har utarbeidet, blir det svært utfordrende å holde styr på alle funksjonene når man ser på hele produktet på en gang. Denne måten å benytte MFD metoden på har gjort at det har oppstått utfordringer knyttet til produktets kompleksitet. Det bør vurderes om gjennomføringen av stegene i prosessen kunne vært gjort for hver enkelt av de syv modulene, da spesielt fordi man i forkant av utviklingsprosessen hadde bestemt seg for hvilken inndeling av moduler som var naturlig å ha på produktet. På denne måten ville QFD-analysen ikke blitt like diffus å jobbe med og man kunne brukt denne analysen mer direkte som et verktøy for å velge de rette løsningene for hver modul, og gjort det lettere å fatte beslutning rundt valg av leverandør.

Det at man på forhånd hadde bestemt seg for hvilke moduler anlegget skulle bestå av har gjort at noen av stegene i MFD prosessen har fremstått som unødvendige å gjennomføre. Dette er forståelig, men siden stegene også handler om å dokumentere kunnskapen som begrunner valgene burde MFD prosessen likevel blitt gjennomført. Mer om dette i forbindelse med modulbasert kunnskap.

## **Forskerspørsmål 2:**

*Hvilke praktiske utfordringer knyttes til modulbasert design og modulbasert produksjon?*

### **Modulbasert design**

Micro-avfallsforbrenningsanleggets modulære design og utforming har gitt bedriften utfordringer fordi det har vist seg å være vanskelig å få tak i masseproduserte moduler. De fleste leverandørene i bransjen er vant med å levere spesialtilpassede moduler, eller moduler med en helt annen kapasitet. Derfor ville ikke nødvendigvis valg av leverandør blitt forenklet hvis man hadde fulgt stegene i MFD metoden.

En av fordelene med modularisering er kostnadsbesparelsen og den reduserte kompleksiteten ved å kjøpe standardiserte «hyllevarer». Til produktet det er snakk om i denne oppgaven er det ikke mulig å kjøpe «hyllevarer», men ved å standardiserte modulene slik man har tenkt kan bedriften presse prisene fordi man kan bestille mange like moduler. Utfordringen med dette er at man blir mer låst til en leverandør fordi modulen er spesialdesignet ut i fra etterspurt funksjon, og man får ikke muligheten til å shoppe i markedet etter den laveste prisen.

Designmessig kan det å konstruere hele systemet inni fem containere, som kan fraktes en og en til lokasjonen for deretter å sammensettes der, se ut til å være et godt konsept. Dette kan være med på å redusere produksjonskostnader, fraktkostnader og monteringskostnader, og vil redusere tiden det tar fra bestillingen er gjort til anlegget er igangsatt. Dette vil definitivt gi bedriften en fordel i forhold til fremtidige konkurrenter. En utfordring i forbindelse med dette er disponering av plass, men siden bedriften har erfaring med containerutforming og forbrenningsovner bør ikke dette stå i veien for utformingen av produktet.

Det er en utfordring å få fokus på gjenbruk, resirkulering og separat testing inn i utviklingsprosessen på et tidlig stadium. Det blir fort satt mest fokus på de tekniske løsningene og hvem som kan tilby de, og andre viktige egenskaper ved produktet blir glemt i den tidlige fasen.

Når det gjelder hele produktets bærekraftighet er det i praksis utfordrerne å sette sammen moduler slik at hele moduler kan gjenvinnes når man bruker funksjonsbasert modularisering. Moduler som settes sammen for å imøtekomme kravet om en funksjon eller teknisk løsning inneholder stort sett en rekke ulike materialer som må resirkuleres forskjellig. Så hvis den største grunnen til at man velger modulær produktutvikling er at man vil være miljøvennlig bør man undersøke om det finnes en form for miljøbasert modularisering.

### **Modulbasert produksjon**

Utviklingen av micro-avfallsforbrenningsanlegget er både markedsbasert og ressursbasert. MFD metoden har også fokus på markedet og kundebehovene, og man har disse behovene som grunnlag for de tekniske løsningene. Dette gjør at MFD metoden er svært godt egnet i forbindelse med denne produktutviklingen.

Med hensyn på hvordan TeamTec forholder seg til «make or buy» beslutninger kan man si at en modulær produktutviklingsstrategi er et godt valg. Denne strategien kan forenkle innkjøp ved at TeamTec kan forholde seg til en leverandør av en modul i stedet for en rekke ulike leverandører som leverer forskjellige komponenter. Her vil man kunne spare mye tid og dermed også penger. I tillegg sikrer man seg kvalitetsmessig gode løsninger ved å velge moduler fra leverandører som har funksjonen som sin kjernevirksomhet, og man kan også spare kostander ved at modulene testes der de produseres.

Utfordringer knyttet til modulbasert produksjon er hvordan man kan sikre at grensesnittene mellom de ulike modulene passer sammen. Det at alle modulene skal passe inn i kontainerløsningen er krevende, men ved hjelp av MFD metoden kan man planlegge hvilke moduler som har felles grensesnitt. Dette setter fokus på grensesnitts-utfordringene på et tidlig stadium og kan dermed være behjelpelig dokumentasjon når funksjonstegninger av kontainerutformingen skal lages. Derfor er det synd at dette ikke har blitt gjort, og når utformingen av kontainerne i tillegg blir outsourcet, kan dette skape problemer i forbindelse med sammenstillingen av forbrenningsanlegget.

### **Forskerspørsmål 3:**

*Hvilke utfordringer knyttes til modulbasert kunnskap, og hvordan foregår samhandling og kunnskapsdeling med leverandører?*

#### **Modulbasert kunnskap**

En av de praktiske utfordringene med modulær produktutvikling er å få personene som inngår i prosessen til å forstå viktigheten av dokumenteringen. En modulær produktutviklingsprosess krever helt klart mer planlegging og opptar på denne måten mye mer tid og kapital enn konvensjonell produktutvikling. Plattformens utforming gjør til gjengjeld at videreutviklingen av produktet blir mindre tids- og kostnadskrevende, og det er her den store fortjenesten ligger. Derfor er kunnskapen som var bakgrunnen for valgene som ble tatt under utviklingen svært viktig å dokumentere, slik at denne kunnskapen kan danne grunnlaget for videreutviklingen av produktet. Hvis man ikke «fanger» denne kunnskapen og personene som har kjennskap til den slutter i prosjektet, mister man fordelene med å utvikle et modulært produkt med en fast plattform.

Utføringer ved modulær produktutvikling kan knyttes til mangel på kunnskap i forbindelse med valg av utviklingsmetode. Det finnes ulike metoder man kan benytte, men hvilken som er best egnet for det aktuelle produktet er vanskelig å vite. For TeamTec sin del ble MFD som produktutviklingsmetode anbefalt gjennom Innovativ Kraft prosjektet. Dette gjorde at de fikk kjennskap til en produktutviklingsmetode som har vist seg å være godt egnet til deres produkt. Virksomheten har derfor gjennom sin deltakelse i Innovativ Kraft fått tilgang til verdifull kunnskap som ellers kunne blitt vanskelig å tilegne seg. Erfaringer bedriften får gjennom produktutviklingen overføres tilbake til Innovativ Kraft, og vil i neste omgang være verdifull kunnskap i forbindelse med andre virksomheters produktutviklingsprosesser.

#### **Samhandling og kunnskapsdeling**

En utfordring man generelt står ovenfor uavhengig av om man benytter konvensjonell eller modulær produktutvikling er å tilegne seg kunnskapen man trenger for å utvikle det nye produktet. Når man benytter funksjonsbasert modulær produktutvikling oppretter man et forhold til leverandørene som leverer funksjonelle systemer, og man kan gjennom deres kjennskap til sitt produkts funksjoner få tilgang på kunnskapen man trenger for å utvikle

produktet. Å opprette et godt samarbeidsforhold med leverandørene kan være vanskelig, men for å få nytte av blant annet parallell produktutvikling som er en av fordelene med modularisering, er det svært viktig med samhandling mellom bedriftene. For å få til dette bør man uttrykke forventning til interaksjon når det gjelder aktiviteter, ressurser og aktører på et tidlig stadium. Hvis leverandøren ikke ønsker ta del i et samarbeidsforhold kan man vurdere om man bør velge en annen leverandør.

Ved å benytte MFD metoden i forbindelse med produktutviklingen, får man bedre dokumentasjon på valgene som be tatt. Dette fører til at det blir lettere å videreformidle informasjonen man besitter i forbindelse med kundekrav og tekniske spesifikasjoner. Man kan formidle dette til 1. Tire leverandører, slik at også leverandørene kjenner til bakgrunnen for funksjonene de leverer.

Deling av informasjon i forbindelse med grensesnitts-utfordringer vil kunne redusere risikoen for at moduler ikke passer sammen. En leverandør kan gi uttrykk for krav til grensesnittene på bakgrunn av sin kunnskap, og føre til at de ulike funksjonene i produktet går godt overens. Kommunikasjonen vil også formidle forventinger til eksterne innovasjoner i forbindelse med enkeltmoduler. Dette er en av de store fordelene med modularisering, men for å kunne benyttes seg av denne er kommunikasjon om forventning til utvikling en viktig del. Det er også en fordel å kunne forhøre seg med leverandører før man endrer eller bytter ut en modul som kan påvirke de andre modulenes funksjon.

Denne unike muligheten til å opprette verdifull relasjon med leverandørene er mulig fordi man ved modulær produktutvikling forholder seg til færre leverandører, samt at den flate strukturen og tillitsvekkende framtoningen hos TeamTec gjør det lettere med god kommunikasjon utad. Dette understreker igjen at den modulbaserte produktutviklingen, på tross av utfordringene som medfølger, var den rette metoden i forbindelse med utviklingen av micro-avfallsforbrenningsanlegget.

## 7 ETTERORD

---

Denne oppgaven kan sees på som en evaluering på et tidlig stadium i en pågående modulær produktutviklingsprosess, som sluttevalueringen av prosjektet kan bygge på. Dette er fordi prosjektet fortsatt er i utviklingsstadiet, og det gjenstår fortsatt mye arbeid før prototypen skal stå ferdig sent på høsten 2015. I forbindelse med en evaluering i etterkant av produktutviklingsprosessen kan denne oppgaven tas fram for å kartlegge hvilke utfordringer som oppstod i den tidlige delen av produktutviklingen. Den kan også benyttes for å kartlegge hvordan utfordringer tidlig i utviklingsprosessen har påvirket det endelige produktet.

Videre studier kan belyse utfordringer knyttet til modulbasert produktutvikling med et mer økonomisk perspektiv. Man kan også i ettertid gå mer i dybden når det gjelder relasjonen med leverandørene ved å sammenlikne graden av samhandling og graden av videreutvikling og innovasjon.

Ut i fra denne oppgaven kan man videreføre erfaringer knyttet til bruk av MFD metoden tilbake til Innovativ Kraft, slik at andre industribedrifter med tilknytning til Innovativ Kraft kan få nytte av disse erfaringene.

## Bibliografi

- Zagnoli, P., & Pagano, A. (2001). Modularization, knowledge management and supply chain relations: The trajectory of a European commercial vehicle asseler. *Actes du GERPISA, no 32*, 45-64.
- Bahtijarevic, J., & De Murcia E Paes, M. (2014). *Applying Modular Function Deployment (MFD) to software architecture*. Stocholm: School of Industrial Engineering and Management.
- Baregheh, A., Rowley, J., & Sambrook, S. (2009). Towards a multidisciplinary definition of innovation. *Management Decision, 47 (8)*, 1323-1339.
- Berry, W., Hill, T., & Klompmaker, J. (1995). Customer-driven manufacturing. *International Journal of Operations & Production Management, Vol. 15 Iss 3*, 4 - 15.
- Bø, E., Gripsrud, G., & Nygaard, A. (2013). *Ledelse av forsyningskjeder - Et logistikk- og markedsføringsperspektiv*. Bergen: Fagbokforlaget.
- Börjesson, F. (2012). *Approaches to Modularity in Product Architecture*. Stockholm: Department of Machine Design, Royal Institute of Technology.
- Browning, T. R. (2001, August). Applying the Design Structure Matrix to System Decomposition and Integration Problems: A Review and New Directions. *IEEE TRANSACTIONS ON ENGINEERING MANAGEMENT, VOL. 48, NO. 3*, ss. 292-306.
- Chapman, P. M. (2005). *Research Methods*. London: Routledge.
- DNB. (Januar 2015). *DNB Innsikt, Norsk industri mot 2020*. Oslo: Den Norsk Bank.
- Eisenhardt, K. M. (1989). Agency Theory: An Assessment and Review, Vol. 14, No. 1. *Academy of Management Review, 57-74*.
- Elgård, P., & Miller, T. (1998). Designing product families. *Design for Integration in Manufacturing. Proceedings of the 13th IPS Research Seminar, Fuglsoe 1998*.
- Embleton, P., & Wright, P. (1998). A practical guide to successful outsourcing. *Empowerment in Organizations, Vol. 6*, 94 - 106.
- Ericsson, A., & Erixon, G. (1999). *Controlling Design Variants - Modular Product Platforms*. Dearborn, Michigan: SME - Society of Manufacturing Engineers.
- Eskildsen, K. (2011). *Modularization*. Copenhagen: Mastergradsavhandling Aalborg University.
- Finansdepartimentet. (2015). *Nasjonalbudsjettet 2015*. Oslo: Det Kongelige Finansdepartiment.

- Håkan Håkansson, et.al. (2009). *Business in Networks*. UK: John Wiley & Sons Ltd.
- Håkansson, H. (1989). *Corporate Technological Behaviour: Co-operation and Networks*. London: Routledge.
- Haraldsen, G. (1999). *Spørreskjemametodikk etter kokebokmetoden*. Oslo: Ad Notam Gyldendal.
- Henderson, R., & Clark, K. (1990). Architectural Innovation: The Reconfiguration of Existing Product Technologies and the Failure of Established Firms. *Administrative Science Quarterly*. Vol 35. No. 1, Special Issue: Technology, Organizations, and Innovation, 9-30.
- Henriksen, B., & Røstad, C. (2011). Paths for Modularization - Modularization for Flexible Structural Platform for Boats. *SINTEF Technology and Society*.
- Holmen, H. (2015, April 21). *Kunnskap*. Hentet fra Store Norske Leksikon: <https://snl.no/>
- Hsuan, J. (Januar 1999). Modularization in Black-Box Design: Implications for Supplier-Buyer Partnerships. *DRUID Winter Confererence*. Holte, Danmark.
- Huang, C.-C. (2000). Overview of modular product development. 24(3). 149-165.
- IMS group AS. (2015, Mars 5). *IMS group AS*. Hentet fra [www.imsgroup.no](http://www.imsgroup.no)
- Kalsaas, B. T. (2009). *Ledelse av verdikjeder*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Katrine Fangen, A.-M. S. (2011). *Mange ulike metoder*. Oslo: Gyldendal Norsk Forlag AS.
- Lotherington, A. T. (1990). *Intervju som metode*. Tromsø: FORUT.
- M.C. Cooper et.al. (1997). Supply Chain Management: More Than a New Name for logistics. *he International Journal of Logistics Management*, Vol. 8 Iss 1, 1-14.
- Miller, T., & Elgård, P. (1998). Defining Modules, Modularity and Modularization. *Design for Integration in Manufacturing. Proceedings of the 13th IPS Research Seminar*.
- Muckstadt et al. (2001). Guidelines for Collaborative Supply Chain System Design and Operation. *Information Systems Frontiers 3:4, Kluwer Academic Publishers. Manufactured in The Netherlands*, 427-453.
- Pandremenos, J., & Chryssolouris, G. (2009, mars 30-31). Modular product design and customization. *Proceedings of the 19th CIRP Design Conference – Competitive Design*, s. 94.
- Porter, M., & Millar, V. (1985). How information gives you competitive advatage. *Harvard Business Review*, vol. 63, ss. 149-160.



- Punch, K. F. (2005). *Introduction to Sosial Research - Quantitative and Qualitative approaches*. SAGE.
- Robinson, P., Faris, C., & Wind, Y. (1967). *Industrial Buying and Creative Marketing*. Boston, Allyn & Bacon.
- Rolstadås, A., Henriksen, B., & O'Sullivan, D. (2012). *Manufacturing outsourcing - A knowledge perspective*. Springer.
- Schumpeter, J. A. (1934). *The Theory of Economic Development*. Cambridge: Harvard University Press.
- Stone, R. B. (2000, Januar). A heuristic method for identifying modules for product architectures. *Design Studies Volume 21, Issue 1*, ss. 5-31.
- TeamTec. (2015, Mars 5). *TeamTec Marine Products*. Hentet fra [www.teamtec.no](http://www.teamtec.no)
- Ulrich, K. (1995). The role of product architecture in the manufacturing firm. *Research Policy*, Vol.24(3), 419-440.
- Valmøt, O. R. (2013, mai 5). *Smart produksjon kan gjøre norsk industri konkurransedyktig*. Hentet fra Teknisk Ukeblad: <http://www.tu.no/industri/2013/05/05/smart-produksjon-kan-gjore-norsk-industri-konkurransedyktig>
- Weele, A. J. (2014). *Purchasing and supply chain management*. Maarssen, The Netherlands: CENGAGE Learning.
- Williamson, O. E. (1981, november). The Economics of Organization: The Transaction Cost Approach. *American Journal of Sociology*, Vol. 87, No. 3, 548-577.
- Williamson, O. E. (1985). *The Economic Institutions of Capitalism*. New York: The free press.
- Yin, R. K. (2012). *Applications of Case Study Research*. SAGE.

## Vedlegg

### Vedlegg 1 Intervjuguide

<b>INTERVJUGUIDE</b>
<b>Innovativ Kraft</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Hvordan vil du beskrive Innovativ Kraft prosjektet, og hvordan ble det til?</li><li>2. Hvilken rolle har TeamTec i Innovativ Kraft prosjektet?</li><li>3. Hvilke roller har de andre aktørene i Innovativ Kraft?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Hvorfor ble akkurat disse med?</li></ol></li></ol>
<b>Sørlandsportalen Teknologinettverk (STN)</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Hvilke tilknytning har TeamTec til STN (Sørlandsportalen teknologinettverk)?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Vil noen av STN medlemmene være leverandører i forbindelse med avfallsforbrenningsanlegget?</li></ol></li></ol>
<b>Produktutvikling</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Hvorfor har dere valgt å satse på utvikling av micro-avfallsforbrenningsanlegg?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Har dere en markedsbasert eller ressursbasert produktutviklingsstrategi?</li></ol></li><li>2. Hvilke forventinger har dere til det nye produktet?</li><li>3. Hvilke utfordringer opplever dere i forbindelse med produktutviklingen?</li><li>4. Hvordan tas beslutninger knyttet til «make-or-buy» problematikk?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Hva vil du si er TeamTecs kjernevirksomhet som benyttes i prosjektet?</li><li>b. Har dere noen strategi når det gjelder outsourcing?</li><li>c. Hvilke fordeler og ulemper møter TeamTec i forbindelse med outsourcing?</li><li>d. Geografisk sett, til hvor foregår outsourcingen?</li></ol></li></ol>
<b>Modularisering</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Hvorfor har dere valgt modulær produktutvikling?</li><li>2. Har TeamTec tidligere erfaring fra modularisering?</li><li>3. Hvilke fordeler og ulemper opplever dere ved modulær produktutvikling?</li><li>4. Hvorfor har dere valgt modularisering med funksjonsfokus, modular function deployment?</li><li>5. Hvilke fordeler og ulemper opplever dere generelt med MFD metoden?</li></ol>
<b>Samhandling</b> <ol style="list-style-type: none"><li>1. Hvordan vil du beskrive leverandørmarkedet med tanke på modularisering?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Er det nok leverandører å velge mellom når man har en modulær produktutviklingsstrategi?</li><li>b. Er de innforstått med den modulære tankegangen?</li><li>c. Forholder norske og utenlandske leverandører seg annerledes til modularisering? Er noen mer kjent med begrepet enn andre?</li></ol></li><li>2. Er det mange nye leverandører å forholde seg til, eller kan TeamTec forholde seg til noen kjente leverandører også?</li><li>3. Hvilke kriterier har dere satt for valg av leverandører?</li><li>4. Hvordan har prosessen rundt valg av leverandører vært så langt?</li><li>5. Hvilken form for interaksjon forventer TeamTec å ha til leverandørene?</li><li>6. Hva gjør TeamTec for å opprette tillit og gode samarbeidsforhold til leverandørene i prosjektet?<ol style="list-style-type: none"><li>a. Hvordan vil innovasjon i forbindelse med de ulike modulene foregå?</li><li>b. Hvordan tilegner TeamTec seg kunnskapen som er nødvendig for å utvikle og produsere produktet?</li></ol></li></ol>

Vedlegg 2 Spørreskjema til leverandører

**Question 1:**

Does your firm mostly deliver customized products, or standardized products?

Customized	
Standardized	
I don't know	

Comment:

**Question 2:**

Does your firm focus on modularization of its products?

Yes	
No	
Some times	
I don't know	

**Question 3:**

Do other companies in your supply chain (both customers and suppliers) have a modular strategy?

Yes, customers	
Yes, suppliers	
None of them	
I don't know	

Comment:

**Question 4:**

When you think about modularization is it usually based on components or function?

Based on components	
Based on function	
Both	
None of them	
I don't know	

Comment:

**Question 5:**

Have you ever heard about MFD (Modular Function Deployment) before?

Yes	
No	
I don't know	

**Question 6:**

How often does your firm deliver modules based on functions to customers?

Comment:

**Question 7:**

What kind of challenge occurs when you are delivering functions instead of products?

Comment:

**Question 8:**

What do you think are the benefits by delivering functions instead of products?

Comment:

**Question 9:**

What level of integration do you expect to get with TeamTec if you become their supplier? (Rate from 1-4, where 1 is the most expected)

"Communicators": They place orders, we do our best to forecast their needs. Some large customers do not want more integration	
"Coordinators": We see needs, their inventory levels (and politics), but a part from that - keeps arm's length distance	
"Cooperators": Same as "coordinators" but getting routine update on the upcoming changes through highly integrated business processes.	
"Collaborators": Same as "cooperators" but are routinely involved in each other's strategic, tactical and operational decisions	
I don't know	

**Question 10:**

Do you expect to participate in TeamTec's development of this product? In what way?

Comment:

**Question 11:**

What type of responsibilities do you expect to get with TeamTec?

Supplier proprietary part: the supplier is responsible for both functional specification and detailed engineering.	
Detailed controlled part (design-supplied part): the buyer is responsible for both functional specifications and detailed engineering.	
Black-box part (design-approved part): while the buyer sets the functional specification, the detailed engineering is the responsibility of the supplier.	
I don't know	

Vedlegg 3 TeamTecs QFD-analyse

Viktighet 1 (lav), 3 (middeis), 6 (høy)		Hva		Hvordan																										
				Kundekrav (markedskrav)																										
		standard iso konteiner	Hurtigloplinger	Enkel montering på fabrikk	Elektriske motorer	hydrauliske aktuatorer	PLS styring	Kontroll posisjon	farge touch HMI panel	kan ikke ta imot glass, murstein, metall,	kværning av avfall?	komprimering av avfall	forbrenningsluft hentet fra buffer	trykkmåling i buffer	au tomatisk mating av avfall fra buffer	vannslukking i brenselstøfse	vannåke slukking i brenselstøfse	sluseordning i brenselstøfse	egen sluseordning for medical waste	trykkmåling over brensel i primærkammer	overtrykksikring i primærkammer	Temperaturmåling over brensel i primærkammer	crossdraft gasifier primærkammer prinsipp	opp tenningsbrenner	frekvensstyrt primærluftvifte	resirkulering av avgass til primærluftblandespjeld	temperaturmåling i forgassingsone	au tomatisk askeutmatning	askeoppsamling i lukket container	
6	1	Lav investeringskostnad	18	0	18	18	-18	0	0	0	36	-18	18	-18	0	-18	0	0	-18	-18	0	0	0	0	0	-18	0	-18	0	
6	2	Finansieringsordninger, Eksportfinans O.L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	3	Bistandsmidler, Norad, norfund	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	4	Har allianse med en stor aktør – merkevare.. (eks ABB)	3	3	0	3	3	3	0	3	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	0	0	
3	5	Leveringstid 2-4 mnd	9	0	9	9	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	6	Skalerbart til lokale kapasiteter, mengde søppel pr time/døgn. 5 tonn pr døgn -	18	0	0	18	0	0	0	0	0	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	7	Skalerbart til lokale kapasiteter, mengde søppel pr time/døgn. 20 tonn pr døgn - terskelverdier?	-9	-9	0	9	0	0	0	0	0	-9	-9	0	9	0	9	9	0	9	9	0	9	0	0	0	0	9	0	
3	8	Rådgivning av en holistic løsning - myndigheter og partnere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	9	Estetisk bygg	-3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	10	Krav til styrke i forhold til vær og vind (TEK 10?)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	11	Topografisk fleksibelt (kan tilpasses lokale forhold)	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	12	Fysiske sikkerhetsanordninger – stop-ordninger	0	0	0	18	-18	18	18	18	0	18	18	0	0	18	18	18	18	0	0	18	0	-18	0	0	0	0	0	
6	13	Sikkerhet mot tilbakebrenning	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18	36	36	36	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1	14	Sikkerhet i forhold til eksterne trusler	0	0	0	3	-3	3	3	3	0	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	
6	15	Komplette anlegg inkl logistikk inn, leveringsomang	18	18	-18	18	0	18	0	0	-18	18	18	18	18	18	18	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	18	18	
6	16	Tralle for håndtering/innmating/logistikk inn (løsning)	0	0	0	0	0	0	0	0	-18	-18	-18	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	17	Manuell innmating. Kaste "sekkene" inn	18	0	0	0	0	0	0	0	-18	36	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	18	Innmating fra mindre lastebil eller hjullaster	-9	0	0	0	0	0	0	0	-9	-9	0	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	19	"Buffer" som gjør at man kan samle opp for større batcher (mer økonomisk drift/ reduserte antall start/stopp)	0	0	0	0	0	18	0	0	18	0	36	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	20	Utbyggbar "buffer" modularisert	0	0	0	0	0	9	0	0	9	9	18	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	21	Maksimalvekt pr modul 20tonn? (løft/transport)	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	22	Containertilpasset – enkel/rimelig transport ned	36	18	18	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	23	Kan containeriseres og ikke	36	18	18	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	24	Mobilt, dvs enkelt flyttbart/rekonfigurerbart	18	9	9	9	-9	0	0	0	9	9	-9	0	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	25	Kunne håndtere medical waste	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	
6	26	Alternative anvendelser/kunder eks. forsvaret,	36	18	0	18	-18	18	0	0	-18	18	18	0	0	18	0	0	0	18	0	0	0	18	0	0	0	0	0	
6	27	Rask monteringsstid – mest mulig ferdigkoble	36	36	-18	18	-18	0	0	0	18	18	-18	0	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	28	Høy oppetid	0	0	0	18	0	18	0	0	36	18	0	0	0	18	0	0	0	0	18	0	18	18	0	0	0	18	18	0
6	29	CE-merket	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18	18	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	
1	30	Wheelmark – godkjenning for marine installasjoner, (IMO)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

6	31	Tilpasset EU-krav utslippskrav til luft	0	0	0	0	0	18	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	18	0	18	18	0	0	0					
1	32	lave lokale utslipp, - ref EU-regelverk	0	0	0	0	0	3	0	0	3	3	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	3	0	0	0					
3	33	støysvak – ref regelverk	0	0	0	0	0	9	0	0	9	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0					
6	34	Luktsvak forbrenning	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	18	0	18	18	0	0	0	18	0	0			
6	35	Luktsvak lagring av avfall som skal forbrennes	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0	18	36	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-18	0	0	0			
6	36	Lav operasjonskost -	0	0	0	18	-18	18	0	0	18	-18	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	0		
6	37	Komplette anlegg inkl energi ut, leveringsomang	18	0	-18	0	0	18	0	0	0	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	18		
6	38	Produsere elektrisitet	0	0	-18	-18	-18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	39	Produsere varmt vann til oppvarming hele året	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
6	40	Produsere steam eller hetvann	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
3	41	Effektiv energiproduksjon	0	0	0	-9	-9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	9	9	0	9	9	9	0	0		
6	42	Selve anlegget bruker lite strøm -	0	0	0	-18	-18	18	0	0	18	-18	-18	0	0	-18	0	0	-18	0	18	0	18	0	18	0	18	-18	0		
3	43	Skal kunne betjenes av én person	0	0	0	9	9	9	9	9	0	9	9	0	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	9		
3	44	Fjernstyring - overvåking	0	0	0	9	9	18	18	18	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	9	0	9	0	9	0	0	9	9	0	
3	45	Fjernstyring av enkelte funksjoner/operasjoner	0	0	0	9	9	18	18	18	0	0	0	0	9	0	0	0	0	9	0	9	0	9	0	0	9	9	0		
3	46	Muligheter for valg av automatiseringsnivå	0	0	0	9	9	18	18	18	0	-9	-9	0	0	9	0	0	0	0	9	0	9	0	9	0	0	9	9	0	
6	47	Fysiske sikringer for fjernstyring for kontroll	0	0	0	0	0	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	48	Metadata – kunne diagnostisere	0	0	0	0	0	18	18	18	0	0	0	0	9	9	0	0	0	0	9	0	9	0	9	0	9	9	9	0	
6	49	Enkelt kunne tilpasses nye teknologiske løsninger/oppgraderes	0	0	0	0	-18	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
6	50	Håndtering/rutiner for å håndtere "tung-metaller etc" i aske samt filterstøv	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	
3	51	skal ikke trenge kjelepasser certificat.	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	52	Lang levetid	0	0	0	9	0	0	0	0	18	-9	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0	0	0	-9	0	0	0	0	
3	53	Vedlikehold – lavest mulig krav til spesialverktøy	0	0	9	9	0	0	0	0	9	-9	-9	0	0	-9	-9	-9	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
3	54	Vedlikehold utføres av lokale ressurser	0	0	9	9	0	-9	-9	-9	9	0	0	0	0	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	0	0	0	0	
3	55	Enkelt vedlikehold.	0	0	9	9	-9	0	0	0	9	-9	-9	0	0	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-9	0	
6	56	Enkelt å vaske/rense – både automatisk og manuell	0	0	18	18	-18	18	18	18	0	0	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-18	0	0
6	57	Enkel tilgang – kunne spyles enkelte områder	-18	0	18	18	0	-18	-18	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	58	Opplæringspakke – kursing/trening	0	0	0	0	0	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	59	Serviceavtale – slitedeler etc	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
6	60	Rask respons på rep. – eks lokale slitedeler/reservedeler "wear and tear-parts" versus "on site" 2 type pakker	0	0	0	0	0	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	61	Center of contact – ring 24/7 vakttelefon	0	0	0	0	0	18	18	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
6	62	Serviceagenter World wide	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	63	Anvendelse på båt - kapasiteter	0	0	0	0	0	0	0	0	-3	6	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	64	Anvendelse på båt - overvåking/diagnostisering	0	0	0	0	0	6	6	6	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	65	Anvendelse på båt - plass og geometri	9	0	-9	0	0	0	0	0	18	18	0	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	66	Anvendelse på båt - annet, eks	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	67	Ivareta krav fra f.eks cruiseskip som går i land. Kan ha mindre anlegg om bord	0	0	0	0	0	3	3	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	68	Kunne brenne avfallsolje	0	0	0	0	0	9	9	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	69	kunne bruke gass eller diesel som pilot fuel	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
289			207	108	27	192	-138	447	201	201	72	102	150	27	63	126	93	93	66	81	126	48	108	84	36	75	-15	108	93	45	

Viktighet 1 (lav), 3 (middels), 6 (høy)		Hva		Hvordan																				Kundekrav (markedskrav)				
				sekundærbrenner med sludgebrenner	frekvensstyrt sekundærluftvifte	resirkulering av avgass til sekundærluft blandespjeld	temperaturmåling i sekundærkammer	O2 måling i sekundærkammer	2 sek oppholdstid i sekundærkammer	temperaturmåling i avgass før kjel	kjel (parat) røkgassresirkulering?	resirkulering av avgass til kjel blandespjeld	automatisk feiring av kjel	manuell feiring av kjel	temperaturmåling i avgass ut av kjel	strømproduksjon (craft engine)	trykkmåling før avgassvifte	frekvensstyrt avgassvifte	sorbentdosering	diffjeransetrykk over filter	røkgassfiltrering	automatisk rensing av filter risting eller trykkluft?	automatisk filtertøvtutmatning		filtertøvt oppsamling i lukket konteiner	avgassmåling, CEMS	lakkert carbonstål i konstruksjon	corten i røkgassrør
6	1	Lav investeringskostnad	0	0	-18	0	-18	-18	0	-18	-18	36	0	-18	0	0	-18	0	-18	-18	-18	0	-18	18	0	-18	-18	-227
6	2	Finansieringsordninger, Eksportfinans O.L	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
1	3	Bistandsmidler, Norad, norfund	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4
1	4	Har allianse med en stor aktør – merkevare..... (eks ABB)	3	3	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3	0	3	0	0	3	0	0	0	3	0	0	0	56
3	5	Leveringstid 2-4 mnd	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	-9	17
6	6	Skalerbart til lokale kapasiteter, mengde søppel pr time/døgn. 5 tonn pr døgn -	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	-18	0	0	0	84
3	7	Skalerbart til lokale kapasiteter, mengde søppel pr time/døgn. 20 tonn pr døgn - terskelverdier?	0	0	0	9	9	0	9	0	0	0	9	0	9	0	9	9	0	0	0	0	0	9	0	0	0	118
3	8	Rådgivning av en holistic løsning - myndigheter og partnere	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	11
1	9	Estetisk bygg	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
6	10	Krav til styrke i forhold til vær og vind (TEK 10?)	0	0	0	0	0	0	0	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-2
1	11	Topografisk fleksibelt (kan tilpasses lokale forhold)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
6	12	Fysiske sikkerhetsanordninger – stop-ordninger	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	180
6	13	Sikkerhet mot tilbakebrenning	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	163
1	14	Sikkerhet i forhold til eksterne trusler	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	36
6	15	Komplette anlegg inkl logistikk inn, leveringsomang	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	273
6	16	Tralle for håndtering/innmating/logistikk inn (løsning)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-50
6	17	Manuell innmating. Kaste "sekkene" inn	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
3	18	Innmating fra mindre lastebil eller hjullaster	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-15
6	19	"Buffer" som gjør at man kan samle opp for større batcher (mer økonomisk drift/reduerte antall start/stopp)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	115
3	20	Utbyggbar "buffer" modularisert	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	77
6	21	Maksimalvekt pr modul 20tonn? (løft/transport)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-18	27
6	22	Containertilpasset – enkel/rimelig transport ned	0	0	0	0	0	0	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100
6	23	Kan containeriseres og ikke	0	0	0	0	0	0	0	-18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-18	83
3	24	Mobilt, dvs enkelt flyttbart/rekonfigurerbart	0	0	0	0	0	0	-9	-9	-9	9	0	0	0	0	-9	0	-9	0	0	0	0	0	0	0	0	27
6	25	Kunne håndtere medical waste	0	0	0	0	0	36	36	0	0	0	0	0	0	18	0	18	0	0	0	18	0	0	0	0	0	211
6	26	Alternative anvendelser/kunder eks. forsvaret, humanitært. F.eks ved å strippe anlegg, samt bygge kapasitet	0	0	0	0	0	36	36	18	18	0	18	0	18	0	0	0	0	0	0	0	0	18	0	0	0	338



Vedlegg 4 Leverandøranalyse - sammenlikning av CEMS leverandører

Levering og pris			Teknisk									Organisatorisk	Kommentarer	
Leverandør	Leveringstid	Pris NOK	Innhold	Gassmåling	Støvmåling	Måling av flow	FTIR opreasjons temp.	Kabinett str.	kg	Strømforbruk	Annet	Kompetanse	Pluss	Negativ
A			Måling av gass, støv, og flow	Måler THC med FID-100FT. FTIR spectroscopy, Zirconium dioxide sensor	SP100: DHSP-T2V1 sender/receiver unit NL 435 mm, up to 220 °C med godkjennin g	FLSE100 probe	+5°C - +50°C (med air cond.)	2100x800 x600 mm (HWD)	280	4,4 kW	Alt. Med NH3 overvåking + 3.469 EUR	Lager og sertifiserer komponentene selv. Avfallforbrennings erfaring. Kunnskap om krav til forbrenningsanlegg og	Modulært systemdesign. Har et bredt produktspekter. Remote control and diagnosis via software SOPAS ET.	Må sende teknisk kompetanse fra Europa, har bare en salgsperson i Norge.
B	16 uker		Måling av gass, støv og flow	FTIR gas analyser. Option; ZrO2 oxygen analyser and/or total hydrocarbon analyser FID	PCME støvmåler type QAL991 med interfacecontroller, med godkjennin g	PCME Stackflow ultralydmåler	0-40°C	11A - 2120x610 x700mm 11B - 2100x610 x113mm (HWD)	500	7,5 kW	Kan levere FID analyser, men det er ikke med i prisen.	Kunnskap fra gassanalyser i Norden og Europa. Har teknisk personell i Norge, men eksperter på FTIR fra	prisred. 10 til 15 % basert på et antall på >10 systemer per år.	Pris er uten FID-analyser. ZrO2 oxygen analyser gasstemp: 120 °C to 300 °C
C			Måling av gass, støv og flow	FID Analyser, FTIR Spectrometer, ZrO2 cell	Durag D-R 800, 0-10 mg/m3 ... 0-200 mg/m3, opp til 220 °C med godkjennin g	FPD585, måler gasstemperatur opp til 1200 °C	+5°C - +40°C (med air cond.)	2100x962 x600 mm (HWD)	ca 300	3,5 kW	SS micro-porous filter, PFE2 Filter	Lang erfaring med CEMS, mer enn 20 år. bredt utvalg av komponenter til CEMS anlegg	Modulært systemdesign. Har kontor med teknisk personell i Norge. Har et bredt produktspekter. Full remote system control via cellular network.	(Lager ikke alle komponentene selv.)