# Produktivitet og logistikk i bygg- og anleggsbransjen:

## - Problemområder og tiltak

**1. juli 2004**


| | |
|---|---|
| Forfattere: | Mads Veiseth, Carl Christian Røstad, Bjørn Andersen, Olav Torp og Kjell Austeng |
| Prosjektleder: | Bjørn Andersen |


| | |
|---|---|
| Prosjektperiode: | September 2003 – juli 2004 |
| Prosjekt: | P010 Produktivitet og logistikk i BA-prosjekter |
| Rapportnr.: | NSP-0017 |
| Webnr: | 68 |


Nasjonal utvikling av kompetanse innen prosjektledelse til medlemmenes nytte og til internasjonal faglig anerkjennelse.

# SINTEF-RAPPORT

**SINTEF Teknologiledelse**
Produktivitet og prosjektledelse

Postadresse: 7465 Trondheim
Besøksadresse: S P Andersens veg 5
Telefon: 73 59 05 00
Telefaks: 73 59 36 70

Foretaksregisteret: NO 948 007 029 MVA

TITTEL

**Produktivitet og logistikk i bygg- og anleggsbransjen: Problemområder og tiltak**

FORFATTER(E)

SINTEF Teknologiledelse:Mads Veiseth, Carl Christian Røstad og Bjørn Andersen
NTNU, Bygg, anlegg og transport: Kjell Austeng og Olav Torp

OPPDRAGSGIVER(E)

Statsbygg

| RAPPORTNR. | GRADERING | OPPDRAGSGIVERS REF. | |
|---|---|---|---|
| STF38 A04833 | Åpen | Stein Rognlien | |
| GRADER. DENNE SIDE | ISBN | PROSJEKTNR. | ANTALL SIDER OG BILAG |
| Åpen | 82-14-02987-2 | 387252 | 72 + 1 |
| ELEKTRONISK ARKIVKODE | | PROSJEKTLEDER (NAVN, SIGN.) | VERIFISERT AV (NAVN, SIGN.) |
| Produktivitet og logistikk i Bygg- og anleggsbransjen - Endelig rapport | | Bjørn Andersen | Mads Veiseth |
| ARKIVKODE | DATO | GODKJENT AV (NAVN, STILLING, SIGN.) | |
| | 2004-07-01 | Carl Christian Røstad, Forsker | |

SAMMENDRAG

Dette forskningsprosjektet har hatt fokus på å utvikle tiltak som kan forbedre problemer i BAE-bransjen knyttet til lav produktivitetsutvikling og svak logistikk. En klar inspirasjonskilde har vært stasjonær industri, hvor det har det blitt utviklet et stort antall ulike tilnærminger for bedre produktivitet og logistikk. Ett sentralt spørsmål er hvorvidt produksjon av biler eller elektronikk er likt nok bygging i prosjekter at det er rom for overføringer av metoder og kunnskap. Svaret er nok at en del likheter gjør vurderingen relevant, andre forskjeller gjør overføringen vanskelig. I sum er det åpenbart at man ikke naivt kan konkludere med at BAE-næringen ”bare må til å lære fra stasjonær industri, så blir alt bedre”.

Det har også vært gjennomført studier av et caseprosjekt og derigjennom intervjuer med en rekke personer i bransjen, for å identifisere både problemområdet sammen med forslag til tiltak. Når det gjelder problemområder ser vi et mønster der spesielt tre områder utmerker seg som gjengangere mellom intervjuene og som angis å medføre betydelige negative effekter; byggeprosjektenes tidligfase, logistikk samt prosjektplanlegging og -ledelse.

Ved å kombinere foreslåtte tiltak fra intervjuobjekter med prinsipper fra stasjonær industri av relevans, har rapporten konkludert med en lang rekke tiltak eller foreslåtte endringer.

| STIKKORD | NORSK | ENGELSK |
|---|---|---|
| GRUPPE 1 | Byggeteknikk | Building technology |
| GRUPPE 2 | Logistikk | Logistics |
| EGENVALGTE | Produktivitet | Productivity |

# Innholdsfortegnelse

**Innholdsfortegnelse** ..... **2**

**1 Innledning** ..... **4**
1.1 Målsetning og bakgrunn ..... 4
1.2 Prosjektbeskrivelse ..... 5
1.3 Litteraturstudium ..... 6
1.4 Utvelgelse, etablering og gjennomføring av workshop for caseprosjektet ”Nytt storkjøkken” ..... 6
1.5 Intervjuer i caseprosjektet og oppsummering av funn ..... 6
1.6 Intervjuer med andre aktører i bransjen ..... 6
1.7 Analyse og sluttrapport ..... 7
1.8 Informasjonsspredning ..... 7

**2 Produktivitet i BAE-bransjen** ..... **8**
2.1 Om produktivitet ..... 8
2.2 Produktivitet i BAE-næringen ..... 9
2.2.1 Dobbelt op-rapportene ..... 11
2.2.2 Atkins-rapporten ..... 12
2.2.3 Byggelogistik ..... 13
2.2.4 More for less ..... 14
2.2.5 Tidsbaserte konkurransestrategier ..... 14

**3 Likheter og ulikheter mellom stasjoner industri og BAE-bransjen** ..... **16**

**4 Hva har stasjonær industri gjort for å bedre sin produktivitet?** ..... **18**
4.1 Historisk oversikt over utviklingen innen stasjonær produksjon ..... 18
4.2 Sentrale produksjonsprinsipper fra stasjonær industri ..... 20
4.3 Helhetlig verdikjedetankegang ..... 20
4.4 Standardisering og modularisering av produkter og nye tilnærminger til produktutvikling ..... 23
4.5 Sug- versus trykkbasert produksjonsstyring, japansk produksjonsfilosofi ..... 26
4.6 Flaskehalsstyring/OPT ..... 29
4.7 Kvalitetsfokus og forbedring ..... 30

**5 Vurdering av overføring av praksis fra stasjonær industri til bygg og anlegg** ..... **31**
5.1 Helhetlig verdikjedetankegang ..... 31
5.1.1 Vertikale verdikjeder ..... 32
5.1.2 Horisontal verdikjede ..... 33
5.1.3 Diskusjon ..... 34
5.2 Standardisering/modularisering og nye tilnærminger til prosjektering ..... 36
5.3 Nye prinsipper for logistikk og produksjonsstyring ..... 38
5.4 Kvalitetsfokus og forbedring ..... 41

**6 Identifiserte problemområder og forslag til tiltak fra intervjuene** ..... **42**
6.1 Prosjekteringsfasen og grenseflater mellom byggherre, konsulenter og utførende, prosjektorganisering ..... 42
6.2 Logistikk, forsyning og kommunikasjon langs forsyningskjedene ..... 43
6.3 Prosjektplanlegging og -ledelse ..... 45
6.4 Oppsummering av problemområder ..... 46

**7 Diskusjon om tiltak for å bedre produktivitet og logistikk i BAE-næringen** ..... **47**
7.1 Tiltak identifisert gjennom intervjuer ..... 47

7.1.1 Prosjekteringsfasen og grenseflater mellom byggherre, konsulenter og utførende, prosjektorganisering ..... 47
7.1.2 Logistikk, forsyning og kommunikasjon langs forsyningskjedene ..... 48
7.1.3 Prosjektplanlegging og -ledelse ..... 48
7.2 Oppsummering av tiltak ..... 49
7.3 Er det mulig å få til forbedringer og optimalisering av BAE-verdikjedene? ..... 50
7.4 Evaluering av tiltak ..... 51
7.5 Globale tiltak ..... 55
7.6 Utgangspunkt og incitamenter for hver aktør i bransjen ..... 59
7.7 Lokale tiltak ..... 62
7.8 Oppsummering ..... 65

**8 Konklusjon 67**
8.1 Oppsummering av funn ..... 67
8.2 Generaliserbarhet for resultatene ..... 70
8.3 Feilkilder ..... 70
8.4 Vurdering av måloppnåelse ..... 71
8.5 Videre arbeid ..... 71

**Referanser ..... 72**

**Vedlegg A - Program fra temadag 12. desember 2003 ..... 73**

# 1 Innledning

Det blir hevdet fra flere kanter at produktiviteten i den norske, og i den internasjonale, Bygg- og anleggsbransjen (heretter omtalt som BAE-bransjen for bygg, anlegg og eiendom) er lav. I tillegg blir det påstått at mange av aktørene i bransjen ”ikke tjener penger”. Flere studier underbygger dette og konkluderer med at bransjen har en lav produktivitet, og enkelte viser også at bransjen har hatt en svakere utvikling i produktiviteten de siste 10 årene enn andre bransjer. Dette står i sterk kontrast til stasjonær industri, som i motsetning til BAE-bransjen har hatt en sterkt økende produktivitet i den samme tidsperioden.

Logistikk har vært et av hovedfokusområdene i arbeidet med å forbedre produktiviteten i stasjonær industri. Viktige stikkord er verdikjedefokus, lean og agile manufacturing, supply chain management og just in time-filosofi. I BAE-prosjekter spiller logistikk en svært sentral rolle, men en har ikke sett den samme positive utviklingen her som en har sett i logistikk i stasjonær industri.

Hva er grunnen til dette, og kan BAE-bransjen lære noe fra stasjonær industri? Fokus for dette prosjektet har vært å undersøke om det finnes produksjons-/logistikk-/forbedringsprinsipper i stasjonær industri som det er mulig å overføre til BAE-bransjen.

## 1.1 Målsetning og bakgrunn

Prosjektets langsiktige og overordnede målsetning er formulert som: ”Å forbedre produktiviteten i bygg- og anleggsbransjen gjennom å sette fokus på hvordan koordineringen langs og mellom verdikjeder i byggeprosjekter kan forbedres, om mulig i retning av å kunne planlegge, styre og gjennomføre byggeprosjekter basert på prinsipper fra vareproduserende industri”.

Prosjektet er et forskningsprosjekt i regi av Norsk Senter for Prosjektledelse (NSP), finansiert av Statsbygg. Forskerressurser kommer fra SINTEF Teknologiledelse, Produktivitet og prosjektledelse og NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport. I tillegg deltar Prosjekt og Teknologiledelse AS (PTL) som medlem av NSP og som aktør i byggeprosjekter. Prosjektet ble startet opp høsten 2002 og blir avsluttet til sommeren 2004.

Bakgrunnen for prosjektet har dels vært kontrasten mellom BAE-bransjen og stasjonær industri og dels en økende bevissthet rundt betydningen av logistikk i BAE-prosjekter. Logistikk som operativ funksjon har alltid vært en viktig del av den praktiske byggingen/byggeprosessen. Det kan selvfølgelig diskuteres hvorvidt bransjen her har vært/er god eller dårlig. Uansett er det et faktum at det er den stasjonære produksjonsindustrien som har vært ledende i utviklingen av logistikkbegrepet. Så godt som all FoU og teoretisk/akademisk utvikling har skjedd her. Av sentrale begreper er produksjons- og styringsprinsipper som JIT (just in time), supply chain management og verdikjedeintegrasjon. Lite eller ingen ting av denne utviklingen kan knyttes opp mot byggebransjen. Dette til tross for at bygging, med det store antall aktører og en vanskelig forutsigbare prosess, virkelig kan hente gevinster ved en sterk logistikkfokusering.

Logistikk knyttet til bygging må sees/vurderes på to nivåer. Ett nivå har den overordnede byggeprosessen og det ferdige bygg som ”arena”. Det er her et prosjektperspektiv på logistikkfunksjonen. Her er den totale material- og informasjonsstrømmen i hele byggeprosessen (hos alle aktørene) frem til det ferdige bygg i fokus. På et lavere nivå har en et virksomhetsfokus. Logistikkfunksjonen tar da utgangspunkt i den enkelte bedrifts aktivitet(er) i den enkelte byggesak. Begge nivåer er selvfølgelig viktige. I byggebransjen har en imidlertid i stor grad håndtert logistikkutfordringene ut fra den enkelte medvirkende bedrifts side. De forskjellige aktivitetene blir behandlet separat og kun i liten grad koordinert mot andre parter i prosessen. For å komme videre er det nødvendig å tillegge logistikkbegrepet i BAE-prosjekter en langt videre

betydning. Logistikk må betraktes koordinert og i et helhetlig perspektiv med produktet/bygget som overordnet mål. Dette innebærer at alle aktiviteter må sees samlet i forhold til alle aktørene og fasene, samt material- og informasjonsstrømmene i prosessen frem til det ferdige bygg.

Logistikkfunksjonen i en byggeprosess er helt klart både kompleks og komplisert. Det er et stort antall aktører med suboptimalisering ut fra egen (kontraktsfestet) forretningsinteresse. Helhetstenking/-handling og koordinering med sluttproduktet/bygget som hovedmål kommer derfor i annen rekke for mange av aktørene. Skal en komme videre må en i langt større grad fokusere på verdiskapningskjeden og alle dens aktører, frem til det ferdige bygg. Det er uten tvil et betydelig potensiale mht. produktivitetsbedringer innenfor BAE-bransjen. Logistikk i én eller annen form står her sentralt. Det er på mange måter et paradoks at en i en fri markedsøkonomi ikke kan hente ut gevinster som synes så opplagte. Forklaringen er at det eksisterer en rekke barrierer som hindrer dette, f.eks. ved at substitutter (utenfra) ikke nødvendiggjør en kontinuerlig forbedringsprosess (pris, kvalitet, tid) hos bransjens aktører. Av viktige barrierer kan nevnes:

- Få krevende kunder.
- Kunden/byggherren kjøper delytelser i en prosess, ikke et (slutt)produkt.
- Ingen ”eier”/har overordnet totalansvar i prosessen frem til sluttproduktet/bygget, dvs. det er ingen klar sterkeste aktør.
- Vanskelig å fastlegge hvem som har ansvaret for hva.
- Et stort antall aktører i prosessen son kun i begrenset grad kjenner/har kunnskap om hverandres arbeid/produksjon.
- Viktige premissgivere som leietaker, brukere, arkitekter, osv. har mangelfull forståelse for den økonomisk virkning av sine ønsker/beslutninger.
- Aktørene og deres roller varierer fra prosjekt til prosjekt.
- Åpen priskonkurranse (”playing the market”) grunnlag for samarbeid i nær alle forretningsrelasjoner.
- Svak systemteoretisk forankring mht. måling av ytelser.
- Omfattende offentlig regulering i/av bransjen.
- Byggesaker har i de senere år blitt mer og mer et område for jurister.
- Mange store, flergangsbyggherrer suboptimaliserer på enkeltprosjekt og ikke på porteføljen som helhet.

### 1.2 Prosjektbeskrivelse

Forskningsprosjektet har vært inndelt i faser med ulike aktiviteter. De primære aktiviteter som har vært gjennomført er:

- Litteraturstudium, innhenting og gjennomgang av relevant litteratur.
- Innledende workshop med et caseprosjekt, bygging av nytt storkjøkken i Trondheim kommune.
- Et antall intervjuer med involverte aktører i caseprosjektet.
- Analyse og gruppering av funn fra caseprosjektet og fra gjennomførte intervjuer.
- Et antall intervjuer med aktører innen BAE-bransjen med lang erfaring (såkalte ”svart-belte”-personer).
- Systematisert funn knyttet til forbedringstiltak fremkommet gjennom caseprosjektet og andre intervjuer.
- Vurdert mulig overføring av prinsipper fra stasjonær industri til BAE-prosjekter.
- Informert om prosjektet i ulike fora, blant annet temadag i regi av NSP.
- Utarbeidelse av denne sluttrapporten.

I de følgende underkapitler utdypes hovedaktivitetene i prosjektet.

### 1.3 Litteraturstudium

Litteraturstudiet har omfattet identifisering og gjennomgang av kildemateriell og bakgrunnsinformasjon relatert til produktivitet og logistikk, både i forhold til stasjonær industri og i forhold til BAE-bransjen. Det er funnet materiale av både nasjonalt og internasjonal opphav, men tilgangen til litteratur som reelt behandler disse temaene er noe begrenset. Vi har derfor måttet utvide søket noe og til slutt fokusert på emner som problemområder i BAE-næringen generelt, bruk av såkalte ”lean-prinsipper” og overføringsverdi til BAE-bransjen, nettverksteori, prosjektledelse, supply chain management (ledelse av verdikjeder på norsk), design for manufacturing og diverse andre mer begrensede emner. Et sammendrag av litteraturstudiet er gjengitt dels i kapittel 2, dels i kapittel 4, og en referanseliste finnes til slutt i rapporten.

### 1.4 Utvelgelse, etablering og gjennomføring av workshop for caseprosjektet ”Nytt storkjøkken”

Metodisk var det tidlig i skissefasen til dette forskningsprosjektet bestemt at det skulle anvendes et caseprosjekt for å gi utredningen en mer håndfast forankring. I oppstartsfasen ble det derfor gjennomført et søk blant byggherrer og entreprenører miljøet har kontakt med for å finne et egnet caseprosjekt. Valget falt til slutt på et nylig avsluttet byggeprosjekt: ”Nytt produksjonskjøkken for Trondheim kommune”.

Arbeidet mot caset startet med en innledende workshop der de fleste involverte aktører i prosjektet deltok (Selmer Skanska, PTL, HSØ Hagestande, ABB, Holthe Kjøleservice, E.A. Smith, Metos) samt forskere fra SINTEF og NTNU. Fokus ved dette arrangementet var å identifisere sentrale problemområder man hadde opplevd i prosjektet gjennom å vurdere følgende aspekter; aktører i prosjektet og grensesnitt mellom disse, viktige faser, arbeidsprosesser i prosjektet, på byggeplassen og hos aktørene, flyt av informasjon og vareflyt. Hovedresultatet fra workshop’en var bearbeidede og identifiserte suksess- og problemområder.

### 1.5 Intervjuer i caseprosjektet og oppsummering av funn

Med bakgrunn i funn fra workshop ble det gjennomført en runde med intervjuer med aktører i prosjektet for å utdype problemstillinger og identifisere mulige tiltak mot disse. Tema for intervjuene var blant annet følgende elementer; tidligfase i prosjektet, logistikk, kommunikasjon, prosjektstyring, entreprisemodeller, historisk utvikling/kultur, produktivitetsmålinger, prosessmodell/aktørkart, problemområder, problemkonsekvenser, problemårsaker, mulige tiltak/endringer, positive aspekter i prosjekter.

Flere miljøer og personer ble intervjuet: PTL, Selmer, Arkitekt HSØ Hagestande, ABB, E. A. Smith, Metos, Holthe Kjøleservice, Seltech, Eilag og kjøkkensjef på storkjøkkenet.

I arbeidsseanser i forskergruppen ble intervjuene gjennomgått og funn fra både workshop og intervjuer systematisert rundt viktige problemområder og mulige tiltak.

### 1.6 Intervjuer med andre aktører i bransjen

Hovedresultatene fra caseprosjektet ble utviklet med bakgrunn spesifikt fra det ene prosjektet, selv om aktørenes generelle erfaringer selvsagt også ble inkludert i diskusjonene. Av den grunn var det ønskelig å gjennomføre diskusjoner med personer med bredere erfaringsbakgrunn og på et mer generelt grunnlag. Dette dels for å bekrefte funnene og dels for å få alternative betraktninger. I en intervjurunde nummer to ble det derfor identifisert et antall såkalte ”svartbelte”-personer som ble intervjuet. Dette er personer med lang erfaring innen bransjen som har et godt overblikk over problemområder, og som har markert seg som villige til å tenke nytt og uttale seg fritt om

bransjen. I denne intervjurunden ble det gjennomført diskusjoner med Bjørn Sundt - Advansia, Per Aftret - AFGruppen, Petter Eiken - Selmer Skanska, Torstein Ramberg - Torstein Ramberg AS, Roar Bjordal, Didrik Haug og Terje Olsen – Statsbygg.

### 1.7 Analyse og sluttrapport

Etter å ha gjennomført all datainnsamling, fra litteratur, caseprosjekt og andre intervjuer, ble materialet analysert gjennom flere samlinger i forskergruppen. Denne analysen har forfulgt to parallelle spor:

- Analyse av data fra caseprosjekt og intervjuer med tanke på å identifisere generelle problemstillinger av stor betydning i forhold til produktivitet og logistikk i bransjen, og, der mulig, relevante tiltak for disse problemområdene.
- Analyse av den praksis som er utviklet i stasjonær industri og vurdering av hvorvidt deler av denne kan overføres til BAE-næringen.

Til slutt har disse to sporene blitt ført sammen for å ekstrahere de fremtidige tiltak vi mener har størst potensiale for å la seg implementere og gi resultater i form av forbedringer. Hele arbeidet er så dokumentert i denne sluttrapporten.

### 1.8 Informasjonsspredning

Som et ledd i arbeidet med å gjøre de utviklede tiltakene kjent for bransjen og berede grunnen for at disse forhåpentligvis kan implementeres i fremtiden, har det vært satset aktivt på å informere om prosjektet til relevante aktører. I denne sammenheng har det vært publisert artikler, presentert foredrag på ulike arrangementer og arrangert en dedikert temadag om temaet i regi av Norsk Senter for Prosjektledelse (NSP) (se vedlegg A for program for dagen).

# 2 Produktivitet i BAE-bransjen

## 2.1 Om produktivitet

Innledningsvis vil vi se litt nærmere på begrepet produktivitet – hva det innebærer, hvordan produktivitet måles og hvordan den kan økes. Det finnes forskjellige definisjoner av begrepet produktivitet, til dels betydelige forskjeller i hvordan man definerer og betrakter fenomenet. Dette skyldes nok delvis at bevisstheten og utviklingen av begrepet har vært nokså ulike mellom bransjer, der vareproduserende industri synes å være kommet lengst. I så måte er noen av definisjonene fra den sektoren mindre relevante for BAE (for eksempel benyttes i større grad begrepet prestasjon enn produktivitet). For BAE-bransjen definerte Horner og Duff (2001) produktivitet som følger:

> ”Output measures how much we produce. Productivity measures how much we produce per unit input.
>
> From a client’s perspective, higher productivity leads to lower costs, shorter construction programmes, better value for money and a higher return on investment.
>
> From a contractor’s point of view, higher productivity leads to more competitive edge, more satisfied customers, higher turnover and increased profits.
>
> From the country’s point of view, higher productivity leads to more efficient use of scarce capital, greater incentives to invest, more jobs and economic prosperity.”

I følge Arditi og Mochtar (2000) er det tre måter for måling av produktivitet:

- En økonomisk modell som definerer produktivitet som total faktor produktivitet (TFP). TFP er forholdet mellom resultat eller output målt i penger og innsatsfaktorer målt i penger. Innsatsfaktorer inkluderer arbeidskraft, materialer, utstyr, energi og kapital.
- Prosjektspesifikk total produktivitet (TP), benyttes ofte i norske prosjekter for å måle produktivitet.
- En aktivitetsorientert modell som definerer produktivitet som arbeidsproduktivitet. Dette er et forhold mellom resultater uttrykt i fysiske enheter, som for eksempel tonn med stål, og innsatsfaktorer i arbeidstimer.

Hvordan man måler produktivitet er avhengig av hensikten med målingen (Horner og Duff, 2001). Forfatterne presenterte en tabell som illustrerer dette aspektet, Tabell 1.

| Hensikt | Metode | Målefrekvens |
|---|---|---|
| Sammenlikne produktivitet på tvers av byggeplasser | Inntjent verdi | Prosjektets slutt |
| Fremdrift mot ferdigstillelse | Målt output | Månedlig |
| Forbedre produktiviteten, skaffe estimeringsdata | Måle produktiviteten i viktige aktiviteter | Ukentlig |
| Beregne bonuser | Måle output for hvert team i hver aktivitet | Ukentlig |
| Måle ressursutnyttelsen av arbeidskraften | Måle ledig tid | Daglig |

**Tabell 1: Ulike former for produktivitetsmåling**

Forbedringen i produktivitet skjer enten ved at man reduserer innsatsfaktorene eller øker verdiskapningen. Skal produktiviteten økes er det spesielt tre områder som er verdt å merke seg (Albriktsen, 1989):

- At arbeidskraften økes.
- Forbedringer innenfor eksisterende teknikk.
- Ny og bedre teknikk tas i bruk.

Potensialet for å skape gevinst ved økt produktivitet ble for øvrig eksemplifisert av Horner og Duff (2001):

> "It takes but a simple calculation to demonstrate that a 10 percent increase in UK construction labour productivity would represent a saving of some £ 1.5 billion to the industries' clients; sufficient to produce perhaps an additional 30 hospitals or 30.000 houses a year."

## 2.2 Produktivitet i BAE-næringen

Bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen (BAE-næringen) er en av de største og viktigste næringer i Norge. Totalt sysselsetter BAE-bedriftene 300.000 mennesker og har en omsetning på cirka 330 milliarder kroner. BAE-bedriftene kjøper over 80 % av sine varer og tjenester på hjemmemarkedet, og det anslås at ca 500.000 mennesker i Norge er direkte eller indirekte avhengige av aktivitetene i BAE-næringen. Tabell 1 viser at produktiviteten i næringen har hatt en svakere utvikling enn det man finner i andre bransjer.

| | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2000 | 2001 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Bygg og anlegg | 1,00 | 0,97 | 0,94 | 0,72 | 0,83 | 0,96 |
| Offshore/skipsbygging | 1,00 | 1,14 | 1,46 | 1,29 | 1,53 | 1,61 |
| Vareproduserende industri | 1,00 | 1,14 | 1,56 | 1,69 | - | 1,92 |

**Tabell 2: Utvikling av Produktivitet i utvalgte industrigrener i Norge 1996-2001 (Kilde: Statistisk sentralbyrå)**

Gapet i produktivitetsutvikling i perioden 1996-2001 estimeres til et "tap" på 95 milliarder for BAE-næringen. Byggenæringens Landsforening (BNL) har identifisert at en av grunnene til lav produktivitet er manglende langsiktig forskning og utvikling i BAE-næringen med fokus på effektivitet og produktivitet. Norge står ikke i en særstilling når det gjelder lav produktivitet. Det samme fenomenet finner man også i resten av Europa. Flere undersøkelser støtter at logistikk, samarbeid mellom aktører, og lite effektive produksjonsprosesser og metoder, er noen av årsakene. Det mangler også langsiktig fokus og forskning på hva som faktisk bidrar til forbedret produktivitet.

Samlet sett er det relativt små marginer i BAE-næringen, 0-3 %. Det er derimot store forskjeller mellom ulike typer prosjekter. Dette kan føre til at profesjonelle eiere etter hvert vil velge nisjer med bedre avkasting (eksempelvis bygging av store leilighetskomplekser) og nedprioritere andre. Norges evne til infrastrukturutbygging kan dermed degenereres. I tillegg ser man de endringer man får i forbindelse med EØS-direktivene, som åpner for at lavkost arbeidskraft kan få stor betydning for norsk BAE-næring gjennom et økt prispress fremover.

Fra blant annet de gjennomførte intervjuene i forbindelse med dette prosjektet, peker BAE-næringen selv på problemer med sin grunnleggende kultur, og da spesielt i forbindelse med de mindre og useriøse aktørene. Spesielt fremheves bruk av svart arbeid, ulovlig arbeidskraft og HMS-problemer. Dette er med på å tvinge andre til å benytte samme virkemiddel for å kunne opprettholde sin konkurransekraft.

Man finner også en diskontinuitet i verdikjedene gjennom anbud og kontraktsformer som gir grunnleggende konflikter. Aktørene i en byggeprosess har ikke noe incentiv for å forbedre verdikjeden fra idé til drift/avhending dersom de ikke selv får en økonomisk gevinst. I og med at aktører skiftes ut fra prosjekt til prosjekt får man heller ikke effekt av mer langsiktig utviklingsarbeid mellom aktører. Dette står i sterk kontrast til eksempelvis vareproduserende verdikjeder som ofte er basert på langvarig samarbeid og tillit. I vareproduserende industri har man gjennom mange år drevet målrettet forskning og utvikling for å øke den enkeltes bedrifts produktivitet, samt øke konkurransekraften i de verdikjedene disse deltar i. Overføringspotensialet fra denne forskingen bør derfor være stor for BAE-næringen.

Et annet område som direkte påvirker produktivitet og konkurransekraft er graden av industrialisering. Andre næringer har hatt stort fokus på dette. I BAE-næringen finner man en lav grad av industrialisering (selvkomprimerende betong eller prefab av moduler er spredte eksempler, men også disse undergraves av regelverk eller hvem som tar gevinsten i en verdikjede). Det ligger derfor et stort potensiale i å øke industrialiseringen og standardiseringen i byggeprosessen.

Man kan vel heller ikke se bort fra at det helt rettmessige fokus det har vært på forbedring av henholdsvis HMS og kvalitetssikring de senere år. Dette kan ha påvirket den tilsynelatende effektiviteten når den måles med ensidig fokus på innsatsfaktorer i forhold til produsert volum. Miljøkrav, HMS-tiltak, egenkontroll, dokumentasjon, revisjoner og utfasing av skadelige produkter og arbeidsprosesser kan i noen tilfeller ha tatt fokus bort fra, eller direkte redusert effektiviteten. Vi understreker at dette ikke skal behandles som et problem, men at det bør tas hensyn til ved betraktning av totalbildet og utfordringene.

Ellers finnes det en del statistikk om lav/negativ produktivitetsutvikling i bransjen samt en del norske og internasjonale studier og rapporter om ulike forhold ved byggeprosjekter, blant annet følgende påstander/observasjoner (enkelte av studiene som ligger til grunn for disse påstandene er presentert noe nærmere under):

- En av de store svakhetene ved næringen er logistikken; material - og informasjonsflyt (Atkins, 1994).
- Tidsgevinster på 40-50% er mulig ved enkle tiltak (Persson og Solberg, 1994).
- 50 % av tiden en montør bruker på byggeplassen er ikke verdiskapende Persson og Solberg, 1994).
- 1/3 av tiden (på byggeplass) går til bygging, 1/3 til forberedelse og 1/3 er ren dødtid (svensk undersøkelse).
- Transaksjonskostnader som ikke gir verdiskaping, utgjør mer en halvparten av byggeprisen (svensk undersøkelse).
- Svinn, brekkasje, mv. utgjør for visse materialer 30 % av det samlede materialforbruket (FRI, 1993).
- Produktivitetsutviklingen i byggeriet har ”gått i stå” (FRI, 1993).
- Virksomhetene optimerer (kun) sin egen ytelse, uavhengig av helheten (Atkins, 1994).
- Det kjøpes inn i store kvanta uavhengig av byggeprosessen (svensk undersøkelse).

- 80 % av materialanrop er hasteordre (FRI, 1993).
- Bedre logistikk har et potensiale mht kostnadsreduksjon på 20 % (FRI, 1993).

Flere undersøkelser og observasjoner har vært gjennomført rundt produktivitet i BAE-næringen, for eksempel:

- ”Dobbelt op” eller som den formelle tittelen er ”Synergier og barrierer i byggeriet – på sporet av den tapte produktivitet” (FRI, 1993).
- ”Atkins-rapporten” eller som den formelle tittelen er ”Strategies for the European Construction Sector – A programme for change” (Atkins, 1994).
- ”Byggelogistik” (Clausen, 1999).
- ”More for less: A contractor's guide to improving productivity in construction” (Horner og Duff, 2001).
- ”Tidsbaserte konkurransestrategier som virkemiddel for økt internasjonalisering av norsk bygge- og anleggsnæring” (Persson og Solberg, 1994).

### 2.2.1 Dobbelt op-rapportene

Dobbelt op er egentlig en serie danske rapporter utgitt av Foreningen af Rådgivende Ingeniører med formål å utvikle en plan for utvikling av dansk byggebransje. Rapporten består totalt av tre deler, men vi har valgt å fokusere på den tredje delen av rapporten, ”Synergier og barrierer i Byggeriet”.

Hele rapporten er delt inn i syv ”spor”, hvor hver del har sett på forskjellige aspekter ved en byggesak. Felles for alle er en søken etter synergier. De syv delene rapporten følger er:

- Verdikjeder og verdisystem.
- Teoretisk identifikasjon av synergier og barrierer.
- Det tradisjonelle bygget.
- Forsøk med et utviklingssamarbeid.
- Synergipotensialets størrelse.
- Markedets behov og leveransesystem.
- Et scenario for et leveransesystem.

Rapporten tar utgangspunkt i at ytre vilkår setter grensene for byggebransjens utvikling og konkluderer med at det bestemmende vilkåret er overkapasiteten i dansk byggesektor sammenliknet med etterspørselen. Samtidig er byggemarkedet i endring, fra å være et utpreget hjemlig marked til et mer internasjonalt marked med mye større grad av eksport av materiell og arbeidskraft. Dette medfører selvfølgelig både økt konkurranse og større markeder.

I omtalen av verdikjeder og verdisystem tas det utgangspunkt i Porters arbeid rundt analyse av verdikjeder (Porter, 1980). Etter en nøye gjennomgang av verdikjedene ble konklusjonen at Porters tilnærming ikke passet så godt, da det ble for omfattende og ambisiøst. Identifikasjon av synergier og barrierer er teoretisk, basert på prosjektgruppens bakgrunn, der en ser for seg store samspillsgevinster ved etablering av et leveransesystem hvor alle parter deltar i et fellesskap og produktet hele tiden står i fokus. Et felles leveransesystem vil kunne bidra mye for å avhjelpe koordineringsproblemene, og vil nok senke barrierene mot produktivitet. Felles ledelse av prosjektene ser ut til å kunne gi mye til fellesskapet, spesielt med tanke på planlegging og ledelse. Her er det imidlertid store motforstillinger mot å gi fra seg makt på beslutningsnivå. Prissetting er også en viktig faktor. Hvordan sikrer man at likeverdige partnere gir rett pris til fellesskapet.

En del problemer observert ved forsøksbygg var:

- Byggteknisk ekspertise ble for sent involvert hos arkitekt og ingeniører i programmeringsfasen.
- Utførelsen ble startet før prosjekteringen var ferdig.
- Feil i entreprenørens detaljprosjektering.
- Improvisasjon av enkle løsninger på kompliserte problemer.
- Forsinket materialleveranse til en entreprise.
- Dominoeffekter.
- Manglende forståelse for hverandres problemer, dårlig kommunikasjon.
- Manglende kobling mellom prosjektering og utførelse.
- For dårlig planlegging og styring av prosessen, spesielt utførelsen.

Potensialet av synergiene er også forsøkt klarlagt. Rapporten konkluderte med at all erfaring, både praktisk og teoretisk, peker i retning av at det er betydelige gevinster å hente ved forbedringer i byggebransjen. Som en oppsummering mener de at 10 % forbedringspotensiale på kort sikt er mulig, med det dobbelte på litt lengre sikt.

### 2.2.2 Atkins-rapporten

Dette er en rapport utgitt av ”Office for Official Publications of the European Communities”. Noen sentrale påstander fra Atkins-rapporten er:

- Bransjen yter ikke den service den burde grunnet lavt kompetansenivå, dårlig kostnads- og tidsprestasjoner i prosjektledelse, problemer med byggefeil og treg adoptering av nye teknikker.
- ”Vi har en bransje der kundene betaler for mye, ikke får det de ønsker, og der leverandørene tjener lite eller ingen penger.”
- Sett fra utsiden er bransjen ikke fokusert på kunden, innadvendt og uten evne til å lære fra andre, og har en fiendtlig holdning.

Som en oppsummering konkluderer rapporten med tolv strategier som bransjen må ta tak i for å bedre utviklingen. De viktigste av disse er:

- Markedsvekst.
- Forbedre forholdet mellom kostnad og kvalitet.
- Konkurransedyktige produkter.
- Kvalitet.
- Arbeidskraft.
- Teknologi.
- Internasjonal handel.
- Byggeprosessen.
- Bransjestruktur.
- Informasjon.

Hovedkonklusjonene fra Atkins-rapporten er kort fortalt at den negative trenden i byggebransjen må stanses, og ved hjelp av ulike tiltak i bransjen må trenden reverseres. Betingelsene for bransjen er i sterk endring, noe ny teknologi, endret byggeprosess, økt internasjonalisering samt endrede kompetansebehov bidrar til. De viktigste stikkordene for å snu den vanskelige trenden er samspill mellom aktørene, bedre produktivitet og kvalitet, satsing på kompetanseheving av arbeidskraften samt fokus på ny teknologi.

### 2.2.3 Byggelogistik

Byggelogistik-prosjektet var primært et eksperiment for å finne et nytt og mer effektivt logistikksystem for byggebransjen. Det startet som et teoretisk studium, men hvor man fullførte prosjektet med seks forsøksbygg for å teste ut teorien i praksis. Inspirert av Toyota Production Systems var målet til Byggelogistik å redusere sløsing av alle slag, ikke bare innen de direkte transportkostnadene forbundet med leveranser av varer, men alle kostnader forbundet med vareleveranser i hele byggeprosessen.

Denne modellen er kjent som ”Sophiehaven-modellen”. I tillegg til å ha et sterkt fokus på logistikk, skilte disse byggene seg ut ved at de fokuserte på prosess- og organisasjonsutvikling i byggeprosessen. Viktige elementer i denne er:

Filosofien – ”Just in time” produksjon:

- Leveranser planlegges etter arbeidets fremdrift på byggeplassen.
- Bygging direkte i forlengelse av levering til byggeplassen – unngå lager.
- Minimering av bestillinger i siste øyeblikk.
- Tidligere og tettere samarbeid mellom prosjekterende, utførende og leverandører i byggeprosessen.
- Aktiv byggeledelse – ”produksjonssjef” på byggeplassen.

Administrative hjelpemidler – logistikkverktøyer:

- Tids- og aktivitetsplan.
- Enhetsspesifikasjoner.
- Leveranseplaner.
- Avropsplaner.
- Plassplaner.

Drift av logistikksystem – ”skafferen”:

- Sikre korrekt anvendelse av logistikkverktøy.
- Koordinering og avrop av leveranser til byggeplassen.
- Sikre mottakskontroll og anvisning til lagerplass.
- Kontakt med leverandører.
- Motvirke ”suboptimalisering” i byggeprosessen.
- Koordinering av felles materiell på byggeplassen.

En ting stod klart for alle impliserte parter etter hvert, utvikling og implementering av logistikksystemet er i virkeligheten et stykke prosess- og organisasjonsutvikling. Hva har man så lært av disse forsøksbyggene? Resultatene fra de seks byggene peker ikke like sterkt i samme retning, men de har med betydelig sikkerhet vist at det er store besparelser å hente. En kan oppnå besparelser på 5-10 % av håndverksutgiftene på en byggeplass. Optimistiske vurderinger fra de deltagende i disse prosjektene går på at en over litt tid bør kunne oppnå enda bedre resultater, når det utprøvde logistikksystemet er videreutviklet og bredt innarbeidet i byggebransjen.

Avslutningsvis i rapporten diskuteres det hvorvidt logistikksystemet kan tas i bruk av resten av byggebransjen. Det vises til at det også fremover vil være vanskelig å få stor utbredelse for dette, spesielt på grunn av incitamentsstrukturen i bransjen, systematikken i logistikken og spesielt et byggeprosjekts fragmenterte prosjektstruktur. Alt dette er forhold som bidrar til at noen

innovative selskaper må skape allianser og forsøke å overtale flere i bransjen.

### 2.2.4 More for less

Dette er en håndbok med praktiske tips for å hjelpe byggebransjen. Som bakgrunn er det listet opp det man mener er fem hovedgrunner til produktivitetstap:

- Dårlig valg av arbeidskraft.
- Avbrytelser.
- Overtidsarbeid.
- Planlagte og uplanlagte økninger i arbeidsstokken.
- Dårlig byggeplassledelse.

Videre har man tatt for seg barrierene mot økt produktivitet:

- Dårlig ledelsesfokus.
- Oppdeling.
- Byggtekniske konflikter.
- Vanskelig å måle produktivitet.
- Mangel på operativt fokus.
- Svakt engasjement til kontinuerlige forbedringer.

### 2.2.5 Tidsbaserte konkurransestrategier

Rapporten tar for seg tidsbasert konkurransestrategi (TBM) som et virkemiddel for byggebransjen, og ser på næringens spesielle forutsetninger og rammebetingelser for å lykkes med dette. Bransjen har egne måter å organisere seg på, egne produkter, mange og spesielle aktører samtidig som den geografiske spredningen kan være stor. Bransjen er likevel ikke mer spesiell en at tilrettelegging av TBM teoretisk skal være fullt mulig. Problemene møter en heller hos de enkelte aktørene, hvor uviljen mot innovasjon kan synes stor.

En kan ikke bare innføre TBM i ett ledd i kjeden, og tro at en kan fortsette med de leverandører og underleverandører en allerede har, med deres tilhørende systemer. TBM fører til en reduksjon til gjennomløpstid i bedriften, men den setter også krav til ledetiden hos leverandøren. Dette fører med seg et sterkere samarbeid i denne kjeden, og fører til at en får en mye mer nettverkspreget organisering av verdikjedene. Det stiller ikke bare krav til en selv før innføring av TBM, men også krav til at andre involverte parter i verdikjeden er mottakelige for strategien.

Studien fant et potensiale for å redusere byggetiden med så mye som 40-50 % (Persson og Solberg, 1994). Basert på casestudier konkluderte de med at et spesielt fokus burde rettes mot logistikkfunksjonen og koordinering mellom aktører. Videre har man funnet at mange av de faktorer som virker negativt inn på produktivitetsutviklingen er knyttet til koordineringen av aktiviteter. En stor del av en byggearbeiders tid går med til venting. Et studium fra Tyskland viste at så mye som opptil 50 % av en arbeiders tid på byggeplassen ikke er verdiskapende. Dette viser tydelig at håndteringen av logistikk på byggeplassen har stor innvirkning på hvordan produktiviteten utvikles.

Alle rapportene er enige om at situasjonen i byggebransjen ikke er ideell, og at en satsing på produktivitet og logistikk vil kunne bidra til å bedre situasjonen. De ulike rapportene peker alle på forskjellige måter å bedre situasjonen, men de er enige om at mer samarbeid og allianser mellom aktørene i bransjen er veien å gå.

Stasjonær industri har utviklet mange tilnærminger som synes å ha overføringspotensiale til byggeprosjekter (sammensetning og styring av verdikjeder, incentiver og fordeling av gevinst i slike kjeder, involvering av leverandører i utviklings- og planleggingsarbeid, osv.). Metodikk rundt kartlegging og analyse av verdikjeder, modellering av prosesser, teknikker for forbedring av prosesser, osv. er etter hvert kommet såpass langt at de utgjør gode verktøy for å angripe disse problemstillingene, i kombinasjon med betraktninger rundt kontraktuelle forhold og andre rammebetingelser for byggeprosjekter.

I de to påfølgende kapitlene vil det bli fokusert henholdsvis på likheter og ulikheter mellom stasjonær industri og BAE-bransjen (kapittel 3) og hva stasjonær industri har gjort for å bedre sin produktivitet (kapittel 4). I kapittel 5 vil det så bli gitt en vurdering av overførbarheten av praksis mellom de to bransjene.

# 3 Likheter og ulikheter mellom stasjoner industri og BAE-bransjen

Et av målene med dette forskningsprosjektet er å undersøke muligheten for å overføre prinsipper fra stasjonær industri til BAE-bransjen. For å kunne gjøre dette er det viktig å ha klart for seg hva som skiller de to og hva som er likheter. Vi vil derfor i det følgende først se på noen grunnleggende likheter og forskjeller mellom stasjonær industri og bygg og anlegg, og deretter i kapittel 5 vurdere mer konkret hvert elements potensial for anvendelse i en BAE-situasjon.

Det er åpenbart mange forskjeller på typisk stasjonær produksjon og BAE-prosjekter. Tilsvarende er det mange likheter. Vi har ingen ambisjon om å vurdere samtlige av verken forskjeller eller likheter. Vi har derimot forsøkt å fokusere på noen av de sentrale forhold som vi mener er verdt å tenke på når en skal vurdere om praksis fra stasjonær industri kan overføres til BAE.

I så måte finner vi følgende viktige likheter:

- I begge tilfeller fremstilles et fysisk produkt.
- Begge typer fremstilling har inngående materialstrømmer av komponenter og råvarer.
- Begge bransjer har en relativt høy andel logistikk i sin verdiskapning.
- For begge typene produksjon står man overfor utfordringer og krav knyttet til kort produksjonstid, lave kostnader, høy kvalitet og andre faktorer.

I sum er bransjene grunnleggende nokså like, til forskjell fra ulike former for tjenesteytende virksomhet. Noen helt sentrale forskjeller, som gjør overførbarheten fra stasjonær industri vanskeligere, finnes dog åpenbart:

- Konkurranseforholdene og forretningslogikken i stasjonær industri har lagt forholdene til rette for en verdikjedeintegrasjon (beskrevet i kapittel 4.3), der verdikjeder har innsett at de står sammen og konkurrerer mot andre verdikjeder. Anbudslogikken som i stor grad dominerer BAE-bransjen skaper en naturlig diskontinuitet i prosjektene der ”verdikjeder” komponeres fra gang til gang. Denne diskontinuiteten er spesielt synlig i grensesnittet mellom byggherre/oppdragsgiver og den/de dominerende utførende, men også lenger bakover i kjeden kan relasjonene være unike fra prosjekt til prosjekt. Dette forholdet er sentralt i spørsmålet om samarbeid langs verdikjeder.
- I stasjonær produksjon er det en kjede av aktører som foretar en sekvensiell foredling av produktet og fysisk sender det videre i kjeden. I BAE-prosjekter finner man også en logisk sekvens av aktiviteter og aktører i forhold til progresjonen i byggeprosessen, men her opptrer i langt større grad mange aktører samtidig. Dette skaper et ytterligere behov for koordinering og planlegging som ordinær industri ikke har.
- I stasjonær produksjon står produksjonsapparatet i ro og utfordringen er å oppnå balanse mellom på den ene siden en akseptabel kapasitetsutnyttelse av produksjonsressursene og på den andre siden tilstrekkelig slakk til å opprettholde nødvendig fleksibilitet. I BAE-prosjekter ”står produktet i ro” og en stor utfordring er koordinering mellom mange aktørers produksjonsressurser, både utstyr og personell.
- I de fleste grener av stasjonær industri har man en løpende fremstilling av et visst volum av like eller liknende produkter (derav navnet industri, til forskjell fra håndverk). Dette gir grunnlag for spesialisering av operasjoner, investering i automatisering, å kunne utnytte læringskurven til å stadig forbedre produksjonsprosessene osv. I bygg- og anleggsbransjen er hovedprinsippet prosjektbasert produksjon, der et prosjekt per definisjon er et unikt foretak. Selv om det selvsagt både er mange operasjoner som enten er identiske eller svært like fra prosjekt til prosjekt, og sågar prosjekter og bygg som mer eller mindre repeteres,

så gir dette likevel ikke den samme muligheten for å stadig strømlinjeforme arbeidsprosessene slik de repetitive prosessene i stasjonær industri kan.

- Lovverket produksjonen må forholde seg til, innenfor mange forskjellige områder, er nokså ulikt fra stasjonær til BAE-bransjen, og i mange tilfeller strengere eller mer komplekst for sistnevnte. Anbudsreglementet gjelder for alle anskaffelser, men er klart mest relevant for byggeprosjekter og berører i mindre grad anskaffelser av varer. Standardkontraktene for byggeprosjekter er mer omfattende og med langt mer detaljerte reguleringer av forholdene mellom partene enn hva som er vanlig i stasjonær industri. Regler for miljøpåvirkning, sikkerhet, osv. gjelder selvsagt også for begge bransjer, men får igjen normalt større konsekvenser i BAE. I sum bidrar dette til strammere rammer og økt kompleksitet i bygg og anlegg.
- I stasjonær industri har produsent-verdikjeden i stor grad full egenkontroll over produktene og fremstillingen av disse. Enten man produserer til kundeordrer eller standard produkter som via ferdigvarelager selges sluttkunde er denne kunden i nokså stor grad helt frikoplet fra produksjonsprosessene og styringen av disse. I BAE-prosjekter er kunden, og da tenker vi på den aktive byggherren, langt mer til stede og påvirker prosessene. Dette kan selvsagt både ha positive og negative konsekvenser, men uansett gir det ett ekstra kompliserende grensesnitt utover intern verdikjedekoordinering. I tillegg er nok en dimensjon at en stor andel byggeprosjekter har offentlige oppdragsgivere, noe som kanskje i enda større grad innebærer en kunde som vektlegger etterlevelse av lover og regler, og disse er som nevnt i tillegg gjerne mer omfattende for BAE enn ordinær industri.
- I stasjonær industri og tilhørende virksomheter finner en ofte én sterk aktør i verdikjeden som legger føringer og nærmest kan ”tvinge” de andre aktørene til å samarbeide. Et eksempel på dette er bilbransjen, der bilprodusentene har makt til å tvinge underleverandørene til å gjennomføre tiltak som resulterer i kostnadskutt. I BAE-prosjekter finner en ikke en så klar sterk aktør, og hvilken aktør som er sterkest varierer i større grad fra prosjekt til prosjekt.

Gitt denne listen over sentrale ulikheter (og det finnes utvilsomt flere) er det åpenbart at man ikke naivt kan konkludere med at BAE-næringen ”bare må til å lære fra stasjonær industri, så blir alt bedre”. I lys av dette tror vi noen lærdommer neppe kan overføres mellom bransjene, i hvert fall ikke uten videre. Andre prinsipper er vi derimot helt sikre på kan overføres meget enkelt og med gode gevinster (dette er for så vidt allerede demonstrert for enkelte elementer).

Gjennom fase 1 av prosjektet har det blitt klart at flere teknikker/metoder/filosofier kan bidra til å forbedre flere av de områder som er identifisert. Utvikling, tilpasning og testing av disse til BAE-bransjen kan bidra positivt for norsk BAE. Kapittel 5 peker på flere områder man kan fokusere innsatsen mot. Det er likevel viktig å være klar over at deler av tankegangene som ligger til grunn for det kapittelet, allerede benyttes i BAE-bransjen. Men, gjennom fase 1 i prosjektet og kartleggingen som er gjennomført her, har man identifisert at helhetlige tilnærminger til bruk av disse i utstrakt grad ikke er tilstede.

# 4 Hva har stasjonær industri gjort for å bedre sin produktivitet?

Ett av hovedprinsippene for dette forskningsprosjektet har vært å vurdere om det er mulig for BAE-bransjen å lære noe fra den produktivitetsveksten stasjonær industri har skapt de siste tiårene. Som en innledning til en slik vurdering gir dette kapittelet en kort historisk oversikt over hvordan produksjon og logistikk i slik industri har utviklet seg og et utvalg av prinsipper/metoder presenteres noe mer inngående. Disse vil vurderes nærmere i kapittel 5 med tanke på overførbarhet til BAE-bransjen og hvilke justeringer og forutsetninger som bør være på plass.

## 4.1 Historisk oversikt over utviklingen innen stasjonær produksjon

I motsetning til hva man kan være fristet til å tro er det ofte svært mye å hente på å se bakover dersom en ønsker å lære hvordan man kan skape forandringer for fremtiden. Innen stasjonær industri er dette definitivt tilfellet – her har det vært skapt en utvikling innen produktivitet og kostnadsreduksjon for fremstilte varer som er ganske dramatisk. Dette har sin bakgrunn dels i at det har rådet ”unormale” markedsforhold i verden for lange perioder av de siste par hundre årene, dels i en vilje og evne til å tilpasse seg endrede rammebetingelser gjennom å ta i bruk nye prinsipper og metoder. Et kort tilbakeblikk synes derfor på sin plass (Rolstadås (redaktør), 1995):

Går vi 200 år tilbake i tid, hadde vi knapt noe sted i verden det vi i dag kaller industriproduksjon. Håndverk og håndverkstradisjonene var dominerende. Den industrielle revolusjonen som siden har skjedd, er altså ikke mer enn cirka 200 år gammel. I løpet av 1700-tallet fikk middelklassen i Storbritannia en stadig bedre økonomisk posisjon, samtidig som restrukturering av landbruket skapte et overskudd av arbeidskraft. På denne tiden var også Englands imperiumsbygging godt i gang, med kriger over hele verden som resultat, kriger som skapte og åpnet opp store verdensmarkeder for ulike ferdigprodukter. Den industrielle revolusjonen var, som den fortsatt i stor grad er, teknologidrevet. Kombinasjonen av økt etterspørsel og rask teknologisk utvikling skapte denne såkalte revolusjonen. Videre teknologiutvikling og store oppfinnelser førte til en reorganisering av produksjonen, fra små grupper av mennesker til store fabrikker, noe som raskt spredte seg til både resten av Europa og Amerika.

Man finner selvsagt store forskjeller mellom ulike land og bransjer, men i ettertid er det identifisert noen typiske stadier i utviklingen mot moderne industriproduksjon (Jaikumar, 1988):

- Det engelske produksjonssystemet varte fra omtrent 1800 til 1850, og stikkordet var nøyaktighet. Deler ble lagd én av gangen, for ett produkt, og for å passe nøyaktig sammen. Målet var perfeksjon, og jo bedre sammenpass mellom delene, jo bedre var arbeidet utført. Selv om produktiviteten ved slik produksjon økte betydelig sammenliknet med ren håndverksproduksjon, var dette fortsatt relativt ineffektivt og arbeidskraftintensivt.
- Det amerikanske produksjonssystemet trådte frem rundt 1850, basert på både nøyaktighet og utbyttbarhet av deler. Denne utbyttbarheten, det vil si at et parti med deler kunne brukes i mange ulike produkter, var avhengig av en viss klaring mellom delene som skulle monteres sammen. Jo større klaring, jo enklere var det å oppnå dette utbyttbarheten, så lenge delene holdt seg innenfor definerte grenser som sikret at funksjonaliteten ble ivaretatt. Dette muliggjorde en separasjon av aktiviteter og dermed systemer for produksjon av større partier av deler og etterfølgende inspeksjon av disse. Igjen gjorde produktiviteten et betydelig hopp fra forrige nivå, men var fortsatt forholdsvis lav.
- Taylorsystemet og vitenskapelig ledelse kom på banen mot slutten av 1800-tallet, ved at Frederick W. Taylor innså at datidens maskiner var mer enn kapable nok. Det som begrenset både hastigheten og effektiviteten i produksjonen var menneskerelaterte aktiviteter, og Taylor fokuserte på å kontrollere disse aktivitetene for å øke arbeidskraftproduktiviteten.

Først med fremveksten av Taylors vitenskapelige ledelse var egentlig den industrielle revolusjonen (evolusjonen?) fullført. Folk hadde nå blitt vant til at fabrikker produserte ferdige produkter som kunne kjøpes i butikken, i motsetning til varer som ble fremstilt av håndverkere på bestilling. Dette, som for oss er selvsagt, var en helt ny situasjon, og folk kjøpte produktene, ikke minst fordi stadig videre teknologiutvikling kontinuerlig førte til nye produkter. For produsentene var det viktigste å dels introdusere nye produkter og dels holde effektiviteten oppe. Drivkraften var etterspørsel etter varer, og det var i stor grad et spørsmål om hva man kunne produsere og hvor mye man kunne produsere. Det var et marked som etterspurte alle de varene man var i stand til å bringe til markedet.

Med 1900-tallet kom en ytterligere akselerasjon i takten på teknologiutviklingen, men også to verdenskriger. Denne situasjonen med umettelig etterspørsel vedvarte til for noen få tiår siden. Noen depresjoner har det vært, men ikke minst to utslettende verdenskriger har medført at etterspørselen har oversteget tilbudet (produksjonskapasiteten) langt inn i andre halvdel av 1900-tallet. Samlebåndene til Henry Ford, hvor man mest mulig effektivt kunne produsere nøyaktig den samme bilen til enhver kunde, symboliserer kanskje denne situasjonen best. Det var snakk om å effektivisere, det var snakk om å gjøre den samme tingen på kortere og kortere tid, og man produserte det produsenten ønsket å produsere. Dette var det som var billigst å produsere, og kundene sto i kø for å kjøpe varene uansett (hvis det i hele tatt fantes noe å kjøpe). Fords utsagn om at man kunne få en T-Ford i hvilken farge som helst, bare man valgte svart, forteller mye om situasjonen og holdningen til forholdet mellom kunde og leverandør.

Vi går raskt frem til da datamaskinene begynte å gjøre sitt inntog på 1950- og spesielt 1960-tallet. I produksjonssammenheng ble denne teknologien tilpasset de behov som bedriften hadde, nemlig å produsere store antall hurtigst mulig. Man var sikker på at om ikke produktene ble solgt den første uken eller andre, så ble de solgt på et senere tidspunkt. Da produkttypene ble flere og etterspørselen mer nyansert, ble bruk av prognostisering svaret på denne nye utfordringen. Når bedrifter investerte tungt i material- og logistikksystemer på 1980-tallet, var det denne tankegangen systemene var basert på. De såkalte MRP-systemene (Material Requirements Planning eller Manufacturing Resource Planning), som altså er databaserte systemer for material- og produksjonsstyring, gjorde sitt inntog. Bedriftene kjøpte et EDB-system, og var ofte ikke klar over at de "kjøpte" et prinsipp for styring. Når MRP-systemene kom, var de utviklet for produksjonsbehovene man var i ferd å legge bak seg.

Gjennom de siste par-tre tiårene vet vi alle at markedet har endret seg. Etterspørselen og kravene fra kundene har blitt mye hardere. I dag betrakter vi det som en selvfølge å få kjøpe det vi ønsker. Produktspekteret har eksplodert. Etter hvert vokste det frem mer helhetlige prinsipielle alternativer for logistikk og produksjonsstyring, gjerne med utspring i det som vel best betegnes som japansk produksjonsfilosofi. Enkelthet, visualisering, nivå- og behovsstyring er stikkord. I Vesten ble dette kjent som Just in Time, og vestlig bilindustri skapte tidlig på 1990-tallet begrepet Lean Production, som i stor grad bygger på japansk filosofi. Nye dramatiske forbedringer ble oppnådd ved å se industriproduksjon som et samarbeid langs lengre forsyningskjeder fremfor en én-bedrifts aktivitet. Med ytterligere fremskritt på IT-siden de siste ti år er vi i dag kommet til en situasjon der omtrent hva som helst av både standard og skreddersydde produkter, inkludert PC'er, klær, til og med biler, kan bestilles over internett fra ens egen stue. Produktene sammenstilles utrolig raskt og billig og i de mest ekstreme tilfeller er de levert på døren få dager senere.

I forhold til prisutvikling er et typisk trekk at svært mange produkttyper i dag koster det samme eller vesentlig mindre enn hva de gjorde for noen år siden, samtidig som funksjonaliteten er økt betydelig. Dette gjelder igjen alt fra klær og sko til forbrukerelektronikk til biler – den DVD-

spilleren man i dag finner ved siden av hermetikken på Rema 1000 til 300 kroner er langt overlegen de første modellene som for seks-syv år siden kostet 15.000 kroner. En slik prisreduksjon i 50-gangen er altså et resultat av en mer enn 200 år lang utvikling av både teknologi, organisasjon og samhandlingsprinsipper som selv en dramatisk utvikling i teknologi, kompleksitet og byggemetoder BAE-bransjen ikke er i nærheten av å matche. Hvilke konkrete prinsipper er det så som dominerer dagens industriproduksjon og som gir en slik produktivitet?

### 4.2 Sentrale produksjonsprinsipper fra stasjonær industri

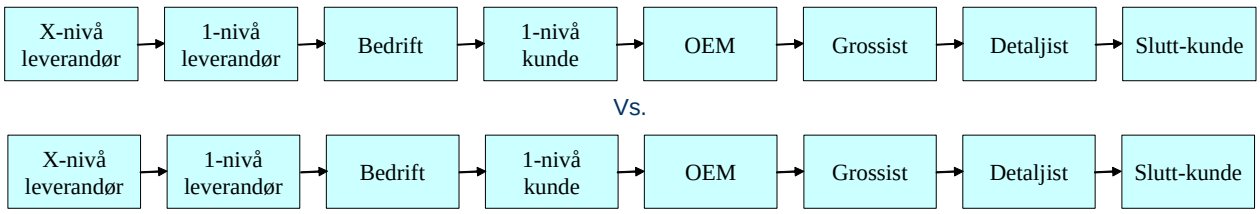
I løpet av de siste 20-30 årene er det blitt utviklet et stort antall ulike tilnærminger til styring for bedre produktivitet og logistikk innen stasjonær industri, både av mer overordnede filosofier eller prinsipper for produksjon, planlegging og styring til mer konkrete verktøy og teknikker. Listen under er derfor lang, men viser likevel bare et utvalg av slike, et utvalg vi mener har mest relevans i forhold til anvendelser innen BAE-bransjen:

- Helhetlig verdikjedestyring/aktørkoordinering
- Nettverksteori/aktørsammensetning
- Kontinuerlig forbedring av samhandling innad i verdikjeden
- Lean manufacturing/agile manufacturing
- Innkjøps- og leverandørstyring
- Vendor Managed Inventory (VMI)
- Design for X
- Concurrent engineering
- Standardisering og modularisering av produkter og komponenter
- Trykk vs sug/kundeordredekoblingspunkt
- Just in Time-filosofien
- Kanban-beordring
- Single Minute Exchange of Die (SMED), reduksjon av omstillingstider
- Otimized Production Technology (OPT)/flaskehalsstyring
- Differensiert styring
- Kvalitetsfilosofi og -sikring
- Kvalitets-/prestasjonsmåling
- Statistisk prosesskontroll

Før muligheten for å overføre disse teknikkene til BAE-bransjen vurderes, er det nødvendig å omtale de viktigste av disse i noe mer detalj slik at vurderingen blir meningsfull (disse omtalene er hentet fra Andersen, Strandhagen og Haavardtun (1998)).

### 4.3 Helhetlig verdikjedetankegang

Ett av de mest synlige områder der stasjonær industri har endret karakter de siste årene er det klare fokus på rollen til hele verdikjeder fremfor enkeltbedrifter og et resulterende fokus på sluttkunden. Dette innebærer et integrert og tett samarbeid langs verdikjeden, fra råvareleverandør oppstrøms i kjeden til såkalte OEM'er (Original Equipment Manufacturer), det vil si merkevareholderen som fremstiller det sluttproduktet som til slutt selges den endelige kunden. Dette samarbeidet er gjerne basert på langsiktige rammeavtaler der spesielt grensenittet mellom aktørene i kjeden er regulert. For å få til en slik koordinert innsats til det beste for sluttkunden har en satset på langsiktig samarbeid og på å bygge opp tillit mellom aktørene. Dette har endret verdensbildet til at det ikke lenger er enkeltbedrifter som konkurrerer om kunden, som er representert ved neste ledd i kjeden (som da typisk er på neste foredlingstrinn), men sammenhengende verdikjeder som konkurrerer mot andre verdikjeder om sluttkunden. Dette er illustrert i Figur 1.




**Figur 1: Verdikjeder konkurrerer mot hverandre om sluttkunde**

Stikkord i slike kjeder har vært samarbeid om blant annet produktutvikling, felles forbedringsarbeid, logistikk og tett utveksling av informasjon og data. Resultatet er at en har redusert mye av grensesnittproblematikken og dermed redusert kostnadene som tidligere var knyttet til for eksempel forhandlinger om hver enkelt bestilling, kvalitetskontroll og rettslige konflikter. I tillegg kommer store operative forbedringer i driften hos både den enkelte aktør i verdikjeden og kjeden som helhet, blant annet gjennom tidlig prognostisering for å avhjelpe kapasitetsplanlegging hos foregående ledd og utstrakt bruk av elektroniske ordrer og integrert planlegging langs kjeden.

Dette har for eksempel bidratt til at kjedene unngår den såkalte Forester-effekten. Forester-effekten er også kjent som piskesnert-fenomenet og er et problem man sterkt prøver å unngå i forsyningskjeder. Økt etterspørsel til siste ledd i kjeden, ofte indusert av kampanjer for enkelte produkter, førte til at økte volumer ble bestilt fra foregående ledd. Siden foregående ledd kun mottok bestillingene, uten noen annen form for kommunikasjon mellom aktørene, ble dette tolket som et tegn på generelt økende etterspørsel. For å sikre seg mot tomgang ble det derfor foretatt bestillinger til enda ett ledd bakover i kjeden. Som følge av liknende vurderinger bakover forplantet ”piskesnerten” seg og vokste stadig i omfang til et punkt langt bak i kjeden der hamstring og produksjon i påvente av den økende etterspørselen resulterte i store beholdninger på lager. Idet sluttleddet avsluttet sin midlertidige kampanje falt imidlertid etterspørselen til normalt nivå igjen, eller gjerne enda lavere på grunn av at mange kunder hadde lagret for fremtiden under kampanjen, og dermed brant man inne med store lagervolumer. Tettere kommunikasjon og integrerte datasystemer langs kjedene unngår i dag i stor grad slik ulogisk adferd. Resultatet er langt bedre helhetlig styring og samlet prestasjonsnivå for verdikjeden.

Helhetlig verdikjedetankegang er i seg selv ikke et entydig begrep eller en teknikk, men snarere en filosofi om samarbeid langs forsyningskjeder. Under dette samlebegrepet finnes det en rekke andre begreper, flere av mer prinsipiell karakter og noen mer konkrete, teknikker:

- Lean og agile manufacturing, på norsk oversatt til noe slikt som slank og smidig produksjon
- Supply chain management, ledelse av forsyningskjeder, eller oftere og oftere demand chain management, ledelse av etterspørselskjeder
- Leverandør- og innkjøpsstyring
- Integrerte styringssystemer, gjerne såkalte ERP-systemer (Enterprise Resource Planning) eller mer dedikerte logistikksystemer
- Vendor Managed Inventory, på norsk leverandørstyrt lager

”Lean” betyr slank eller mager og reflekterer en økt bevisst satsning på å oppnå en så ”mager” produksjon som mulig, det vil si med minst mulig oppbygning av lagre og varer-i-arbeid, både innad i enkeltbedrifter og langs kjeden. Motivasjonen er dels at dette reduserer kostnader i form av kapitalbinding og fare for at produkter blir ukurante innen de forbrukes eller selges, dels at dette øker gjennomstrømningshastigheten i kjeden. Sistnevnte sammenliknes ofte med

vannstrømmen i en elv og vannstanden i den. Elvebunner er normalt ikke jevne, men med groper, steiner og andre ujevnheter langs elveleiet. Ved høy vannstand får disse liten effekt på vannstrømmen i elven, men når vannstanden senkes kommer disse nærmere eller helt opp i overflaten og vil bremse strømningen i elven og skape turbulens og kanskje stryk. Om man bruker vannstanden i elven som en metafor for lagernivåer i en verdikjede, er tanken at høye lagernivåer skjuler slike ujevnheter, representert ved ineffektiviteter, dårlig kommunikasjon, kvalitetsproblemer, osv. Senkes vannstanden, altså lagernivået, kommer disse frem, og skal strømningen opprettholdes må ujevnhetene fjernes, det vil si problemene må løses. I så måte blir slank produksjon et virkemiddel for å avdekke problemer, som i neste omgang selvsagt må løses.

Begrepet ”agile” balanserer slankhetsprinsippet med ”smidig” produksjon, der verdikjeden ikke bare har lave lagernivåer, men samtidig er responsiv og kan ta opp svingninger i etterspørsel. Felles for både slank og smidig produksjon er at de mer er samlebegreper eller uttrykk for en filosofi enn konkrete prinsipper. Det samme gjelder for så vidt for termene supply chain management/demand chain management, selv om det for disse nok finnes en mer omfattende teoriplattform i form av litteratur. Like fullt støtter også disse seg på en samling av teknikker og tilnærminger for blant annet avtaleverk langs verdikjeder, kommunikasjon og beordring mellom aktørene i kjeden og ikke minst IKT-løsninger for verdikjedekoordinering.

Innenfor slike IKT-løsninger har det vært en rivende utvikling det siste tiåret, fra isolerte systemer for områder som lagerstyring, innkjøp, transport, osv. til svært omfattende, integrerte virksomhetssystemer som styrer alle disse funksjonene og flere til. Slike systemer kalles ofte ERP-systemer (Enterprise Resource Planning) og markedet domineres av noen få leverandører, for eksempel SAP, Baan eller Oracle. Noen av disse har sitt utspring i mindre økonomisystemer, andre fra systemer for produksjonsstyring, men felles for dem er at de i dag kontrollerer det meste som rører seg i en virksomhet og ikke minst mellom virksomheter. Aktørene i en verdikjede anskaffer de samme systemene eller i det minste systemer som kan kommunisere gjennom standard formater, og disse systemene håndterer så bestillinger, fakturering, prognoser, osv. ERP-systemer har med rette blitt kritisert for å gripe altfor sterkt inn i måten ulike arbeidsprosesser i en virksomhet utføres på, og innføringen av et slikt system har vist seg å være en meget tung prosess, men det er like fullt et faktum at de har revolusjonert håndteringen av slike logistikkoppgaver og bidratt til en enda tettere integrasjon mellom virksomheter i en verdikjede.

En siste tilnærming vi har valgt å inkludere under denne overskriften med verdikjeder er såkalt leverandørstyrt lager, eller VMI som det ofte benevnes, da vi anser dette for særdeles relevant i forhold til BAE-bransjen. Prinsippet er at leverandøren overtar ansvaret for at det inngående lageret hos kunden forblir innenfor visse definerte beholdningsgrenser. Kunden trenger dermed ikke selv beordre varer, og det påløper ikke kostnader for kunden før det gjøres uttak fra dette lageret. Derimot ilegges leverandøren ofte et straffegebyr dersom kunden opplever manko på lageret. Denne ordningen benyttes primært for nokså standard varer som har en viss omløpshastighet, for eksempel skruer, standard ståldimensjoner eller liknende, ellers ville den være for kostbar. Direkte eller indirekte fører nok ordningen også til at kunden betaler en noe høyere pris for varene, men dette oppveies med klar margin av fordelen med at kunden slipper å tenke på å bestille varer selv. Dermed frigjøres tid og oppmerksomhet til andre logistikk- og planleggingsoppgaver samtidig som man aldri opplever tomgang eller behovet for kostbare hasteordrer for disse varene. For leverandøren gir det også fordeler gjennom mer langsiktige avtaler, bedre innsikt i forbruksmønsteret hos kunden og derigjennom mer forutsigbar etterspørsel.

### 4.4 Standardisering og modularisering av produkter og nye tilnærminger til produktutvikling

Innen stasjonær industri har det vært en klar utvikling i retning av tettere integrasjon mellom produktutviklingsfunksjonen i bedriftene og funksjoner som produksjon, logistikk, innkjøp, osv. Denne trenden startet kanskje så tidlig som utover 1970-tallet ved at man forstod at avdelingene for marked, produktutvikling og konstruksjon ikke alene kunne utvikle produkter. Dersom disse fikk et isolert ansvar for denne oppgaven så man resultater i form av vanskelig forhold for både produksjon, logistikk, vedlikehold av produktene, osv. I stedet etablerte man mer integrerte utviklingsteam der man trakk inn representanter fra senere prosesstrinn i utviklingsarbeidet, slik at disse kan bidra med sin kunnskap, for eksempel om hvordan ulike løsninger for produktutforming påvirker hvor enkelt eller vanskelig det er å montere sammen produktet.

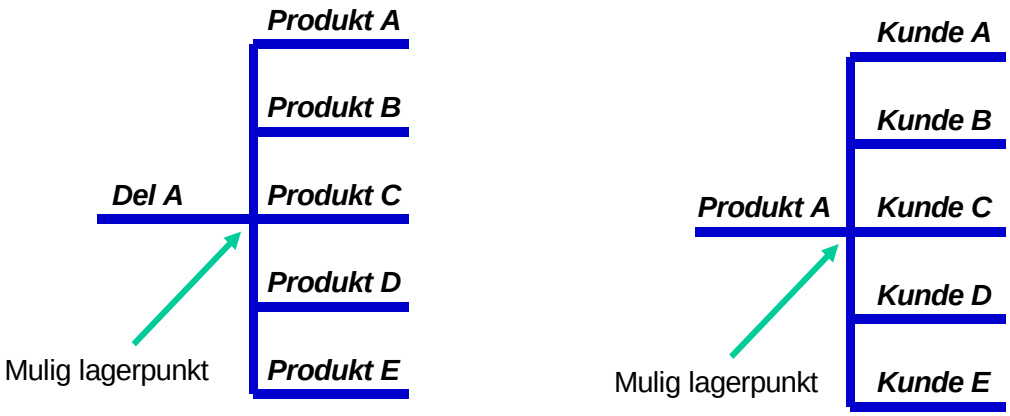
En fellesbenevnelse for bevissthet rundt dette i utviklingsfasen er ”design for X”, der ”X” kan bety alt fra produksjon, montasje, logistikk, resirkulering til vedlikehold av produktet hos kunden. Resultatet har vært produkter som i samme grad ivaretar de markedsmessige hensyn til funksjonalitet, utseende, osv., men som i tillegg er utformet for å gi en effektiv produksjon, emballering, logistikk, osv. Mest overraskende har det kanskje vært at de forhold produksjons- eller logistikkekspertisen i slike team har ønsket å endre på ofte har vært mer eller mindre detaljer som produktutviklerne ikke har skjønt konsekvensene av og som ofte i svært liten grad har hatt negativ innvirkning på produktets egenskaper.

Mest kjent av disse begrepene er nok ”design for manufacturing” eller ”design for produksjon”, og dette har gitt opphav til et liknende konsept innen BAE-bransjen, ”design for construction” eller ”design for bygging” på norsk. Dette vil vi se nærmere på etter hvert i rapporten. Et annet vanlig begrep er såkalt concurrent engineering, som i tillegg til å ha bedre produkter som målsetning også har redusert utviklingstid og kortere ”time to market” som et hovedmål. Ved den gamle tilnærmingen til produktutvikling foregikk det en sekvensiell prosess der markedsavdelingen utviklet produktønsker, produktutviklingsavdelingen konverterte disse til funksjonelle spesifikasjoner, konstruktører lagde tekniske løsninger av disse, produksjonsforberedelsesavdelingen måtte utvikle produksjonsprosesser for disse, produksjonen fremstille produktene og til slutt måtte markedsavdelingen selge det som kom ut av fabrikken. En slik sekvensiell utvikling legger for det første opp til at misforståelser vil skje underveis ved at ett ledd ”kaster over veggen” sitt delprodukt til neste ledd uten at etterfølgende ledd får innblikk i tenkningen bak hva man har gjort. For det andre tar en slik prosess lang tid, og concurrent engineering har blitt svaret, der concurrent kan oversettes til samtidig eller parallell. Ved at alle disse ekspertene sitter sammen i integrerte team og utvikler både produkt og produksjonsprosess komprimeres prosessen i tid og en unngår denne kastingen over veggen. Resultatet har vært betydelig redusert utviklingstid og bedre produkter.

Ett annet viktig trekk ved produkter i stasjonær industri har vært en bevisst satsning på standardisering av både inngående komponenter og produkter. Dette har vært ledd i en strategi for å redusere kompleksiteten i produksjon og logistikk, lette styringen og ikke minst legge til rette for industrialisering og masseproduksjon. Et viktig stikkord i så måte har vært modularisering av produkter slik at man ved å sette sammen standard komponenter i ulike konfigurasjoner kan skape et stort antall produktvarianter uten å måtte lage nye deler eller komponenter.

I mer akademiske termer defineres dette som å utnytte såkalte T-punkter i produkter og produksjonsprosesser. Et T-punkt defineres som et punkt i logistikkflyten der en standard komponent fordeles til flere ulike produkter eller et standard produkt fordeles til flere ulike kunder, som vist i figuren under. Et meget godt eksempel på utnyttelse av T-punkt finner vi i malingsbransjen. Tidligere lagret man et stort antall ulike farger i ulike boksvolumer i

malingsbutikkene rundt om i landet, med store krav til både lagringsplass, kapitalbinding og fare for ukurans. I dag vet vi at maling blandes i butikken basert på et lite antall grunnbaser. T-punktet er dermed flyttet fra malingsfabrikken til butikken og med enorme konsekvenser for kompleksiteten i logistikken. Tilsvarende effekter er oppnådd for mange andre typer produkter, alt fra innen møbler der kundespesifikke kontorpulter monteres sammen på regionale lagre fra standard komponenter (i stedet for å produseres fra bunnen av i fabrikken som en kundespesifikk pult) til PC'er der kundene kan spesifisere i detalj hvilke komponenter man ønsker i sin maskin gjennom å velge fra en liste over tilgjengelige komponenter, og der PC'en så monteres kundespesifikt ut fra et standard komponentlager. I alle eksemplene er resultatet mindre lager, mindre varer-i-arbeid og enklere styring gjennom at man forskyver tidspunktet der et produkt blir kundespesifikt lengst mulig ut i tid og dermed oppnår at færre spesifikke ordrer må håndteres.

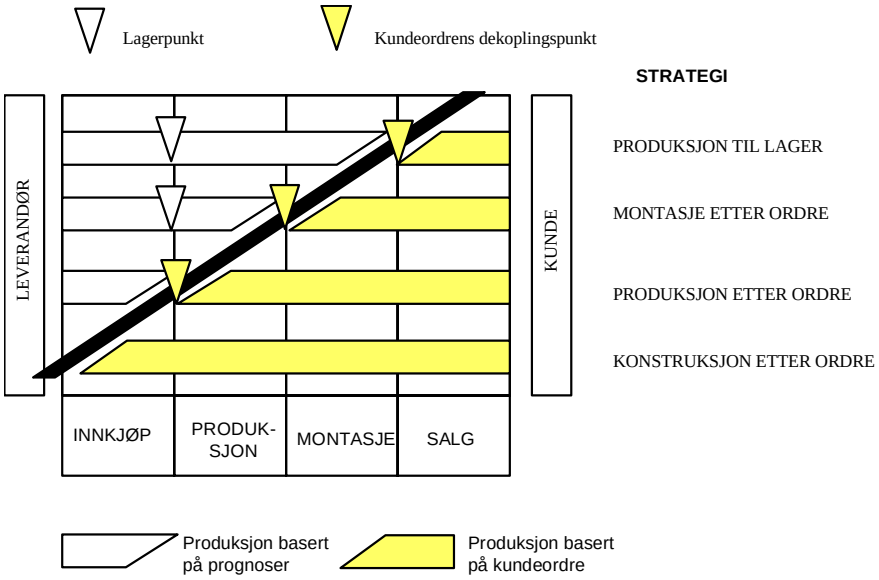



**Figur 2: Illustrasjon av T-punkt**

Et annet begrep knyttet til T-punkter er det såkalte "kundeordredekoplingspunktet". Generelt kan vi si at det finnes fire ulike situasjoner med hensyn til hvor produksjonen går fra å være generell til å bli ordrespesifikk:

- Produksjon til lager. Her er det kun aktivitetene etter at salget er foretatt som er ordrespesifikke, det vil egentlig si bare distribusjonen til kunden. Et eksempel er tv-apparater.
- Montasje etter ordre. Deleproduksjon er her felles for mange ulike produkter, men disse settes sammen til kundespesifikke produkter, for eksempel kontorstoler.
- Produksjon etter ordre. Både deleproduksjon og montasje skjer her faktisk kun etter mottak av en kundeordre. Typisk gjelder dette litt mer kompliserte produkter som pumper, kraner, osv.
- Konstruksjon etter ordre. Produktet konstrueres her fra grunnen av som følge av en konkret kundeordre. Slike produkter er typisk større prosjektleveranser som skip, plattformer, osv.

Figur 3 illustrerer disse fire ulike situasjonene og hvordan det som skjer før dekoplingspunktet er basert på prognoser, ofte kombinert med interne mellomlagre av deler eller ferdigvarer.




**Figur 3: Dekoplingspunkt for kundeordre**

De fleste produsenter har ulike strategier for hvert produkt eller hver produktfamilie. Det er viktig at ordrens dekoplingspunkt er klart etablert for hver produkttype. Strategien som velges, er avhengig av forskjellen mellom etterspurt leveringstid i markedet og intern gjennomløpstid.
I realiteten endres kundeordrens dekoplingspunkt over tid. Det er ikke uvanlig at produkter produseres etter kundeordre i starten av produktets livssyklus. Etter at produktet har vært på markedet en tid, øker etterspørselen, og produktet blir et standardprodukt. Da endres strategien, og produktet produseres uavhengig av kundeordrer. En "ideell" situasjon ville være å kunne produsere bare det som en kunde hadde bestilt, og som vi var sikker på å få betalt for. Det er prinsipielt to argumenter mot dette:

- Det blir for dyrt
- Det går for sent og leveringstiden blir for lang

Dette ville nemlig kreve ekstremt høy kapasitet for å kunne takle alle svingninger i etterspørselen. Og det finnes utallige eksempler på at det er for sent å begynne produksjonen etter at "salget" er gjort. Man blir ikke ferdig i tide. Et banalt eksempel er juleølproduksjon. Når etterspørselen tar av i desember, er det altfor sent å sette sats! Løsningen blir derfor å produsere i et antall på forhånd, mot et lager eller buffer, enten basert på prognoser eller direkte mot et nivå på lager eller buffer.
Litt forenklet sagt blir derfor kunsten å legge opp et styringssystem hvor man legger seg så langt mot høyre i figuren som mulig (kostnadsreduserende), men hvor kundene får en ytelse som oppfattes å ligge langt mot venstre. Dette forutsetter selvsagt at man har et tilrettelagt opplegg for å minimere lagre, styringskostnad, osv. gjennom hele kjeden.

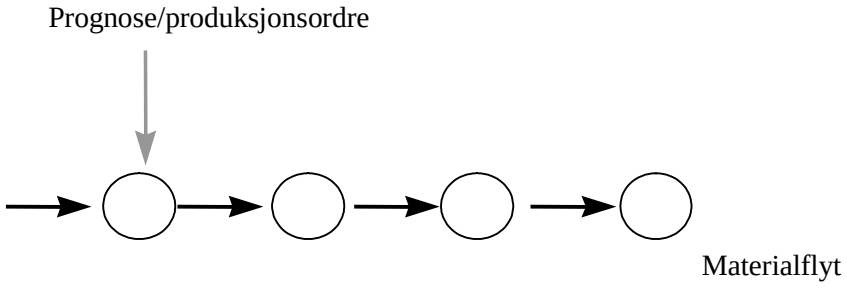
Grunnlaget for å få til gode løsninger ligger for en stor grad i produktene. Klarer man å utvikle produkter basert på moduler og standardløsninger, som likevel gir rom for kundespesifikke valg, er mye oppnådd. Dette er virkelig en av de sterke trendene for tiden, og metoden har sågar fått et eget navn; masseprodusert skreddersøm.

En annen effekt av dette er at det blir færre standardkomponenter og hver av disse brukes i et større antall. Dette gir raskt et grunnlag for å vurdere mer industriell produksjon av komponentene. Ved økende volum kan automatiseringsløsninger vurderes og fremstillingen av slike inngående elementer kan fort gå fra å være håndverkspreget til å bli industriell. Dette er

selvsagt volumavhengig også i stasjonær industri, men ofte et grunnlag for industrialisering og dermed kostnadsreduksjon.

### 4.5 Sug- versus trykkbasert produksjonsstyring, japansk produksjonsfilosofi

Kort fortalt finnes det to grunnleggende styringsprinsipper for produksjon, basert på et ”trykk” av varer gjennom produksjonen eller et ”sug” av varer gjennom produksjonen. Historisk sett har trykkprinsippet vært det dominerende, basert på man trykker ordrene gjennom produksjonssystemet. Det betyr at produksjonsstart av nye ordrer initieres av en kalkulert produksjonsplan. Figur 4 illustrerer prinsippet; en ny ordre plasseres i verdikjeden, og varene trykkes fremover i verdikjeden til siste arbeidsoperasjon.



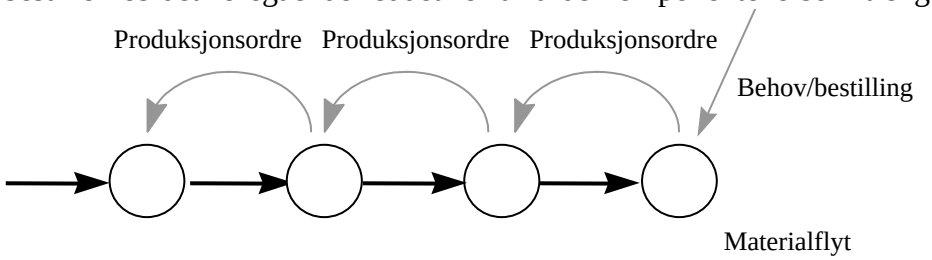

**Figur 4: Illustrasjon av trykkbasert produksjonsstyring**

I utgangspunktet er trykksystemet et rent produksjonsordrebasert system. Dette betyr at ingen aksjon settes i gang i systemet før en ordre er initiert. Når produksjonsordren plasseres foran verdikjeden, blir gjennomløpstiden vanligvis svært lang. Siden ingen komponenter kan gå videre til neste operasjon før alle inputfaktorer er klare, kan én enkelt manglende komponent forårsake kritisk forsinkelse for et helt system. Med mindre kjeden består av svært få ledd eller svært lang ledetid godtas, er et produksjonssystem hvor kundeordren er lik produksjonsordren av liten interesse. En vanlig løsning er å lage prognoser for etterspørselen og basere produksjonen på prognosene. Tidshorisonten på etterspørselsprognosene er avhengig av gjennomløpstiden. Prognoser med lang tidshorisont involverer stor usikkerhet. For å motvirke usikkerheten i prognosene anvendes ofte lagre til å glatte etterspørselen. Når den reelle etterspørselen er større enn etterspørselen i prognosene, tas produkter eller komponenter fra lageret. Da lagre binder kapital, kan ikke alle komponenter og produkter være på lager til enhver tid. Lagernivået må være et kompromiss mellom kapitalkostnader og kostnaden med å gå tom på lageret. Derfor kan ikke bruk av lager helt oppveie usikkerheten i prognosene. Det er alltid en mulighet for å gå tom på lageret.

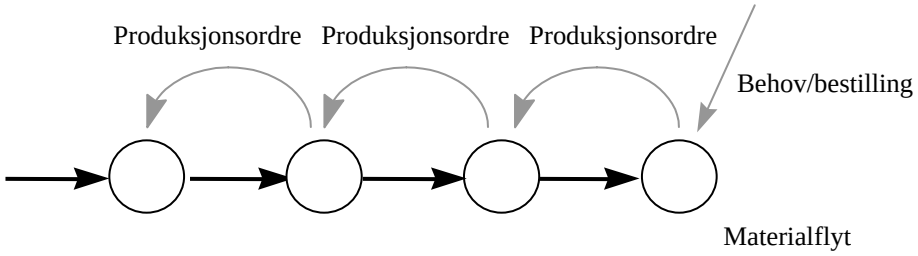
Trykkprinsippet ble etter hvert fundamentert inn i datidens IT-løsninger, de såkalte MRP-systemene, der produksjonsplanleggingen bygget på dette. Resultatet var nettopp at produksjonstiden ble veldig lang, det var høye lagernivåer og dermed høye kostnader. Utover 1980-tallet fant man et alternativ ved at det nærmest ble vanlig å valfarte til Japan for å studere den japanske tilnærmingen til produksjonsstyring, utviklet og ledet an av Toyota. Her var sugprinsippet dominerende.

Sugprinsippet er basert på at hvert ledd i produksjonskjeden selv beordrer de materialer og ressurser de trenger. Ferdige produkter beordres fra siste ledd i kjeden. Deretter må dette leddet

bestille hos det foregående leddet for å få de komponentene som trengs. Prinsippet er illustrert i




Figur 5, og resultatet er at ingen deler produseres før et behov fra neste ledd er fastslått, og på denne måten "suges" produktene gjennom verdikjeden. For å kunne takle variasjon i behovet opererer man nesten alltid med buffere ved flere ledd i kjeden. Sugprinsippet forholder seg i utgangspunktet ikke til kundeordrene. Det er kun i siste ledd, ferdigvarelageret, at kundeordren får direkte påvirkning på produksjonen. Alle andre steder er det kun indirekte påvirkning fra kundeordren.




**Figur 5: Illustrasjon av sugbasert produksjon**

I praksis må det derfor være bufferlagre ved hvert beordringspunkt mellom operasjonene i kjeden. Dette gjør hver beordringssløyfe til et uavhengig system. Leddene i kjeden må selv opprettholde bufferne, og etterspørselen fra neste ledd i kjeden kan tilfredsstilles fra bufferlageret. Resultatet blir at ledetiden i produksjonen bare vil bestå av gjennomløpstiden for det siste leddet i kjeden.

En viktig forskjell mellom trykk og sug er at et sugsystem ikke krever en langtids produksjonsplan. Ordrer tilfredsstilles av bufferlagre, som i sin tur frigjør et sug bakover i kjeden. I trykksystemet må etterspørselen etter ferdige produkter være kjent en viss tid på forhånd (tilsvarende gjennomløpstiden). For å tilfredsstille krav om kortere leveringstid enn gjennomløpstiden, må bedrifter basere produksjonen på prognoser, som kan være usikre. Derimot er det velkjent at et sugsystem ikke er veldig godt egnet for situasjoner der etterspørsel etter produkter eller typen produkter varierer i særlig grad. Derfor ser man ofte i praksis at bedrifter kombinerer sug og trykk.

En praktisk løsning er å dele prosessen inn i uavhengige og avhengige operasjoner (som er avhengige av spesifikke kundeordrer). De operasjonene som er avhengige av spesifikke kundeordrer styres ved et trykkprinsipp, mens de uavhengige operasjonene bruker et sugprinsipp for å tilføre "trykk-kjeden" komponenter. Denne kombinasjonen drar fordelene fra begge systemer. Selv om vi antar at det ikke er noen buffere i trykksystemet, vil den totale gjennomløpstiden reduseres til gjennomløpstiden av de avhengige operasjonene. Hvis etterspørselen etter komponenter fra sugkjedene og inn i trykkjeden er relativt jevn, vil det støttende sugsystemet fungere godt. Dette kombinasjonsprinsippet er også velegnet for å kombinere med T-punktene nevnt tidligere, der for eksempel PC-montasjen er trykkstyrt mens komponentproduksjonen er sugstyrt.

Den sugbaserte, japanske tilnærmingen benevnes ofte Just-in-Time. Just-in-Time er i seg selv et omfattende konsept som også dekker forhold som kvalitet, operatørmedvirkning, forbedringsarbeid, omstillingstider, osv. Noe av dette er også relevant i en BAE-sammenheng, men vi anser at det primært er det sugbaserte prinsippet, som en kontrast til det trykkbaserte, som er interessant i dette tilfellet. Knyttet til dette er det også behov for å nevne såkalt kanban-beordring og SMED.

Kanban betyr kort, og kortene er et sett av ordrer som til enhver tid befinner seg ute i produksjonssystemet. Kortet er tilknyttet en mengde av en komponent og representerer en form for lageroversikt. I det øyeblikket komponentene forbrukes blir kortet sett på som en automatisk bestilling som suger til seg komponenter fra foregående ledd. Dette skjer ved at kortet sendes til dette foregående leddet.

I kanban-systemet ved Toyota brukes det kanban-kort for å signalisere til den foregående operasjon at man trenger flere komponenter. I bedriftene kan man benytte andre slags informasjonsgivere for denne oppgaven, som for eksempel datamaskiner i nettverk, ringesignal, lamper som tennes, hendel som slås over, kombinasjon av røde og grønne lys, osv. Det eneste som er viktig i et slikt system, er at de produserende enheter får et signal fra den etterfølgende arbeidsstasjon når denne trenger flere komponenter. Et eksempel på en annen type informasjonsbærer finner vi ved Kawasaki-fabrikken i USA, hvor transportenheten også er informasjonsbærer. De har standardiserte transportenheter for bensintanker hvor det er plass til et gitt antall tanker. Når denne ankommer til det stedet som lager tankene, vet man der at man skal produsere og sende et bestemt antall tanker tilbake til dem som monterer tankene.

Et kanban-kort fungerer som en ordreseddel og følgeseddel og utløser tilvirkning på samme måten som i et bestillingspunktsystem. En av de store forskjellene fra andre styringsprinsipper er at produksjonsordren, kanban-kortet, blir brukt igjen og igjen. De sterkeste sidene kanban-systemet har ovenfor trykksystemene, er at det bare produseres produkter det er behov for. Suget etter komponenter binder operasjonene sammen, noe som åpner mulighetene for lavere lagernivå totalt i bedriften. Andre positive sider ved kanban er:

- Systemet er rimelig, siden det ikke krever en omfattende stab av utøvere og utstyr for informasjonsbehandling for å kunne fungere. Styringskostnadene er lave.
- Kontrollen med lagrene i kanban-systemet skjer automatisk ved kanban-kortene, mens det i trykksystemene ofte er nødvendig med vareopptellinger med jevne mellomrom. Derfor gir kanban-systemet mindre arbeid med å dokumentere hva som er lagret.
- Kanban-systemet er raskere til å svare på endringer i produksjonslinjen enn trykksystemer. I et trykksystem er det nemlig i utgangspunktet ingen automatikk som sier fra om en etterfølgende prosess stopper opp. Det er det derimot i et sugsystem, og hele produksjonslinjen bak vil stoppe ved slike problemer.
- Siden det bare tilvirkes deler det er behov for, er det ingen fare for overproduksjon. Dersom det blir vrak i produksjonen, initieres et nytt sug etter deler som skal erstatte de ødelagte delene.
- Oversikten for operatørene i produksjonslokalene blir bedre siden de ved hjelp av kanban-kort og prioriteringsreglene hele tiden vet hva, hvordan, hvor mye og når de skal produsere. Det blir slutt på “hasteordrer og brannslukking” når vi innfører kanban-kort.
- Kanban er enkelt og lett å forstå. Alle kan se hva som skjer, og kan derfor påvirke utviklingen. Derfor øker også fleksibiliteten. Den økende oversikten gjør at mange synes at kontakten mellom planlegging og produksjon har blitt bedre. Systemet fungerer bra internt.

Selv om det har en rekke fordeler, har også kanban vesentlige ulemper i forhold til trykksystemene. Det er vanskelig å fremskaffe effektive sugmekanismer når det er mange forskjellige produktvarianter. Årsaken er at kanban-systemene bygger på en viss etterspørsel slik at produksjonen må foregå med noenlunde jevne mellomrom. Små serier av produkter som kanskje bare tilvirkes én gang i året, gir derfor et dårlig utgangspunkt for sug. Likevel kan kanban-kort ha en fordel i en slik situasjon, nemlig at produksjon vil starte ved en gitt restmengde (visuelt) og ikke på impuls fra et MPS-system.

Et siste aspekt vi vil nevne i forbindelse med japansk produksjonsfilosofi er at slike sugbaserte systemer, inkludert kanban-systemer, er sårbare spesielt for kvalitetsproblemer, der produkter må vrakes, og lange omstillingstider. På en idealistisk måte uttrykkes dette som at man forlanger ”0 feil, 0 omstillingstid”, osv. Spesielt kort omstillingstid er viktig da sugbaserte systemer normalt fører til mindre seriestørrelser, i sin ytterste konsekvens til en seriestørrelse på én. Dette håndteres ved den såkalte SMED-metoden (Single Minute Exchange of Die), en teknikk for å redusere omstillingstider. Hensikten er først og fremst å utvikle den nødvendige fleksibilitet for å fange opp variasjonene i etterspørsel samt å kunne levere Just in Time uten bruk av lagre som buffere. Et annet sentralt moment, som ofte fremheves, er effekten på kvaliteten. SMED-metoden innebærer sikrere løsninger når det gjelder innkjøring, og kombinert med økning i hyppighet av omstillinger gir dette en svært positiv effekt på vrakprosenten i innkjøringsfasen.

Målet for omstillingsarbeidet er at omstillingene skal være så effektive at man kan se bort fra konsekvensene ved bestemmelse av ordrestørrelse. Reduksjon av omstillingstiden er i utgangspunktet et middel for å kunne gjennomføre de øvrige tiltakene innen JIT. Produktivitetsgevinsten kan selvsagt hentes ut i sparte timeverk som følge av omstilling, men er først og fremst tenkt reinvestert i øvrige tiltak.

I sum har all forskning på dette området vist at man med den japanske tilnærmingen til produksjon, som i dag også er svært utbredt i resten av verden, oppnår store fordeler som raskere gjennomløpstid, kortere responstid overfor kunder, lavere kapitalbinding og en mer oversiktlig produksjonsstyring og logistikk.

### 4.6 Flaskehalsstyring/OPT

OPT, eller Optimized Production Technology, ble ”oppfunnet” av fysikeren Eli Goldratt i Israel tidlig på 1980-tallet. Slik Goldratt utviklet OPT består det av flere elementer, både en grunnleggende måte å betrakte produksjon på, et sett med konkrete regler for hvordan produksjonen bør styres og en programvarepakke for produksjonsstyring. I ettertid er det de mer grunnleggende tanker som har vist seg mest overlevelsesdyktige, der flaskehalser er det sentrale poenget.

Et produksjonssystem består av produksjonsressurser som brukes til å transformere råvarer til ferdigvarer. Produksjonsressurser er alt som kreves for å produsere ferdigvarer, for eksempel maskiner, operatører, plass, utstyr, osv. Alle ressurser kan klassifiseres som én av to typer:

- Flaskehals, som har en kapasitet mindre eller lik etterspørselen etter denne ressursen fra markedet. En flaskehals kan defineres som et punkt eller lager i produksjonsprosessen som begrenser mengden av produkter som en fabrikk kan fremstille.
- Ikke-flaskehals, som har en kapasitet som er større enn etterspørselen etter denne ressursen fra markedet.

Konsekvensen av denne enkle betraktningen er at alle ikke-flaskehalser har overkapasitet! Tolket til sin ytterste konsekvens vil dette si at man kan konsentrere planleggingen og styringen rundt

flaskehalsen(e) og la de andre ressursene ”seile sin egen sjø”. Ut fra et slikt perspektiv kan man differensiere styringen til å detaljplanlegge produksjonen på flaskehalsressurser og ”suge” produksjonen gjennom de andre ressursene, der det da er overkapasitet. De ti såkalte OPT-regler utdyper dette noe nærmere og sier også noe om seriestørrelser, utnyttelse av ressurser, osv. Disse er listet opp under, men vi har valgt å ikke forklare disse i noe mer detalj:

- Utnyttelsen av en ikke-flaskehals er ikke bestemt ut fra ressursens egne potensialer, men ut fra en begrensning et annet sted i systemet.
- Utnyttelse av og aktivitet for en ressurs er ikke det samme.
- En time tapt i en flaskehals er en time tapt for hele systemet.
- En time spart i en ikke-flaskehals er en illusjon.
- Flaskehalser bestemmer både omsetning og beholdning i systemet.
- Seriestørrelsen for transport trenger ikke være lik seriestørrelsen for tilvirkning, og ofte bør den heller ikke det.
- Seriestørrelsen for tilvirkning bør kunne variere, både mellom de forskjellige ressurser og over tid.
- Prioriteter kan bare bestemmes ved at man tar hensyn til alle begrensninger i systemet samtidig. Gjennomløpstider er et resultat av planen.
- Balanser materialflyt, ikke kapasitet.
- Summen av lokale optima er ikke lik det totale optimum.

En slik differensiert styring, ut fra et flaskehalsperspektiv, kan også gjøres for produkter. Dette benevnes gjerne ABC-analyse og består i å gruppere produkter ut fra kriterier som kostnad, kritikalitet eller gjerne såkalt volumverdi. Volumverdi er produktet av omløpsvolum i løpet av et år og verdien på komponenten eller produktet. Tanken er at produkter med høy volumverdi eller ut fra et annet kriterium klassifiseres som A-produkter, medium som B og lav som C. Typisk vil man finne en form for 80/20-fordeling der 20 % av produktene utgjør 80 % av volumverdien. Differensiert styring betyr da at man detaljstyrer A-produktene, gjerne ved individuell oppfølging for å sikre at disse ikke ødelegges, blir borte eller forsinkes. I andre enden av skalaen kan man tillate seg å ha slakkere styring av C-produktene og gjerne godta høyere lagernivåer for å være sikker på at man ikke går tom, det koster likevel ikke så mye i kapitalbinding.

### 4.7 Kvalitetsfokus og forbedring

Den siste overskriften, som har vært svært viktig for den rivende utviklingen vi har skissert innen stasjonær industri, er satsningen på kvalitet i alle ledd. I dag er kvalitetssikring og fokus på å gjøre ting riktig første gang så velkjent i hele samfunnet at det nærmest er blitt en spøk, men samtidig skyldes nok dette at kvaliteten på produktene vi omgir oss med har økt så dramatisk de siste par-tre tiårene at vi egentlig ikke tenker så mye over det lenger. Mens forrige generasjon bilkjøpere sjelden ville vurdere å kjøpe en bil som var kjørt over 100.000 km, regnes en bil i dag knapt for innkjørt ved denne kjørelengden. Vi forventer at vaskemaskinen skal virke når vi kjøper den og fortsette å gjøre det i mange år, tross sterkt økt funksjonalitet og ytelse i forhold til ”før i tiden”. Ikke bare er dette viktig for oss som kunder, men også et meget viktig grunnlag for ”moderne prinsipper” for produksjon, feilproduksjon ødelegger mulighetene for effektivisering.

Gjennom TQM, eller total kvalitetsledelse på norsk, har industrien innført en rekke prinsipper og verktøy for å sikre kvaliteten langs hele produksjonskjeden. Ikke minst er man blitt langt mer bevisst på å måle kvalitet/prestasjon i hele produksjonsprosessen og dele disse resultatene innad i bedriften og langs verdikjeden. Analyse av slike data gjøres for å skape kontinuerlig forbedring. Resultatet er, som nevnt, bedre kvalitet, men også lavere kostnader.

# 5 Vurdering av overføring av praksis fra stasjonær industri til bygg og anlegg

Med de ekstreme forbedringer stasjonær industri har oppnådd innen produktivitet og logistikk blir et naturlig spørsmål om noen av de metodene som der er benyttet kan overføres til BAE-bransjen? Det er selvsagt naivt å tro at ikke denne tanken er tenkt mange ganger tidligere – dette er ikke lukkede verdener der kommunikasjon på tvers mellom bransjer er forhindret. Det er også et faktum at deler av det som utgjør BAE-bransjen inkluderes også i det som omtales som stasjonær industri (eks leveringskjeder til entreprenørene). I tillegg vandrer folk mellom bransjene og erfaringer rapporteres i faglitteratur og media. Aktører i BAE-bransjen har derfor selvsagt innsikt i hva stasjonær industri har foretatt seg de siste tiårene noe som også er tydelig gjennom forsøk på å tilpasse metodikk, for eksempel lean manufacturing til lean construction, design for manufacturing til design for construction, osv. Evalueringer av slike forsøk gir varierende svar, og det er i hvert fall åpenbart at bygg og anlegg ikke har klart å skape noe i nærheten av den samme produktivitetsveksten som stasjonær industri.

Ergo er det fortsatt fristende å vurdere en slik overførbarhet, og i den grad dette kan gi noe nytt utover tidligere forsøk på det samme tror vi dette kan være knyttet til et helhetsperspektiv. Er det noe vi har lært fra mangeårig arbeid med stasjonær industri er det at de virkelig store gevinstene kommer som en følge av at en rekke ulike tiltak spiller på lag og understøtter hverandre i ”gode sirkler”. Først når fysisk layout på fabrikken stemmer med organisasjonsform og produksjonsfilosofi og styringsmodell er i tråd med disse kommer de virkelig signifikante resultatene. Beskrivelsene av de ulike elementer fra stasjonær industri i kapittel 4 burde også demonstrere at dette er en helhet av tilnærminger som konvergerer.

Dette kapittelet vil ta for seg de tilnærminger beskrevet i kapittel 4, i samme rekkefølge som i det kapittelet, og kritisk vurdere hvorvidt de synes relevante å overføre til BAE-bransjen. Vurderingene vil følge disse punktene:

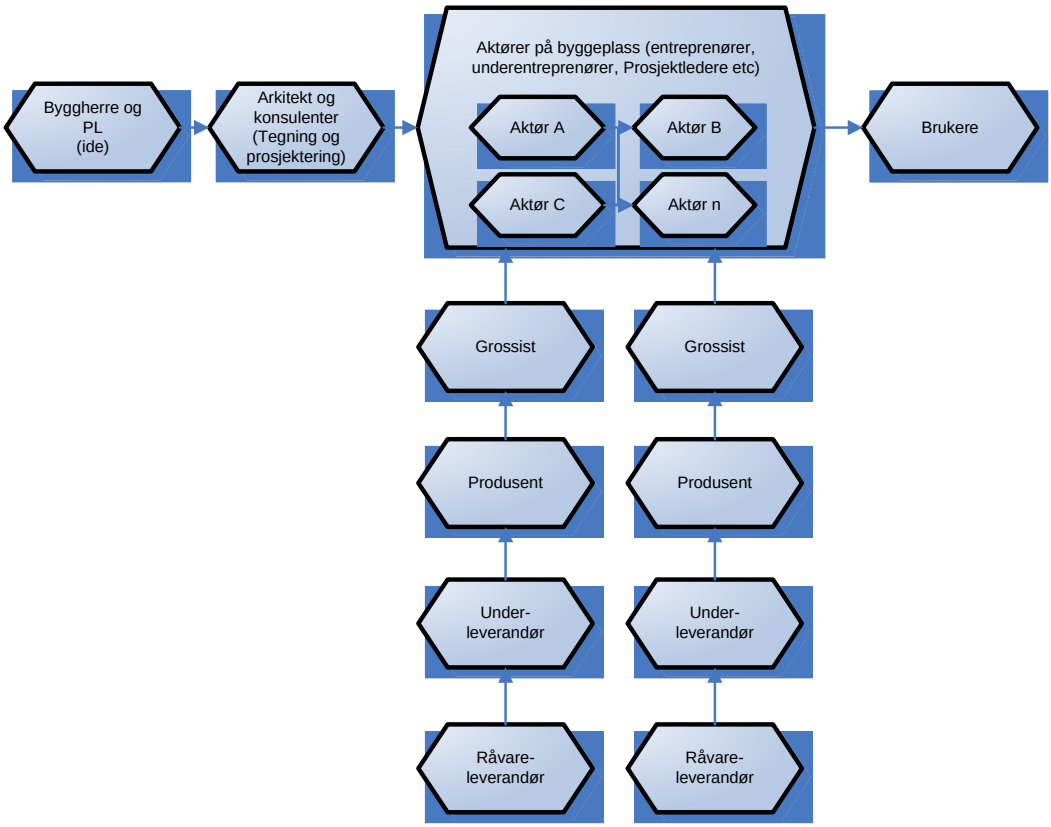
- Det grunnleggende spørsmålet; synes overføring å være relevant?
- Om ja, kan tilnærmingen overføres slik den praktiseres i stasjonær industri eller må den tilpasses, og i så tilfelle på hvilken måte? Og om nei, er det mulig å benytte elementer av tilnærmingen i BAE-bransjen eller gjøre tilpasninger slik at overføringseffekter kan oppnås?
- Ved antatt overføringsmulighet, hvilke gevinster kan dette forventes å gi, og for hvem i bransjen?

Mer konkrete beskrivelser av de tiltak som vurderes som relevante og til å gi positive gevinster vil så presenteres i kapittel 7 sammen med tiltak identifisert gjennom caseprosjektet og intervjuer.

## 5.1 Helhetlig verdikjedetankegang

Dette er kanskje det mest markante endringstrekket ved stasjonær industri og som har endret mye av grunnlogikken i hvordan aktørene i bransjen opptrer. Det å tenke hele verdikjeder og det dette medfører i form av samarbeid, tillit, integrasjon, osv. er et viktig grunnlag også for mange av de andre tiltakene som har vokst frem i industrien. Overførbarhet av verdikjedetenkning er derfor et essensielt spørsmål.

I et byggeprosjekt kan man se for seg én horisontal verdikjede og flere vertikale verdikjeder som er koplet sammen, som vist i Figur 6.

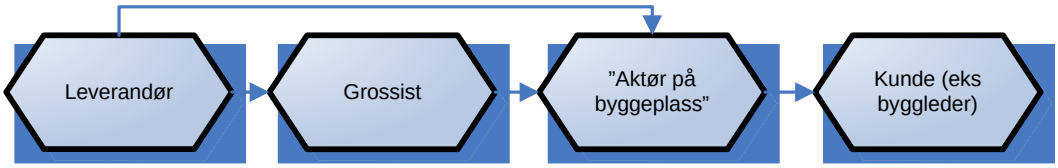



**Figur 6: Horisontale og vertikale verdikjeder i BAE-bransjen**

Den horisontale verdikjeden er egentlig en kombinasjon av de aktører som opptrer og de ulike fasene i et byggeprosjekt; idéfase – utviklingsfase – byggefase – driftsfase. De vertikale verdikjedene er material- og informasjonsstrømmer inn til, og ut fra, de ulike aktørene på en byggeplass.

### 5.1.1 Vertikale verdikjeder

Dette er verdikjeder som består eksempelvis av råvareleverandør, underleverandør, produsent, grossist og aktør på byggeplass (for eksempel elektroinstallatør).




**Figur 7: Vertikal verdikjede – Fra leverandør til byggeplass**

Første del av denne kjeden (leverandør, grossist og "aktør på byggeplass") er i realiteten stasjonær industri. Leverandørleddet er tatt med da enkelte varer ikke går gjennom grossisten, men går direkte fra leverandør til aktør på byggeplass (for eksempel isolasjon). Sluttkunden i denne verdikjeden kan være byggherren, representert ved byggeleder, eller entreprenøren, representert ved anleggsleder, men dette varierer fra verdikjede til verdikjede. I verdikjeden utveksles det materialer (også returvarer) og informasjon. Da "aktør på byggeplass" ofte er spesialisert på sitt område betyr dette at verdikjeden er tilnærmet likt i hvert prosjekt. Selve byggeplassen varierer

derimot fra prosjekt til prosjekt, både når det gjelder geografi og utforming. I tillegg varierer ofte kunden fra prosjekt til prosjekt.

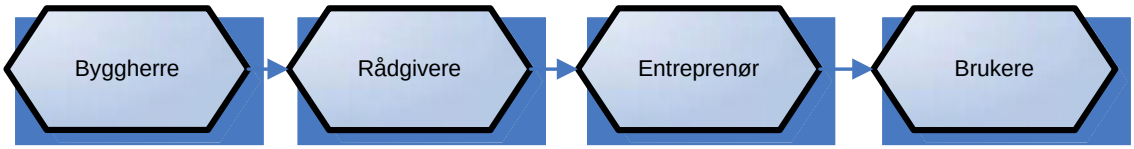
Likevel gjør dette at en slik verdikjede er rimelig lik det vi finner i stasjonær industri. Forholdene burde derfor ligge godt til rette å benytte seg av prinsipper fra stasjonær industri når det gjelder logistikk. Dersom en ser bort i fra det siste leddet, legger ikke lovverket hindre i veien for å søke langsiktig samarbeid mellom aktørene.

Målet for aktørene i disse verdikjedene må være å optimalisere flyten av varer og informasjon.Dersom en lykkes med dette, vil det også komme hele prosjektet til gode og dermed sørge for at sluttkunden for hele prosjektet blir fornøyd. For selve verdikjeden det gjelder, kan denne tjene på å bli en attraktiv part å ha med i senere prosjekter gjennom for eksempel å levere i tide.

Forbedringer kan gjøres ved hjelp av de fleste forbedringsprinsipper fra stasjonær industri, blant annet helhetlig verdikjedetenkning, standardisering og modularisering av produkter og nye tilnærminger til produktutvikling, flaskehalsstyring/OPT og kvalitetsfokus og -forbedring.

### 5.1.2 Horisontal verdikjede

Den horisontale verdikjeden er egentlig ikke en verdikjede, men aktørene som virker inn i de ulike fasene i et prosjekt.




**Figur 8: Horisontal verdikjede – fra byggherre til bruker**

Det viktigste som kopler aktørene sammen er strømmen av informasjon (bl.a. dokumenter). Det er derfor vanskeligere å se for seg hvordan prinsipper fra stasjonær industri kan benyttes for å forbedre denne. I offentlige prosjekter fører også lovverket til at det ikke er mulig å benytte seg av mye av faste leverandører. I tillegg gjør det store antall aktører det vanskelig å enes om forbedringer. Vi tror likevel det er enkelte ting som kan benyttes direkte inn i den horisontale verdikjeden. Dette er spesielt:

- Flaskehalsstyring/OPT – både på spesielle operasjoner og når det gjelder kritisk vei.
- Kvalitetsfokus og forbedring

Vi tror derimot de viktigste grepene når det gjelder den horisontale verdikjeden ligger i prosjektledelsesfaget: planlegging, koordinering, oppfølging og avvikshåndtering. I sin enkleste versjon betyr dette å ha kontroll på parametrene tid, kostnad og kvalitet. Dette virker muligens banalt, men vi mener at BAE-bransjen fortsatt har mye å hente på dette.

Tiltak som kan tenkes her er:

- Gi mindre slakk til den enkelte aktør.
- Organisering.
- Trekke de ulike aktørene inn i prosjektet til rett tid.

### 5.1.3 Diskusjon

Verdikjedeperspektivet i stasjonær industri har utviklet seg i takt med endrede markedskrav og stadig større konkurranse i form av at markeder har blitt mer globalisert. Produsenter i stasjonær industri har møtt stadig sterkere konkurranse fra land/områder som før, bokstavelig talt, var en verden borte. Som et av svarene har man i stasjonær industri fått en stadig mer profesjonalisert holdning til hvordan bruk av verdikjeder kan øke den enkelte deltakers konkurransekraft. Hoveddriveren i slike verdikjeder har som regel vært en sterk aktør som setter krav og ”former” verdikjeden etter de krav og behov den sterke opplever.

I eksempelvis bilindustrien er kravene internt i verdikjeden knallharde om effektiviseringskrav for å holde på kontakter. Som leverandør av hjuloppheng må man inngå avtale med sin kunde om at prisen skal nedjusteres årlig. I tillegg møter man som underleverandør klare krav til hvordan kommunikasjon skal skje og hvordan samhandling skal foregå. Enten er man med på dette, eller så er man ute. Dette har gitt et fokus på samhandling i verdikjeden der fokus er å øke konkurransekraften til verdikjeden som helhet. Studier har nok vist at ”den sterke” høster de fleste fordelene, men at det likevel er attraktivt å være del av slike verdikjeder. Man finner mange andre eksempler, men som regel er det en sterk aktør (eller flere) som sammen setter krav til verdikjeden og dermed sikrer samhandling og forbedringer knyttet til produktivitet og logistikk.

Spørsmålet er om man i en verdikjede for BAE-næringen kan identifisere en slik ”sterkeste aktør” som kan påvirke verdikjeden i positiv retning. Man kan finne slike sterke aktører i de vertikale verdikjedene, som presentert i kapittel 5.1.1, da disse er tilnærmet lik de verdikjedene man finner i stasjonær industri. Like fullt vil disse vertikale verdikjedene ha liten innvirkning på verdikjeden (eller prosjektkjeden) i selve byggeprosjektet fra idé til overlevering av bygget. Hovedsakelig vil grensesnittet være mellom grossister og byggeprosjektets deltakere, samt til dels produsenter som byggeprosjektets deltakere samarbeider med.

Ser man på den horisontale verdikjeden, eller byggeprosjektets aktører, vil diskusjonen rundt hvorvidt dette er en verdikjede eller ikke dukke opp. I store trekk vil dette være et prosjekt med, avhengig av prosjektets størrelse, få eller svært mange aktører. I tillegg kompliseres dette bildet av at man har en rent fysisk kjede av aktiviteter og prosesser når det gjelder selve bygget og byggeplass, i tillegg til en kjede av aktiviteter og prosesser som består av idégenering, spesifikasjonsgrunnlag, osv.

Den ”horisontale” verdikjeden komponeres ofte på nytt fra ett prosjekt til det neste, selv om dette også varierer. I offentlige prosjekter eller andre prosjekter der anbudskonkurranser anvendes for å velge leverandører vil dette være tilfelle, mens i en del private prosjekter kan man se at de samme leverandører velges i flere prosjekter etter hverandre, enten basert på tillit og uformelle avtaler eller faktiske rammeavtaler. Denne dynamikken betyr et fravær av en stabil, sterk aktør som gjennom langsiktige relasjoner bakover i kjeden og ”ris bak speilet” i form av trusselen om utkastelse, kan ta ansvar for optimalisering og integrasjon av verdikjeden.

Grunnen til situasjonen er slik i BAE-bransjen er kanskje sammensatt, men det synes åpenbart at anbudsprinsippet står sentralt i dette bildet. Anbudskonkurranser er i vidstrakt bruk fordi de medfører ulike fordeler; skaper en åpen konkurranse om oppdrag, tvinger anbydere til å legge frem gode tilbud, gir gjennomsiktighet i prosessen, med mer. Samtidig er det sannsynligvis det største hinderet mot mer langsiktig verdikjede-optimalisering i bransjen. Gjennom å være et svært effektivt virkemiddel for å ”lokke frem” de beste tilbudene fra anbyderne blir ofte situasjonen at den som får oppdraget vil tjene svært lite penger, om ikke tape penger, på å gjennomføre oppdraget som beskrevet i anbudet. Resultatet vil ofte være at det helt fra starten av prosjektet skapes en situasjon der de utførende kan få mer ut av oppdraget gjennom endringer og andre

avvik fra den opprinnelige planen enn å følge den. Kombinert med det faktum at neste prosjekt også vil medføre en anbudskonkurranse, ingen er sikret nye oppdrag, blir det enkelte prosjekt et engangstilfelle som oppmuntrer den enkelte aktør til å ”få mest mulig ut av” prosjektet. Dette er selvsagt et både forenklet og kanskje ekstremt bilde, men så lenge grunnprinsippene stemmer, det vil si at selve logikken i hvordan oppdrag etableres fremmer en adferd preget av avstand og ikke samarbeid, gir dette en lite egnet situasjon for å tenke helhetlige og langvarige verdikjeder.

Et annet aspekt ved rendyrking og optimalisering av mer langsiktige verdikjeder er knyttet til de kontraktsstandarder som i stor grad regulerer prosjektene i BAE-bransjen. Et lite antall standardavtaler er i bruk, typisk NS 3430 eller NS 3431 avhengig av leverandørens oppgaver. Uten at vi skal gå nærmere inn på detaljene i disse er det liten tvil om avtalene er utformet med tanke på å regulere konflikter og prosedyrer for interaksjon mellom parter som i utgangspunktet er i et motsetningsforhold til hverandre. Avtalene regulerer en rekke forhold som mer eller mindre dikterer hvordan samspillet mellom oppdragsgiver og utførende utvikles, både knyttet til kompensasjon for endringer, ansvar for forsinkelser, kvalitetsavvik, osv. Svært mange av paragrafene i avtalene bygger opp under tendensen til å betrakte hvert prosjekt som en éngangshendelse hvor hver aktør må ”gjøre det beste ut av det”. Resultatet er ikke i tråd med en tenkning rundt langvarige verdikjeder.

Graden av gjentakelse er et annet aspekt som skiller stasjonær industri fra BAE-prosjekter. I løpende produksjon formidles store volumer av rimelig standard produkter gjennom verdikjeden, over en periode på kanskje flere år med sikrede leveranser gjennom rammeavtaler. Det sier seg selv at investeringer som gjøres i utvikling av samarbeidsrelasjoner, IT-løsninger som integrerer aktørene, planleggingssystemer, osv. kan fordeles på et stort antall enheter, dermed blir kostnadene per produkt svært små og investeringene er lønnsomme (det er selvsagt ikke tilfeldig at det enkeltprodukt i verden som det kanskje produseres mest av, Big Mac-hamburgeren, er den produksjonsprosess hvor det er investert mest i å strømlinjeforme prosessen og stadig skjære vekk tidels sekunder eller ører i kostnader!). I BAE-næringen arbeider aktørene sammen i ett og ett prosjekt av gangen, gjerne i nokså forskjellige konstellasjoner i de ulike prosjektene. Selv om hvert prosjekt kan ha nokså lang varighet blir dermed tidshorisonten mer usikker og antallet prosjekter å fordele investeringskostnadene i bedre samhandling på færre. Dette gjør det vanskeligere å rettferdiggjøre både den tid, kostnad og energi som brukes til slik utvikling.

Vår konklusjon er at med dagens forretningslogikk i bransjen og dens prosjekter, basert på både tradisjon og gjeldende lover og regler, gjør det vanskelig å se for seg en reell utvikling i retning av stasjonær industris helhetlige og langvarige verdikjeder. Samtidig er det svært lite sannsynlig at de lover og regler som forhindrer en slik utvikling, spesielt anbudsregler og kontraktsstandarder, vil endres, og definitivt ikke på kort sikt.

Er det så mulig å oppnå gevinster ved å ta i bruk elementer av stasjonær industris praksis for integrasjon og styring av verdikjeder, selv om ikke hele konseptet lar seg realisere i BAE-næringen? Her er vår konklusjon at dette er mulig – det finnes flere praksiselementer som langt enklere kan tas i bruk enn å få til en endring i den grunnleggende konkurranselogikken i bransjen, og som vil kunne innebære bedre integrasjon og koordinering langs verdikjedene:

- Samarbeid om prosjektering og valg av løsninger i en tidlig fase, på samme måte som verdikjeder ofte driver integrert produktutvikling eller involverer leverandører bakover i kjeden i dette arbeidet. Dette behandles for øvrig mer inngående under neste overskrift.
- Mer helhetlig planlegging og styring av logistikken i prosjektenes verdikjeder, gjennom hyppigere og bedre informasjon om varebehov og prognoser på et tidlig stadium, bruk av elektroniske ordrer/e-handel og kanskje sågar integrasjon av aktørenes logistikk- og

planleggingssystemer, leverandørstyrte lagre og et generelt fokus på bedre håndtering av grensesnittene mellom aktørene i logistikk-kjeden.

Med hensyn til gevinster det er mulig å oppnå ved å forsøke å integrere BAE-prosjekters verdikjeder tettere er dette svært vanskelig å spå noe konkret om. Innen stasjonær industri er nok erfaringene at resultatene i form av kostnadsreduksjoner og mer effektiv logistikk langt har overgått forventningene man hadde da denne utviklingen startet tilbake på 1970-/1980-tallet. Samtidig er, som tidligere nevnt, disse resultatene en følge av positivt samvirke mellom en rekke ulike tilnærminger slik at det er svært vanskelig å isolere effektene fra det enkelte tiltak. Prinsipielt er det imidlertid realistisk å anta at en satsning på de overførbare elementene vil bidra til:

- Mer forutsigbar logistikk for aktørene i verdikjeden.
- Kortere leveringstider for mange typer varer.
- Lavere nivåer av lagre og varer-i-arbeid langs verdikjeden.
- Mer pålitelige leveranser, mindre tomgang og redusert behov for hasteordrer.
- Lavere logistikk-kostnader, både administrative og forflytningsmessige kostnader.

Det skal imidlertid sies at erfaringen med disse gevinstene i stasjonær industri er at de ikke nødvendigvis fordeles jevnt utover hele verdikjeden. Typisk vil enkelte aktører oppleve en høyere kostnadsreduksjon enn andre mens andre igjen kan få som primær gevinst høyere forutsigbarhet eller økt trygghet for langsiktig omsetning. Denne fordelingen er dels avhengig av innbyrdes styrkeforhold mellom aktørene i verdikjeden og samarbeidslogikken generelt i bransjen, og vanskelig å forutse i forkant. Vi antar at en skjev fordeling av gevinstene vil være tilfellet også i BAE-næringen, og utfordringen blir å synliggjøre gevinstene for den enkelte aktør slik at tiltak ikke saboteres. Dette er for øvrig en nokså generell problemstilling som vi kommer tilbake til i kapittel 7, nemlig at incentivstrukturen i bransjen og dens prosjekter motiverer de ulike aktørene til adferd og tiltak som ikke alltid trekker i samme retning. Skal man lykkes med å skape gjennombrudd i produktivitet vil det være nødvendig å forstå utfordringene og incentivene den enkelte aktør står overfor og innrette tiltakene slik at de dels samspiller mot en helhet og dels ivaretar den enkeltes behov.

### 5.2 Standardisering/modularisering og nye tilnærminger til prosjektering

Om man setter det på spissen kan man tegne et sterkt ”båsbasert” bilde av prosjektering og utforming av bygg og tekniske løsninger i BAE-bransjen, der det tradisjonelt har vært brukt arkitektkonkurranse tidlig i prosjektet, etterfulgt av teknisk prosjektering innenfor ulike disipliner, deretter overføring av tegninger til utførende med bestillinger til underleverandører, før brukerne til slutt overtar bygget, dels for å drive sin egen ”produksjon” i det, dels for å drifte det. Dette samsvarer svært godt med den disiplinorienterte, sekvensielle tilnærmingen til produktutvikling man tidligere så i tradisjonell industri, og som man nå langt på vei har forlatt.

Tilsvarende er det en klar bevegelse også innen BAE-næringen i retning av mer integrert samarbeid i denne prosessen, fra tidlig behovsavklaring overfor brukere via involvering av både utførende og brukere i byggutforming og konstruksjon til et fokus på både rasjonell bygging og drift av bygget.Dette er en klar parallell til stasjonær industris design for X og concurrent engineering, om ikke enda like rendyrket og systematisk gjennomført. I så måte synes det klart at denne tilnærmingen er relevant å overføre til BAE-bransjen.

Hvorvidt dette krever tilpasninger av metodene blir da neste spørsmål. Prinsipielt burde det være få hindre i veien for å ta i bruk både design for X og concurrent engineering og utvide den utviklingen som allerede er på gang. Et mulig hinder er imidlertid også her knyttet til

anbudsprinsippet og tidspunktet for når valg av de ulike leverandører, inkludert både arkitekt, prosjekterende og entreprenører, foretas. En åpenbar forutsetning for å involvere ulike leverandører i hele design- og prosjekteringsprosessen er at leverandørene er identifisert i det prosessen starter. Ofte er dette ikke tilfelle da man gjerne ser at byggherre, med sine brukere, og arkitekt, eventuelt med utvalgte rådgivere innleid på timebasis, driver denne prosessen i en tidlig fase, frem til et punkt der konseptet er tilstrekkelig på plass til at det kan lyses ut anbud for prosjektering og bygging. Dette betyr at det allerede er foretatt en rekke valg som potensielt har stor betydning for hvor lett det er å bygge bygget, skaffe til veie materialer, vedlikeholde det, osv. før disse aktørene kommer inn i prosjektet. To tilnærminger for å omgå dette hinderet kan være:

1. Endre praksis for når ulike leverandører involveres i prosjektet, slik at disse kommer på plass før viktige beslutninger om konsept og utforming tas.
2. Dersom dagens praksis opprettholdes med hensyn til når leverandører utpekes, utsette mest mulig av de beslutninger som påvirker byggbarhet, logistikk i byggefasen og driftsmessige forhold til leverandørene er identifisert og deretter raskt involvere dem i disse beslutningene. I tillegg forsøke å være fleksibel i forhold til tekniske løsninger og tillate endringer der disse kan gi fordeler og ikke negativt påvirker andre forhold.

Til en viss grad kan begge disse tilnærmingene være mulige å gjennomføre, men realiteten er nok at punkt 1 på samme måte som i diskusjonen rundt verdikjeder ”går seg fast” i reglene for anbud. Om dette ikke er like vanskelig i forhold til tidlig involvering av leverandører, så utgjør anbudsreglene åpenbart en utfordring. Kombineres disse to tilnærmingene burde det imidlertid være fullt mulig å realisere grunnprinsippet om parallell utvikling i integrerte team der ekspertise fra hele kjeden frem til ferdig bygg er representert. Dette burde ha et potensiale for både en raskere konstruksjonsprosess og raskere/billigere bygging gjennom å utnytte alle aktørers ekspertise.

Det siste punktet nevnt under omtalen av stasjonær industri var modularisering og standardisering av produkter. Dette er i høyeste grad også aktuelt i BAE-næringen, og det er allerede gjort mye arbeid i retning av prefabrikasjon av byggmoduler, noe som både muliggjør en større grad av industriell tilnærming til fremstillingen av disse og en enklere byggesituasjon der man slipper å koordinere aktiviteten med andre aktører på en byggeplass. De prinsipper som er anvendt i stasjonær industri, med nedbrytning av produktet i moduler, standardisering av moduler og komponenter, utsettelse av punktet der standardmoduler konfigureres til ordrespesifikke enheter, osv. bør være direkte overførbare til BAE-forhold. I hvilken grad man faktisk klarer å oppnå resultater ved dette er derimot avhengig av både teknologiske løsninger og innovasjon samt at man evner å reorganisere produksjonen tilsvarende, fra en byggeplassorientering til prefabrikasjon. Dette vil kreve både FoU-innsats, investeringer, kanskje oppbygging av helt nye produksjonsenheter. Eksempler på dette ser man der det nå kan bygges ferdige baderoms- eller kjøkkenmoduler i forkant som løftes hele inn i bygget og koples til resten av infrastrukturen, noe som selvsagt krever en helt ny konfigurasjon av verdikjeden.

Gevinstene synes imidlertid åpenbare – redusert byggetid, enklere produksjon og bygging, mindre koordineringsbehov på byggeplass, lavere kostnader, osv. Utfordringen er nok igjen at det ikke på forhånd er åpenbart hvem som vil høste gevinstene blant aktørene i næringen – vil for eksempel entreprenørene kunne øke sin dekningsgrad dersom man introduserer nye fremstillingsmetoder eller vil man tvinges til å ”overlevere gevinsten” til byggherrene gjennom lavere anbud? Så lenge dette er uklart vil viljen til å foreta de nødvendige investeringer være svakere.

### 5.3 Nye prinsipper for logistikk og produksjonsstyring

Under denne overskriften gjøres det en vurdering av flere ”moderne” prinsipper for logistikk og produksjonsstyring, som Just-in-Time, flaskehalsstyring, osv. Ser vi først på dette med sugbasert produksjon, i motsetning til tradisjonelle trykkbaserte, så er noen viktige forutsetninger for bruk av dette prinsippet blant annet:

- Uttak av én enhet av et produkt/materiale/vare gir behov for etterfyllelse av samme enhet, det vil si at det er standardkomponenter som fremstilles og i et løpende volum.
- Tilstedeværelse av såkalte ”T-punkter”, altså punkter der standardvarer går over til å bli ordrespesifikke.
- Kortsiktig variasjon i etterspørsel bør ikke overstige omtrent 30 %.

Dette gjelder til en viss grad for BAE-bransjen, men da primært for leveransene av standard byggevarer. For selve byggingen på byggeplass vil også noen typer materialer forbrukes i et slikt mønster, da typisk standard ting som kabel, rør, plater, osv., mens de prosjektspesifikke byggelementene vil avvike fra dette. Det synes derfor logisk at sugbasert fremtrekk av standard byggevarer, både fra produsenter/grossister for disse og på byggeplass og lagringspunkter, bør være relevant. Bygningselementer eller materialer som er spesifikke for ett bygg/prosjekt, det være seg dragere, moduler, osv., kan neppe styres slik, spesielt ikke dersom leveringstiden er lang. Et annet spørsmål er om sugprinsippet kan anvendes overfor aktiviteter, ikke fysiske materialer. I den ”horisontale” verdikjeden er det ikke så mye snakk om materialer som forflyttes gjennom kjeden som en sekvens av aktiviteter som etterfølger hverandre (eksempelvis reising av en vegg, maling, legging av listverk, elektroinstallasjon, osv.). Kan disse aktivitetene ”suges” gjennom ved at en fullført maleoperasjon initierer listlegging, som så er signal til elektrikeren, i stedet for at disse operasjonene på forhånd er tilordnet et gjennomføringstidspunkt?

En viktig motivasjon for innføring av sugbasert produksjon i ordinær industri var at man innså at det ikke var mulig å forhåndsplanlegge detaljerte produksjonsplaner. Med økende datakraft og mer avansert programvare trodde man stadig at med nok mange beregninger i sekundet skulle en moderne datamaskin kunne planlegge nærmest ned på minuttet når de ulike operasjoner skulle foregå i fabrikken, noe som kulminerte med de tunge MRP-systemene tidlig på 1980-tallet. Datautviklingen var da kommet såpass langt at man måtte innse at mangler på det området var ikke lenger grunnen til at slike produksjonsplaner ikke virket, og man fikk etter hvert realisasjonen om at komplekse produksjonssystemer simpelthen ikke lar seg detaljplanlegge i forkant, slik trykkprinsippet forutsatte. Sugprinsippet godtok dette og la heller opp til at ”systemet planlegger seg selv” gjennom at bestillinger utløses ved at man går tom i etterfølgende ledd i kjeden. Dermed ble forhåndsplanleggingen redusert til langt grovere planlegging av langsiktige produksjonsprogrammer med tanke på å sikre tilstrekkelig kapasitet og innkjøpsavtaler for inngående materialer.

Dette minner mye om dagens situasjon i BAE-prosjekter, der man i form av prosjektplaner, til tider meget detaljerte, forsøker å forutse detaljene i rekkefølge og tidspunkt for de ulike operasjoner. Et annet viktig fellestrekk med trykkbasert produksjon finner vi i måten operasjoner tidsettes. I de gamle MRP-systemene måtte selvsagt varigheten av hver produksjonsoperasjon være gitt for at systemet skulle kunne planlegge produksjonen. Av erfaring visste planleggerne at det alltids ville oppstå forsinkelser, for eksempel kø foran en maskin, feilproduksjon, venting på operatør, manglende leveranser fra underleverandør, osv., som gjorde at reell operasjonstid ofte ble betydelig lengre enn den teoretiske, altså dersom man ikke skulle gjøre noe annet i hele fabrikken enn akkurat den ene operasjonen og alt virket som forutsatt. Av den grunn ble operasjonstiden i MRP-systemet satt mye høyere, ofte ble en uke brukt som tommelfingerregel selv for operasjoner som teoretisk ikke skulle ta mer enn 5 minutter. I byggeprosjekter skjer

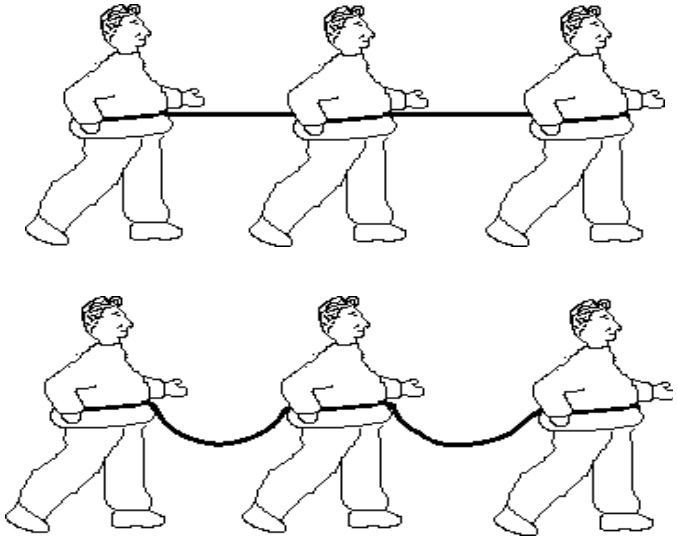
omtrent det samme – en maleoperasjon som reelt tar to dager å gjennomføre i ren maletid planlegges med tre uker fordi man vet at det oppstår forsinkelser – maleren er opptatt med noe annet, det mangler maling, veggen er ikke ferdig enda, gulvet er ikke tørt, osv. Hva er effekten av dette? I begge tilfeller blir den oppgitte tiden selvoppfyllende – i MRP-systemene tok etter hvert alle operasjoner en uke. Parkinsons lov sier at enhver operasjon fyller den avsatte tiden - 3 uker tilgjengelig for 2 dagers malerarbeid betyr at malingen skjer de 2 siste dagene.

Spørsmålet blir da, er det også naivt å tro at man skal kunne forhåndsplanlegge tidsetting og rekkefølge av alle operasjonene på en byggeplass? Kan det i stedet være noe å hente på å la ”sug” styre disse? Dette vil i så fall kreve både en viss tilgang på ledig kapasitet og gjerne bevisst bruk av mange parallelle angrepspunkter i byggingen for å sikre fleksibilitet. Det er vanskelig å gi en presis vurdering av hvorvidt sugprinsippet kan anvendes for styring av byggeoperasjonene på byggeplass, men vi vil returnere til dette spørsmålet i kapittel 7 under omtalen av lovende tiltak, da det synes åpenbart at sugprinsippet vil være velegnet for standard byggevarer inn til og innenfor byggeplassen.

Med hensyn til gevinster så er også her umulig å kvantifisere effektene, men disse vil typisk være av typen raskere gjennomløps-/byggetid, kortere responstid, lavere kapitalbinding og en mer oversiktlig produksjonsstyring og logistikk.

Går vi videre til dette med flaskehalsstyring så er prinsippene i OPT i tråd med mye av tankegangen i den japanske produksjonsfilosofien og supplerer denne med viktig innsikt om nettopp flaskehalser. Selv om programvaren utviklet i OPT i mindre grad er tatt i bruk i industrien gir anvendelse av OPT-reglene en rekke fordeler. I forhold til BAE-næringen virker det sannsynlig at også byggeprosjekter har tydelige flaskehalser som utgjør kritiske ressurser, for eksempel kraner, enkelte personer, lagringsareal, osv. Det synes derfor logisk at noen av OPT-prinsippene også kan anvendes i en slik ramme.

En meget viktig erkjennelse i stasjonær industri (dog ikke for masseproduksjon på samlebånd!) er at det er umulig å balansere kapasiteten i de enkelte stasjoner i produksjonssystemet på slik måte at det skapes en jevn produksjonstakt der neste ledd i kjeden er klar for å starte så snart foregående er ferdig. Mange har forsøkt å kontinuerlig øke kapasiteten i den ressursen som til enhver tid senker produksjonstakten, i den tro at hele systemet skal bli mer effektivt. Det som normalt skjer er da at flaskehalsen bare forflytter seg til en annen ressurs, en ressurs som man ikke har beredskap for å styre som en flaskehals, og i beste fall oppnår man bare en marginal kapasitetsøkning, i verste fall en reell reduksjon. I stedet har man innsett at flaskehalser, som man kjenner og kan styre, egentlig er et gode man bør verdsette, og akseptere at de andre ressursene har slakk. Fokus blir da ikke å balansere kapasiteten, men flyten i produksjonen. I OPT er dette illustrert i Figur 9, der den øverste situasjonen med stramt tau korresponderer med å balansere kapasiteten, den nederste med å balansere flyten. I dette bildet er det åpenbart at den nederste gjengen kan holde en høyere hastighet enn den øverste, som vil være ekstremt sårbar for alle hastighetsavvik mellom personene. Selv med små variasjoner i hastighet vil den til enhver tid tregeste karen senke den samlede hastigheten, mens ved slakt tau kan man unngå effekt på den totale hastigheten selv om det inntreffer lokale avvik i tempo. Derimot vil den personen som har den jevnt over laveste hastigheten, altså flaskehalsen, være den som bestemmer tempoet for hele kjeden over tid. Denne er det derfor meget viktig å legge forholdene til rette for, slik at han kan holde et høyest mulig tempo, for eksempel ved å la de andre bære noe av hans bør, sørge for at utstyret er i best mulig stand, osv. I en fabrikk innebærer dette å vedlikeholde slike ressurser godt, sørge for at det finnes en liten buffer av varer foran maskinen, overflytte produksjon som kan utføres ved andre ressurser bort fra flaskehalsen, osv.



**Figur 9: Balansere kapasitet versus full utnyttelse av kapasitet**

Dersom man skal overføre denne tankegangen til BAE-prosjekter blir spørsmålet om det er mulig å identifisere én eller flere flaskehalser på byggeplassen, detaljplanlegge aktiviteten i disse og kombinert med sugprinsippet la resten av operasjonene ”planlegge seg selv”? Dette betyr selvsagt ikke at man skal slutte å planlegge prosjektene og la hele fremdriften skure og bli som den blir. Det betyr derimot å fokusere på flaskehalsen(e) gjennom detaljert styring og sørge for at disse benyttes så effektivt som overhodet mulig (fordi de styrer hastigheten til hele kjeden), mens ikke-flaskehalsene må forholde seg til en overordnet fremdriftsplan og innenfor dette tillates å la stafettpinnen løpe gjennom sug, en form for kanban eller andre mekanismer som ikke krever sentral planlegging (dette fordrer selvsagt at slike ressurser reelt er ikke-flaskehalser og dermed har overkapasitet!). For øvrig er det, som tidligere nevnt, nok en forutsetning at man har mange parallelle angrepspunkter for arbeidet.

En annen forutsetning, både for sugbasert styring av byggeoperasjoner og løsere styring av ikke-flaskehalser, er kort omstillingstid fra en operasjon til den neste. Fleksibilitet betinger at man raskt kan gå fra én operasjon til en annen, noe som også reflekteres i den japanske satsningen på SMED for reduksjon av omstillingstider. Generelt vil en operasjon i et byggeprosjekt bestå av flere komponenter, gjerne alle følgende:

- Planlegging.
- Opprigging.
- Gjennomføring.
- Inspeksjon.
- Nedrigging.

Jo mindre tidkrevende de forberedende og avsluttende oppgavene før selve operasjonen er, jo lettere vil det være å fleksibelt styre disse operasjonene noe løsere. Gitt at disse forutsetningene kan oppfylles synes det være få hindre i veien for å kunne utnytte noen av disse litt alternative prinsippene for planlegging og styring i BAE-prosjekter.

Gevinstene av dette vil typisk komme langs mange av de samme dimensjonene vi har pekt på tidligere:

- Mer fleksibel utførelse av arbeidet.
- Kortere utførelsestid for en rekke operasjoner.
- Mindre venting og opphopning av arbeid og materialer.
- Bedre ressursutnyttelse av kritiske ressurser.
- Lavere logistikk-kostnader, både administrative og forflytningsmessige kostnader.

### 5.4 Kvalitetsfokus og forbedring

Når det gjelder dette siste teamet er det åpenbart at det (selvsagt!) ikke finnes noen hindringer i veien for å overføre holdninger og prinsipper til BAE-sektoren. Å unngå feil og dårlig kvalitet er minst like viktig i byggeprosjekter som stasjonær industri, og all erfaring fra bransjen tilsier at dette fortsatt er et problemområde. Her kan man trekke på alle kjente teknikker, som problemløsningsverktøy, kontinuerlig forbedring, prestasjonsmåling, osv. Riktig kvalitet gir både lavere kostnader, mer forutsigbarhet i ”produksjonen” og dermed også et grunnlag for å redusere sikkerhetsbuffere i form av tid eller mengde.

Med det avrunder vi diskusjonen rundt overføringspotensiale for praksis fra stasjonær industri til BAE-næringen. De elementer vi har funnet relevante for slik overføring tas med videre og vil konkretiseres videre i kapittel 7 sammen med tiltak identifisert gjennom caseprosjekt og intervjuer med aktører i bransjen, som presenteres i kapittel 6.

# 6 Identifiserte problemområder og forslag til tiltak fra intervjuene

Gjennom intervjuene, som er gjennomført i prosjektet, ble en rekke problemområdet identifisert sammen med forslag til tiltak. I løpet av slike samtaler endres stadig vekk tema og fokus for diskusjonen slik at verken problemområder eller tiltak presenteres i en ryddig rekkefølge. Vi har derfor forsøkt å strukturer disse i henhold til noen felles overskrifter. Når det gjelder problemområder ser vi et mønster der spesielt tre områder utmerker seg som gjengangere mellom intervjuene og som angis å medføre betydelige negative effekter; byggeprosjektenes tidligfase, logistikk samt prosjektplanlegging og -ledelse. Nedenfor presenteres disse hovedområdene kort, sammen med en mer komplett liste over problemområder/-tema nevnt av intervjuobjektene.

## 6.1 Prosjekteringsfasen og grenseflater mellom byggherre, konsulenter og utførende, prosjektorganisering

Mye av premissene for god produktivitet og logistikk legges i prosjektenes tidligfase. Fokus, forståelse og innsikt er derfor svært viktig her. Spesielt ser man problemer med kommunikasjon mellom forskjellige profesjoner og kulturer (for eksempel økonomi, arkitekt og ingeniør). Videre er det en stor utfordring at deltakende aktører varierer fra prosjekt til prosjekt og man oppnår derfor vanskelig synergieffekter fra mer langsiktige samarbeid (slik man eksempelvis kan oppnå i vareproduserende industri). Under dette punktet finnes også flere konkrete problemer knyttet til prosjekteringen. Det er et kjent fenomen at tegninger og underlag ofte ikke er ferdig i tide og at dette forsinker fremdriften for hele prosjektet. En annen ting er feil og dårlig kvalitet på underlagene. En av årsakene til dette kan være at de prosjekterende ikke har noe ansvar videre i prosjektet.Det blir hevdet at konsulentene som utfører prosjekteringen ofte ”koker” rapportene sine på tidligere prosjekter. I det hele og store er en kanskje forbausende andel av oppmerksomheten rundt problemer i BAE-prosjekter fokusert på den tidlige fasen av prosjektene, med følgende liste av elementer knyttet til dette ekstrahert ut fra intervjuene (ikke sortert i noen spesiell rekkefølge):

- Tekniske underleverandører kommer for sent inn i prosjekt til å kunne bidra med sin ekspertise, spesielt i forhold til løsningers konsekvenser for byggbarhet, vedlikehold, pris, osv.
- Andre aktører kommer også senere inn i prosjektet enn optimalt, for eksempel leverandører av byggevarer og annet materiell og kan dermed ikke påvirke valg av løsninger tidlig nok. Samtidig er det etter hvert blitt slik at ”alle” vil være med tidlig i prosjektene, noe som i praksis er umulig og neppe ønskelig. Utfordringen blir derfor å identifisere de aktører som bør involveres tidlig gjennom at de har verdifulle bidrag i en slik fase. At prosjekterende ikke er med verken tidlig nok eller utover i prosjektet gjør at man ikke lærer hvilke løsninger som fungerer verken i bygging eller drift.
- I anbudsforberedelser har hovedaktørene det travelt nok med å forberede sin dokumentasjon og kopler dermed ikke inn underleverandører før kort tid før innlevering, noe som gir dårlig kvalitet på det underlag disse skal levere. Dette kan i sin tur prege hele prosjektet i form av dårligere løsninger enn hva det kunne ha vært og feilaktige kostnadsestimater.
- Utstyrsleveranser i egne entrepriser kan skape koordineringsproblemer. Løsninger bestemmes sent, men skal integreres med andre systemer, noe som kan gi mye endringer senere i prosjektet.
- Dårligere prosjekteringsgrunnlag er dels en følge av at det er mer spennende å være designer/formgiver enn teknisk tegner og dels at DAK-verktøy fjerner de prosjekterende fra virkeligheten og håndverket.
- Manglende teknisk integrasjon mellom de ulike disipliner, noe som gir ikke-optimale løsninger, for eksempel kanskje parallelle fremføringsveier for ulike rør og kabler.

- Prosjektering overlapper med bygging og gir dermed hastverk, manglende underlag for byggingen og hyppige endringer.
- Tradisjonelle byggeprosjekter fastlegger ”skallet” for bygningen først, gjerne gjennom en tidlig arkitektkonkurranse, uten at man egentlig kjenner aktivitetene som senere skal driftes i bygget eller detaljer om innholdet i det.
- Hele tidligfase-prosessen kan være en langvarig prosess, spesielt i offentlige prosjekter, men også i private. Dette medfører ofte at personer trer ut av prosjektet, erstattes med nye, i verste fall går bort, og ofte er dokumentasjonen av hva som er gjort så langt i prosjektet mangelfull. Dermed mister man både kompetanse, erfaring og kunnskap om prosjektet.
- Det klages fra mange hold på at arkitekter har lite forståelse for tekniske løsninger og hvordan disse påvirker kostnader og byggeprosessene, videre at disse er mer opptatt av form og designmessig uttrykk for bygget enn effektiv logistikk og prosesser under både bygging og senere drift i det.
- Dette kan også henge sammen med at byggherrene ofte har eller utøver liten autoritet i forhold til arkitektene i prosjekter.
- Det brukes i mange prosjekter en del konsulenter til utredninger i en tidlig fase, som så forsvinner ut av prosjektet når anbud lyses ut, og dermed mister man deres innsikt i prosjektet.
- I den grad ulike leverandører trekkes med i en tidlig fase, før kontrakter er tildelt, opplever prosjekter at leverandørene kan sitte på innsikt i tiltak eller endringer som kan redusere kostnader eller forbedre løsninger, men at disse ikke spilles inn fordi man er redd for å gi vekk kunnskapen til konkurrenter. Dette fenomenet kan også inntreffe under anbudskonkurranser og forhandlinger i forbindelse med disse, og selv om slike tiltak presenteres senere kan det da være for sent for å implementere dem eller de gir mindre effekt enn om de kom på bordet tidligere. Aktører som foreslår tiltak som bedrer bygget eller reduserer kostnader kan oppnå en god tone i det konkrete prosjektet, men få langsiktige effekter (utover et godt omdømme) da anbudsordningen forhindrer mer langsiktig samarbeid.
- Mange prosjekter preges av at det benyttes feil eller manglende kompetanse hos mange av aktørene. Dette inkluderer også byggherrene, og i offentlige prosjekter pekes det ofte på at politikere med beslutningsmyndighet ”roter til” prosjekter ved å vedta endringer langt ut i prosjektet. Mange nevner også at bransjen generelt sliter med rekruttering av kvalifiserte fagfolk innenfor en rekke områder.
- Litt avhengig av hvem man snakker med er temaet entrepriseform en utfordring, men det er vanskelig å finne sammenfallende oppfatninger på dette området. Noen sverger til størst grad av totalentrepriser og store oppdrag med helhetlig ansvar, andre ønsker å dele arbeidet opp i mindre kontrakter. Uansett er dette stadig et kontroversielt tema.
- Uansett hvilken entreprisemodell som benyttes vil ethvert BAE-prosjekt involvere en lang rekke aktører. Koordinering av disse, avklaring av roller og utvikling av felles forståelse for målsetninger og arbeidsform er en utfordring.

### 6.2 Logistikk, forsyning og kommunikasjon langs forsyningskjedene

Dette er et annet område som utmerker seg gjennom samtalene, der det tydelig påpekes et potensiale for forbedring. Dette gjelder både planlegging av hvordan man organiserer logistikk og vareflyt inn til og på selve byggeplassen og logistikken i selve bygget når dette er ferdig og tatt i bruk. Intervjuobjekter med erfaring fra annen industri påpeker at de ser muligheten for overføring av metoder og kunnskap fra eksempelvis vareproduserende industri som ville ha stor innvirkning på tenkemåte vedrørende byggeplass. Videre synes det å være et klart forbedringspotensiale når det gjelder lagringsplaner på byggeplass og rutiner for mottak av leveranser. Noen konkrete problemstillinger under denne overskriften er:

- Logistikk på byggeplass er et komplisert tema hvor det skapes mye problemer. Det er ofte i liten grad tenkt gjennom hvordan materialer og varer skal leveres, lagres, forflyttes og håndteres – det er simpelthen ikke foretatt noen eller god nok analyse eller planlegging av logistikksystemet i forkant.
- Dermed blir det mange hasteordrer som bestilles fra byggeplassen i løpet av et prosjekt. Mange hasteordrer på byggeplass er også et resultat av at prosjekteringen ikke er ferdig tidsnok.
- Utstyr til byggeplassen leveres til feil tid og sted.
- Lagerplaner er mangelfulle og det er manglende rutiner for varemottak og plassering på byggeplassen.
- Det er ofte dårlig tilgjengelighet og fremkommelighet, både med biler/utstyr og for å komme til materialer som er lagret og skal forflyttes.
- Dette gir igjen rot på anleggsplassen, noe som gir dårlig oversiktlighet og gjør det vanskelig å planlegge og være oppdatert på status.
- Mange entreprenører er dårlige til å gi underleverandører (spesielt grossister) leveringsplaner for prosjektet
- Reglene for offentlige innkjøp pekes på som et problemområde som hemmer utvikling av mer langsiktige og koordinerte relasjoner.
- Aktører som inngår i andre verdikjeder ser at BAE-bransjen er sterkt konservativ og treg til å ta i bruk nye løsninger, som for eksempel e-handel, men en foryngelsesprosess vil kanskje påskynde dette. Bestillingsrutiner for ulike typer materialer og varer er gammeldagse, der mange fortsatt ringer leverandører og beskriver hva de trenger fremfor å bestille via e-handelsløsninger som gir mye raskere og mer presis saksbehandling hos leverandøren. Elektro har vært førende på strømlinjeforming av verdikjedene og innføring av nye logistikkløsninger, med en tregere utvikling i andre disipliner, men dette vil sikkert tvinges frem også her.
- Mangel på omlegging til JIT-leveranser gir høy kapitalbinding, brekkasje, ukurans, tyveri, lagerplassproblemer, osv.
- I noen prosjekter har det skapt problemer at leverandører av større utstyrsenheter har vært holdt utenom byggeentreprisen(e) og dermed skapt koordineringsproblemer mellom bygging og installasjon av utstyret.
- Mye av den løpende kommunikasjonen i prosjekter skjer i ulike møter, for eksempel byggemøter, og gjennom referater fra møter, fremdriftsrapporter, osv. Denne kommunikasjonen hemmes eller gjøres ofte mindre effektiv gjennom at deltakelsen på slike møter er begrenset, referater og dokumenter ikke leses (eller ikke forstås, spesielt tegninger og annen teknisk dokumentasjon) eller at det blir lange kommunikasjonslinjer der entrepriseform og prosjektorganisering gjør at aktører rapporterer og kommuniserer via andre.
- Generelt mener de fleste intervjuobjektene at bransjen er preget av mer samarbeid i dag enn tidligere, men det finnes også store geografiske forskjeller. Like fullt har ikke produktiviteten blitt mye bedre, noe som kanskje kommer av at økt kommunikasjon og samarbeid gir mer ikke-verdiskapende tid, les ”koseprat”.
- Dette kan skyldes at man i liten grad har forståelse for hvilke aktiviteter som er reelt verdiskapende og hvilke som ikke er det. Det er stor enighet om at det finnes få omforente definisjoner av hva som utgjør og skaper produktivitet i prosjekter, og det gjøres lite registreringer av forhold som kan avdekke dette.

- Ved forsinkelser, som gjerne oppstår mot slutten av prosjekter, pøses det på med folk fra ulike disipliner, noe som koster svært mye i overtid og ødelegger marginene i prosjektene
- Standardkontraktene kan dels være komplekse og dels favorisere en adferd som ikke er til beste for prosjektet og sluttkunden, spesielt knyttet til at entreprenører ofte tjener gode penger på å klare å introdusere endringer
- Prosjektene planlegges ofte slik at siste spiker settes i veggen natten før overlevering, men det tas da ikke høyde for at det ofte trengs 2-3 uker for innkjøring av ulike tekniske systemer (for eksempel ventilasjon), noe som kan gi reklamasjoner og dagbøter
- Mer komplekse bygg gir stadig flere grensesnitt, kombinert med fragmenterte aktører med små ansvarsområder gir dette kompleks koordinering og ofte problemer.

### 6.3 Prosjektplanlegging og -ledelse

Prosjekter faller etter tidsskjema på grunn av at tegninger og planer ikke er ferdig i tide. Videre påpekes det fra flere aktører at man må få flere delmål i prosjektene samt strammere prosjektstyring. Det pekes også på at flere milepæler og bedre oversikt over avhengigheter er sentralt for å kunne forbedre produktiviteten i BAE-prosjekter. Her ser man eksempelvis at deltakere i byggeprosjekter utnytter slakk i planer maksimalt, det vil si at arbeid sjelden startes før det må. Dette fører lett til at tidsplanen sprekker. Planlegging av prosjekter er fragmentert, da deltakende organisasjoner ofte konsentrerer seg om å planlegge det som er innenfor deres ekspertise. Dette kan i mange tilfeller føre til suboptimaliserte planer. Planer for å ivareta grensesnittene mellom aktører i et prosjekt mangler dessuten også ofte. Man ser med andre ord at en mer profesjonalisert holdning til prosjektledelse og utvikling av aktørers kunnskap og forståelse rundt dette er et av de sentrale felt som det bør fokuseres sterkere på. Noen mer konkrete problemstillinger pekt på av intervjuobjektene er:

- Prosjekt- og arbeidsplaner er ikke ferdig i tide, de er ikke detaljerte nok og de mangler tydeligere milepæler hver aktør må forholde seg til.
- Mangel på oppstartsmøter/avklaringsmøter tidlig i prosjekter gir svak overordnet innsikt blant underleverandørene om prosjektet og de ulike aktørenes arbeidsplaner fremover.
- Man har manglende oversikt over avhengigheter mellom aktiviteter og aktører og grensesnittplaner er ofte fraværende, for eksempel interaksjonen mellom bygging av vegger og tak og fremføring av rør og kabler. Noen elementer faller simpelthen helt utenfor alle planer, spesielt elementer som ligger i grensesnittet mellom disipliner og aktører (for eksempel rampe for lastebil som verken byggentreprenør eller landskapsarkitekt tenkte på).
- Man opplever ofte mange avvik, både fra planer og fra spesifisert kvalitet. Kombinert med et unormalt høyt antall endringer, initiert fra ulike aktører, gir dette økt kompleksitet i hele planleggingen og styringen. Spesielt pekes det på at prosessene rundt endringshåndtering og kommunikasjon av vedtatte endringer er for dårlig.
- Generell prosjektledelse nevnes også ofte som et problemområde, med både mangelfull innsikt og verktøy, manglende definerte delmål og evnen til å skape felles forståelse for disse.
- Den teknisk byggeledelsen er ofte for svak og med manglende kunnskap om kompleksiteten i prosjektene og ofte ikke streng nok med å overholde milepæler.

Utover disse tre hovedområdene har det også fremkommet en del synspunkter på mer grunnleggende forhold i BAE-næringen:

- Tidsaspektet er et nøkkelpunkt i BAE-prosjekter. De fleste mener denne har gått betydelig ned de siste årene, i hvert fall i forhold til at byggene i dag er langt mer komplekse enn før. En del aktører peker derfor på knapp byggetid som et sentralt problemområde som fører til

hastverk og tilhørende slurv, der for eksempel feil i tegninger og dokumentasjon ikke oppdages før det er bygget feil, man forsøker å omgå naturlovene (det tar så lang tid for betong å herde) og det påløper til dels mye overtid for ulike aktører.

- Det skal også sies at andre igjen mener byggetiden ikke er for knapp, så lenge man bare planlegger godt og er effektive i utførelsen.
- Det er også mange observasjoner av korte byggefaser som etterfølger til dels meget langvarige tidligfaser, noe som oppfattes som et paradoks.
- Svært mange påpeker også problemer knyttet til kultur og holdninger i bransjen, både i forhold til å utføre jobben skikkelig, å ta sikkerhet på alvor, å ta planer og møter alvorlig, osv. Det hevdes at det simpelthen er mye ”grums” og mange ufaglærte eller personer med mangelfull kompetanse og yrkesetikk som opptrer i bransjen, delvis kanskje fordi næringen tradisjonelt har vært skjermet for internasjonal konkurranse.
- En sterk subkultur innen fagforeninger på tvers av firmaer og en svak lederkultur hindrer nødvendige endringer i bransjen. Kombinert med en form for ”lock-in” i bransjen rundt gamle maktkonstellasjoner og måter å gjøre ting fører til at én aktør som forsøker å endre ting tvinges tilbake ”inn i folden”.
- Anbudsmekanismene er en kostnadsdriver gjennom at svært mange aktører regner på ”alle” anbud og må dekke inn disse kostnadene gjennom dyrere prosjekter.

### 6.4 Oppsummering av problemområder

I kapittel 4 presenterte vi en oversikt over de effektiviseringsmessige resultater som er oppnådd innen stasjonær industri gjennom å løse ulike problemer. Fra våre samtaler med en rekke aktører i BAE-næringen og vår kjennskap til bransjen generelt synes det åpenbart at man her fortsatt sliter med mange av de samme problemene (og en rekke andre som er spesifikke for denne typen virksomhet). De tre områdene vi har trukket frem i dette kapittelet viser noe av spennvidden og kompleksiteten i problemstillingene bransjen står overfor og som er bakgrunnen for den lave produktivitetsveksten. De neste kapitlene vil fokusere på tiltak som kan bedre noen av disse problemstillingene.

# 7 Diskusjon om tiltak for å bedre produktivitet og logistikk i BAE-næringen

Dette kapittelet utgjør den primære diskusjonen orientert mot løsninger, endringer og tiltak. Først presenteres kort en rekke tiltak fremkommet gjennom intervjuer i prosjektet, videre oppsummeres disse sammen med endringer inspirert fra stasjonær industri. En diskusjon rundt grunnleggende forhold i BAE-næringen, dels sammenliknet med stasjonær industri, danner så en ramme for evaluering av alle disse mulige tiltakene. De som vurderes som mest lovende presenteres så i noe mer detalj til slutt i kapittelet.

## 7.1 Tiltak identifisert gjennom intervjuer

Intervjuene gjennomført i caseprosjektet og med andre relevante personer i bransjen fokuserte både på å avdekke viktige problemområder knyttet til produktivitet og logistikk samt mulige tiltak og endringer som kan adressere problemområdene. I det følgende presenteres disse forslagene til tiltak nokså grovt og uten nærmere forklaringer, i den samme rekkefølgen problemområdene ble beskrevet i kapittel 6.

### 7.1.1 Prosjekteringsfasen og grenseflater mellom byggherre, konsulenter og utførende, prosjektorganisering

Tiltakene fremkommet under denne overskriften er gruppert i noen tematiske overskrifter:

Prosjekteringsfasen:

- Innføre en organisering og gjennomføring av tidligfasen i tråd med prinsippene for ”design for construction” og concurrent engineering, det vil si at ulike former for ekspertise som senere benyttes i prosjektet tas med allerede i en tidlig fase, inkludert såpass perifere aktører som materialleverandører.
- Relatert til dette er et forslag om å velge ut aktørene i et prosjekt tidligere enn hva som gjøres i dag.
- Dette henger sammen med tiltaket å ikke avholde arkitektkonkurranse, men heller velge leverandører både tidligere og ut fra tidligere positive relasjoner og tillit.
- Avholde et tidlig oppstartsmøte der prosjektet, dets målsetninger, organisering, planer, osv. presenteres for deltakerne, også mer perifere deltakere, for å sikre at alle ”ser det store bildet” og dermed kan trekke i samme retning.
- Legg mer vekt på profesjonell prosjekteringsledelse
- Samtlige aktører som er med på å påvirke utformingen av bygget og prosjektet må gis en bedre forståelse for både bygge- og driftslogistikk, for dermed å kunne hensynta disse forholdene i beslutninger som treffes. Dette gjelder både arkitekt, teknisk prosjekterende og en rekke andre aktører.
- Det foreslås å la romprogram, prosjekteringsgrunnlag og annen dokumentasjon gå på en kort høringsrunde(r) slik at negative konsekvenser for byggbarhet, driftslogistikk, osv. kan avdekkes tidlig.
- Gjennomføre brukerdiskusjoner og prosessanalyser tidlig nok til at arkitekt og prosjekterende forstår den aktivitet som skal drives i det ferdige bygget før man bestemmer ytre rammer og andre løsninger.

Verdikjeder:

- Utvikle mer langsiktige verdikjedesammensetninger som over tid kan bygge relasjoner, tillit og samhandling.
- Utvikle teknisk og logistikkmessig leverandørsamarbeid.
- Opprett innkjøpsgrupper som håndterer alt innkjøp for et prosjekt/firma/verdikjede.

- Ta i bruk moderne løsninger for innkjøp og beordring, der e-handel er den mest åpenbare løsningen og som tillater både enklere bestilling og mer effektiv prosessering av ordrer. Dette er allerede tatt i bruk med hell av enkelte aktører, for eksempel Eilag og L.A. Lund.

Organisering:

- Holde seg til rendyrkede entrepriseformer, et tiltak spesielt rettet mot problemer i caseprosjektet med uklare entreprisemodeller og rammeavtaler.
- Organiser prosjektet slik at det får en profesjonell ledelse med ansvar og myndighet overfor aktørene, og avklar tidlig ansvarsforholdene i prosjektet.
- Forstå og legg til rette avtaler og incitamenter i prosjektet som fremmer en adferd hos aktørene som er til det beste for prosjektet og sluttkunden.

### 7.1.2 Logistikk, forsyning og kommunikasjon langs forsyningskjedene

Tiltakene fremkommet under denne overskriften er også gruppert i noen tematiske overskrifter:

Logistikk:

- Plassere ansvaret for logistikk på byggeplassen, alt fra mottak av leveranser, lagring på byggeplass til intern forflytning, osv., hos én person, gjerne en dedikert ”logistikksjef” eller byggeleder/bas.
- Utarbeid en detaljert plan for byggeplasslogistikken på et tidlig stadium, som inkluderer lagring, forflytning og leveranser til byggeplassen.
- La leverandører levere varer i kolli pakket for enkelte rom/soner og plassert på riktig sted, gjerne utpakket og emballasjen fjernet av leverandøren (for å frigjøre tid for montører til mest mulig verdiskapning). Dette krever for øvrig at leveringssted på byggeplass er angitt i bestillingene, noe som enkelte har håndtert ved at bestiller ikke får avsluttet en bestilling i e-handelssystem før droppsone er angitt.
- Ta i bruk såkalte leverandørstyrt lager (vendor managed inventory) for å forenkle lagerstyring på byggeplassen.

Prosedyrer, kommunikasjon og informasjon:

- Innfør klarere retningslinjer for kommunikasjon i prosjektet, som sørger for at riktig informasjon når riktig person/instans.
- Ta i bruk tettere oppfølgingsmøter, og sørg for at disse har bredere deltagelse slik at man unngår at bare førstelinje-aktører deltar i diskusjoner og får viktig informasjon.
- Planlegg hvem som skal delta på slike møter, hvem skal delta i beslutningsprosessene, hvilket mandat de forskjellige aktørene har, osv.

### 7.1.3 Prosjektplanlegging og -ledelse

Tiltakene fremkommet under denne overskriften er også gruppert i noen tematiske overskrifter:

Planlegging og prosjektledelse:

- Lag mer detaljerte, integrerte planer som tar hensyn til avhengigheter mellom aktører og som dekker både fremdrift, innkjøp og leveranser, rigg, osv. Inkluder aktørene i utformingen av disse planene slik at man sikrer enighet om realismen i dem.
- Unngå at prosjektplaner tillater altfor mye slakk for hver enkelt aktør, sats heller på presise planer. Ved tidsavvik må aktører begrunne disse og forklare tiltak for å rette opp avviket.
- Sørg for at prosjektet innehar god kompetanse i byggeledelsen.
- Gjennomfør systematiske sårbarhets- og risikoanalyser.
- Avklar rutiner for endringshåndtering på forhånd og vær spesielt oppmerksom på hvem som initierer endringer og hvorfor.

- Få til en industrialisering av byggeprosessen, både på grunn av ressursmangel og kvalitetsproblemer med arbeid under mindre optimale forhold på byggeplassen.
- Sett av tid til innkjøring av tekniske systemer før overlevelse av bygget.

### 7.2 Oppsummering av tiltak

Tabellen under oppsummerer alle de tiltak eller endringer som er identifisert gjennom vurdering av praksis fra stasjonær industri og intervjuer i caseprosjekt og bransjen ellers:

| Tidligfase/prosjektering | Prosjektplanlegging | Gjennomføring | Overordnede forhold |
|---|---|---|---|
| Integrert prosjektering (concurrent engineering) | Sugbasert beordring av varer og aktiviteter | Tettere integrasjon av verdikjeder | Skap langvarige verdikjeder (unngå anbud) |
| Design for X (høringsrunder mht. bygging, drift, HMS, osv.) | Flaskehalsstyring | Teknisk og logistikkmessig leverandørsamarbeid | Industrialisering av byggeprosessen |
| Modularisering av bygg | Vektlegg bygge- og driftslogistikk i tidlig planlegging | SMED – raskere omstilling | |
| Standardisering av komponenter | Avklar tidlig ansvarsforholdene | Opprett innkjøpsgrupper | |
| Velge prosjektaktører tidligere (evt. basert på tillit og relasjoner) | Skap incitamenter som fremmer ønsket adferd | Moderne løsninger for innkjøp og beordring (for eksempel e-handel) | |
| Avholde et tidlig oppstartsmøte | Lag mer detaljerte, integrerte planer som tar hensyn til avhengigheter mellom aktører | Plasser ansvaret for logistikk på byggeplassen hos én person | |
| Mer profesjonell prosjekteringsledelse | Unngå at prosjektplaner tillater altfor mye slakk | Utarbeid en detaljert plan for byggeplasslogistikken på et tidlig stadium | |
| Gjennomføre brukerdiskusjoner og prosessanalyser tidlig | Sørg for god kompetanse i byggeledelsen | La leverandører levere varer i de enkelte rom/soner ferdig utpakket | |
| | Systematiske sårbarhets- og risikoanalyser | Leverandørstyrt lager | |
| | Avklar rutiner for endringshåndtering på forhånd | Tettere oppfølgingsmøter med bred deltakelse bakover i kjeden | |
| | | Sett av tid til innkjøring av tekniske systemer | |

**Tabell 3: Oppsummering av tiltak**

### 7.3 Er det mulig å få til forbedringer og optimalisering av BAE-verdikjedene?

Som diskusjonen tidligere har vist kan vi i BAE-bransjen egentlig snakke om flere ”verdikjeder”, der noen av disse er verdikjeder i tradisjonell forstand (det vil si langvarige og med tett samarbeid), andre er mer kortvarige og komponert for å ”løse” ett konkret prosjekt. Vi har også presentert en lang liste over mulige tiltak for å forbedre produktivitet og logistikk i bransjen, men det er ett sentralt spørsmål vi egentlig ikke har berørt så langt i rapporten: Hvor sannsynlig er det at verdikjedene i BAE-bransjen kan forbedres? Mange av tiltakene skissert, både fra ulike intervjuobjekter og gjennom diskusjonen om overføring av prinsipper fra stasjonær industri, synes relevante med hensyn til å gi resultater. Like fullt kan det tenkes at mer grunnleggende forhold i bransjen gjør det vanskelig å få gjennomført disse eller å hente ut effektene fra tiltakene?

STEP-gruppen utarbeidet i 2003 en rapport på oppdrag fra Norges Forskningsråd om innovasjon i BAE-næringen (STEP, 2003). Denne rapporten peker på flere fenomener i bransjen som forhindrer en sterkere grad av innovasjon:

- På grunn av ”lock-in” i bransjen hevder STEP-gruppen at innovasjon og forbedring av effektivitet og kvalitet ikke kan komme som et resultat av enkeltaktørers tiltak, men må skje som et helhetlig konstruktivt samspill mellom aktører, myndigheter og forskningsorganisasjoner.
- Sviktende markedsarenaer bidrar også til å gjøre endringer vanskelig. Sluttbrukere og produsenter møtes sjelden da lange og kompliserte verdikjeder og forsinkelse mellom produksjon og bruk forhindrer dette. Dermed blir markedsarenaene uoversiktlige, ansvarsforhold uklare, sanksjonsmuligheter begrenset, osv.
- ”Useriøs” adferd hos aktører, eller det som oppfattes som useriøs adferd. I virkeligheten, hevder STEP-gruppen, er dette et uttrykk for at aktørene velger å opptre på en måte som kan synes lite rasjonelle, men som for den enkelte faktisk er den optimale løsningen, enten det innebærer å produsere en ”tilstrekkelig god” løsning eller å opptre antagonistisk overfor en oppdragsgiver.

Rapporten peker på flere andre forhold, men bildet synes allerede tydelig nok. Spesielt det første punktet er også i tråd med påstander fremsatt av TELFO (Tekniske Entreprenørers Landsforening) på en temadag i regi av Norsk Senter for Prosjektledelse (se vedlegg A), nemlig at bransjen er så låst i sine strukturer og arbeidsmåter at det er umulig for enkeltaktører å skape reell forandring.

Vi tror dette er en riktig observasjon og en viktig premiss å ta med seg videre. Logikken for den dramatiske utviklingen bransje etter bransje innen stasjonær industri har opplevd de siste par tiårene, enten det gjelder bilindustrien, elektronikk, matvarer, osv., er knyttet til at ”alle” tjener på det. Med langvarige verdikjeder er det rom for å investere i å bli kjent med hverandre, bygge tillit, skape bedre samhandling, implementere IT-løsninger, osv. Alle disse ”investeringene” kan avskrives over flere år og fordelt på store volumer. I de aller fleste tilfellene finnes det én sterk aktør som tar ansvar for å utvikle verdikjeden, normalt siste produksjonsledd, som har merkevarenavnet og forestår montasje og markedsføring til markedet. Aktørene bakover i verdikjeden har mye å tjene på å etterkomme dette ønsket og medvirke til utviklingen – er man ”snill” og spiller på lag får man fortsette å være med i kjeden og være sikret leveranser fremover. Og selv om slike stasjonære verdikjeder ikke på noen måte er ”snillistiske” og rundhåndede med betalingen til leverandører (de langsiktige avtalene krever ofte kontinuerlig kostnadsreduksjon, gjerne 5 % per år, og kvalitetsproblemer eller for høye kostnader betyr raskt utskifting av en leverandør), har alle en interesse av at deltakerne sitter igjen med en rimelig profitt. Denne sikrer aktørene handlingsrom for videre utvikling og er en viss garanti for at enkeltaktører ikke går over ende og dermed forstyrrer flyten i leveranser. Konsekvensen er at gevinsten kjeden genererer fordeles noenlunde rettferdig langs kjeden.

De fleste av disse forholdene er svakere eller snudd på hodet i BAE-bransjen. Den diskontinuiteten som skapes i ”verdikjedene” gjennom at nye konstellasjoner komponeres fra prosjekt til prosjekt, gir et langt svakere grunnlag for å investere i utviklingen av grensesnittene mellom aktørene. I langt mindre grad finnes det én sterk aktør som kan ta ansvar for verdikjeden og drive gjennom endringer. Og siden neste prosjekt kan innebære helt andre grupperinger av leverandører er det få incentiver for den enkelte til å ”være snill” – snarere må ethvert prosjekt utnyttes til å skape mest mulig avkastning. Dermed blir klimaet ofte mer antagonistisk enn samarbeids- og løsningsorientert. Man skulle tro dette ville påvirke den enkeltes muligheter for fremtidige oppdrag negativt, men siden dette er svært utbredt er ”alle like ille” og dermed får det få konsekvenser med mindre man skiller seg mye ut. Dette gjør også at gevinstene som genereres i verdikjeden ofte fordeles svært skjevt og ikke ut fra bidrag eller noen særlig forutsigbarhet. Tvister, fordeling av ansvar for endringer, makt til å tilrive seg fordeler, osv. dikterer i langt større grad hvordan gevinstene fordeles, og det finnes ikke en åpenbar myndighet hos én aktør til å gripe inn i dette.

En konklusjon av denne diskusjonen er at det nok er vanskeligere å imitere stasjonær industris verdikjedeutvikling enn først antatt. I tråd med STEP-gruppens konklusjon kan det tenkes at en reell utvikling i retning av mer langvarige og optimaliserte verdikjeder først kan skje dersom det tas initiativ til en mer helhetlig endring av både rammebetingelser, forretningslogikk, regelverk, osv. Samtidig kan ikke dette forhindre at man stadig gjør forsøk på å oppnå mindre dramatiske forbedringer i mellomtiden. Ut fra diskusjonen om fordeling av gevinster og incentiver for endring i BAE-verdikjeder, tror vi det er logisk å dele inn de ulike tiltakene i to grupper:

- Mer overordede tiltak som kan iverksettes for bransjen/verdikjeder totalt og gi effekter for flere aktører. Slike tiltak vil i mindre grad ha kontroversielle forhold knyttet til fordeling av fordelene tiltakene bidrar til og vil i noen grad kreve et bredere engasjementet for å overhodet kunne implementeres.
- Lokale tiltak som kan implementeres av én aktør eller i grensesnittet mellom to aktører. Dette er tiltak som for så vidt kunne gitt enda større effekter ved en mer omfattende tilnærming for hele verdikjeden, men som vi tror det vil være vanskelig å gjennomføre i slik skala. Derimot kan de også ha effekt mer lokalt.

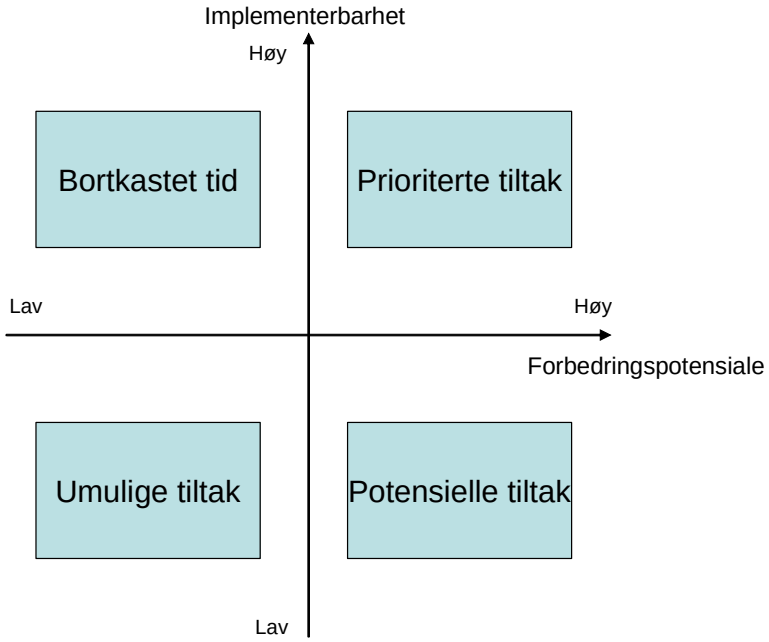
Tiltakene presentert i Tabell 3 er i et stort antall, nokså forskjellige og helt sikkert med ulikt potensiale for å gi effekter. Neste kapittel vil derfor dels evaluere disse ut fra et antall kriterier, dels forsøke å fordele dem i disse to gruppene

### 7.4 Evaluering av tiltak

Tiltak kan evalueres på mange ulike måter. Vi har valgt et lite antall kriterier for å vurdere tabellen med tiltak:

- Potensiale for forbedringseffekter ved tiltaket.
- Implementerbarheten av tiltaket, som da er knyttet til forhold som tid for å gjennomføre tiltaket, investeringsbehov, behov for ny kunnskap, motstand mot tiltaket, osv.
- Fordelingen av gevinster mellom aktørene i bransjen/verdikjedene.

Implementerbarhet er i så måte åpenbart et sammensatt kriterium, men fordelen med få kriterier er at evalueringen kan fremstilles grafisk i en firefelts-matrise som vist i Figur 10. Fordelingen av gevinster holdes utenfor matrisen og benyttes i stedet for å avgjøre om et tiltak er egnet for global implementering (jevn fordeling av gevinster eller forbedringene kommer alle til gode) eller lokal anvendelse (forventet strid om fordeling av gevinster eller tiltaket er mer isolert utformet).




**Figur 10: Firefeltsmatrise for evaluering av tiltak**

I matrisen vil da tiltak som vurderes som høyt på begge akser være de prioriterte. Høyt potensiale kombinert med lav implementerbarhet kan komme i neste runde, mens tiltak i de resterende to kvadrantene vil ha liten nytte.

Tabell 4 oppsummerer våre (subjektive og intuitive) vurderinger av tiltakene etter disse kriteriene:

| Tiltak | Forbedrings-potensiale | Implementer-barhet | Kvadrant | Gevinst-fordeling |
|---|---|---|---|---|
| Integrert prosjektering (concurrent engineering) | Høyt | Medium | Prioritert/potensielt | Ikke konfliktfylt |
| Design for X (høringsrunder mht. bygging, drift, HMS, osv.) | Høyt | Medium | Prioritert/potensielt | Ikke konfliktfylt |
| Modularisering av bygg | Høyt | Lav | Potensielt | Ikke konfliktfylt |
| Standardisering av komponenter | Medium | Medium | Usikkert | Gevinster både globalt og lokalt |
| Velge prosjektaktører tidligere (evt. basert på tillit og relasjoner) | Høyt | Lav | Potensielt | Ikke konfliktfylt |
| Avholde et tidlig oppstartsmøte | Medium | Høy | Prioritert/bortkastet | Ikke konfliktfylt |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Mer profesjonell prosjekterings–ledelse | Medium | Medium | Usikkert | Lokale gevinster |
| Gjennomføre bruker–diskusjoner og prosessanalyser tidlig | Høyt | Høy | Prioritert | Ikke konfliktfylt |
| Sugbasert beordring av varer og aktiviteter | Usikkert | Lav | Potensielt/umulig | Ikke konfliktfylt |
| Flaskehals–styring | Medium | Medium | Usikkert | Gevinster både globalt og lokalt |
| Vektlegg bygge- og driftslogistikk i tidlig planlegging | Høyt | Lav | Potensielt | Ikke konfliktfylt |
| Avklar tidlig ansvars–forholdene | Lavt | Medium | Bortkastet/umulig | Ikke konfliktfylt |
| Skap incitamenter som fremmer ønsket adferd | Medium | Lav | Potensielt/umulig | Gevinster både globalt og lokalt |
| Lag mer detaljerte, integrerte planer som tar hensyn til avhengigheter mellom aktører | Medium | Medium | Usikkert | Gevinster både globalt og lokalt |
| Unngå at prosjektplaner tillater altfor mye slakk | Lavt | Medium | Bortkastet/umulig | Gevinster både globalt og lokalt |
| Sørg for god kompetanse i byggeledelsen | Medium | Medium | Usikkert | Lokale gevinster |
| Systematiske sårbarhets- og risikoanalyser | Medium | Høy | Prioritert/bortkastet | Ikke konfliktfylt |
| Avklar rutiner for endrings–håndtering på forhånd | Medium | Medium | Usikkert | Ikke konfliktfylt |
| Tettere integrasjon av verdikjeder | Høyt | Medium | Prioritert/potensielt | Ikke konfliktfylt |
| Teknisk og logistikkmessig | Medium | Medium | Usikkert | Gevinster både globalt og lokalt |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| leverandør–samarbeid | | | | |
| SMED – raskere omstilling | Medium | Medium | Usikkert | Lokale gevinster |
| Opprett innkjøpsgrupper | Lavt | Høy | Bortkastet | Lokale gevinster |
| Moderne løsninger for innkjøp og beordring (for eksempel e-handel) | Medium | Medium | Usikkert | Gevinster både globalt og lokalt |
| Plasser ansvaret for logistikk på byggeplassen hos én person | Medium | Høy | Prioritert/bortkastet | Lokale gevinster |
| Utarbeid en detaljert plan for byggeplass–logistikken på et tidlig stadium | Medium | Medium | Usikkert | Gevinster både globalt og lokalt |
| La leverandører levere varer i de enkelte rom/soner ferdig utpakket | Lavt | Høy | Bortkastet | Lokale gevinster |
| Leverandørstyrt lager | Medium | Høy | Prioritert/bortkastet | Lokale gevinster |
| Tettere oppfølgings–møter med bred deltakelse bakover i kjeden | Medium | Medium | Usikkert | Ikke konfliktfylt |
| Sett av tid til innkjøring av tekniske systemer | Lavt | Medium | Bortkastet/umulig | Ikke konfliktfylt |
| Skap langvarige verdikjeder (unngå anbud) | Høyt | Lav | Potensielt | Ikke konfliktfylt |
| Industrialisering av byggeprosessen | Høyt | Lav | Potensielt | Ikke konfliktfylt |

**Tabell 4: Evaluering av tiltak**

Ut fra denne vurderingen fremstår et antall tiltak som de mest aktuelle ut fra en samlet vurdering. De med størst potensiale av de mer globalt relevante er beskrevet noe nærmere i neste delkapittel, de lokale i kapittel 7.6.

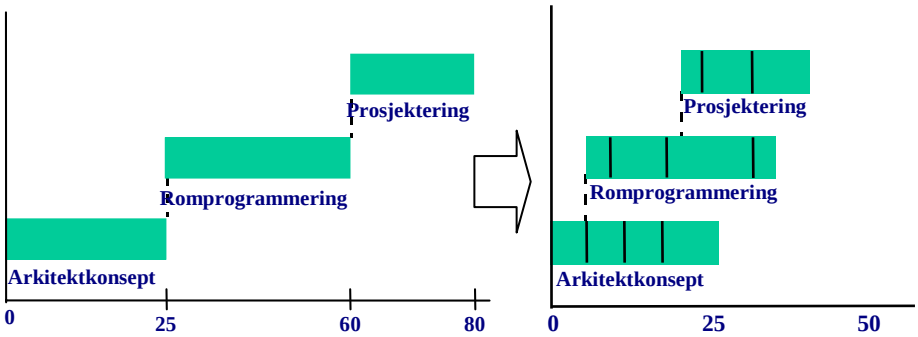
## 7.5 Globale tiltak

Noen av tiltakene med størst potensial er rimelig selvforklarende for de som kjenner bransjen, og disse omtales derfor ikke mer detaljert. En del andre tiltak er derimot mer uklare og kanskje ikke umiddelbart klare for implementering. For disse har vi forsøkt å forklare noe nærmere hvordan vi ser for oss tiltaket kan utformes:

***Integrert prosjektering (concurrent engineering)***

Som tidligere diskutert innebærer dette flere momenter fokusert rundt det å etablere mer integrerte team av representanter fra ulike aktører for å utforme konsept, løsninger og gjennomføre prosjektering. Hvor mange aktører som trekkes med kan variere, det samme gjelder også for hvor tidlig aktørene skal trekkes med. Dette er avveininger mellom forventede bidrag fra den enkelte og kostnader ved involvering, samt et spørsmål om hvor tidlig de ulike aktører kan identifiseres. Tiltaket innebærer uansett to sentrale aspekter:

- Tverrfaglig representasjon i en bredere sammensatt gruppe som står for utforming av overordnet konsept og prosjektering. Klarer man å identifisere de leverandører som skal delta i prosjektet tidlig nok, er det selvsagt disse som må involveres i denne gruppen. Er dette umulig (grunnet anbudsregler, grunnvalg for valg, osv.) kan man like fullt sikre disse disiplinenes kompetanse i gruppen gjennom å leie inn aktører på timebasis. Dette er utvilsomt en dårligere løsning enn der de reelle aktørene involveres, men kan fortsatt sikre at de mer åpenbare uheldige valg foretas.
- Parallellitet i utførelsen av de ulike faser i prosjekteringen, der hensikten primært er å redusere tiden disse tar. Disse to punktene henger sammen, og en tverrfaglig gruppe er en forutsetning for parallellitet. Tanken er at man ikke må ha hele hovedkonseptet ferdig før romprogrammering kan starte, og alle detaljer i dette må ikke være på plass før mer teknisk prosjektering kan startes opp. Ved noe overlapp kan den totale tiden reduseres, som vist i Figur 11.




**Figur 11: Parallellitet kan redusere totalt tidsforbruk**

Typiske aktører å inkludere i en slik tilnærming vil være arkitekt, brukerrepresentant, de ulike tekniske prosjekterende, førsteledds leverandører av materialer innenfor de ulike disipliner og et utvalg utførende.

***Design for X (høringsrunder mht. bygging, drift, HMS, osv.)***

Dette er nært relatert til foregående punkt, der fokus stadig er bedre utforming av løsninger i forhold til ett eller flere aspekter, for eksempel mer miljøvennlige løsninger, enklere byggbare løsninger eller for bedre logistikk. I motsetning til concurrent engineering, der prinsippet er å samle mange ulike kompetanser i et team, er tanken i design for X å sette fokus spesifikt på ett aspekt som er viktig å ivareta i prosjekteringen. Disse lar seg selvsagt kombinere slik at enkeltpersoner får et hovedansvar for å ivareta hver sitt aspekt.

Prinsippet blir da dels å inkludere personer kvalifisert til å representere det vektlagte aspektet i utformingsfasen, og dels å bestemme seg for hvordan denne representasjonen skal skje. Enten kan vedkommende inngå som et fast medlem i et integrert team (som beskrevet i forrige punkt), vedkommende kan involveres mer sporadisk eller man gjennomfører høringsrunder blant flere aktører rundt løsningsvalgene. Kostnadene for tiltaket vil typisk være høyest ved fast inkludering av en talsmann for hvert aspekt i et team, mens en høringsrunde gjennomført mens det enda er tid til å foreta endringer kan være et svært rimelig tiltak.

***Avholde et tidlig oppstartsmøte***
Dette tiltaket er innrettet mot å skape en tidlig felles forståelse for prosjektet, dets mål og løsninger og etablere en følelse av fellesskap i prosjektet. Hvor tidlig møtet avholdes og hvor bredt et utvalg av aktører som inviteres kan variere. Ofte kan det være gunstig med flere slike møter etter hvert som flere aktører trekkes med i prosjektet.

En balansegang å være oppmerksom på er mellom å gi deltakerne tilstrekkelig innsikt i prosjektet til at de kan bidra positivt og se sine bidrag i en større sammenheng, og faren for å enten virke belærende gjennom lange forelesninger eller å pøse på med så mye informasjon at budskapet drukner i mengden. Rollen med å lede et slikt møte bør for øvrig tillegges en person med tillit blant aktørene og en smule utstråling eller evne til å motivere folk.

***Gjennomføre brukerdiskusjoner og prosessanalyser tidlig***
Brukerinvolvering i utvikling av kravspesifikasjoner er for så vidt ikke noe nytt, men det er mer usikkert i hvilken grad dette faktisk praktiseres. Samtidig har det de siste få årene vært gjort flere forsøk på en mer systematisk tilnærming til dette basert på å gjennomføre såkalte prosessanalyser. Da kartlegges i detalj de arbeids- og logistikkprosesser som skal utføres i det ferdige bygget i forkant av arkitektens arbeid med byggutforming. På denne måten har arkitekten oversikt over fremtidig flyt av personer, dokumenter, materialer, osv. som skal skje i bygget og kan ta høyde for dette i utformingen av det.

Verktøyet som anvendes er typisk flytskjema som grafisk viser arbeidsprosesser som vil finne sted i bygget etter at det er ferdig, gjerne kombinert med andre visualiseringer av flytmønstre for ansatte, varer, pasienter (i sykehus), passasjerer (i en flyplass), osv. Det kan gjerne også knyttes kvantitative data til slike diagrammer, både for volumer, varigheter, osv. Fra fagfeltet fabrikkplanlegging finnes også teknikker for å angi forhold som må ivaretas under planlegging av et nybygg, for eksempel grader av behov for fysisk nærhet mellom rom eller avdelinger, spesielle behov i forhold til støy, renhet, osv.

***Tettere integrasjon av verdikjeder***
Dette har vært et kjernetema for hele dette prosjektet og rapporten, og er dels et spørsmål om filosofi eller holdning til samarbeid, dels et spørsmål om mer konkrete teknikker eller verktøy. For mer detaljer om dette temaet henvises dels til kapittel 4 og dels omtaler av tiltak basert på noen mer konkrete teknikker.

***Modularisering av bygg***
Ethvert bygg er nedbrutt i et antall elementer, fra en meget detaljert nedbrytning i enkeltdeler som planker, spiker og isolasjonsmatter som behandles individuelt, til større moduler som prefabrikkeres eller ferdigstilles utenfor selve byggeplassen, for eksempel ferdige veggmoduler eller komplette baderom. Størrelse på modulene og graden av industriell fremstilling man kan få til av disse vil avhenge av bygget og kreativitet, og her finnes det få standardsvar på hvordan en slik prosess kan gjennomføres.

Teoretisk kunne man kanskje se for seg en situasjon en gang i fremtiden der grensesnitt mellom moduler i et bygg er så veldefinerte at det kan sammenliknes med hvordan komponenter i en PC koples sammen. Det er definerte kontakter for komponenter, størrelsen på disse er forhåndsdefinert, og bruker man USB-plugger er det bare å kople til ulike former for eksternt utstyr og det hele virker med en gang. Kanskje er dette en utopisk tanke – tross alt det er bare strøm og signaler som flyter i grensesnittene i en PC – i et bygg skal det føres frem både vann, strøm, luft, avløp, osv. Like fullt bør det være et potensiale for videre standardisering av grensesnittene i et bygg slik at en kjøkkenmodul produsert et annet sted raskt settes på plass og koples til byggets ledningsnett for strøm, vann, osv.

***Industrialisering av byggeprosessen***
Dette henger nøye sammen med modularisering, der standardisering av komponenter og materialer og utforming av logiske moduler er en forutsetning for å kunne flytte produksjonen fra byggeplass til industriell, innendørs produksjon. Lykkes man vil dette skape større volumer, bedre forutsetninger for effektivisering og automatisering, brattere læringskurve, osv. Igjen er dette et meget omfattende tiltak som det vanskelig kan gis en generell oppskrift for. Grunntanken er dog å konvertere prosjektbasert produksjon til stasjonær industriproduksjon, og i så måte er de fleste lærdommer med oppbygging av effektive fabrikker i industrien relevante.

***Skap langvarige verdikjeder og velg prosjektaktører tidligere (evt. basert på tillit og relasjoner, unngå anbud)***
Dette er også knyttet til punktet om integrert prosjektering, men handler også om å skape mer langvarige verdikjeder gjennom å beholde de samme konstellasjoner av aktører over lengre tid slik at disse kan utvikle bedre samhandling. Dette kan også spare tid og penger brukt på anbudskonkurranser, og det sparer samfunnet for all den tid som brukes på å skrive anbud som aldri blir valgt. Samtidig må dette avveies mot sannsynligheten for å oppnå lavere priser ved konkurransemessige anbud, og selvsagt mot hva som er tillatt i henhold til regelverket.

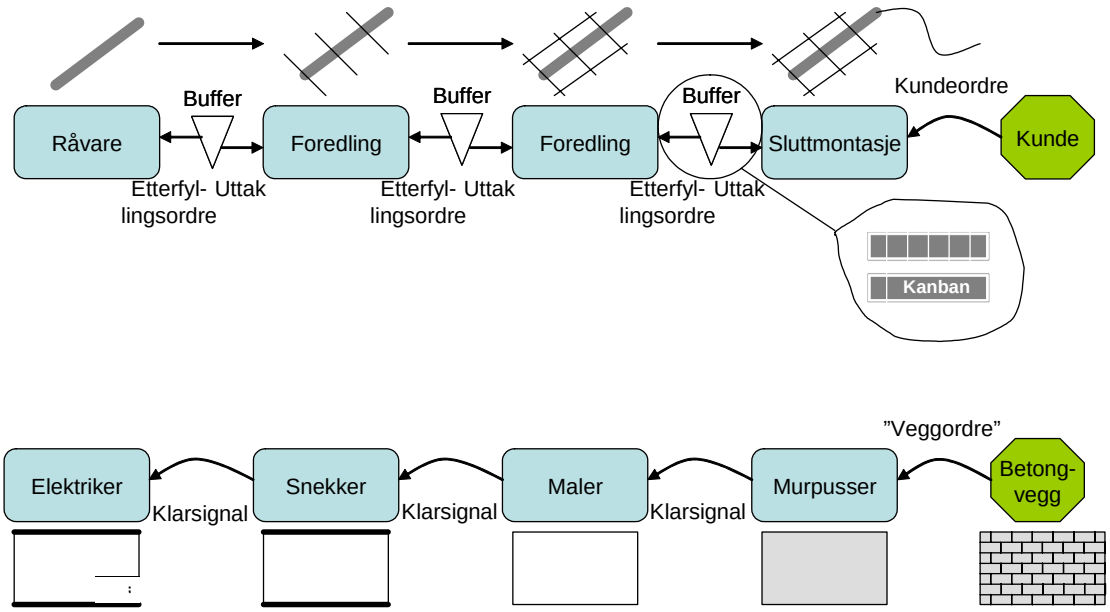
***Skap incitamenter som fremmer ønsket adferd***
Dette punktet er også knyttet til lovverket for offentlige anskaffelser og også kontraktene som anvendes. Som det har vært diskutert i rapporten kan både engangsoppdrag uten ”løfte om” videre oppdrag og dagens kontrakter være lite egnet for å skape et samarbeidsorientert klima der man opptrer til det beste for sluttproduktet og sluttkunden. Incitamenter for å endre denne adferden kan skapes på mange måter, for eksempel mer langvarige relasjoner, incentivbaserte kontrakter, måling som synliggjør den enkeltes verdiskapning, osv.

***Sugbasert beordring av varer og aktiviteter***
Dette er et tiltak som vi aner kan ha et potensial og som i stasjonær industri ansees for et av de viktigste elementene i den japanske revolusjonen på 1980-tallet. Samtidig er det ikke helt uproblematisk å skissere konkret hvordan sugbasert beordring kan fungere på en byggeplass. Et sug kan kanskje utnyttes både til å trekke frem materialer fra verdikjeden og til å koordinere de forskjellige byggmessige disipliners aktiviteter på byggeplassen.

Det førstnevnte er nokså likt den tradisjonelle anvendelsen i stasjonær industri, der tømming av et bufferlager utløser en beordring bakover til foregående ledd i kjeden. Dette kan anvendes både mellom en entreprenør, som holder et visst lager av standard materialer og komponenter som forbrukes rimelig jevnt, og grossist for disse, eller mellom grossist og produsent. Innen et firma kan det også anvendes mellom byggeplass og lager, ved at det for eksempel holdes et lite lager av standard elektromateriell på byggeplass. Så snart tilstrekkelig av dette er forbrukt til at et ”kanban” (gjerne i form av et kort kommer til syne i hyllen når nest siste stabel av kontakter er tømt) kommer frem, sendes dette til lageret hos firmaet, som leverer nye kontakter.

Dette vil sannsynligvis kunne føre til noen forenklinger i måten forsyninger planlegges og bestilles på, men vi aner at det kan være et større potensiale i sugbasert fremtrekk av aktiviteter på byggeplassen. Dette er ett av de vanskeligste områdene å koordinere godt på en byggeplass, der det viser seg at planer lagt på forhånd ofte avvikes betydelig fra og dermed blir utdaterte før de får effekt. Analogien mellom sug i en stasjonær verdikjede og en byggeplass er ikke åpenbar, dog. I en kjede som gradvis foredler råvarer til komponenter til ferdige produkter kan det holdes mellomlagre på de ulike stadiene i produksjonen. Tomgang i ett ledd utløser så beordring fra foregående ledd, noe som dermed eliminerer behovet for å forhåndsplanlegge, produksjonen styrer seg selv.

På en byggeplass vil det selvsagt være umulig å mellomlagre en ferdig oppsatt, men enda ikke malt vegg. Samtidig er det egentlig ikke fysiske produkter som sendes frem og tilbake på en byggeplass (jo, det skjer også!) som er interessante her, men den kapasiteten av utførende som veksler mellom ulike angrepspunkter i bygget, som vist i Figur 12.




**Figur 12: Sugbeordring i stasjonær produksjon og BAE-prosjekt**

Her finnes det ingen forhåndsplaner for når elektriker, snekker eller maler skal starte eller fullføre sine operasjoner, bare en "generalplan" for i hvilken rekkefølge ulike deler av bygget skal settes opp. Når denne veggen står for tur vil kun den logiske rekkefølgen av operasjonene initiere de ulike disiplinene, og en påbegynt operasjon fullføres så raskt som mulig uten avbrudd. Når mureren er med pussing av veggen suges maleren i gang ved et "kanban" (som kan være et ordrekort på en tavle, et rødt flagg ved veggen, en SMS til byggeleder eller et annet signal). Regelen kan da være at første maler som fullfører pågående operasjon, eller en maler som måtte være ledig når signalet kommer, starter maling av denne veggen. Tilsvarende skjer for snekker og elektriker.

Forutsetningene for å kunne benytte sug i den øverste kjeden er at delene som trekkes fremover forbrukes noenlunde jevnt (ellers går bufferne tomme) og at uttak av én del gir behov for en ny (ellers forblir bufferne fulle og for andre deler som behøves vil det ikke finnes buffere og dermed blir leveringstiden for lang). Hva er analogien for den nederste kjeden? Sannsynligvis at:

- Det må finnes noe ledig kapasitet hos de enkelte disipliner eller disse raskt kan omstille seg for å påbegynne den "sugbeordrede" jobben.

- Det finnes mange, parallelle angrepspunkter for de utførende slik at de ikke blir stående i kø og vente på hverandre et fåtall steder i bygget.
- Opp- og nedrigging mellom operasjoner og angrepspunkter tar kort tid, ellers vil mye av tiden være uproduktiv omstillingstid.

Om én av disse forutsetningene ikke holder vil garantert ikke sugbasert beordring kunne fungere! Hva er så realismen i dem? I henhold til flaskehalsteorien vil alle andre ressurser enn flaskehalsen ha ledig kapasitet, i hvertfall om man betrakter hele prosjektperioden under ett. Å anlegge mange angrepspunkter er et spørsmål om hvordan byggingen planlegges og gjøres normalt i dag. Kort omstillingstid kan oppnås ved bruk av SMED-teknikken. I hvertfall i teorien burde dermed alle disse kunne være oppfylt. Samtidig er alle forutsetningene noe ”uklare” og ikke prøvd ut i praksis. Vi er derfor fortsatt forsiktige optimister med hensyn til at sugprinsippet kan fungere i BAE-prosjekter, men et endelig svar krever mer utprøving, ikke minst i forhold til hva som er den beste utformingen av prinsippet.

***Systematiske sårbarhets- og risikoanalyser***
Dette er et logisk tiltak som i større og større grad er iverksatt.

Dette er altså tiltak som vi mener med fordel kan prøves ut globalt i bransjen, og som burde gi betydelige gevinster for alle aktørene. I neste delkapittel ser vi nærmere på tiltak som forventes å ha mer lokal effekt.

## 7.6 Utgangspunkt og incitamenter for hver aktør i bransjen

For å sikre gjennomslag for slik mer lokalt fokuserte tiltak er det nødvendig å forstå incentiver og drivkrefter for den enkelte aktør. Tabellen under forsøker å ”spekulere” i dette på et forenklet nivå:

| Aktør | Oppgaver i verdikjeden | Forretningslogikk | Hva skaper gevinst/profitt |
|---|---|---|---|
| Byggherre | ▪ Initierer prosjekter<br>▪ Styrer prosjekter (noen ganger) | ▪ Betaler (på egne eller andres vegne) for bygg for fremtidig drift/produksjon | ▪ Godt prosjekt (billig, raskt, god kvalitet)<br>▪ Bygg egnet for bruk |
| Arkitekt | ▪ Utformer overordnede løsninger og noen detaljer | ▪ Får betalt for sitt arbeid, enten av byggherre eller entreprenør | ▪ Mest mulig arbeid i prosjektet<br>▪ Spennende bygg<br>▪ Godt rykte |
| Prosjekterende | ▪ Utformer detaljerte løsninger, per disiplin | ▪ Får betalt for sitt arbeid, enten per time eller fastpris | ▪ Mest mulig arbeid (inkludert endringer)<br>▪ Arbeid innenfor egen disiplin |
| Hovedentreprenør | ▪ Bygger<br>▪ Styrer prosjekter (noen ganger)<br>▪ Koordinerer under–leverandører (noen ganger) | ▪ Får betalt for sitt arbeid (ulike kontraktstyper)<br>▪ Påslag på under–leverandørers arbeid/materialer | ▪ Differanse inntekt – kostnad<br>▪ Omfangsøkninger<br>▪ Overtid<br>▪ Påslag på underleverandører/ materialer |
| Tekniske entreprenører | ▪ Bygger innenfor sin disiplin | ▪ Får betalt for sitt arbeid<br>▪ Påslag på materialer | ▪ Differanse inntekt – kostnad<br>▪ Omfangsøkninger<br>▪ Overtid<br>▪ Påslag på materialer |
| Grossist | ▪ Formidler materialer (lager og logistikk) | ▪ Får betalt for sine tjenester + påslag på materialer | ▪ Omfang på leveranser<br>▪ Påslag for tjenester og materialer |
| Produsent | ▪ Produserer materialer | ▪ Får betalt for levert materiale | ▪ Betaling – selvkost |
| Bruker | ▪ Definerer kravspesifikasjon<br>▪ Tar over/drifter | ▪ Ingen transaksjoner | ▪ Egnet bygg |

**Tabell 5: Oppgaver og incentiver for de enkelte aktører i verdikjeden**

Basert på denne vurderingen har vi i neste omgang forsøkt å ”tilordne” de ulike lokale tiltakene med størst samlet potensiale til den/de aktører hvor vi mener de passer best, eller et grensesnitt dersom tiltaket åpenbart er rettet mot forholdet mellom to aktører:

| Tiltak | Primær aktør(er) | Primært grensesnitt | Kommentar |
|---|---|---|---|
| Standardisering av komponenter | ▪ Byggherre<br>▪ Arkitekt<br>▪ Prosjekterende | | ▪ Dersom byggherren er pådriver for standardisering vil gevinstene i stor grad også tilfalle ham<br>▪ Arkitekt/prosjekterende |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | som utnytter standardisering vil i mindre grad selv nyte godt av gevinstene |
| Mer profesjonell prosjekteringsledelse | ▪ Byggherre<br>▪ Prosjekterende | | ▪ Byggherre vil nyte godt av bedre prosjektering i form av billigere/bedre bygg<br>▪ Prosjekterende vil oppnå gevinst gjennom en mer effektiv prosess, men de utførende vil også høste en stor andel av gevinsten gjennom mindre heft og venting |
| Flaskehalsstyring | ▪ Byggeleder<br>▪ Utførende | ▪ Alle grensesnitt mellom utførende på byggeplass | ▪ Flaskehals kan være hvilken som helst ressurs på byggeplass<br>▪ Gevinster vil fordeles avhengig av hva som er flaskehals |
| Skap incitamenter som fremmer ønsket adferd | ▪ Alle aktører | | ▪ Som lokalt tiltak vil dette skape gevinster hos den aktør som iverksetter tiltaket |
| Sørg for god kompetanse i byggeledelsen | ▪ Byggherre eller dens representant<br>▪ Aktør med byggeledelse | | ▪ Gevinster for både aktør med byggeledelse og andre utførende |
| Teknisk og logistikkmessig leverandørsamarbeid | ▪ Alle utførende som kjøper inn materialer og komponenter | ▪ Grensesnitt mellom utførende og grossist/leverandør | ▪ Gevinst for både kunde og leverandør av materialer og komponenter |
| SMED – raskere omstilling | ▪ Alle utførende | | ▪ Primært gevinst for aktør som tar i bruk tiltaket |
| Moderne løsninger for innkjøp og beordring (for eksempel e-handel) | ▪ Alle utførende som kjøper inn materialer og komponenter | ▪ Grensesnitt mellom utførende og grossist/leverandør | ▪ Gevinst for både kunde og leverandør av materialer og komponenter |
| Plasser ansvaret for logistikk på byggeplassen hos én person | ▪ Byggherre eller dens representant<br>▪ Aktør med byggeledelse | | ▪ Gevinst for aktør med byggeledelse<br>▪ Gevinst for alle andre involvert i logistikk-prosesser |
| Utarbeid en detaljert plan for byggeplasslogistikken på et tidlig stadium | ▪ Byggherre eller dens representant<br>▪ Aktør med | | ▪ Gevinst for aktør med byggeledelse<br>▪ Gevinst for alle andre involvert i logistikk- |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | byggeledelse | | prosesser |
| Leverandørstyrt lager | ▪ Alle utførende som kjøper inn materialer og komponenter | ▪ Grensesnitt mellom utførende og grossist/leverandør | ▪ Gevinst for både kunde og leverandør av materialer og komponenter |

**Tabell 6: Tiltak tilordnet aktør eller grensesnitt i verdikjeden**

## 7.7 Lokale tiltak

Noen av tiltakene med størst potensial er rimelig selvforklarende for de som kjenner bransjen, og disse omtales derfor ikke mer detaljert. En del andre tiltak er derimot mer uklare og kanskje ikke umiddelbart klare for implementering. For disse har vi forsøkt å forklare noe nærmere hvordan vi ser for oss tiltaket kan utformes:

***Standardisering av komponenter***

Dette henger på mange måter sammen med de tidligere nevnte punktene om modularisering og industrialisering, og er nærmest en forutsetning for at disse to tiltakene skal kunne gjennomføres. Samtidig kan standardisering av materialer og komponenter også iverksettes lokalt av den enkelte aktør, med gevinster knyttet til forenkling, høyere volum for utvalgte deler og dermed kanskje lavere pris, mindre komplisert innkjøp og logistikk, med mer. Her finnes det knappest noen oppskrift for hvordan man kan oppnå standardisering, men det er nyttig å tenke i forhold til T-punkt, som omtalt i kapittel 4, og ikke minst innse at det totalt sett kan lønne seg å benytte én type materiale eller komponent i en rekke ulike løsninger selv om denne ene faktisk kan være dyrere enn den absolutt rimeligste som kunne vært anvendt i noen av løsningene, dersom dette fører til store forenklinger.

La oss for eksempel si at det finnes fem ulike typer lysbrytere med noe ulik funksjonalitet, fra billige, helt enkle enpolete brytere til dyrere, trinnløse dimmebrytere. Den dyreste dekker all funksjonaliteten til alle de rimeligere, men ikke omvendt. Umiddelbart høres det da fornuftig ut å benytte akkurat den bryteren som dekker behovet på de forskjellige stedene, for å spare penger på innkjøp av bryterne. Alternativet er å konsekvent benytte den dyreste overalt. I mange tilfeller vil man finne at man sparer innkjøpskostnader på å benytte forskjellige brytere, men at kostnadene til mer lagerhold, flere ordrer, mer overvåkning av lagrene, osv. vil overgå besparelsene i forhold til å kun holde styr på én type bryter. I tillegg vil dette kunne gi så stort volum av den ene at en bedre rabatt oppnås. Med én type kan servicebiler og byggeplass ha mer på lager av denne ene og dermed unngå tomgang med tilhørende forsinkelser og hasteordrer. I sum kan bruken av bare den dyreste bli mye billigere! Dog er dette intuitivt vanskelig å forstå og utprøving kreves.

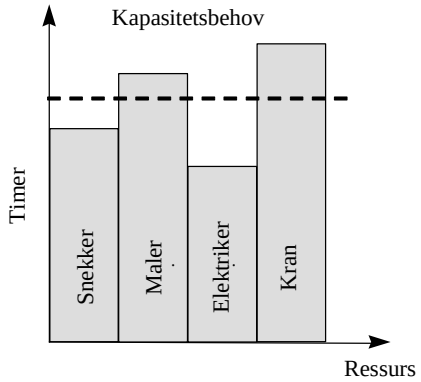
***Mer profesjonell prosjekteringsledelse***

Dette er et tiltak som er nevnt av svært mange aktører i bransjen, med bakgrunn i en nær felles observasjon av at prosjektering er ett av de områdene hvor det gjøres mest feil og flest problemer skapes. ”Mer profesjonell” tror vi i denne sammenheng innebærer både en reelt sterke kompetanse hos prosjekterende og prosjekteringsledelsen og også en sterkere vektlegging av denne oppgaven og ledelse av den. Tiltaket handler derfor både om å lokalt anvende nok ressurser til denne oppgaven og på sikt sørge for at bransjen besitter tilstrekkelig kompetanse innenfor dette feltet.

***Flaskehalsstyring***

var nokså nøye beskrevet i kapittel 4 og dreier seg altså hovedsakelig om å identifisere de ressurser på byggeplass eller i verdikjeden som representerer den kapasitetsmessig begrensende ressurs. Konsekvensen av å tenke flaskehals er at man styringsmessig retter sterkt fokus på å detaljplanlegge aktivitetene i flaskehalsen og sørge for at denne utnyttes maksimalt, samtidig som

alle andre ressurser (som per definisjon har overskudd på kapasitet) kan styres noe lettere. I praksis identifiseres flaskehalser ved å estimere det totale timebehov for alle ressurser i prosjektet og sammenlikne dette med tilgjengelig kapasitet. Dette kan gi et bilde som i Figur 13.




**Figur 13: Identifisering av flaskehalser**

Ut fra grafen er kran og maler flaskehalser i dette prosjektet. Disse to ressursene må derfor utnyttes maksimalt (én time tapt forsinker hele prosjektet!). Virkemidler for dette kan være:

- Anlegge de parallelle angrepspunktene slik at både kran og maler har størst mulig ”buffer” av jobber.
- ”Vedlikeholde” disse ressursene best mulig – mekanisk vedlikehold av kranen, HMS-tiltak for maleren – slik at uventet stopp forhindres.
- Sikre god kompetanse og utstyr i flaskehalsene slik at feilproduksjon unngås (omarbeid i flaskehals er tid tapt for hele prosjektet!).
- Planlegg aktivitetene i flaskehalsene detaljert slik at omstillingstiden minimeres og arbeidet kan utføres mest mulig effektivt.

For alle andre ressurser burde så sugprinsippet kunne brukes for å ”trekke frem” arbeidet. I teorien høres dette veldig tilforlatelig ut, men man skal også merke seg at det kan finnes flere enn én flaskehals i et gitt system og at flaskehalsen kan forflytte seg over tid. Ser man imidlertid isolert på én uke av prosjektet kan kanskje elektrikeren være flaskehals, ikke maleren. Dette er forhold som kompliserer bildet og som man må være oppmerksom på, enten ved å bryte ned kapasitetsbehovet per periode eller jevnlig sjekke dette underveis. Et annet spørsmål er om flaskehals henger sammen med kritisk vei i prosjektet, det vil si at ressurser som brukes for å utføre aktiviteter på kritisk vei er flaskehalsene? Kanskje er det en sammenheng, men denne er ikke åpenbar og krever forsøk for å bekreftes. Det samme gjelder for hele prinsippet om flaskehalsstyring. Dog har dette vist seg virkningsfullt i de situasjoner der man nokså klart kan identifisere flaskehalsen(e) og fokusere på disse.

***Skape incitamenter som fremmer ønsket adferd***

Dette var også omtalt som et globalt tiltak, da med fokus på den grunnleggende kultur og forretningslogikk i bransjen. Som et lokalt tiltak hos den enkelte aktør handler dette mer om de mekanismer som er i spill i forhold til hva som utløser belønning eller positiv tilbakemelding for den enkelte ansatte, uansett hvilken funksjon i organisasjonen. Ofte brukes såkalt prestasjonsmåling til en tydeligere bevisstgjøring av dette, der det løpende måles resultater i form av kvalitet, tidsforbruk, kostnader, sikkerhet, miljøpåvirkning, osv. Det kritiske er at målingene oppfattes som rettferdige og at de ikke måler individuell innsats, men resultater skapt av lag, avdelinger eller grupper i organisasjonen. Man vet at det som måles prioriteres, og det finnes utallige eksempler på at det å måle for eksempel sikkerhetsaspekter og gjøre disse målingene lett

synlige og til et tema for oppfølging, medarbeidersamtaler, kanskje sågar bonuser, gjør at prestasjonsnivået går opp. Slik kan prestasjonsmåling anvendes bevisst for å skape oppmerksomhet om og forbedring av forhold det er viktig å ta tak i.

***God kompetanse i byggeledelsen***
Dette er nokså likt punktet om mer profesjonell prosjekteringsledelse. All erfaring tilsier at en dyktig og sterk byggeleder kan utgjøre forskjellen mellom suksess og fiasko på byggeplassen. Samtidig har nok den ”slanke” tankegangen i mange tilfeller ført til at denne funksjonen har blitt fjernet eller svekket, og tiltaket er nok så enkelt som å gjeninnføre en sterk byggeleder.

***Teknisk og logistikkmessig leverandørsamarbeid***
Dette er i grunnen en mindre omfattende, lokal variant av tiltaket om tettere integrasjon av verdikjedene i bransjen. Om det kan være utfordrende å få hele verdikjeder til å spille sammen, kan enkeltaktører ofte mye enklere forbedre grensesnittet til sine leverandører, ett eller flere ledd bakover i kjeden. Dette gjelder spesielt i den vertikale delen av verdikjedene i et byggeprosjekt, fra den utførende i prosjektet og bakover til dennes leverandører av materialer og komponenter. Egentlig kan dette punktet sees på som en overskrift for mer konkrete tiltak:

- Moderne løsninger for innkjøp og beordring (for eksempel e-handel). I caseprosjektet har vi sett gode eksempler på løsninger for innkjøp der bruk av bærbar PC på byggeplass kombinert med en god logistikkløsning hos grossist gir en enklere hverdag for begge parter og samtidig en bedre logistikk. I mange tilfeller vil nok grossistleddet være pådrivende for slike løsninger, men det er viktig at man i fellesskap blir enige om hensiktsmessige modeller for begge parters behov. Teknisk sett finnes det mange løsninger for dette. Én modell observert var at elektroentreprenørs byggeleder hadde en bærbar PC på byggeplassen (som vedkommende hadde fått opplæring i å bruke). I et relativt enkelt skjermbilde legges det inn ordrer for alle deler og materialer som trengs, med angitte priser og spesifikasjoner. Ordrer bekreftet innen 15.00 leveres neste morgen på byggeplass, enten fra lokalt lager hos grossisten eller fra sentrallager. Hos grossisten behandles ordrene elektronisk og automatisk, fra utplukk fra robotstyrt lager til lasting på bil, noe som sparer mye saksbehandlertid. Begge parter er i dette eksempelet godt fornøyde med løsningen og mener den sparer begge for både tid og penger.
- Leverandørstyrt lager har vi omtalt tidligere, og dette er et tiltak som relativt enkelt kan settes ut i livet. I de tilfeller der dette er tatt i bruk viser det seg så godt som alltid at leverandøren gradvis endrer oppfatning, fra å i starten kanskje være negativ til etter hvert å se at dette gir mer forutsigbarhet og enklere logistikk også for leverandøren. For kunden frigjør dette tid og oppmerksomhet tidligere brukt på å kjøpe inn standardvarer til å nå kunne konsentrere seg om andre aspekter av logistikken. I praksis fungerer dette også i BAE-prosjekter. I caseprosjektet holdt el-grossisten en container på byggeplass for kunden. Grossisten var ansvarlig for å holde lageret av en lang rekke definerte standardvarer over et minimumsnivå, og for kunden påløp det ingen kostnader før uttak ble foretatt. Uttak registreres ved strekkodeleser i containeren.

***SMED – raskere omstilling***
Dette er et svært generelt tiltak som kan benyttes av nær sagt alle aktørene i verdikjeden. Prinsippet er å frigjøre tid gjennom å forkorte tiden anvendt til opp- og nedrigging og andre forberedelser slik at denne kan brukes til reelt verdiskapende arbeid. Ved siden av den produktivitetsgevinsten dette gir fører det også til at arbeidet kan planlegges mer fleksibelt ved at det å på kort varsel bytte om på aktiviteter ikke trenger å koste så mye tapt riggetid. Selve tiltaket er nøye beskrevet i ”manualer” for reduksjon av omstillingstid, for eksempel (Shingo, 1996), og består typisk av stegene:

1. Separer indre omstillingstid og ytre omstillingstid (indre omstilling er omstillingsarbeid som må gjøres mens ressursen ikke er i drift, ytre omstilling er omstillingsarbeid som kan gjøres mens ressursen produserer - det grunnleggende prinsippet i SMED er å gjøre indre omstilling om til ytre omstilling, det vil si at man skal gjøre mest mulig av omstillingsarbeidet mens ressursen er produktiv).
2. Hovedregelen er:
   - Hvis ytre omstilling er mulig, gjør dette.
   - Hvis indre omstilling er uunngåelig, utfør indre omstilling.
3. Konvertere indre omstilling til ytre omstilling. Konvertering av indre omstilling til ytre omstilling er en effektiv måte å redusere stillstanden på.
4. Benytt forhåndsjusterte verktøy.
5. Parallellisering av operasjoner og arbeidselementer. Det kan være praktisk å ha en eller flere personer tilgjengelig som har som hovedoppgave å hjelpe til ved omstilling.

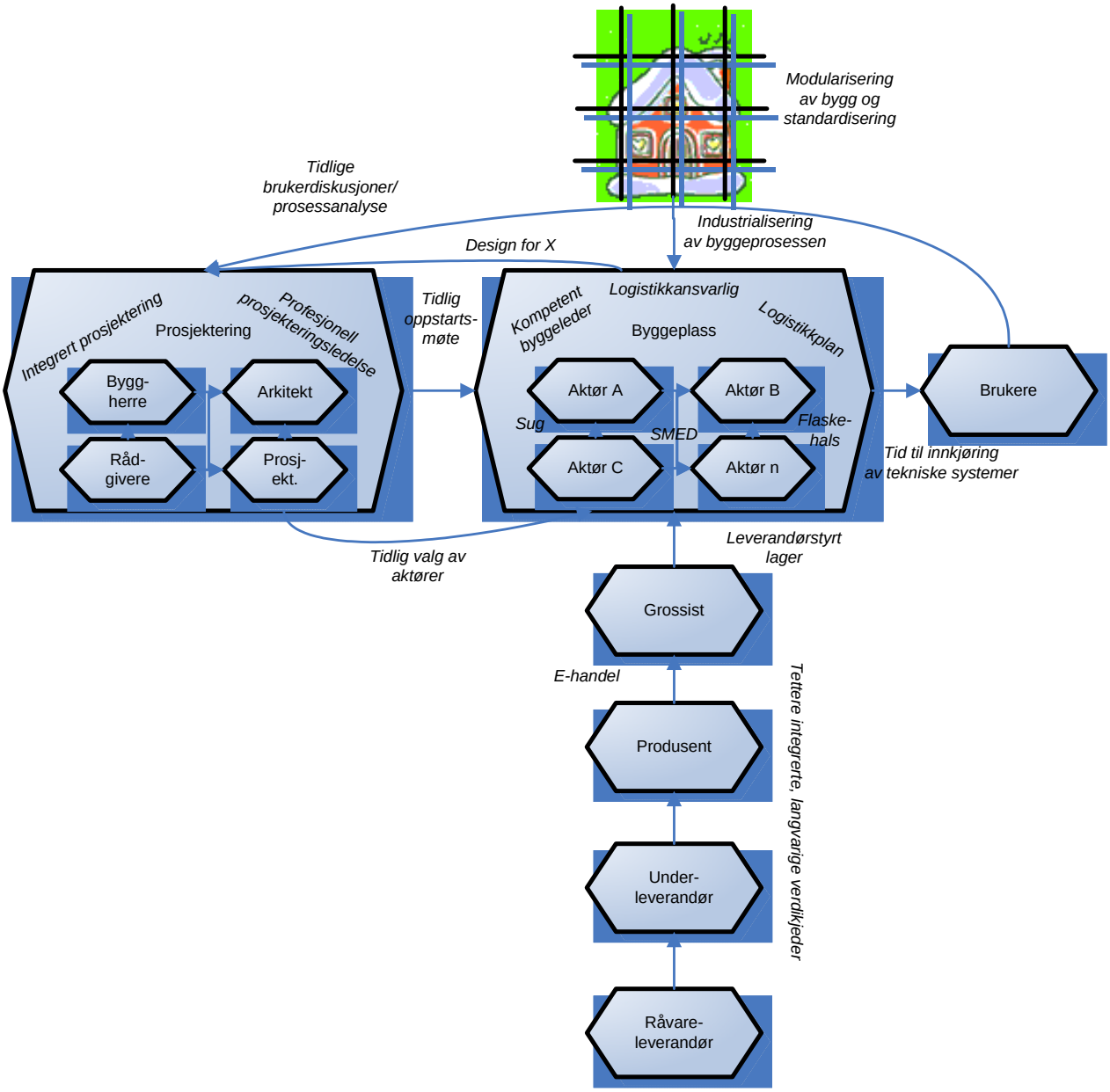
***Plasser ansvaret for logistikk på byggeplassen hos én person***
Logikken er selvsagt at den totale logistikken kun kan forbedres dersom noen har en overordnet oversikt slik at man unngår at de ulike aktørene tar seg til rette og ødelegger for hverandre. Som for byggeledelse er dette et tiltak som isolert sett kanskje kan koste ekstra, men som totalt sett burde gi en gevinst. Tiltaket i seg selv er simpelthen å tilordne et slikt ansvar, men effekten blir selvsagt best om vedkommende som får ansvaret også har god innsikt i byggeplasslogistikk!

***Utarbeid en detaljert plan for byggeplasslogistikken på et tidlig stadium***
Dette vil være et naturlig ansvarsområde for vedkommende med logistikkansvar, og med et tidlig stadium menes allerede i prosjekteringsfasen. Om mulig bør denne personen bidra inn i et integrert prosjekteringsteam der vedkommende er talsmann for byggelogistikk. Om man allerede så tidlig starter å planlegge logistikken og ta hensyn til hvordan ulike, ofte tilfeldige beslutninger i prosjekteringsfasen påvirker arbeidet på byggeplassen, er man i posisjon til å skape en god logistikk i gjennomføringsfasen.

## 7.8 Oppsummering

Dette kapittelet har forsøkt å rydde litt i det store antallet ulike tiltak og løsninger som har fremkommet i dette prosjektet og som har vært presentert ulike steder i rapporten. De tiltak som er beskrevet i siste del av kapittelet er altså de vi har vurdert samlet sett å ha størst potensial for å kunne gjennomføres og med gevinst. Sett under ett er vi ikke det minste i tvil om at disse representerer et meget stort potensial for forbedringer i bransjen!

I Figur 14 har vi forsøkt å oppsummere grafisk hvor de ulike tiltakene er innrettet og hvordan de til sammen representerer et nokså helhetlig svar på mange av problemene i bransjen. Vi gir ikke noen mer detaljert forklaring av figuren, men henviser til beskrivelsen av de enkelte tiltakene for mer innsikt i hva de dreier seg om.




**Figur 14: Tiltak innplassert i verdikjeden (tiltak er markert i kursiv)**

Samtidig er det ingen tvil om at dette er en bransje der tiltak kan være vanskelige å få satt ut i livet, jfr. diskusjonen tidligere i dette kapittelet om ”lock-in” og behovet for et felles bransjeløft. For å unngå at tiltakene forblir i denne rapporten er det ekstremt viktig at de følges opp med reell utprøving i det virkelige liv. Fra vår side har vi allerede startet med dette, så langt i beskjeden skala i ett prosjekt knyttet til en elektroinstallatør, men vi har ambisjoner om å utvide denne aktiviteten betydelig fremover. Vi håper også at Statsbygg, som oppdragsgiver for dette arbeidet, vil være villig til å prøve ut tiltak de kan iverksette. Det foregår også et arbeid fra SINTEF sin side for å forsøke å etablere en mer omfattende satsning på nettopp produktivitet og logistikk i BAE-næringen, der strategiske midler anvendes for å skape dialog med sentrale aktører og søke om finansiering fra Forskningsrådet til mer omfattende utprøving av tiltak.

# 8 Konklusjon

## 8.1 Oppsummering av funn

Dette forskningsprosjektet har hatt fokus på å utvikle tiltak som kan forbedre problemer i BAE-bransjen knyttet til lav produktivitetsutvikling og svak logistikk. En klar inspirasjonskilde har vært stasjonær industri, der et typisk trekk er at svært mange produkttyper i dag koster det samme eller vesentlig mindre enn hva de gjorde for noen år siden, samtidig som funksjonaliteten er økt betydelig. Dette gjelder alt fra klær og sko til forbrukerelektronikk til. En slik prisreduksjon i 50-gangen er et resultat av en mer enn 200 år lang utvikling av både teknologi, organisasjon og samhandlingsprinsipper som selv en dramatisk utvikling i teknologi, kompleksitet og byggemetoder BAE-bransjen ikke er i nærheten av å matche.

I løpet av de siste 20-30 årene er det blitt utviklet et stort antall ulike tilnærminger til styring for bedre produktivitet og logistikk innen stasjonær industri, både av mer overordnede filosofier eller prinsipper for produksjon, planlegging og styring til mer konkrete verktøy og teknikker. Et utvalg vi mener har mest relevans i forhold til anvendelser innen BAE-bransjen, og som har vært vurdert i arbeidet er:

- Helhetlig verdikjedestyring/aktørkoordinering
- Nettverksteori/aktørsammensetning
- Kontinuerlig forbedring av samhandling innad i verdikjeden
- Lean manufacturing/agile manufacturing
- Innkjøps- og leverandørstyring
- Vendor Managed Inventory (VMI)
- Design for X
- Concurrent engineering
- Standardisering og modularisering av produkter og komponenter
- Trykk vs sug/kundeordredekoblingspunkt
- Just in Time-filosofien
- Kanban-beordring
- Single Minute Exchange of Die (SMED), reduksjon av omstillingstider
- Optimized Production Technology (OPT)/flaskehalsstyring
- Differensiert styring
- Kvalitetsfilosofi og -sikring
- Kvalitets-/prestasjonsmåling
- Statistisk prosesskontroll

Ett sentralt spørsmål er hvorvidt produksjon av biler eller elektronikk er likt nok bygging i prosjekter at det er rom for overføringer av metoder og kunnskap. Noen viktige likheter er:

- I begge tilfeller fremstilles et fysisk produkt.
- Begge typer fremstilling har inngående materialstrømmer av komponenter og råvarer.
- Begge bransjer har en relativt høy andel logistikk i sin verdiskapning.
- For begge typene produksjon står man overfor utfordringer og krav knyttet til kort produksjonstid, lave kostnader, høy kvalitet og andre faktorer.

Noen helt sentrale forskjeller, som gjør overførbarheten fra stasjonær industri vanskeligere, finnes dog åpenbart:

- Konkurranseforholdene og forretningslogikken i stasjonær industri har lagt forholdene til rette for en verdikjedeintegrasjonen. Anbudslogikken som i stor grad dominerer BAE-bransjen skaper en naturlig diskontinuitet i prosjektene der ”verdikjeder” komponeres fra gang til gang. Dette forholdet er nok nokså sentralt i spørsmålet om samarbeid langs verdikjeder.
- I stasjonær produksjon er det en kjede av aktører som foretar en sekvensiell foredling av produktet og fysisk sender det videre i kjeden. I BAE-prosjekter finner man også en logisk sekvens av aktiviteter og aktører i forhold til progresjonen i byggeprosessen, men her opptrer i langt større grad mange aktører samtidig. Dette skaper et ytterligere behov for koordinering og planlegging som ordinær industri ikke har.
- I stasjonær produksjon står produksjonsapparatet i ro og utfordringen er å oppnå balanse mellom på den ene siden en akseptabel kapasitetsutnyttelse av produksjonsressursene og på den andre siden tilstrekkelig slakk til å opprettholde nødvendig fleksibilitet. I BAE-prosjekter ”står produktet i ro” og en stor utfordring er koordinering mellom mange aktørers produksjonsressurser, både utstyr og personell.
- I de fleste grener av stasjonær industri har man en løpende fremstilling av et visst volum av like eller liknende produkter (derav navnet industri, til forskjell fra håndverk). Dette gir grunnlag for spesialisering av operasjoner, investering i automatisering, å kunne utnytte læringskurven til å stadig forbedre produksjonsprosessene, osv. I bygg- og anleggsbransjen er hovedprinsippet prosjektbasert produksjon, det er prosjekt per definisjon er et unikt foretak. Dette gir ikke den samme muligheten for å stadig strømlinjeforme arbeidsprosessene slik de repetitive prosessene i stasjonær industri kan.
- Lovverk og anbudsregler er nokså ulikt fra stasjonær industri til BAE-bransjen, og i mange tilfeller strengere eller mer komplekst for sistnevnte.

Gitt denne listen over sentrale ulikheter (og det finnes flere) er det åpenbart at man ikke naivt kan konkludere med at BAE-næringen ”bare må til å lære fra stasjonær industri, så blir alt bedre”.

Det har også vært gjennomført studier av et caseprosjekt og derigjennom intervjuer med en rekke personer i bransjen, for å identifisere både problemområdet sammen med forslag til tiltak. Når det gjelder problemområder ser vi et mønster der spesielt tre områder utmerker seg som gjengangere mellom intervjuene og som angis å medføre betydelige negative effekter; byggeprosjektenes tidligfase, logistikk samt prosjektplanlegging og -ledelse.

Ved å kombinere foreslåtte tiltak fra intervjuobjekter med prinsipper fra stasjonær industri av relevans, endte vi opp med Tabell 7, som oppsummerer alle de tiltak eller endringer som er identifisert.

| Tidligfase/prosjektering | Prosjektplanlegging | Gjennomføring | Overordnede forhold |
|---|---|---|---|
| Integrert prosjektering (concurrent engineering) | Sugbasert beordring av varer og aktiviteter | Tettere integrasjon av verdikjeder | Skap langvarige verdikjeder (unngå anbud) |
| Design for X (høringsrunder mht. bygging, drift, HMS, osv.) | Flaskehalsstyring | Teknisk og logistikkmessig leverandørsamarbeid | Industrialisering av byggeprosessen |
| Modularisering av bygg | Vektlegg bygge- og driftslogistikk i tidlig planlegging | SMED – raskere omstilling | |
| Standardisering av komponenter | Avklar tidlig ansvarsforholdene | Opprett innkjøpsgrupper | |
| Velge prosjektaktører tidligere (evt. basert på tillit og relasjoner) | Skap incitamenter som fremmer ønsket adferd | Moderne løsninger for innkjøp og beordring (for eksempel e-handel) | |
| Avholde et tidlig oppstartsmøte | Lag mer detaljerte, integrerte planer som tar hensyn til avhengigheter mellom aktører | Plasser ansvaret for logistikk på byggeplassen hos én person | |
| Mer profesjonell prosjekteringsledelse | Unngå at prosjektplaner tillater altfor mye slakk | Utarbeid en detaljert plan for byggeplasslogistikken på et tidlig stadium | |
| Gjennomføre brukerdiskusjoner og prosessanalyser tidlig | Sørg for god kompetanse i byggeledelsen | La leverandører levere varer i de enkelte rom/soner ferdig utpakket | |
| | Systematiske sårbarhets- og risikoanalyser | Leverandørstyrt lager | |
| | Avklar rutiner for endringshåndtering på forhånd | Tettere oppfølgingsmøter med bred deltakelse bakover i kjeden | |

**Tabell 7: Oppsummering av tiltak**

Det neste sentrale spørsmål vi måtte vurdere var: Hvor sannsynlig er det at verdikjedene i BAE-bransjen kan forbedres? STEP-gruppen utarbeidet i 2003 en rapport på oppdrag fra Norges Forskningsråd om innovasjon i BAE-næringen, og peker på flere fenomener i bransjen som forhindrer en sterkere grad av innovasjon:

- På grunn av ”lock-in” i bransjen vil innovasjon og forbedring av effektivitet og kvalitet ikke kan komme som et resultat av enkeltaktørers tiltak, men må skje som et helhetlig konstruktivt samspill mellom aktører, myndigheter og forskningsorganisasjoner.
- Sviktende markedsarenaer bidrar også til å gjøre endringer vanskelig.

- ”Useriøs” adferd hos aktører, eller det som oppfattes som useriøs adferd. I virkeligheten er dette et uttrykk for at aktørene velger å opptre på en måte som kan synes lite rasjonelle, men som for den enkelte faktisk er den optimale løsningen, enten det innebærer å produsere en ”tilstrekkelig god” løsning eller å opptre antagonistisk overfor en oppdragsgiver.

Dette er viktige observasjoner. Logikken for den dramatiske utviklingen bransje etter bransje innen stasjonær industri har opplevd de siste par tiårene er knyttet til at ”alle” tjener på det. Med langvarige verdikjeder er det rom for å investere i å bli kjent med hverandre, bygge tillit, skape bedre samhandling, implementere IT-løsninger, osv. Incentivene for dette er svakere eller snudd på hodet i BAE-bransjen. Den diskontinuiteten som skapes i ”verdikjedene” gjennom at nye konstellasjoner komponeres fra prosjekt til prosjekt gir et langt svakere grunnlag for å investere i utviklingen av grensesnittene mellom aktørene. I langt mindre grad finnes det én sterk aktør som kan ta ansvar for verdikjeden og drive gjennom endringer. Og siden neste prosjekt kan innebære helt andre grupperinger av leverandører er det få incentiver for den enkelte til å ”være snill” – snarere må ethvert prosjekt utnyttes til å skape mest mulig avkastning. Dermed blir klimaet ofte mer antagonistisk enn samarbeids- og løsningsorientert.

En konklusjon av denne diskusjonen er at det nok er vanskeligere å imitere stasjonær industris verdikjedeutvikling enn først antatt. Ut fra en diskusjon om fordeling av gevinster og incentiver for endring i BAE-verdikjeder mener vi det er logisk å dele inn de ulike tiltakene i to grupper:

- Mer overordede tiltak som kan iverksettes for bransjen/verdikjeder totalt og gi effekter for flere aktører. Slike tiltak vil i mindre grad ha kontroversielle forhold knyttet til fordeling av fordelene tiltakene bidrar til og vil i noen grad kreve et bredere engasjementet for å overhodet kunne implementeres.
- Lokale tiltak som kan implementeres av én aktør eller i grensesnittet mellom to aktører. Dette er tiltak som for så vidt kunne gitt enda større effekter ved en mer omfattende tilnærming for hele verdikjeden, men som vi tror det vil være vanskelig å gjennomføre i slik skala. Derimot kan de også ha effekt mer lokalt.

Tiltakene som faller innenfor hver av disse gruppene er presentert i mer detalj i rapporten.

### 8.2 Generaliserbarhet for resultatene

Gjennom de diskusjoner som er ført i forhold til overførbarhet mellom bransjene mener vi de tiltak som er prioritert til slutt bør være generelle og bør kunne anvendes bredt innenfor BAE-bransjen. En del av tiltakene har sitt opphav i intervjuer innenfor ett caseprosjekt. Hvorvidt disse i samme grad er generaliserbare er selvsagt et relevant spørsmål. Caseprosjektet har hatt sine spesifikke utfordringer i forhold til valgt entreprisemodell, konstellasjoner av aktører, byggtekniske forhold, osv. Problemområder og tiltak intervjuobjektene har pekt på er selvsagt farget av dette, til tross for at alle er erfarne fagfolk som vi har forsøkt å stimulere til å tenke bredere enn dette ene prosjektet. Samtidig har vi også gjennomført intervjuer med personer i bransjen utenfor dette caseprosjektet, og resultatene fra disse er i stod grad sammenfallende med inntrykkene fra caseprosjektet. Vi har også bevisst unngått å legge for mye vekt på utsagn og innspill som åpenbart er farget av spesifikke forhold i caseprosjektet. I sum mener vi de funn som er gjort i dette forskningsprosjektet skal være av generell karakter og bredt anvendbare i bransjen.

### 8.3 Feilkilder

Med hensyn til feilkilder er disse spesielt knyttet til utvalget av intervjuobjekter og tolkningen av svar avgitt under intervjuene. Dette er klassiske feilkilder i denne typen forskning. Utvalgsskjevhet kan kun motvirkes ved å enten sørge for representativitet i utvalget og et

tilstrekkelig stort antall respondenter til å unngå tilfeldige skjevheter i oppfatninger. Det har ikke vært rom i prosjektet for å intervjue et veldig stort antall personer, så vi har heller valgt å akseptere at utvalget kan være skjevt fordelt. I forhold til gjennomføring av intervjuer og tolkning av svar har vi alltid bemannet intervjuene med minst to, gjerne flere, forskere. Intervjuene har vært basert på en intervjuguide, og referatene har vært kvalitetssikret i etterkant.

### 8.4 Vurdering av måloppnåelse

I forhold til målsetningen for forskningsprosjektet er det så langt vanskelig å vurdere hvorvidt denne er oppnådd. Målet var formulert som:

”Å forbedre produktiviteten i bygg- og anleggsbransjen gjennom å sette fokus på hvordan koordineringen langs og mellom verdikjeder i byggeprosjekter kan forbedres, om mulig i retning av å kunne planlegge, styre og gjennomføre byggeprosjekter basert på prinsipper fra vareproduserende industri”.

Dette er selvsagt en ambisiøs målsetning som vi så langt ikke kan si er oppnådd. Vi tror derimot at den kunnskap som er utviklet om mulige tiltak for å få til denne forbedringen er verdifull og kan være et godt grunnlag for å på sikt nå målet. Utfordringen i så måte er knyttet til å spre informasjon om resultatene og være en pådriver for at tiltakene både prøves ut i mindre skala og tas i bruk bredere i bransjen. Dette er som nevnt et arbeid vi allerede har startet og som vi vil fortsette utover høsten 2004.

### 8.5 Videre arbeid

For å nå denne ambisiøse målsetningen er det imidlertid også påkrevd at arbeidet videreføres, langs ulike fronter. Noen sentrale aktiviteter fremover bør være:

- Utprøving av de foreslåtte tiltakene. Dette bør som nevnt skje både lokalt i enkeltprosjekter og -bedrifter og gjennom bredere anlagte initiativ. Dette vil være en essensiell videreføring der hensikten er å bringe resultatene fra forskningsprosjektet fra papiret og over i reelle anvendelser. En slik utprøving vil gi erfaringer med de ulike tiltakene og kan føre til justeringer i disse.
- Arbeide for å skape den bransjeomfattende endringen som blant annet STEP-gruppen har pekt på vil være nødvendig for å skape reelle endringer i bransjen. Svært mange av tiltakene vi har skissert krever felles løft for å gjennomføres, og dette er noe både sentrale aktører i bransjen (byggherrer, store entreprenører, andre utførende, bransjeorganisasjoner og myndigheter) og forskningsmiljøene må ta tak i.
- Mer konkret mener vi også det bør gjennomføres en form for ”verdiskapningsanalyse” i bransjen. Mye av utfordringene vi ser, både for å implementere tiltak og som grunnlag for den generelle logikken i bransjen, er knyttet til skjevhet og uklarhet i hvor verdier skapes og hvordan gevinster fordeles. Det er en kjensgjerning at få aktører i bransjen tjener særlig med penger, samtidig som bransjen omsetter for enorme summer i året. Å opparbeide større faktabasert innsikt i hvilke aktører og aktiviteter som faktisk bidrar til verdiskapning og hvor gevinstene sitter igjen, er et viktig grunnlag for videre arbeid med tiltak og forbedringer. Her finnes det teknikker som kan anvendes, både for generell verdikjedeanalyse og mer spesifikke verdiskapningsanalyser. Value Stream Mapping (se for eksempel Rother og Shook, 1999) er en teknikk utviklet primært for analyse av logistikk innenfor én virksomhet, men vi tror denne er meget godt egnet for å utvides til et verdikjedeperspektiv og vi vil arbeide for å få finansiert en slik analyse.

## Referanser

Albriktsen, Rolf O. (1989) **Produktivitet i byggebransjen: Forskjeller i produktivitet, teori, metode, analyser, forklaringer**, Norges byggforskningsinstitutt, Oslo.

Andersen, Bjørn, Strandhagen, Jan Ola og Haavardtun, Lars Johan (1998) **Material- og produksjonsstyring**, Cappelen Akademisk Forlag, Oslo.

Arditi, D. og Mochtar, K. (2000) **Trends in Productivity Improvement in the US Construction Industry**, Construction Management and Economics, vol. 18.

Atkins, W. S. (1994) **Strategies for the European Construction Sector**, Office for Official Publications of the European Communities, Brussels.

Clausen, L. (1999) Byggelogistik **- Erfaringer fra seks forsøgsbygggerier**, Statens Byggeforskningsinstitut (SBI), Hørsholm.

BAE-rådet (2002) **Forskning og utvikling i bygg-, anleggs-, og eiendomsnæringen – Utfordringer og samfunnsgevinster**, Oslo.

FRI (1993) **Synergier og barrierer i byggeriet – på sporet af den tabte produktivitet**, Foreningen af Rådgivende Ingeniører, København.

Horner, Malcolm og Duff, Roy (2001) **More for less: A contractor's guide to improving productivity in construction**, CIRIA, London.

Jaikumar, R. (1988) **From Filing and Fitting to Flexible Manufacturing: A Study in the Evolution of Process Control**, Harvard Business School Press, Boston.

Persson, Göran og Solberg, Magne (1994) **Tidsbaserte konkurransestrategier som virkemiddel for økt internasjonalisering av norsk bygge- og anleggsnæring**, Handelshøyskolen BI, Oslo.

Porter, Michael E. (1980) **Competitive Strategy: Techniques for Analyzing Industries and Competitors**, Free Press, New York.

Rolstadås, Asbjørn (redaktør) (1995) **Performance Management: A Business Process Benchmarking Approach**, Chapman & Hall, London.

Rother, Mike og Shook, John (1999) **Learning to See: Value Stream Mapping to Add Value and Eliminate Muda**, The Lean Enterprise Institute, Brookline.

Shingo, Shigeo (1996) **Quick Changeover for Operators: The SMED System**, Productivity Press, Portland.

STEP-gruppen (2003) **Bygg fremtiden! Innovasjonsstrategi for bygg-, anleggs- og eiendomsnæringen i Norge**, STEP-gruppen, Oslo.

## Vedlegg A - Program fra temadag 12. desember 2003

**TEMADAG**

# Produktivitet i Bygg- og Anleggsprosjekter

Det blir påstått at produktiviteten i bygg- og anleggsbransjen er lav og at den har hatt en dårligere utvikling enn i andre bransjer. Noen hevder til og med at den har sunket de siste ti år. Stemmer dette? Hvorfor er det eventuelt slik? Hva er årsaken til dette og finnes det noen tiltak for å snu trenden? Formålet med denne temadagen er å belyse temaet fra flere vinkler.

### Sted: Clarion Royal Christiania, Oslo

**Tid: fredag 12. desember kl 09.00 – 15.00**

| Tid | Tema | Ansvarlig |
|---|---|---|
| 09.00-09.30 | **Registrering og kaffe** | NSP |
| 09.30-09.35 | **Åpning ved Norsk senter for prosjektledelse** | NSP |
| 09.35-10.05 | **Bakgrunn og innledning til temaet** | Stein Rognlien, Statsbygg |
| 10.05-10.35 | **Forskningsprosjektet "Produktivitet og logistikk i Bygg- og Anleggsbransjen"** | Bjørn Andersen, NTNU |
| 10.35-10.50 | **Kaffe + frukt** | |
| 10.50-11.30 | **Entreprenørens syn på produktivitet** | Petter Eiken, Selmer Skanska |
| 11.30-12.30 | **Lunsj** | Statsbygg |
| 12.30-13.00 | **BA-produktivitet 2005** | Thorbjørn Ingvaldsen, Byggforsk |
| 13.00-13.30 | **Arkitektens syn på produktivitet** | Torstein Ramberg, Torstein Ramberg AS |
| 13.30-13.45 | **Kaffe + kake** | |
| 13.45-14.15 | **De tekniske entreprenørers plass i byggeprosessen** | Chris Bull, Tekniske Entreprenørers Landsforening |
| 14.15-15.00 | **Diskusjon, oppsummering og avslutning** | NSP |

Presentasjonene fra temadagen kan lastes ned fra:
http://www.nsp.ntnu.no/pages/Arrangement/TEMA_2003/Temadag_031212/no_03-12-12_agenda.asp