

Materialflyt i en Engineer-To-Order bedrift

Knut Rike
Aud Elise Carlsen

Veileder
Anita Romsdal

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

FORORD

Denne masteroppgaven er det avsluttende arbeidet studentene gjennomfører på masterstudiet Industriell økonomi og teknologiledelse ved Universitetet i Agder (UiA), og er utarbeidet våren 2012.

Hovedelementene i denne oppgaven er Engineer-To-Order bedrifter (ETO), logistikk og Lean. Det blir utført en casestudie av en ETO-bedrift der det inngår en verdistrømsanalyse på materialflyten. Hensikten med denne oppgaven er å avdekke og belyse forbedringspotensialer i materialflyt og layout med tanke på å forbedre logistikken. Det ble tilbrakt to perioder i en bedrift, der den første var for å bli kjent, og den andre for å analysere materialflyten.

Gjennom arbeidet med denne masteroppgaven har vi hatt flere møter med veilederen vår, Anita Romsdal. Møtene har foregått via Skype og har vært spredt jevnt utover hele semesteret.

Den første vi ønsker å rette en takk til er Anita Romsdal som tålmodig har veiledet oss gjennom denne masteroppgaven på en god og lærerik måte.

Vi vil gjerne takke Spenncon, ved Roberto Salice, for sitt engasjement i denne oppgaven, og som gjorde det mulig for oss å tilbringe tid på Hønefoss. Arbeiderne og arbeidslederne i fabrikk 6 fortjener også en stor takk. De har lagt forholdene til rette slik at det ble mulig for oss å gjennomføre de analysene vi hadde behov for.

Bjørn Ungersness i Lean Communications fortjener også en takk for å ha vært bindeledd mellom oss og Spenncon i oppstarten av oppgaven. Gaute Hørlyk og Jonas Wilson (Lean Communications), fortjener også en takk for sine gode råd og innspill.

Grimstad 31/05/2012



Knut Rike



Aud Elise Carlsen

SAMMENDRAG

ETO-strategi er rammen for denne oppgaven. ETO er en produksjonsstrategi som lager skreddersydde produkt, og produksjonen er bestemt av antall ordre og kompleksitet på disse. Designet på produktene kommer fra kunde, og dermed er kunden involvert helt i fra starten, og følgelig vil ikke noe bli produsert før kunden kommer med ordren. En strategi som ETO har flere kjennetegn. Noen av disse er KODP ved designstadiet, skreddersydde produkt, fleksibilitet og stor usikkerhet. På grunn av kjennetegnene, kommer det flere krav som ETO-bedrifter må forholde seg til. Av disse kravene kan det nevnes hurtige/ stabile leveringer og levere til avtalt tid. På grunn av disse kjennetegnene og kravene er materialflyt viktig i en ETO-bedrift. Materialflyt blir derfor hovedfokus i denne oppgaven. For å oppnå en effektiv materialflyt er layout noe som vil ha stor innvirkning. Det viktig at layout er utformet i henhold til hvilke type produksjonsprosess en har. Et annet viktig element når en ønsker å oppnå en effektiv materialflyt er logistikk. På grunnlag av disse områdene har det blitt utført en studie med grunnlag i to forskerspørsmål. Forskerspørsmålene var som følger:

- 1. Hva kjennetegner logistikken i en ETO-bedrift?*
- 2. Hvordan kan logistikken i et produksjonsanlegg for en ETO-bedrift forbedres gjennom nye løsninger for materialflyt og layout?*

Forskerspørsmålene ble valgt for å supplere med forskning på ETO-bedrifter. Det interessante i denne sammenheng er å vurdere hvordan nye løsninger for materialflyt og layout kan forbedre logistikken. Gjennomtenkt bruk av logistikk kan bidra til å gjøre materialflyt mer effektiv.

Det har blitt gjennomført en litteraturstudie og en case for å besvare forskerspørsmålene. Litteraturstudiet ble gjennomført for å danne et grunnlag for å basere videre arbeid på. Casestudie ble gjennomført for å anvende teori og hjelpemidler i et «real case scenario», og for å trekke paralleller mellom teori og praksis. I caset ble det samlet inn data fra flere kilder, som inkluderer samtaler, verdistrømsanalyse og tidsstudie.

Bedriften i caset var Spenncon sin avdeling på Hønefoss. Spenncon er en ETO-bedrift, og er landets største og ledende leverandør av råbygg basert på prefabrikkerte betongelementer.

Vår studie har vist gjennom litteraturgjennomgang og casestudie at logistikken i en ETO-bedrift kjennetegnes gjennom noen karakteristikk for ETO-bedrifter. Noen av disse karakteristikkene ble presentert i første avsnitt. For å gjenkjenne logistikk vil disse karakteristikkene være sentrale fordi de sier noe om hvordan en bedrift må tilpasse produksjonen. Dette fordi dersom de for eksempel ikke har hurtige/ stabile leveringer, ikke håndterer usikkerhetene på en tilfredsstillende måte og er lite fleksible vil det være tegn på at måten de har organisert produksjonen på ikke er «den rette».

Når bedriften har gått inn for en slik strategi ved å la kunden bestemme hvordan produktene skal bli produsert (ved designstadiet) er det viktig at logistikken er lagt til rett for å klare og levere til avtalt tid. For å tilrettelegge logistikken er det essensielt at logistikken er basert på de karakteristikkene som kommer med ETO-strategien. På grunn av dette vil karakteristikkene være kjennetegn for logistikken i en ETO-bedrift. Dette vil være grunnlaget for å besvare forskerspørsmål 1.

For å besvare forskerspørsmål 2, ble det gjennom casestudiet gjennomført en kartlegging av materialflyten ved hjelp av Lean-teknikker og andre hjelpemidler. Teknikkene og hjelpemidlene som ble benyttet var verdistrømsanalyse, tidsstudie og flytskjema. Resultatene viste at det er NVA-tid i materialflyten på alle element som ble studert. Tidene som ikke tilførte verdi til produktet varierte fra mindre en time til over et døgn. Dette viser at det er forbedringspotensialer på materialflyten. Mye av denne NVA-tiden kommer av hvordan bedriften har organisert produksjonen på.

AKRONYMER

ETO: Engineer-To-Order

JIT: Just-In-Time

VSA: Verdistrømsanalyse

NVA: Non-Value-Add steg (ikke verdiskapende tid)

VA: Value-Add steg (verdiskapende tid)

KODP: Kundeordrenes dekoplingspunkt

Innholdsfortegnelse

FORORD	II
SAMMENDRAG	III
AKRONYMER	V
1 INTRODUKSJON	1
2 METODIKK	4
2.1 RAMMEVERK FOR ARBEID MED OPPGAVEN	4
2.2 TEORI OG LITTERATURSTUDIE	5
2.3 CASESTUDIE OG INFORMASJONSHENTING	6
3 TEORETISK BAKGRUNN	8
3.1 PRODUKSJONSSTRATEGI	8
3.1.1 KUNDEORDRENE DEKOPLINGSPUNKT	9
3.1.2 ENGINEER-TO-ORDER	10
3.1.3 ORGANISERING AV PROSESSFLYTEN	12
3.2 LOGISTIKK	14
3.3 MATERIALSTYRING OG MATERIALHÅNTERING	16
3.4 LAYOUT	18
3.5 PLANLEGGING	19
3.5.1 KAPASITETSPANLEGGING	20
3.6 KVALITET I PRODUKSJONEN	20
3.7 LEAN	21
3.7.1 GENERELT OM LEAN	21
3.7.2 LEAN- TEKNIKKER	24
3.8 ANALYSEVERKTØY	27
3.8.1 VERDISTRØMSANALYSE	27
3.8.2 TIDSSTUDIE	28
3.8.3 OPERASJONSPROSESSKJEMA	29
3.8.4 FLYTSKJEMA	30
3.9 OPPSUMMERING AV LITTERATUR	31
4 EMPIRI	32
4.1 HISTORIKK	32
4.2 SPENNCON	32
4.2.1 ORD OG UTTRYKK	33
4.2.2 PRODUKSJONSLOKALET	33
4.3 ETO	36
4.3.1 LAYOUT	36
4.3.2 PLANLEGGING	36

4.3.3	KVALITET	38
4.3.4	LEAN	39
5	ANALYSE OG FORSLAG TIL FORBEDRINGER	42
5.1	VERDISTRØMSANALYSE/TIDSSTUDIE	42
5.1.1	ANVENDELSE AV VERDISTRØMSANALYSE/TIDSSTUDIE OG FLYTSKJEMA	42
5.1.2	RESULTATENE	46
5.2	OPPSUMMERING OG DISKUSJON	54
6	KONKLUSJON	57
7	REFERANSER	59
8	VEDLEGG	61
8.1	VEDLEGG 1-FLYTSKJEMA OVER MATERIALENE	61
8.2	VEDLEGG 2A- SEKVENSER I TIDSSTUDIET	62
8.3	VEDLEGG 2B- TIDER I TIDSSTUDIET	65
8.4	VEDLEGG 3-OPERASJONSPROSESSKJEMA	71
	Figur 1: Casestudie som metode. Kilde: (Yin, 2009)	6
	Figur 2: Plassering av KODP. Kilde: (Olhager, 2003)	10
	Figur 3: Omfang av sløsing. Kilde: (Tapping et al., 2002)	23
	Figur 4: Eksempel på operasjonsprosess skjema	30
	Figur 5: Eksempel på flytskjema	31
	Figur 6: Produksjonslokalet	35
	Figur 7: Ikoner i VSA	43
	Figur 8: Flytskjema over element 1,4 og 8	45
	Figur 9: VSA for nåværende situasjon for element 1	47
	Figur 10: VSA forbedret situasjon av element 1	48
	Figur 11: VSA for nåværende situasjon for element 4	49
	Figur 12: VSA forbedret situasjon for element 4	51
	Figur 13: VSA nåværende situasjon for element 8	52
	Figur 14: VSA forbedret situasjon for element 8	53
	Tabell 1: Prinsipper for materialhåndtering. Kilde: (Freivalds, 2009).	17
	Tabell 2: Niva av sløsing. Kilde:(Tapping et al., 2002)	23
	Tabell 3: Oversikt over produksjonshallene	34
	Tabell 4: Karakteristikker for ETO-bedrifter	40
	Tabell 5: Sammenligning mellom ETO og Spenncon	40
	Tabell 6: Endringer i NVA tider	46
	Tabell 7: Tider for transporterering av betong av element 2	53
	Tabell 8: Tider for transport av betong element 4	54
	Tabell 9: Oversikt over forslag, hva som forbedres og innvirkning	55

1 INTRODUKSJON

ETO er en produksjonsstrategi, og bedrifter som har denne strategien lager skreddersydde produkt. Hos ETO-bedrifter er kundeordrenes dekoplingspunkt lokalisert ved designstadiet. Det betyr at kundene kommer inn når produktene skal designes. Produktene blir da følgelig ikke produsert før kunden og bedriften er enige om produktspesifikasjonene.

ETO-bedrifter har ingen lagerbeholdning av ferdigvarer. Strategien til slike bedrifter er derimot at de skal være i stand til å levere produktene til avtalt tid. Dette gjør en derimot sårbar for ferdige produkter som har feil eller mangler slik at de ikke kan leveres ut til kunden. ETO-bedrifter er en produksjonsstrategi med visse karakteristikk. Karakteristikkene vil inkludere kjennetegn, utfordringer, begrensinger og krav, som vil bli forklart senere. Disse karakteristikk er avgjørende for hvordan logistikk skal håndteres.

I ETO-bedrifter er det flere aspekter en må ta hensyn til for å produsere best mulig. For at kunden skal bli fornøyd, er det viktig at produktene kommer til avtalt tid, og med forventet kvalitet. Flyt kan være en avgjørende faktor her, for ETO-bedrifter er materialflyt viktig.

Å kartlegge materialflyt kan bidra til å avdekke skjulte kostnader, forbedringspotensialer og unødvendig bruk av ressurser. For å ha flyt av materialer må en håndtere og forflytte materialene. At fokus på dette er viktig blir påpekt i en studie utført av The Material Handling Institute, gjengitt i Freivalds (2009), som viste at mellom 30 % og 85 % av en bedrifts totale utgifter med å sette sammen et produkt, fra start til slutt, er forbundet med håndtering av materialer. Videre anslår Freivalds (2009) at 40 % av en produksjonsbedrifts ulykker skjer ved forflytting av materialer. Koşucuoğlu and Bilge (2012) påpeker videre at det å ha fokus på håndtering av materialer, også kan bidra til å redusere ledetiden.

En utfordring som kan oppstå, når det kommer til håndtering av materialer, er at produksjonslokalene er bygget på i flere etapper over lang tid. Resultatet blir at layout ikke har noen helhetlig tankegang, noe som igjen kan medføre til at layout ikke blir ideell. Utfordringene ligger da i å utnytte produksjonslokalene best mulig slik de er i dag. Logistikk er et viktig fokusområde her. Logistikk kan sees på som kunnskapen om å utforme og styre

enheter som skal flyttes fra et sted til en annet på en effektiv måte, men det er også viktig å koordinere med andre enheter.

Andre områder som er avgjørende for materialflyt og håndtering av materialene er, produksjonsutstyr, produksjonsplanlegging og lagerbeholdning.

I disse områdene, er logistikk og layout viktige begrep når en vil håndtere utfordringene i en ETO-bedrift. Å produsere effektivt, ha god leveringsevne og ta vare på kunder vil bidra til å holde liv i bedriften. Med svikt eller dårlig styring av logistikken rundt disse temaene, vil man mest sannsynlig ikke overleve i dagens marked.

Det er viktig å kartlegge karakteristikene for ETO-bedrifter, for å kunne trekke ut kjennetegnene for logistikk. På grunnlag av dette ble det dannet følgende forskerspørsmål 1:

Hva kjennetegner logistikken i en ETO-bedrift?

Følgende mål er satt for forskerspørsmål 1:

å gjennomføre en litteraturstudie på forskning på ETO, for så å trekke ut kjennetegn for logistikk i denne type bedrifter.

Siden logistikk er viktig i flere områder i ETO-bedrifter, vil det være interessant å kartlegge logistikken for så å se på forbedringspotensialer i materialflyt og layout. Ut ifra dette ble forskerspørsmål 2 definert:

Hvordan kan logistikken i et produksjonsanlegg for en ETO-bedrift forbedres gjennom nye løsninger for materialflyt og layout?

Følgende mål er satt for problemstilling nummer 2:

er å kartlegge forbedringspotensialene i materialflyten i en bestemt ETO-bedrift, for å så komme med forslag på forbedringspotensial.

Målet for hele oppgaven er å kartlegge karakteristikene for en ETO-bedrift. Karakteristikkene blir sett på som retningslinjer for hvordan en ETO-bedrift bør styre logistikken for å håndtere krav og utfordringer. Gjennom en case, vil det trekkes paralleller fra teori til praksis for en gitt ETO-bedrift. Eventuelle svakheter i produksjonsstrategien til

bedriften vil bli trukket fram, for så å se om det er forbedringspotensialer gjennom materialflyt og layout.

Hensikten med denne oppgaven er å kartlegge materialflyten og forbedringspotensialer i en ETO-bedrift, for å kunne svar på forskerspørsmålene har det blitt brukt en case. Caset er gjennomført hos Spenncon på Hønefoss.

Ut ifra forskerspørsmålene som er stilt vil oppgaven bli avgrenset til

- Produksjonsstrategi
- Logistikk
- Lean

I de forskjellige produksjonsstrategiene er det vanskelig å vite hva som kan gjøres for å styrke en bedrifts posisjon i markedet. Logistikk er viktig i alle bedrifter, uansett produksjonsstrategi. Logistikken kan bli styrt gjennom de karakteristikkene som kommer med hver strategi. Det er flere områder det er mulig å fokusere på for å finne forbedringspotensialer. I ETO-bedrifter er det spesielt viktig med flyten av materialer, siden denne typen bedrifter er drevet på kundeordre. Lean er en tenkemåte som kan bidra til å finne, for så å hjelpe til med å oppnå, de forbedringspotensialene som finnes.

Oppgaven vil derfor ta for seg hvordan materialflyten er i tre av hovedprosessene i et av produksjonslokalene, siden disse er de avgjørende aktivitetene for effektiviteten i produksjonen. De tre prosessene vil omfatte forskaling, armering og betong.

Strukturen på oppgaven er først bygd opp med en beskrivelse av metodene som har blitt anvendt. Neste del er teoretisk bakgrunn om relevante emner. Videre kommer caset og empiridel. Her blir bedriften presentert, og hvordan Lean-teknikker ble anvendt for å besvare forskerspørsmålene blir også gjennomgått. Deretter følger et analysekapittel, som analyserer resultatene fra anvendte Lean-teknikker og legger fram forslag til forbedringer og det vil komme en oppsummering og diskusjon over forslagene. Til slutt kommer en konklusjon som oppsummerer og gir svar på forskerspørsmålene.

2 METODIKK

Dette kapittelet vil beskrive metodene som er brukt i denne oppgaven.

Oppgaven består av en teoretisk del, en empirisk del og en drøftende og konkluderende del. Den teoretiske delen av oppgaven innehar de teoretiske aspekter som har vært påkrevd for å gi et godt og solid grunnlag for bygge opp under besvarelsen av oppgaven.

Empiridelen består av en case og blir presentert som et AS-IS scenario for å danne et overblikk over hvordan situasjonen er i dag, og eventuelt forbedringspotensialer. Caset ble brukt som supplement til litteraturen for å gi svar på forskerspørsmålene. Bedriften som ble benyttet i case var Spenncon, avdeling Hønefoss. Valget av bedrift begrunnes med tilgjengelighet, tilfredsstillelse av kriterier (som for eksempel ETO og relevant for problemstilling). Bedriften belyste også konsekvenser av å være en ETO-bedrift i praksis. Bedriften viste også at problemstillingen var relevant, og at det trengtes mer forskning på dette området.

Mesteparten av metodene som ble benyttet er kvalitative, men kvantitative metoder ble også brukt i et tilfelle for å kunne besvare problemstillingen. De kvalitative metodene som ble anvendt var intervju/samtaler, observasjoner, ulike Lean-teknikker og en case. Samtalene ble gjennomført i de periodene tilbrakt i produksjonslokalet, der det ble stilt spørsmål om produksjonsmåten, prosessene, ansattes synspunkter og innspill. Data ble også hentet fra hjemmesiden til Spenncon. Det har også vært kontakt med Lean Communications (et selskap som er innleid til Spenncon og har spesialisert seg på opplæring og implementering av Lean) via mail og direkte samtale. I tillegg til dette ble data samlet inn ved hjelp av verdistrømsanalyse og tidsstudie av materialflyten. Det er tidsstudiet som kan betraktes som den kvantitative delen av metodene.

2.1 Rammeverk for arbeid med oppgaven

Problembeskrivelse For å kunne begynne på denne oppgaven ble det utført en analyse for å kartlegge karakteristikken til ETO-bedrifter. Hensikten med dette var å få en oversikt, for så å kunne danne seg et omfang av oppgaven.

Litteraturstudie Etter at problembeskrivelsen var gjort, var det naturlig å gjøre en litteraturstudie. Målet med litteraturstudiet var å få en oversikt over karakteristikene. Litteraturstudiet ble avgrenset av scope.

Casestudie Casestudie utgjør en stor del av empirien. Casestudie ble utført for å danne seg et bilde av den faktiske materialflyten. Scope ble definert tidligere i oppgaven, vil avgrense omfanget av casestudiet. Casestudiet ble utført ved og faktisk være «on-site» ved produksjonslokalet til Spenncon på Hønefoss.

Forslag Når casestudiet var utført, hadde oppgaven et solid grunnlag med definerte problemstillinger, teoretisk bakgrunn og støttelitteratur, i tillegg til empiri der de faktiske forhold og utfordringer med materialflyt er kartlagt. Dette gir grunnlag for å kunne analysere og vurdere dataene som kom av studiet, og gir videre grunnlaget for å presentere forslag til forbedringer.

Diskusjon Til slutt følger en diskusjon. En slik diskusjon er ikke å betrakte som en egen prosess, men har foregått fra start til slutt i arbeidet med denne oppgaven, men vil først bli presentert her. Av dette følger det en diskusjon av dagens situasjon i caset, metodene som ble brukt og resultatene som kom ut av casestudiet. Nye løsninger som kom fram som følge av casestudiet, vil naturligvis også bli diskutert.

2.2 Teori og litteraturstudie

Teorien har dannet selve grunnlaget for oppgaven. Den bidro til å spesifisere karakteristikene med oppgavetemaet, hvorfor disse var viktige å adressere og hvordan denne oppgaven kunne bidra til å løse forskerspørsmålene i denne oppgaven. Teorien gir også indikasjoner på hvilken informasjon som måtte hentes inn i casestudiet, og gir input til hvordan utfordringene kan løses.

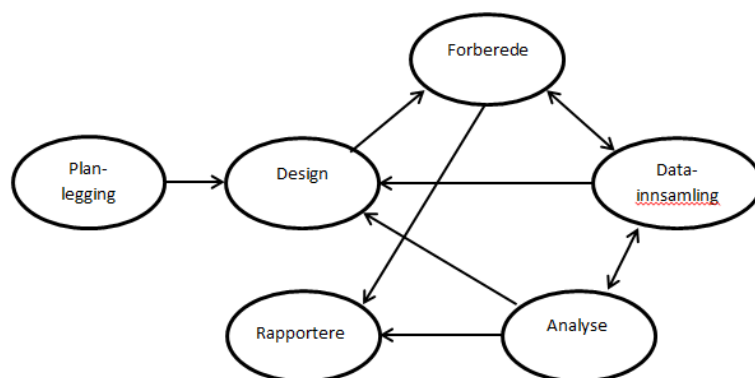
Litteraturstudie var ikke en engangshendelse, men en kontinuerlig prosess som ble gjentatt gjennom hele arbeidet. Det betydde, at det i starten ble gjort et litteratursøk for å danne seg et generelt grunnlag for å bygge oppgaven på. Etter hvert som arbeidet har utviklet seg, har det blitt returnert tilbake til litteratursøkene for å supplere med teori, for å gi grunnlag for videre arbeid.

I søk etter litteratur ble det brukt litteratur for å få oversikt over gjeldende teori, mens det ble brukt vitenskapelige artikler for bli oppdatert på hva som var det nyeste innen temaene. Det ble gjennomgått store mengder stoff, men utvelgelsen var nøye gjennomtenkt. Litteraturen som ble brukt var, for det meste utenlandsk, men det ble også funnet relevant litteratur som omhandlet de ulike temaene på norsk. Alle journalene var, uten unntak, hentet fra fagsider og databaser som det ble gitt tilgang til gjennom Universitetet i Agder (UiA). Valg av databaser ble gjort på grunnlag av at de hadde artikler som var vitenskapelig anerkjente. Av databaser som ble brukt, kan det nevnes ScienceDirect, IEEE Xplore, Emerald og Scopus. Google Scholar ble også brukt i en viss grad. Mange søkeord ble brukt, og ETO, Just-In-Time, logistikk (logistics) med flere kan nevnes.

Det ble i hovedsak konsentrert rundt litteratur og artikler publisert fra år 2000 til dagens dato. Det var imidlertid også nødvendig å bruke litteratur som var av betydelig eldre dato enn dette, men litteraturen brukt i disse tilfellene ble kun brukt for å forklare begrep og prinsipper som ikke har forandret seg nevneverdig mye i senere tid.

2.3 Casestudie og informasjonshenting

Yin(2009) beskriver casestudie som en kontinuerlig prosess, som består av 6 steg. Figur 1 viser en illustrasjon av denne prosessen.



Figur 1: Casestudie som metode. Kilde: (Yin, 2009)

Planlegging Det første steget var å planlegge casestudiet. Planleggingen ga en begrunnelse på hvorfor en ønsker å gjennomføre en tidsstudie, og det ble gjennomført en vurdering om casestudie var riktig metode å bruke.

Design Neste steg ble å designe casestudiet. Her ble det dannet et teoretisk grunnlag for å kunne samle inn nødvendig data for å besvare forskerspørsmålene. Dette steget er ofte det vanskelige steget, og det stilles forventninger til designstadiet av casestudiet. Dette gjøres for å sørge for troverdighet i studiet, og fire kriterier skal oppfylles. Disse fire er validitet, intern validitet, ekstern validitet og pålitelighet.

Forberede Steg tre ble forberedelse til gjennomførelsen av casestudiet. Dette steget var å forberede observatørene på jobben som skulle gjøres og dataene som skal samles inn. En gjennomgang av hvilke hjelpemidler som var nødvendig og dokumentasjon som var påkrevd i forkant ble i dette steget samlet inn.

Datainnsamling I dette steget ble selve «jobben» gjort, og dataene for videre analyse ble samlet inn. Dataene som blir samlet inn i casestudiet kom fra flere kilder. Blant annet var kildene intervju/samtale med arbeidere og formenn, og resultat av bruk av verktøy som verdistrømsanalyse, flytskjema og tidsstudie. Til slutt, men ikke minst, observasjoner.

Analyse For at dataene fra casestudiet skulle bli anvendt, måtte de analyseres. En slik analyse vil dreie seg om en gjennomgang av dataene for å kunne kategorisere, behandle og studere dataene mer inngående. Analysesteget var et av de vanskeligste stegene.

Rapportere Det siste steget ble å presentere dataene funnet i casestudiet. For å kunne gi en god rapportering av funnene, var det viktig å vite hvem som var mottakere av informasjonen, og hva som ville være relevant å legge frem.

3 TEORETISK BAKGRUNN

Teorien som er tatt med, er tatt med for å kunne besvare forskerspørsmålene. Hovedessensen i forskerspørsmålene er logistikk og ETO-bedrifter. Denne produksjonsstrategien har flere karakteristikk som vil bli trukket ut gjennom teorien. Gjennom karakteristikkene kan det trekkes ut kjennetegn for logistikk.

Logistikk blir anvendt i sammenheng med materialflyt i produksjonen. Logistikken rundt hvor materialene kommer fra og hvor lang tid materialene bruker gjennom produksjonen, vil være et av hovedtemaene. Et av flere områder som har innvirkning på logistikken er layout.

Layout er en viktig del av en bedrift, og det er flere måter å utforme layout på. Uansett hvilken layout en bedrift har, vil den påvirke materialflyten. Når materialflyten blir påvirket er dette noe som igjen vil ha innvirkning på en bedrifts evne til å levere til avtalt tid.

For å kunne levere det kunden ønsker, til ønsket tid, er det viktig at man planlegger produksjonen ut i fra hva slags kapasitet bedriften har. Planlegger man lite effektivt, vil produksjonen gå senere enn nødvendig, og dette kan gå utover leveringsfristen.

Dersom leveringstiden blir forstyrret og dette medfører at bedriften ikke kan levere til avtalt tid, kan dette igjen påvirke kvaliteten på produktene. De kontinuerlige kvalitetsjekkene kan bli nedprioritert for å spare tid.

Et annet viktig element, er Lean. Lean er et uttrykk som er bredt, men det er mest av alt en tankegang. Når en benytter Lean-tankegang, har en flere hjelpemidler å dra nytte av. Noen av disse er Just-In-Time (JIT), verdistrømsanalyse, tidsstudie og flytskjema. Alle disse verktøyene blir forklart og brukt som hjelpemiddel for å besvare forskerspørsmålene.

3.1 Produksjonsstrategi

Dette avsnittet skal omhandle teori om kundeordrenes dekoplingspunkt og hvor det er lokalisert for å skille de forskjellige produksjonsstrategiene. Avsnittet vil gå dypere inn i strategien som er relevant for denne oppgaven, Engineer-To-Order.

3.1.1 Kundeordrenes dekoplingspunkt

Det finnes flere produksjonsstrategier som en bedrift kan produsere etter. En av måtene for å finne ut hvilken strategi bedriften har, er å lokalisere kundeordrenes dekoplingspunktet (KODP).

Olhager (2003) omtaler KODP som det punktet i verdikjeden i produksjonen til et produkt, hvor produktet er linket til en spesifikk kundeordre, med andre ord der kundens spesifikasjoner blir låst.

KODP kan operere som en strategisk buffer mot variasjonen i etterspørselen, og som en effektiv måte for å kunne planlegge standardiserte deler. Oppstrøm fra KODP er alle operasjoner som blir styrt av prognoser, mens nedstrøm fra KODP er alle operasjoner som blir styrt av ordre. Plasseringen av KODP er strategisk og valg av strategi bestemmer nøkkelkarakteristikkene for verdikjeden (Olhager, 2003).

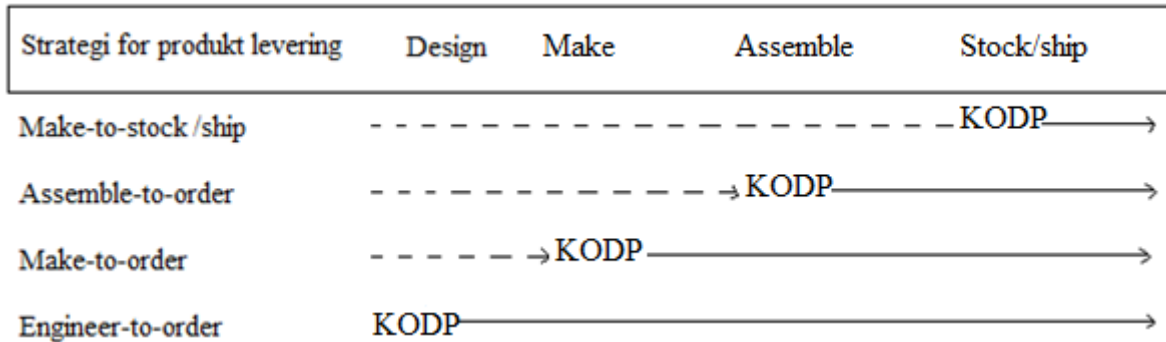
Gosling and Naim (2009) legger fram at flere av produksjonsstrategiene har en tanke om å matche verdikjeden til markedet rundt KODP. Dette er viktig med tanke på å henge med i et stadig endrende marked.

Det er identifisert fem forskjellige strukturer for kundeordrenes dekoplingspunktet, og hvilke type lager de har. Disse er:

- *Make to ship/ stock* (STS), der KODP er lokalisert ved ferdig vare i en nasjonal organisasjon. Ferdigvarelager.
- *Make to stock* (MTS), der KODP er ved de ferdige varene. Ferdigvarelager
- *Assemble to order* (ATO), der KODP er lokalisert i en underenhet av enheten som blir produsert. Komponentlager.
- *Make to order* (MTO), der KODP er lokalisert ved innkjøpte varer. Lager av innkjøpte varer.
- *Engineer to order* (ETO), der KODP er lokalisert ved designstadiet. Ingen lagerbeholdning.

(Gosling and Naim, 2009)

Tabellen nedenfor viser hvor de forskjellige KODP er lokalisert. De stipla linjene viser de produksjonsvirksomhetene som er prognosedrevet, og de hele linjene symboliserer de virksomheter som er drevet på kundeordre.



Figur 2: Plassering av KODP. Kilde: (Olhager, 2003)

Ut fra litteraturen er det viktig og vite hvor KODP til en bedrift er for å kunne identifisere hva slags strategi bedriften har, for så igjen å få vite hvilke retningslinjer en skal følge. Siden forskerspørsmålene er definert rundt ETO-bedrifter, vil neste avsnitt gå dypere inn i denne strategien.

3.1.2 Engineer-To-Order

Utviklingen av produksjonen i produksjonsbedrifter har i stor grad blitt sentrert rundt kundenes ønsker, og det produseres derfor etter dette. Fokuset på kunden har blitt vel dokumentet ifølge Forza og Salvador (2002). Selv om disse faktorene er blitt bevist gjennom vitenskapelige artikler, har forholdsvis mye av den publiserte forskningen i liten grad fokusert på begrepet ETO (Gosling and Naim, 2009, Hicks et al., 2001, Konijnendijk, 1994, Gosling et al., 2012).

Det er flere forfattere som har vist interesse for forskning på ETO-bedrifter. Abd. Rahman Abdul Rahims (2003) forskingsrapport tar for seg behovet for et nytt rammeverk innen produktutvikling i ETO-bedrifter. I denne artikkelen kommer det frem at interaksjon med kundene er viktig for en ETO-bedrift. En utfordring er at kundenes krav av og til er svært komplekse. Gosling et al (2012) behandler verdikjedens fleksibilitet for ETO-strategi. Denne artikkelen hevder at den største utfordringen for en ETO-bedrift er usikkerhet rundt ordrene.

Gosling et al (2012) presenterer en løsning på denne usikkerheten. Han hevder at usikkerheten vil minske i stor grad hvis ETO-bedrifter klarer å opprette langtidsrelasjoner til sine kunder. En annen utfordring som nevnes er at beslutninger må tas raskere og mer strategisk for å «henge med i» det endrende markedet. Gosling and Naim (2009) foretok en litteraturgjennomgang av verdikjedestyring i ETO. En av utfordringene som kommer frem her er at det ikke er sikkert at det er et konkurransefortrinn å ha evnen til å tilpasse seg kundens spesifikasjoner. En av grunnene til dette er at man som ETO-bedrift kun kan selge til et marked der kundene kommer med produktspesifikasjonene, og dermed stiller krav til hvert enkelt produkt. Til tross for dette, oppleves det gjennom litteraturen at dette ikke er noe problem. Blant annet hevder McGovern et al (1999) at ETO-bedrifter har et konkurransefortrinn med å forstå kundenes krav, ved å transformere de om til spesifikasjoner på produkt og komponentnivå, for så å integrere komponenter og delsystem til produkter. Dette fordi en ETO-bedrifter vil være fleksible for å kunne ta imot og tilpasse produksjonen etter kundens ordre og spesifikasjoner.

Hicks et al (2001) så det som viktig å utarbeide en forskningsrapport om typologi på ETO-bedrifter i Storbritannia. Her behandles utfordringer som at kunden ønsker hurtigere og mer stabile leveringer. I Konijnendijk (1994) fremholdes det at en av de største utfordringene er å klare å balansere kundens krav med produksjonskapasitet for hver kundeordre. Det nevnes også at uforutsigbarheten rundt produksjonsprosesser er typisk for ETO-bedrifter. Et annet problem som kommer frem her, er ledetiden på produktene. Gjennom alle disse artiklene er det lagt frem forskjellige utfordringer, men felles for alle er at kundene er i fokus.

Bedrifter som produserer etter ETO, er veldig avhengige av å tilpasse seg kundens krav. Dette ligger i deres natur da de må designe et nytt produkt når kundene kommer med ordre. Alle kundene har forskjellige krav, og dette kan føre til variasjon i kompleksitet, størrelse og detaljer, alt etter hva kunden ønsker. Når kunden har bekreftet ordren, er det veldig sjelden at en ETO-bedrift ikke fullfører prosjektet (Abd. Rahman Abdul Rahim, 2003).

Produktene i en ETO-bedrift blir produsert på et av designgrunnlagene fra kunden. Produksjonsprosesser og sekvenser av operasjonene er som oftest ikke helt like fra et produkt til et annet (Abd. Rahman Abdul Rahim, 2003). Det er mulig med repetisjoner av noen produkt, og da vil samme design og fabrikasjonsprosesser bli brukt. Dette vil spare bruk av mye materialer.

ETO-produkter har en tendens til å være veldig spesifiserte investeringsvarer, og noen av produktene kan være ganske komplekse, tekniske og ha høy verdi. Produksjons output er ganske lav. Det hender at det er strenge forskrifter, krav og designkoder som må overholdes (Abd. Rahman Abdul Rahim, 2003).

Fordi det er kunden som setter kravene, ofte strenge krav, er det viktig at en ETO-bedrift er fleksibel. Det er en del usikkerhetsfaktorer som spiller en rolle i ETO-bedrifter og bedriftene er avhengige av å kunne kjapt omstille seg for å operere effektivt. Flexibilitet er, i følge Gosling et al (2012) svaret på dette.

Et annet viktig element når det kommer til fleksibilitet, er at organisasjonsstrukturen for en ETO-bedrift som oftest er basert på kryssfunksjonelle team. Et team vil som regel ha ansvaret for at et prosjekt blir ferdigstilt. Det er også mulig at arbeiderne blir flyttet rundt, avhengig av om det er noen produkter som haster mer enn andre. (Abd. Rahman Abdul Rahim, 2003).

Abd. Rahman Abdul Rahim (2003) fremholder at produksjonsvolumet i en ETO-bedrift kan være så lite som en gruppe av produkter til noen få identiske produkter, avhengig av hva kundene bestiller. Siden produksjonsvolumet er så lite, er det ikke nødvendig med prototyper i ETO-bedrifter, og det har heller ingen hensikt siden alle kundene har unike designspesifikasjoner.

I prosessen med å sette sammen produktet, er det for det meste manuelt arbeid. Muligheten for å kunne gjøre om på designet underveis er stort sett ikke tilstede, fordi produksjonssyklus kun er et produkt (Abd. Rahman Abdul Rahim, 2003).

Produksjonsstrategien ETO har flere utfordringer og begrensninger, for å håndtere disse er det hensiktsmessig å kartlegge hvordan prosessflyten går i bedriften.

3.1.3 Organisering av prosessflyten

I styring av logistikken i en ETO-bedrift er det viktig å vite hvilken type produksjonsprosess man har. Her finnes det blant annet flow-shop og job-shop. I flow-shop går alle stegene i prosessen i samme løype fra begynnelse til slutt. I en slik prosess vil i prinsippet alle maskiner og arbeidere gjenta samme type operasjon. Et eksempel på dette er samleband.

I job-shop produksjon vil hvert element følge sin egen løype. Det er og typisk at slike prosesser håndterer engangs eller lav-volum varer gjerne med høy kompleksitet. Bedriftene produserer også gjerne etter kunde spesifikasjoner (Grønland, (2010)). Disse kjennetegnene for job-shop er kjennetegn man og finner i ETO-strategien.

I Hayes and Wheelwright (1984) fremholdes det at det å opprettholde kontroll over prosesssteknologien, krever at man klarer å identifisere og trekke ut visse nøkkeloppgaver, som er avhengige av de grunnleggende karakteristikkene til en prosess. En måte å kunne identifisere hva disse oppgavene, i en gitt situasjon, er å dele prosessflytene opp i fem kategorier. Disse fem kategoriene er:

- Prosjekt
- Job-shop
- Gruppe/ Batch
- Sammenstillings-linje
- Kontinuerlig flyt

På grunnlag av at forskerspørsmålene tar for seg ETO-bedrifter, er det kun nødvendig å gå inn på job-shop, da denne er den som matcher ETO best.

Et job-shop prosessflyt er som regel tilfelle om bedrifter produserer små grupper av forskjellige produkt. Eksempler på slike bedrifter som benytter denne prosessflyten, er bedrifter som lager spesialdesignede produkt, og kan sees på som et prosjekt. En job-shop flyt krever som regel stor varebeholdning i prosessen, som ofte kan gjøre det vanskelig å vite den presise lokasjonen (hvor langt produktet har kommet i prosessen) av et prosjekt til en hver tid. Resultatet av dette er at tiden det tar å ferdigstille hele produktet, ofte er lengre en tiden det tar å ferdigstille individuelle deler av produkter. Disse karakteristikkene gjør at det er viktig for job-shop å ha kontroll over de individuelle prosessene, slik at de blir flyttet til neste steg i prosessen når de er ferdig. Og ikke minst kunne estimere tiden på hele prosessen. Siden de fleste job-shop bedrifter er fleksible med tanke på produktene de produserer, hvordan flyten går og ressurser blir brukt er det ofte vanskelig og kalkulere deres kapasitet. Kapasiteten er gitt på grunnlag av hvor mange ordre som blir produsert til en gitt tid. (Hayes and Wheelwright, 1984).

Ut fra denne produksjonsprosessen vil den fysiske organiseringen skje på en av to måter; enten prosess - layout eller produkt – layout, (Grønland, 2010), disse vil bli forklart i kapittel 3.4.

Oppsummering av begrensinger og utfordringer med ETO

- Usikkerhet
- Leverer til avtalt tid
- Hurtige og stabile leveringer
- Produksjonskapasitet
- Fleksibilitet
- KODP
- Job-shop

For å kunne håndtere utfordringene og begrensingene i ETO-bedrifter er det viktig, som nevnt tidligere, å ha fokus på logistikk.

3.2 Logistikk

Logistikk er et uttrykk som har en bred forståelse og trenger en utdypning på hvordan det blir anvendt for å svare på forskerspørsmålene.

Logistikk har lenge vært et begrep som brukes i flere sammenhenger. I denne sammenheng blir logistikk som nevnt brukt i sammenheng med materialflyt. Gjennom litteraturstudiet har det blitt presentert flere definisjoner, og en definisjonen som beskriver bruk av logistikk, er en definisjonen som kom i 1967: *”Logistikk er de betraktningmåtene og prinsippene man legger til grunn for å planlegge, utvikle, organisere, samordne, styre og kontrollere materialstrømmen fra leverandør til sluttbruker”*(Virum, 1995). Definisjonen er med å bygge opp viktigheten rundt flyten, da spesielt materialstrømmene, noe som viser at logistikk kan bidra med hvordan man kan styre, planlegge og organisere materialflyten for å håndtere utfordringer i en produksjonsstrategi til en bedrift. Definisjonen satte fort sine spor i helhetstenking og systemteori. Å kunne se hele systemet under ett og ikke bare finne optimale løsninger på delproblemer, men finne effektive helhetsløsninger. Helhetstenking er et viktig tema når en skal se etter forbedringspotensialer og finne eventuelle løsninger (Grønland, 2010).

Det er tidligere påpekt at logistikk er viktig og, Grønland (2010) hevder videre at mangelfull styring av logistikk kan resultere i store lagerbeholdninger eller unødvendige mellomagringer. Videre blir det hevdet at logistikk ofte er en avgjørende faktor om organisasjonen vil overleve eller dø ut. Gjennom utviklingen, økende oppmerksomhet og betydning har logistikkbegrepet blitt mer bredt og er gjeldene for alle organisasjoner.

I logistikken er det lagt vekt på totalflyt, og ordet flyt er et nøkkelord i logistikken. Man kan med dette si at logistikk er styring av flyt. Siden forskerspørsmålene omhandler kartlegging av flyt, er logistikk et viktig element å betrakte. Andre ord som er nøkkelord i logistikken, er flytorientering og helhetstenkning. Disse ordene kommer inn når en ønsker å oppnå mest mulig effektive løsninger. Logistikk skal være med på å skape verdi, med andre ord bidra til å få rett produkt på rett sted til rett tid (Grønland, 2010). For å klare å ha en effektiv flyt er kontroll over logistikken et viktig moment.

Göran Persson og Helge Virum (1995), fremholder at logistikk er ”*læren om effektive materialstrømmer*”, noe som kan knyttes opp mot forskerspørsmålene. Man ønsker å lære hvordan materialstrømmen går gjennom en bedrift.

Logistikk har flere positive sider ved seg. Noen av disse er at logistikk bringer delsystemer sammen og forbedrer effektiviteten i materialstrømmene (Grønland, 2010). I mange bedrifter er det ofte individuelle materialstrømmer i hovedprosessen. For å knytte delprosessene sammen, og at materialflyten skal bli effektiv gjennom hele prosessen er det viktig å bruke logistikk aktivt.

Oppsummering av hovedtemaene i logistikken:

- Logistikk er læren om effektive materialstrømmer
- Helhetstenking og flytorientering er nøkkelord
- Bringer delsystemer sammen
- Aktiv bruk av logistikk er et hjelpemiddel for å kunne utvikle seg sammen med endringene i dagens marked
- Håndtere utfordringene til en ETO-bedrift

Materialstyring og materialhåndtering er to uttrykk som er en viktig del av logistikken.

3.3 Materialstyring og materialhåndtering

Materialstyring er et bredt begrep og er som regel rettet mot metoder som analyserer og optimaliserer materialflyt i en produksjon. Det finnes flere områder man kan drive med materialstyring, for eksempel; internt i produksjonen, hele bedriften, hele verdikjeden også videre.

Ut i fra forskerspørsmålene må man se på styring av materialer internt i en produksjon for å kunne besvare disse. Et av hovedpoengene med materialstyring er å styre materialene slik at man får et effektivt system (Wagner and Enzler, 2006). I Virum (1995) er materialstyring definert som ”å gjøre tingene riktig, mens logistikk er definert som ”å gjøre de riktige tingene”. Det å kunne gjøre tingene riktig første gangen, vil bidra til å hindre unødvendig sløsing av materialer. Å gjøre de riktige tingene vil bidra til eksempelvis en mer effektiv materialstrøm.

Materialflyt vil på et eller annet tidspunkt dreie seg om håndtering av materialer, og det er viktig å ha en forståelse for hva håndtering av materialer innebærer. Håndtering av materialer inkluderer begrensninger i bevegelse, tid, lokasjon, mengde og plass. Videre er det fire interesser som bør bli ivaretatt når en forflytter materialer (Freivalds, 2009).

Freivalds (2009) påpeker videre at først av alt er det viktig at materialforflyttingen sørger for at råmaterialer, halvfabrikkerte deler, ferdige produkt også videre forflyttes fra en lokasjon til den neste. For det andre er det viktig å sørge for at materialene forflyttes gjennom prosessen til rett tid. Det vil med andre ord si at materialene må forflyttes fra en arbeidsplass til neste arbeidsplass på et gitt tidspunkt, slik at hverken prosessen i seg selv eller mottaker blir forhindret med hverken for tidlig eller for sein ankomst av materialene. Begge tilfeller er ofte like ille. Dersom materialene kommer for tidlig frem til neste arbeidsstasjon, vil dette medføre at materialene hopper seg opp fordi neste arbeidsstasjon ikke er klar til å ta imot materialene. For det tredje er det viktig at materialhåndtering sørger for at de aktuelle materialene ankommer til riktig sted. Slik at materialer ikke ”forsvinner” i prosessen, noe som igjen vil føre til en kostnad for bedriften som til stadighet må flytte rundt på materialer som synes å være «til overs». Det er også viktig å forhindre at en ikke sløser og bruker mer materialer enn det som er nødvendig. For det fjerde er det viktig at materialforflytting sørger for at materialene kommer frem til ønsket destinasjon uten skader og med ønsket og forventet

kvalitet. Til slutt er lagringsplass viktig, både midlertidig og permanent, i evalueringen av håndtering av materialer.

Ved å ha fokus på materialhåndtering vil en kunne redusere håndteringen av materialer til et minimum. På grunnlagt av dette sies det at den best håndterte delen er den delen som er minst håndtert. Et kjent ordtak sier at: «*Den beste måten å håndtere et produkt på er og ikke håndtere det i det hele tatt*».

Son et hjelpemiddel for å kunne redusere håndtering av materialer, uten at det går på bekostning av sikkerhet, har The Material Handling Institute (1998) utviklet 10 prinsipper for materialhåndtering. Selv om det er listet ti forskjellige prinsipper, har vi kun konsentrert oss om de fem som er mest relevante for å gi et grunnlag for besvarelsen:

Tabell 1: Prinsipper for materialhåndtering. Kilde: (Freivalds, 2009).

Prinsipp	Forklaring
Planlegging	All håndtering av materialer skal være et resultat av nøye planlegging. Her skal det inngå beskrivelse av behov, hva som ønskes oppnådd med forflyttingen og spesifikasjoner for den foreslåtte metoden benyttet for å forflytte materialene.
Arbeid	Arbeid som inngår i håndtering av materialer skal reduseres til et minimum, men da uten at det går på bekostning av produktiviteten eller kvalitet som forventes til prosessen eller operasjonen.
Enhetslast	Mengden materialer (enhetslast) skal være tilpasset slik at en oppnår ønsket flyt i prosessen, og samtidig holder lagerstanden på et minimum.
Plassutnyttelse	Det er viktig å tilstrebe effektiv og tilstrekkelig plassutnyttelse.
System	Å se hele prosessen som et system er også et prinsipp som bør tilstrebes. Dette gjøres for å sørge for at all bevegelse/ forflytting av materialer og lagring av materialer blir integrert i et koordinert, operativt system som spenner over mottak av materialer, inspeksjon, lagring, produksjon og montering.

I materialstyring er det flere faktorer som kan ha et innspill på ineffektiv flyt av materialene. En av hovedfaktorene er flaskehals.

For å kunne kartlegge forbedringer i en prosess som omhandler materialflyt og layout, er det viktig å identifisere om det er noe som hindrer en effektiv flyt. Teorien bak dette er TOC.

Det grunnleggende konseptet med TOC blir ofte introdusert i sammenheng med kjedestyring. I denne analogien blir det satt fokus på at et kjede er kun så sterk som det svakeste ledd. Endringer som ikke tar sikte på å gjøre det svakeste leddet sterkere, er å anse som sløsing i den forstand at det ikke gjør hele systemet, eller kjeden, sterkere. Denne analogien belyser også en vanlig misoppfatning med TOC: TOC blir ofte brukt som verktøy for å finne en flaskehals, utbedre den og så gå videre til neste flaskehals, utbedre den også videre. Dette er som sagt en feil måte å tolke TOC på. TOC skal anvendes med tanke på å optimalisere hele prosessen slik at flaskehalsene i prosessen fungerer på en bedre måte. En flaskehals vil i dette tilfellet være det svakeste leddet i prosessen. Ved å hjelpe flaskehalsene til å yte mer, vil det svakeste leddet bli forsterket, og dermed vil hele prosessen bli mer effektivt (Cox and Schleier, 2010). Xin and Xiaopei (2012) hevder også at dette er en kontinuerlig prosess som krever at man bruker systemtenkning for best mulig resultat. Stratton and Mann (2003) definerte flaskehalsene som «*Alt som hindrer en organisasjon fra å oppnå høyere ytelse enn målet*».

Målet med denne teorien er å identifisere kritiske punkt, og fokusere på det punktet som er det største hinderet for en effektiv materialflyt.

Flaskehals er et hinder for effektiv materialflyt. Et annet element som kan ha en innvirkning på materialflyten er layout.

3.4 Layout

Layout til bedriftene er måten de er utformet på, og layout kan i noen tilfeller være et hinder for de fem nevnte punktene til The Material Handling Institute i tabell 1. Det er derfor viktig å ta layout i betraktning når det er snakk om materialhåndtering og materialstyring.

Layout er måten, eksempelvis en fabrikk er designet på. Det kan dreie seg om plassering av maskiner og utstyr, men også om plassutnyttelse. Det finnes flere forskjellige muligheter rundt layout, blant annet har Koşucuoğlu and Bilge (2012) presentert flere måter en kan designe layout til en bedrift på. Det kan til tider være vanskelig å finne den mest hensiktsmessige måten å utforme designet på. Det finnes ikke noen universell måte som fungerer godt eller optimalt for alle typer fabrikker. En måte kan være den beste under et sett med gitte forutsetninger, mens den samme utformingen kan fungere særst dårlig under andre forutsetninger.

Freivalds (2009) mener til tross for dette at de fleste utforminger kan plasseres i to forskjellige kategorier, produkt - layout og prosess – layout. Forskjellen på disse er at i produkt – layout vil maskinene være plassert slik at flyten fra en arbeidsplass til neste blir minst mulig. Dette er en type layout som ofte er benyttet i bedrifter som masseproduserer sine produkter.

Den andre hovedtypen av fabrikk utforming er prosess utforming. Dersom en bedrift benytter seg av en slik utforming vil en gruppere alle maskiner av lik type i det samme området. Eksempelvis vil alle dreiebenker, alle driller, alle slipemaskiner og så videre være lokalisert i sitt respektive område av lokalene. Dette gir fort et inntrykk av orden og gir god oversikt over lokalene. Valget en bedrift tar med hensyn på layout, vil påvirke hvordan en bedrift kan planlegge en effektiv produksjon.

3.5 Planlegging

I en verdikjede er det hundrevis av avgjørelser som må tas hele tiden. Disse avgjørelsene har forskjellig betydning for bedriften. Man må hele tiden spørre seg selv hva som er mest hensiktsmessig å gjøre for at produksjonen skal bli mest mulig effektivt. Hvordan skal man klare å levere til kunden i tide? Hvor lønner det seg mest å produsere? Alle slike avgjørelser og bestemmelser er med på å forme bedriften til det den er i dag. Jobben å ta alle disse avgjørelsene er planlegging (Stadtler and Kilger, 2000).

Planlegging er en kontinuerlig prosess. Man setter sine mål i en plan, og etter at målene er nådd må man planlegge nye mål. Dette kalles for planleggingshorisont. Planleggingshorisonten kan deles inn i 3 nivåer og disse vil bli nærmere forklart på neste side.

I henhold til forskerspørsmålene vil det være naturlig å fokusere på kapasitetsplanlegging med tanke på at produksjonskapasitet er en av karakteristikkene for ETO-bedrifter.

3.5.1 Kapasitetsplanlegging

Kapasitetsplanlegging går i korte trekk ut på å planlegge behovet for kapasitet, det vil si arbeidere, materialer, plass, råvarer og så videre som gjør det mulig å tilfredsstille etterspørselen i en gitt periode (Chen et al., 2009).

Ifølge Li (2006) er kapasitetsplanlegging definert på tre forskjellige nivåer; lang -, mellomlang - og korttidsplanlegging. I langtidsplanlegging planlegger man de årlige behovene for antall fabrikker og avdelinger. Kapasiteten skal være tilstrekkelig for å kunne dekke dagens produksjonsbehov, men samtidig gi mulighet for eventuell utvidelse av produktspekteret. Det er på dette nivået en også planlegger behovet for teknologien en vil trenge i de påfølgende årene.

Innenfor lang planleggingshorisont vil det være naturlig å ha mellomlang planleggingshorisont. Dette nivå går ut på å kartlegge behovet for arbeidskraft, råmateriale, lagerbeholdning og så videre innad i hver fabrikk og/eller avdeling, per måned eller kvartalsvis.

Li (2006) påpeker videre at det siste nivået er korttidsplanlegging. På dette nivået skjer planleggingen på dags- eller ukesbasis. Hensikten med korttidsplanlegging er å sørge for at det er samsvar mellom tilgjengelige ressurser og kapasitetskrav for en gitt produksjon. Her vil hver bestilling bli omgjort til interne ordre og detaljerte arbeidsordre. Deretter vil dette bli lagt sammen til en produksjonsplan (Chen et al., 2009).

Gjennom planleggingen er det viktig at planene blir lagt opp slik at den vil ivareta og opprettholde den kvalitet som er påkrevd på produktene som skal produseres.

3.6 Kvalitet i produksjonen

Alle bedrifter eksisterer på grunn av at det er kunder som er villige til å betale for deres produkt, og dermed er bedrifter avhengige av å levere kvalitetsprodukter. På grunn av dette, er

det å ha fokus på kvalitet viktig for å opprettholde kunderelasjoner. Å gjøre forbedringer på materialflyten må ikke gå på bekostning av kvaliteten på produktene, for da mister bedriften mye av sin overlevelsessevne.

Opprettholdelse av kvalitet i produksjonen er noe som har pågått over lengre tid. Hos bedrifter har overgangen til å bli kundedrevne organisasjoner gitt fundamentale endringer i produksjonspraksis. Evans and Lindsay (2011) fremholder at de områdene som spesielt har forandret seg er produktdesign, ledelse av ansatte og forhold til leverandørene. Med disse endringene har kvalitetskontrollen blitt flyttet fra kvalitetsavdelingen til produksjonsgulvet. Ifølge Dr. Deming, gjengitt i Evans and Lindsay (2011), er det viktig for en suksessfull bedrift å ha kvalitetssjekker gjennom hele produksjonen og ikke bare på sluttproduktet. Denne måten å tenke er å anse som systemtenkning. Systemtenkning handler om å se alle prosesser i sammenheng, og vurdere hvordan alle samspiller med hverandre.

Alle produksjonssystemer er sammensatt av mindre del-systemer, som oftest i samspill med hverandre. De er koblet sammen som interne kunder og leverandører. Dette kan sees på som det samme som at enhver organisasjon er sammensatt av mange individuelle funksjoner. Selv om de fremstår som individuelle funksjoner, er det viktig at en ser på organisasjonen som en enhet og fokuserer på linkene mellom de individuelle funksjonene (Evans and Lindsay, 2011). For å besvare forskerspørsmålene vil det for å fremlegge forslag til forbedringer være viktig at det ikke går på bekostning av kvalitet, og at forslagene er basert på systemtenkning.

3.7 Lean

Lean thinking, eller «Lean manufacturing» som det også ofte kalles, er en idè som oppstod i USA, men ikke slo igjennom før Japanerne tok den i bruk rundt århundreskiftet. Hovedpoenget med Lean er å eliminere all sløsing. Gjennom Lean er det flere teknikker som kan anvendes for å angripe sløsing. Noen av disse teknikkene vil bli presentert i kapittel 3.7.2.

3.7.1 Generelt om Lean

Lean Thinking omhandler kontinuerlig forbedring, og har flere definisjoner. Evans and Lindsay (2011) definerte Lean-thinking som «*nådeløs eliminering av sløsing*». I Santos et al (2006) omtalte Japaneren Hiroyuki Hirano (tidligere direktør i Toyota) *sløsing* som "*alle*

handlinger som ikke er absolutt nødvendig». Samme mann definerte også *arbeid* som «*alle operasjoner som tilfører verdi til produktet*». Videre har kombinasjonen av disse to definisjonene ført til en tankegang som gjorde det mulig å nå målet ved å endre måten arbeid ble utført på, istedenfor å gjøre det i et raskere tempo (Santos et al., 2006).

Lean-tankegangen går ut på å fjerne de prosesser som ikke tilfører noe verdi til produktet i det hele tatt. De prosesser som ikke tilfører noe verdi til produktet, er definert som *sløsing*.

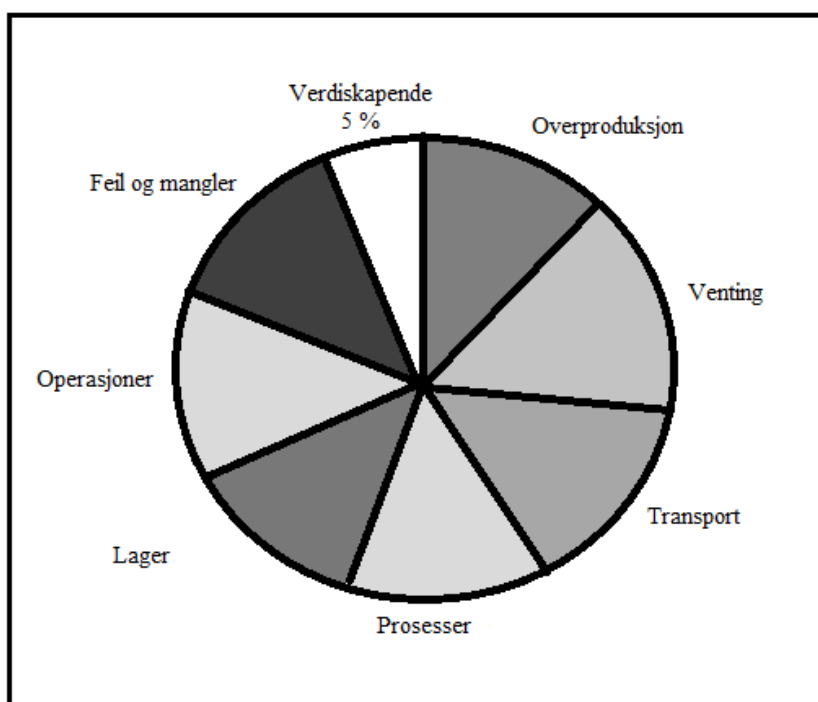
Videre er det definert syv forskjellige måter sløsing kan oppstå på. Disse syv typene er:

- *Overproduksjon*: Produksjon av produkter når det ikke er behov for dem, og/ eller i større mengder enn det som er nødvendig.
- *Lager*: Materiell som er på lager i form av råmaterialer, materialer under arbeid og ferdige produkt.
- *Transport*: Materialhåndtering mellom interne lokasjoner.
- *Feil og mangler*: Produkter med feil og mangler som forstyrrer produksjonen og stopper produksjonen av produkter med høy kvalitet.
- *Prosesser*: Arbeidsoppgaver som er ansett som ikke nødvendige.
- *Operasjoner*: Ikke alle operasjoner tilfører verdi til produktet.
- *Inaktivitet*: Operatører eller maskiner med «ventetid», det vil si tid der operatøren og/eller maskinen ikke produserer.

(Santos et al., 2006).

I Salthaug and Sørensen (2010) er det definert en åttende type sløsing som kalles "make-do". Dette er best forklart at man ønsker å gjøre det riktig første gangen, og må man gjøre noe om igjen, kan de ansees som sløsing.

Figuren under gir en illustrasjon på hvor ødeleggende sløsing kan være for en bedrift. Som figuren viser, vil en bedrift som har alle syv typene av sløsing for eksempel i produksjonen kun ha 5 % den totale produksjonen som er verdiskapende. Denne illustrasjonen er et ekstremt eksempel som viser hvor viktig det er å angripe sløsing i form av de åtte typene av sløsing. Eliminering av sløsing vil bedre bedriftens evne til å takle utfordringer som kommer gjennom det å være en ETO-bedrift.



Figur 3: Omfang av sløsing. Kilde: (Tapping et al., 2002)

Sløsing kan fremstå som flere elementer innfor de syv hovedtypene. For å kunne definere sløsing, og hvordan en skal angripe det for å eliminere det, kan det være nyttig å dele sløsing inn i tre nivåer. Nivå 1 er grovt sløsing. Sløsing i denne kategorien er lett å få øye på, og å fjerne den kan ha stor innvirkning på prosessen. Nivå 2 er prosess og metode sløsing, og nivå 3 er mikrosløsing i prosessen. Det er best å angripe sløsing på lave nivå, på grunn av dette vil bidra til å avsløre sløsing i høyere nivåer (Tapping et al., 2002). Tabell 2 viser en oversikt over disse typene sløsing:

Tabell 2: Niva av sløsing. Kilde:(Tapping et al., 2002)

GROVT SLØSING	PROSESS – OG - METODE SLØSING	MIKROSLØSING
<ul style="list-style-type: none"> - Dårlig layout i bedriften - Forkasting - Returer - Omarbeid - Skadet produkt - Skittent utstyr - Materialer som ikke blir levert der de skal brukes, og når de skal brukes 	<ul style="list-style-type: none"> - Dårlig design av arbeidsplass - Ikke vedlikehold - Mellomlagring - Problemer med utstyret - Bruk av usikre metoder 	<ul style="list-style-type: none"> - Dobbel håndtering av f.eks. materialer - Unødvendig gåing - Lete på lager - Papirarbeid - At man ikke har skikkelig pause for å spise

Oppsummering

- Lean omhandler eliminering av sløsing
- Sløsing kan komme i form av operasjoner som ikke tilfører verdi til produktet

For å redusere sløsing er det en del teknikker som kan bidra.

3.7.2 Lean- teknikker

Just – In – Time

I en ETO-bedrift blir produksjonen iverksatt i det en ordre kommer inn. Deretter planlegges produksjonen ut ifra når produktet skal være ferdig. For at produksjonen skal gå mest mulig effektivt, er det viktig at produksjonen av delprosessene er ferdigstilt, slik at de er klare for levering til hovedprosessen når behovet er der. Denne måten å sørge for at delene kommer fram til rett tid og rett plass blir kalt «Just-In-Time» (JIT). Piore and Sabel (1984) definerte JIT som *«det å kunne ha punktlige leveringer av delkomponenter fra underleverandører»*.

Når materialflyten skal effektiviseres kan det oppstå flere usikkerhetsfaktorer. Slike faktorer kan være; hvordan effektiviseringen skal gjennomføres, risiko for feil på materialer. Begrepet JIT kan sees på som et paraplybegrep for mange teknikker og målsettinger i sammenheng med både material- og produksjonsstyring og mer strategiske logistikkbeslutninger (Brenden and Hellberg, 1988). JIT er ikke en metode eller teknikk som har faste rammer, men mer en måte å forstå industriproduksjon på (Nilssen and Skorstad, 1994) og en teknikk for å eliminere sløsing.

Hensikten med denne filosofien er å skape en produksjonsprosess som det kontinuerlig jobbes med, for å bli mest effektiv og produktiv. Produksjonsprosessen blir gjort mer effektiv og rasjonell med tanke på behovet og svingningene i markedet (Nilssen and Skorstad, 1994).

Hovedmålene for JIT kan, i hovedsak, oppsummeres i fire nuller;

- Null lager
- Null feil
- Null forsinkelse
- Null omstillingstid

(Grønland, 2010).

For at kunden skal bli fornøyd, er det viktig at ledetiden ikke er lenger enn det kunden aksepterer. Ledetiden defineres som, «*tiden fra behovserkjennelse til behovstilfredsstillelse*» (Brenden, 1996). JIT er også en metode for å minske ledetiden.

5' S

For å opprettholde orden og minske den totale ledetiden på produktene kan metoden 5`s anvendes.

De fem S'ene som utgjør begrepet 5'S betyr: *Seiri* = sortering, *Seiton* = organiser, *Seiso* = skinne, *Seiketsu* = standardisere og *Shitsuke* = å opprettholde. Sammen definerer de et system for å organisere og standardisere en arbeidsplass. Sorteringen er til for å forsikre arbeiderne om at verktøy og deler er på sin rette og faste plass, og at verktøy som ikke er nødvendig, blir fjernet. Organiseringsdelen er å organisere materialer og utstyr slik at de er lette å finne og ikke minst å bruke. Skinne representerer en ren og ryddig arbeidsplass. Denne delen er viktig for sikkerhet, og det er lettere å oppdage for eksempel oljelekkasjer fra maskiner før det er for sent. Neste steg er å standardisere de forrige stegene, slik at de blir konsekvente og kan sikre at alt går riktig for seg. Til slutt er det viktig å opprettholde disse stegene, noe som kan gjøres gjennom trening, kommunikasjon og organisasjonsstrukturer (Evans and Lindsay, 2011).

En annen metode som er med på å bekjempe sløsing og forenkle materialhåndteringen er Poka – yoke

Poka – yoke

Poka – yoke fokuserer på to aspekter. Det ene aspektet er å forutsi eller vedkjenne at en feil er i ferd med å oppstå, og deretter gi en advarsel om at det er i ferd med å skje. Det andre aspektet av Poka – yoke er oppdagelse av feil når det har oppstått feil, og deretter å stoppe prosessen for å rette feilen (Evans and Lindsay, 2011). I figur 3 er feil og mangler en del av den total sløsing, og et viktig punkt når det kommer til ETO-bedrifter er at slike bedrifter for meste har manuelt arbeid og sjansene for menneskelige feil er dermed store.

Hvorfor feil og mangler oppstår er ikke alltid like lett å finne svar på, ved bruk av metoden 5-whys kan man finne hovedårsaken, til hvorfor feil og mangler oppstår.

5-whys

5-whys-analyse er en metode som ofte er brukt i sammenheng med Lean manufacturing. Denne metoden brukes som et verktøy for å finne rot-problemet i en prosess hvis det oppstår defekte deler/enheter.

Her er et eksempel på hvordan man kan gå frem for å finne hovedårsaken ved bruk av 5-whys analysen:

Spørsmål 1: Hvorfor stoppet roboten?

Svar 1: Kretsen er overbelastet, som resulterer i at en sikring ryker.

Spørsmål 2: Hvorfor er kretsen overbelastet?

Svar 2: Det var utilstrekkelig med smøring på lagrene, så de låste seg.

Spørsmål 3: Hvorfor var det utilstrekkelig med smøring?

Svar 3: Oljepumpen på roboten sirkulerer ikke oljen godt nok.

Spørsmål 4: Hvorfor sirkulerer ikke oljepumpen godt nok?

Svar 4: Fordi inntaket til pumpen er tett på grunn av metallspon.

Spørsmål 5: Hvorfor er inntaket tett?

Svar 5: Fordi det ikke er noe filter på pumpen.

Ut ifra analysen finner man hovedårsaken til problemet ved å spørre hvorfor til man kom til bunns i saken. Så løsningen på problemet ovenfor er å sette inn et filter i roboten. Selv om denne løsningen er selvforklarende og enkel, så er det ikke ofte det er så lett å finne løsningen (Uthiyakumar Murugaiah and Marathamuthu, 2010).

De teknikkene som er nevnt kan brukes til å eliminere sløsing, men før man kan eliminere sløsing må man kartlegge hva som er sløsing. For å gjøre det er det noen analyseverktøy som kan anvendes.

3.8 Analyseverktøy

I denne delen av rapporten kommer det teori bak verktøy som har blitt brukt for å samle inn nødvendig informasjon for å besvare forskerspørsmålene. Verktøy som er blitt brukt, er verdistrømsanalyse, operasjonsprosesskjema, flytskjema og tidsstudie.

3.8.1 Verdistrømsanalyse

Toyota Production Systems har en egen metode for å kartlegge flyt i produksjonen, en flyt for materialer, en flyt for informasjon og en flyt for personer/prosesser. Denne metoden kalles for ”Material and Information Flow Mapping” (Rother and Shook, 2009). Metoden er brukt for å avbilde nåværende, framtidig og ideell tilstand i prosessen for å utvikle planer for å kunne implementere Lean-systemer. Verdistrømsanalyse bygger på denne metoden, men verdistrømsanalysen tar kun for seg to av de tre stegene, nåværende og fremtidig tilstand (Rother and Shook, 2009).

Alle bedrifter er avhengige av å kunne transformere råvarer til ferdigvarer som kunder vil kjøpe, for å kunne overleve i konkurransemarkedet. Prosesser forvandler materialer til produkter, og operasjoner som skjer i prosessene, er aktivitetene som sørger for at transformasjonen skjer. Operasjonene er sett på som den delen av prosessene som tilfører verdi til produktet, men man finner også elementer som ikke gir verdi til prosessen (Tapping et al., 2002).

En verdistrøm består av steg som tilfører verdi og de stegene som ikke tilfører verdi, men er nødvendige for at forvandlingen skal skje, samt de steg som ikke tilfører verdi. Det finnes flere verdistrømmer i en bedrift, kartlegging og identifisering av disse vil eliminere de operasjonene som ikke gir verdi til prosessene (Tapping et al., 2002).

”*Learning to see*” begynner med ”*der det finnes et produkt som en kunde vil ha, finnes det en verdistrøm*”(Rother and Shook, 2009). Hemmeligheten ligger i å kunne ”se” denne strømmen, og det er her verdistrømsanalysen kommer inn. Et verktøy som vil bidra til å illustrere verdistrømmen, og denne metoden er lett å lese og vil derfor kunne hjelpe alle arbeidere til å kunne ”se” verdistrømmen (Nash and Poling, 2008).

Det kan være vanskelig for ledelsen å få arbeiderne til å se nytten av forandringer og forbedringer (Detty and Yingling, 2000). Verdistrømsanalyse er et Lean-verktøy, men er et av de som synliggjør hva forandring og forbedringer kan gjøre for bedriften (Abdulmalek and Rajgopal, 2007).

Det å vise flyten på materialene, når de forflyttes rundt i produksjonen, vise stegene som tilfører verdi til produktet og de som ikke gjør det. Dette hjelper arbeideren og ledelsen til å se at det er forbedringspotensial. Det er ofte lurt å diskutere med arbeiderne over hvordan de ønsker at strømmen skal gå, og hva de mener er mest hensiktsmessig måten å utføre prosessen på. Det er ingen andre enn de som jobber med stegene i en prosess som kjenner prosessen så godt.

En slik analyse kan, blant annet, brukes til å avdekke flaskehals. Det trengs da to kart, et «*shoud be map*» som er framtidig flyt som er blitt forbedret, ut i fra dagens situasjon som kalles «*as is map*». Sammenligning av disse to kartene vil avdekke flaskehals, NVA-tid og/eller sløsing. Dersom målet med verdistrømsanalysen er å forbedre strømmen til en bestemt prosess, er det viktig at man tegner hvordan man ønsker at situasjonen skal se ut og hvordan man vil at strømmen skal gå. Man må «se» for seg en visjon om hvordan man vil at situasjonen skal bli, gjerne en prosess som bare har value-add-steg, og de stegene som er nødvendig for å produsere, men som likevel ikke gir noen verdi til produktet. Dette vil bidra med å holde fokus mot en forbedret prosess (Rother and Shook, 2009).

3.8.2 Tidsstudie

For å få en fullstendig verdistrømsanalyse blir tidsstudie brukt som et hjelpemiddel for å kartlegge tiden materialene bruker gjennom prosessene. På grunn av lite forskning på tidsstudie, vil tidsstudie bli forklart med hensyn på arbeidsprosessene, men vil bli anvendt på materialflyt.

Mo et al. (2009) brukte tidsstudie til å gi en benchmark og for å få fram de aktiviteter som bør forbedres. Før i tiden var det utbredt å bruke et estimat for å anslå hvor lang tid en jobb skulle ta. Dette ble gjort ved å se på jobben og så ut ifra det gjøre et anslag på hvor lang tid jobben, skal/burde ta. I ettertid har det imidlertid vist seg at dette ikke er den mest fornuftige måten å

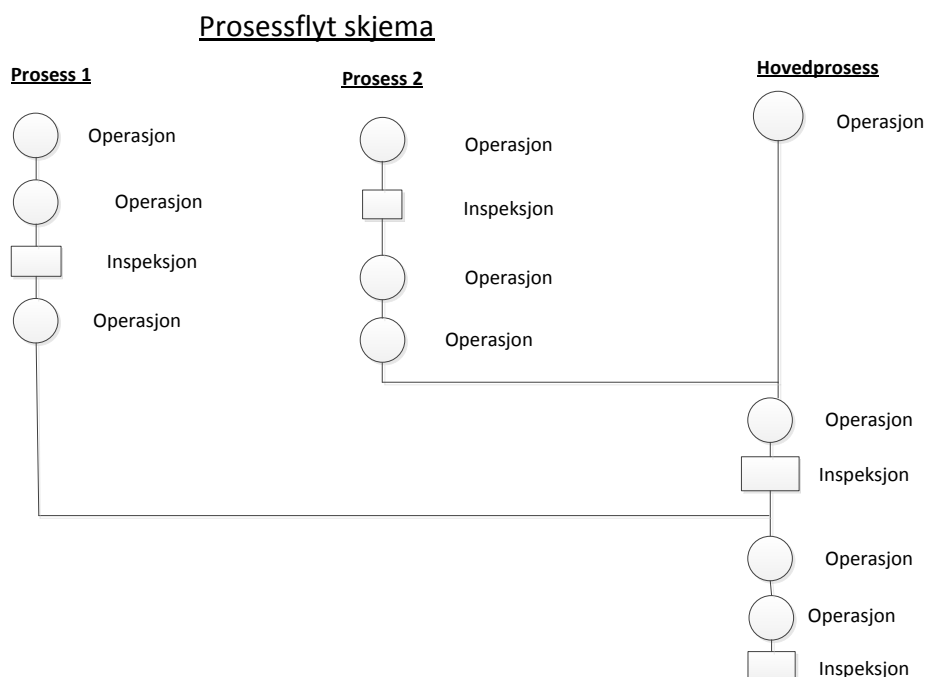
gjøre dette på. Det har vist seg at det er mer hensiktsmessig å ta tiden på hvor lang tid en arbeidsoppgave *faktisk* tar. Grunnen til dette er at det rett og slett ikke er mulig å anslå tidsforbruk av en arbeidsoppgave på en korrekt og «rettferdig» måte kun ved å se og studere den. Med rettferdig menes det et anslag som er rettferdig i den forstand at arbeideren som arbeider med arbeidsoppgaven har tilstrekkelig tid til å gjøre jobben. Tiden skal være slik at en kvalifisert arbeider utnytter tiden optimalt, men ikke mer enn at han jobber i et rolig og fornuftig tempo (Mo et al., 2009). Det er her metoden tidsstudie kommer inn. Tidsstudie har det formål å kartlegge hvor lang tid en gitt arbeidsoppgave faktisk tar og ikke hvor lang tid den *bør* ta. En slik tidsstudie blir ofte referert til som en direkte metode, noe som betyr at den blir analysert på stedet (Swara Barzenji, 2009).

En slik studie er relevant for i henhold til forskerspørsmålene og scope, skal det fokuseres på materialflyten av forskaling, armering og betong. Det er viktig å kartlegge tiden disse materialene bruker gjennom fabrikkens fordi det vil gi verdifull informasjon om hvordan materialflyten i prosessen er.

3.8.3 Operasjonsprosesskjema

Operasjonsprosesskjema viser en kronologisk sekvens av alle operasjoner som utgjør en gitt prosess. Den viser i tillegg eventuelle inspeksjoner og materialer brukt i prosessen (det vil si materialflyt fra ankomst til ferdig produkt). I hovedsak blir det brukt to symboler i et operasjonsprosesskjema. Sirkler betyr at det på det tidspunktet foregår en eller annen operasjon. En firkant betyr derimot inspeksjon.

Et slikt skjema vil vise hvor i prosessen alle komponenter blir satt sammen, samt hvor alle deloperasjoner kommer inn i prosessen. For å gjøre dette mulig, blir vertikale linjer brukt for å vise den generelle flyten i prosessen, mens horisontale linjer inn på den vertikale linjen viser delprosessene og hvor de kommer inn i hovedprosessen.

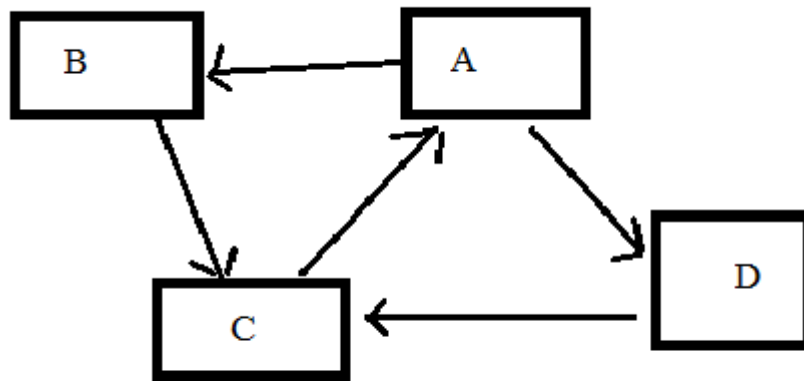


Figur 4: Eksempel på operasjonsprosess skjema

Når operasjonsprosessskjemaet er utfylt, vil det hjelpe observatøren til å se de nåværende produksjonsprosessene. Et utfylt operasjonsprosessskjema vil være et godt verktøy for å se hvilken konsekvens en endring i prosessen vil ha på den aktuelle operasjonen, men så vel også på del operasjonene (Freivalds, 2009). En illustrasjon på hvordan prosessene foregår i en produksjon er illustrert figur 4. Et slikt skjema vil bidra til en mer inngående forståelse av en prosess.

3.8.4 Flytskjema

Selv om operasjonsprosessskjema vil vise den mest relevante informasjonen relatert til en materialflyt, viser den ikke en illustrasjon over flyten i materialene. Når dette er ønskelig er et flytskjema hensiktsmessig. Ved bruk av flytskjema vil det være mulig å se eller visualisere flyten til materialene, og hvor det er mulig å gjøre endringer i prosessen slik at veien materialene må gå blir kortest mulig. Videre kan også et flytskjema vise potensielle permanente og midlertidige lagringsplasser, inspeksjonsplasser og arbeidsområder. (Freivalds, 2009). Figur 5 på neste side viser et eksempel på materialflyt illustrert i et flytskjema.



Figur 5: Eksempel på flytskjema

3.9 Oppsummering av litteratur

Teorien som har blitt tatt med i denne rapporten gir et grunnlag og de kunnskapene som trengs for å kunne svare på forskerspørsmålene.

Teorien som er presentert, er plassering av kundeordrenes dekoplingspunkt, får så å gå dypere inn i en av produksjonsstrategiene, ETO. Gjennom litteraturstudiet har det blitt trukket ut karakteristikkene denne strategien har. Videre har det blitt fremlagt teori om hvilke type prosessflyt som er egnet for ETO. For å kunne håndtere disse utfordringene, begrensninger og krav blir det presentert kapitler som omhandler logistikk, materialstyring/ håndtering og layout. Ved eventuelle endringer på de tre nevnte områdene over er det viktig at man planlegger ut ifra kapasitet og at endringen ikke går på bekostning av kvalitet. Til slutt ble det presentert litteratur om Lean. Lean er en metode for å eliminere de stegene som ikke gir verdi til produktet og er ansett som sløsing.

4 EMPIRI

Her blir det presentert kapitler som forteller bakgrunnen til caset. Historikken bak betongindustrien blir presenter på grunn av at bedriften i caset produserer betongelement. Videre blir bedriften presentert, samt noen ord og uttrykk vil også bli forklart. Til slutt vil det trekkes paralleller fra teorien inn i caset.

4.1 Historikk

Betongindustrien stammer helt tilbake til 140 år etter Kristus, da romerne ferdigstilte Pantheonkuppelen i Roma. Utviklingen til betongindustrien har etter dette vært enorm. Som ledd i denne utviklingen ble det i 1890-årene vanlig å legge armering i betongen for å styrke dens egenskaper. Siste ledd i utviklingen er innføringen av spennbetong, noe som betyr at armering er forspent (armeringen strammes opp for å styrke egenskapene ytterligere og i tillegg gir en viss form for variasjon av mulige produkter). Betongkonstruksjoner er i dag en av de mest vanlige bygningsmaterialene.

I dagens betongindustri finner en flere aktører, men kun noen få store. En av de store aktørene er Spenncon.

4.2 Spenncon

I følge hjemmesiden til Spenncon, er Spenncon landets største og ledende leverandør av råbygg basert på prefabrikkerte betongelementer. Fabrikken har en historie på 45 år bak seg, og bedriften har fire markedsområder i Norge: øst-, vest-, midt- og nordvest-Norge. Spenncon har mer enn 700 ansatte og en omsetning på over 1,2 mrd. NOK i 2011.

Produksjonen til Spenncon omfatter produkter som brukes i anleggsmarkedet, og sviller til jernbane. En annen stor del av produksjonen til Spenncon omfatter produkter som leveres til næringsbygg og boliger. Eksempel på dette er bæresystem for fasade, søyler og bjelker. Andre produkter er broelement og balkonger. I tillegg leverer de også tjenester som prosjektutvikling, prosjektledelse og konstruksjonsløsninger. Spenncon kommuniserer, både internt og eksternt, en målsetting om 0 skader, 0 feil og 0 prosjekter med tap. For å oppnå dette tar Spenncon sikte på å levere de beste produktene, det vil si topp kvalitet, og alltid ligge i forkant av utviklingen. Dette gjøres mulig på grunn av lang erfaring og høy kompetanse, noe

som igjen gir kundene en presis og effektiv fremdrift og dermed kort leveringstid (Spenncon, 2012).

4.2.1 Ord og uttrykk

Før en kan gå videre inn på analysen i caset, vil det bli forklart noen ord og uttrykk. Enkelte av disse ordene er faguttrykk, mens andre kun brukes internt hos Spenncon på Hønefoss.

Armeringsjern (armeringsstål): er rette stållengder som kommer i flere forskjellige lengder og tykkelser.

Armeringsnett: er armeringsjern som er sveist sammen til å danne et rutenett. Hele rutenettet måler 2m x 5m og er laget av ruter som er ca. 10cm x 10cm. Brukes til over- og underlag i betongelementene.

Tobb: En betegnelse på utstyret som brukes til å fordele betong utover i formene. Disse tobbene blir heftet i kranen og blir kjørt mellom blanderiet og der den aktuelle formen ligger. Tobbene har en hendel som kan åpne og stenge en luke i bunnen av tobben, som da følgelig vil åpne eller stenge for betong.

Toget: er en dieseldrevet innretning som blir brukt i hall 5 til å frakte betong. Toget går på vanlige togskinner som går rett ut i fra blanderiet.

4.2.2 Produksjonslokalet

Her vil det komme en beskrivelse av lokalet som blir brukt i caset. Internt hos Spenncon på Hønefoss blir det aktuelle produksjonslokalet omtalt som fabrikk 6.

Fabrikk 6 er en fellesbetegnelse på 4 produksjonshaller som ligger under samme tak. Disse fire produksjonshallene har benevnelsen hall 2, hall 3, hall 4 og hall 5. Det er lokalisert et blanderi i hall 2/3 og et i hall 5. Tabell 3 viser en oversikt over de ulike hallene, og hva som blir produsert i de forskjellige hallene.

Tabell 3: Oversikt over produksjonshallene

	Forskaling	Armering	Betong	Slakkarmert	Forspent
Snekkerverst.	X				
Hall 2			X	X	X
Hall 3			X	X	
Hall 4		X			
Hall 5			X		X

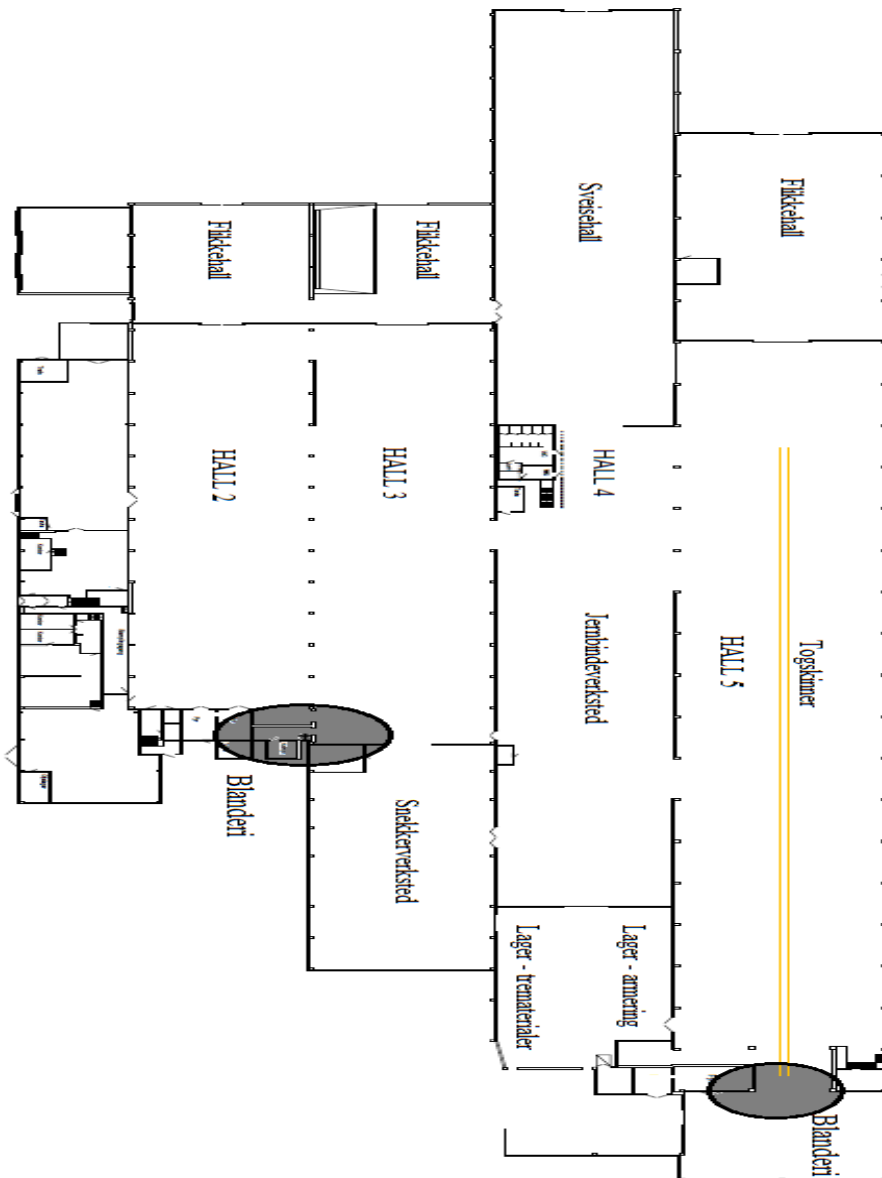
Alle hallene i fabrikk 6 ligger side om side, med direkte adgang mellom alle hallene. Hall 2 og hall 3 er i grunnen smeltet sammen til en hall, kun adskilt av betongsøyler som går mellom hallene. For å få en god orientering av hallene, må en tenke seg at en står ved et av blanderiene og ser utover i hallene. De to blanderiene i fabrikk 6 er markert med to sirkler på figur 6. I enden lengst vekk av hall 2/3/5 er det en flikkehall. En flikkehall er en hall der alle ferdige element blir kjørt ut etter at betongen har herdet tilstrekkelig. I flikkehallene blir hvert enkelt element inspisert, og den siste finpussen blir gjort før elementet blir sendt ut til kunden.

Lengst inne i hall 4 ligger lageret for armeringsjern. Her er både den manuelle og automatiske kappsagen til armeringsjern lokalisert. Innenfor dette er arbeidsplassene plassert og i forlengelsen til jernbindeverkstedet ligger sveiseverkstedet.

Helt innerst i hall 5, i 2 etasje, ligger blanderiet og under blanderiet ligger lageret for vaierne. Dette er vaierne som blir brukt til å forspenne betongen. De blir lagret i kassetter av stål og dratt ut for hånd ved behov. Ut i fra blanderiet går skinnene til toget. Lengden på disse skinnene er ca. 100 m. De går ut i en rett linje midt i hallen, markert med oransje linjer på terningen i figur 6. Rett utenfor blanderiet, på venstre side, ligger arbeidsplassen som element 8 en blir laget på, markert med oransje på tegningen. I hall 2 blir element 1 produsert på bordet som ligger midt i hallen langs veggen. Element 1 er markert med blått. I hall 3 blir element 4 (grønn) produsert på bordet nærmest blanderi og snekkerverksted. Dette er illustrert på figur 8.

Videre i denne oppgaven vil vi omtale alle element som blir produsert i hall 2/3 som element 1 – 5, og de som blir produsert i hall 5 som element 6 – 8.

Gjennom kapittel 4.2 har bedriften som er brukt i dette caset blitt presentert. Nå vil det gå over til å trekke paralleller fra teorien inn i caset.



Figur 6: Produksjonslokalet

4.3 ETO

Gjennom litteraturstudiet kom det fram flere utfordringer og begrensninger for ETO-bedrifter, som er oppsummert i kapittel 3.1.3.

4.3.1 Layout

Layout vil ha stor innflytelse på materialflyten og layout bærer preg av flere faktorer som er nevnt tidligere. Utfordringen for Spenncon er at det er veldig krevende og kostbart og endre på layout.

Inntrykket er at det er mye som fungerer bra med slik layout i fabrikk 6 er. Eksempel på dette er at hall 4 er plassert mellom hall 3 og hall 5. I den ene enden av hver hall er flikkehallene plassert. Dette gjør at det er enkelt å transportere ut ferdige element. Et annet eksempel på god utnyttelse av situasjonen er at armeringen som lages til element 5 er plassert i samme ende av fabrikk 6 som den vertikale støpeformen til element 5 er, og dette gjør at det er enkelt å frakte armeringen mellom hall 4 og hall 2 (markert med gult i vedlegg 1).

Layout er det vanskelig å gjøre noe med. Det gjelder da å gjøre det beste ut av slik situasjonen er i dag, og prøve å utnytte den best mulig. Det er små endringer som kan gjøres for å bedre materialflyten og forhindre sløsing av materialer, dette kommer i de påfølgende avsnitt.

4.3.2 Planlegging

Planlegging av kapasiteten er viktig i en ETO-bedrift. De tre nevnte nivåene for planleggingshorisonter er alle viktige, men i caset vil det bare være relevant å se på korttidsplanleggingen, det vil si planlegging dag for dag eller uke til uke. Grunnen til at det kun er korttidsplanleggingen som er relevant, er på grunn av at casestudiet kun går over en uke og planlegging over lengre horisonter er utenfor scope. Innad i produksjonslokalet i caset er planleggingshorisonten på produksjonen kort. De har en produksjonsplan for hver uke, som igjen revurderes hver dag for å tilpasse produksjonen basert på de gitte usikkerhetene. Usikkerhetene forandrer seg fra dag til dag, men blir mindre og mindre desto kortere planleggingshorisont. I perioden tilbrakt i produksjonslokalene ble flere elementer forskjøvet. Grunnen til at elementene ble forskjøvet var at kapasiteten var for liten. Dette kan skyldes både arbeidskraft og mye NVA-tid på materialene som vil bli presentert senere i kapitlet,

men vil ha en negativ effekt på ledetiden. Dette har også en negativ innvirkning på stabile leveringer. For å forbedre dette vil det være nødvendig for Spenncon å revurdere produksjonsplanen fordi hele hensikten med korttidsplanlegging er å sørge for at det er samsvar mellom tilgjengelige ressurser og ordreinngang.

Spenncon trenger en viss tid på å produsere. For at dette skal la seg gjøre, er det viktig at man vet hva man skal produsere og når, samtidig som det er avgjørende at infrastrukturen til bedriften er lagt til rette. Dette samsvarer med JIT-filosofien med å få rett vare, til rett tid og med forventet kvalitet. For å håndtere disse usikkerhetene vil det å ha fleksibilitet i produksjonen bidra til å forbedre bedriftens evne til å takle usikkerheten.

I en ETO-bedrift er usikkerhet et kjennetegn og en utfordring. Usikkerhetene baserer i stor grad seg på at en ikke vet hvor mange ordre som kommer inn, og når. I tillegg til dette er det en usikkerhet i hvor komplekse produktene er. Gitt den variasjonen i utforming og kompleksitet av elementer som kan forekomme, er det vanskelig for en slik bedrift å ha noen lagerbeholdning. Ut ifra dette ser en at usikkerhetsfaktorene er store i ETO-bedrifter.

Kunnskapen tilegnet i de periodene tilbrakt på Hønefoss, ga inntrykk av at Spenncon hadde langtidsrelasjoner med noen av kundene. Men mesteparten av kundene var uforutsigbare. Resultatet av dette er at usikkerhetsfaktorene er, til en viss grad, store også i Spenncon. En stor del av usikkerhetene kom som følge av variasjon i kompleksiteten på elementene. Spenncon takler disse usikkerhetene ved å være fleksible, med tanke på at de har mulighet for å justere produksjonsplanen dersom det skulle komme et hasteelement. Mulighetene for å justere produksjonsplanen baserer seg på muligheten for å omrokere på arbeidere, flytte element på tvers av hallene og mulighetene for å justere arbeidstiden med tanke på å la noen arbeidere begynne tidligere på morgenen. I tillegg til dette er muligheten til stede for at arbeidere kan jobbe overtid. I følge Abd. Rahman Abdul Rahim (2003) kan en ETO-bedrift blir mer fleksible ved å ha kryssfunksjonelle team. Grunnen til dette er at slike team vil ha ansvar for et prosjekt fra design til levering, og har muligheten til å la team medlemmene gå over til et hasteprojekt for å få levert produktet til avtalt tid. Dette kjennetegnet er noe som ikke blir oppfattet som Spenncon praktiserer i den forstand at kryssfunksjonelle team kan bli sett på som en snekker til forskaling, en sveiser til armering og en fagarbeider innen betongfaget.

Logistikk bringer sammen delsystemer og forbedrer effektiviteten til materialflyten. I henhold til definisjonen fra Piore and Sabel (1984) så kan man betrakte en hall som underleverandør til en annen. I følge tabell 1 kan produkter blir sett på som en enhetslast, og for å oppnå en effektiv flyt i prosessen er det viktig at underleverandørene leverer i tide for å unngå økt ledetid. I caset bringer logistikken sammen forskaling, armering og betong. For å forhindre at ledetiden blir unødvendig lang, er det viktig at det er samsvar mellom hallene, slik at delproduktene er ferdig til det er behov for dem. En god produksjonsplan og godt samsvar mellom hallene vil bidra til å opprettholde punktlig levering fra underleverandører.

Noe av det første som ble observert var at de støpte de største elementene på et av bordene lengst vekk ifra blanderiet. Videre ble det lagt merke til at de samtidig støpte et betydelig mindre element på et bord nærmest blanderiet. Når arbeiderene ble spurt om dette, var tilbakemeldingene at det alltid var blitt gjort på denne måten, og de hadde ingen utdypende forklaring utover dette. Denne organiseringen av produksjonen viser at det har vært lite helhetstenkning på måten de utfører prosessene på. Dette blir ytterligere forsterket i to av punktene i tabell 1. Tabell 1 sier at all håndtering av materialer skal være et resultat av nøye planlegging, og å se hele produksjonen som et system er også et prinsipp som bør tilstrebes.

4.3.3 Kvalitet

Kvalitet er viktig. For å forsikre en gjennomgående god kvalitet på produktet, er kvalitet i alle ledd avgjørende.

Bedriften i caset tok betongprøver regelmessig (i forkant av støping), for alltid å være sikker på at betongen holder påkrevd kvalitet. En annen form for kvalitetssjekk observert i caset var at alle støpebordene i hall 2 og hall 3 vibrerte likt, for å sikre at all betong ble jevnt fordelt. Et slikt system minimaliserer faren for menneskelige feil, og kan relateres tilbake til poka-yoke prinsippet. Dersom denne kontrollen ikke var blitt gjort i forkant av støping, ville en risikert mye sløsing av materialer, ressurser og økt ledetid.

I perioden som ble tilbrakt på Hønefoss oppsto feil på et av elementene, og det kunne ikke levers ut til kunde. Hvorfor dette skjer, kan ha ulike grunner, det kan være problemer med blandingen av betongen, feil på tegninger eller overflatefeil på elementene (av hensyn til konfidensialitet går det ikke nærmere inn på hva som var feilen i dette konkrete eksempelet).

Når dette skjer vil det oppstå store mengder sløsing, og relasjonene til kundene kan bli svekket. Når kundene ikke er fornøyde er sjansene for at de ikke kommer tilbake større. Grunnlaget for at kunden kan ønske å skifte leverandør neste gang er at når kunden bestiller ordren, er kunden avhengig av å få produktet i rett tid. Spenncon har denne utfordringen med seg i strategien da de blant annet sier at de skal ha kort leveringstid og 0 feil. Selv om strategien er bra, har det vist seg at feil kan og vil oppstå.

4.3.4 Lean

For å oppnå effektiv materialflyt er det viktig at materialene kommer til rett plass, rett tid og med forventet kvalitet. En måte for å oppnå dette på, er å produsere etter Just-In-Time prinsippet, noe som Spenncon gjør. For å oppnå dette har Spenncon den strategien at forskaling og armering skal være ferdig en dag før støpetidspunktet, slik at forskalingen og armeringen er klar når produktet skal settes sammen. Videre er strategien til Spenncon 0 skader, 0 feil og 0 prosjekter med tap. Dette er i tråd med flere av de fire 0'ene til Just-In-Time prinsippet.

Oppstår det feil eller endringer, vil de resultere i store mengder sløsing av materialer og ressurser. Noe som sier seg selv når de må lage helt nye produkter hvis feil eller skader skulle oppstå. I henhold til tilleggs-punktet, i de syv typer av sløsing, det som kalles for "make-do", som er best forklart at man ønsker å gjøre det riktig første gangen, og må man gjøre noe om igjen, kan de ansees som sløsing. Tiden det tar å lage nye elementer er lang. Dette på grunn av at betongen skal herde over natten. På grunn av strategien Spenncon har valgt, vil en dersom en må lage nye produkt, måtte utsette produksjonen av elementene som i utgangspunktet skulle bli produsert den dagen. Dette vil da medføre en forsinkelse bakover i produksjonsplanene. Når dette skjer vil det øke ledetiden, noe som igjen vil ha negativ effekt på hurtig og stabile leveringer.

Oppsummering

Som en oppsummering kan karakteristikene for ETO-bedrift i tabell 4 på neste side som videre vil stilles opp mot bedriften i caset på følgende måte i tabell 5.

Tabell 4: Karakteristikker for ETO-bedrifter

Generelle kjennetegn for ETO-bedrifter	Utfordringer for ETO-bedrifter	Krav for ETO-strategi
KODP ved designstadiet	Kapasitetsplanlegging	Hurtig og stabile leveringer
Skreddersydde produkt	Usikkerhet	Levere til avtalt tid
Usikkerhet		
Fleksibilitet		
Kryssfunksjonelle team		

Som tabell 4 viser så er det flere karakteristikkene for ETO-bedrifter. I denne sammenheng har karakteristikkene blitt kategorisert inn i generelle kjennetegn, utfordringer og krav for ETO-bedrifter. Gjennom disse karakteristikkene kan det trekkes ut kjennetegn for logistikken i ETO-bedrifter. Man ser ut ifra tabell 4 at logistikk bør håndteres med det faktum at slike typer bedrifter produsere skreddersydde produkt og i tillegg har stor usikkerhet rundt ordrene og at bedriftene skal være fleksible. Disse faktorene vil ha en innvirkning på en bedrifts evne til å levere produkter til avtalt tid.

Tabell 5 vil vise en sammenligning mellom disse karakteristikkene og bedriften i caset, Spenncon.

Tabell 5: Sammenligning mellom ETO og Spenncon

Karakteristikker for ETO-bedrifter	Spenncon
Skreddersydde produkt	Ja
KODP ved designstadiet	Ja
Hurtige/stabile leveringer	Kan bli bedre
Fleksibilitet	Ja, har god fleksibilitet
Kryssfunksjonelle team	Nei
Kapasitetsplanlegging	Kan bli bedre
Usikkerhet	Ja, stor usikkerhet
Levere til avtalt tid	Ja

Tabell 5 viser, at det er flere av karakteristikkene for ETO-bedrifter som Spenncon har. Det kan tolkes dit hen at ETO-strategien er riktig for Spenncon, men at de har områder som kan

forbedres. Disse områdene har mulighet til å bli forbedret gjennom og forbedre logistikken ved å se på materialflyt og layout.

Gjennom litteraturstudiet og caset er det blitt trukket ut karakteristikk for ETO. Disse karakteristikkene viser at materialflyt er et viktig område å studere. Derfor vil det bli gjort en verdistrømsanalyse på materialflyten i Spenncon.

5 ANALYSE OG FORSLAG TIL FORBEDRINGER

I denne delen av rapporten vil resultatene fra litteraturstudiet og caset bli analysert. Først vil de metoder som er anvendt i caset bli forklart på hvordan de ble brukt. Videre vil det og bli lagt fram potensielle forslag til forbedringer, for de framlagte forskerspørsmålene.

5.1 Verdistrømsanalyse/Tidsstudie

Tre metoder ble brukt for å kartlegge tiden og flyten til materialene. To av disse verktøyene ble brukt for å kartlegge NVA-tidene og VA-tidene.


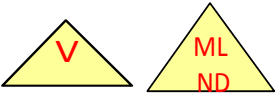
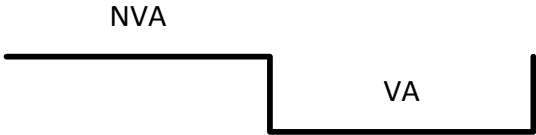
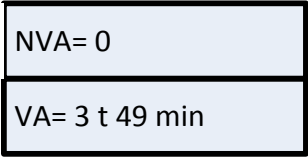
5.1.1 Anvendelse av verdistrømsanalyse/tidsstudie og flytskjema

Disse metodene er gjennomført for å få grunnlag for å legge frem forslag til forbedringer på materialflyt og layout. For å gjøre det mulig å anvende verdistrømsanalyse og tidsstudie i caset var det nødvendig å gjøre noen tilpasninger på utførelsen av disse metodene. Nedenfor vil de endringer og tilpasninger bli gjennomgått.

Verdistrømsanalyse

Det er ønskelig å kunne trekke ut NVA-stegene for så å fjerne de ved løsninger som reduserer eller eliminerer NVA-stegene helt.

Utfordringen ble å få en oversiktlig og bra verdistrømsanalyse med tanke på alle de standardiserte ikonene som blir brukt i dataprogrammet Microsoft Visio (dette programmet ble brukt for å tegne alle VSA og operasjonsprosesskjema). VSA ble benyttet internt i bedriften og ikke på hele verdikjeden slik ikonene er tilpasset i dataprogrammet. For og få et resultat som kan skille ut NVA fra VA ble det brukt noen standardiserte ikoner, i tillegg til noen selvdefinerte for å få ønskelig resultat. Tabell 7 på neste side viser disse ikonene.

Symboler:	Forklaring:
	<p>Dette symbolet er standardisert og symboliserer at det skjer en operasjon. Teksten i det blå feltet forklarer hva som skjer og tallet som står i det hvite feltet viser hvor mange arbeidere som utfører operasjonen.</p>
	<p>Egendefinerte symboler som er til for å vise at det er et steg som ikke gir verdi til prosessen.</p> <p>ML = materiale ligger på mellomlagring ND = Materialet må vente til neste dag V = Venting som kan skje i form av; hjelpe andre, snakke med forman, bestille varer også videre</p>
	<p>Standardisert ikon som viser tiden på operasjonen, altså tid som gir verdi til produktet (VA), og hvilke som ikke gjør det (NVA). NVA skrives oppe mens VA skrives nede.</p>
	<p>Standardisert ikon som viser total tiden på steg som ikke gir verdi til produktet og total tid som gir verdi til produktet.</p>

Figur 7: Ikoner i VSA

Det er blitt tegnet et skjema for hvert betongelement som ble fulgt i perioden tilbrakt i fabrikk 6. VSA er som nevnt, for det meste brukt for hele verdikjeden, noe som er utenfor scope. Det ble kun fokusert på de prosessene som omhandler forskaling, armering og betong. VSA ble tegnet med inspirasjon fra operasjonsprosessskjemaet. Det ble tegnet noen skjemaer med horisontale verdistrømmer for hvert enkelt material, som ble koblet til en vertikal verdistrøm som representerer hele produktet. De skjemaene som ble tegnet på denne måten, er element

som blir produsert i hall 2/3 med unntak av et element som støpes vertikalt (element 5). De andre elementene ble tegnet bare med en horisontal verdistrøm. Grunnen til at disse elementene ble tegnet horisontalt er at armeringen ikke blir laget på forhånd, og de har faste stålformer som forskaling.

For mer forståelse ble det valgt å slå sammen noen av de små sekvensene fra tidsstudiet, til en større post kalt bearbeiding i verdistrømsanalysen. En bearbeidingspost kan bestå av blant annet henting av diverse standarddeler, klargjøring av vaiere, flytting av stålformer, og så videre. (se vedlegg 2b for mer utfyllende tider på hver enkelt prosess).

Tidsstudie

For å kunne utføre en tidsstudie ble fabrikkens deler delt inn i fem deler. Den første delen ble snekkerverkstedet, andre delen hall 2, tredje del hall 3 og fjerde del hall 4, siste del hall 5. Noe av det første som måtte gjøres var å dele arbeidsprosessen inn i sekvenser, som vil markere overgangen fra en operasjon til den neste. En slik oppdeling måtte gjøres for alle de delene fabrikk 6 ble delt inn i (se vedlegg 2a for en mer detaljert beskrivelse av denne inndelingen).

Utfordringer med tidsstudiet:

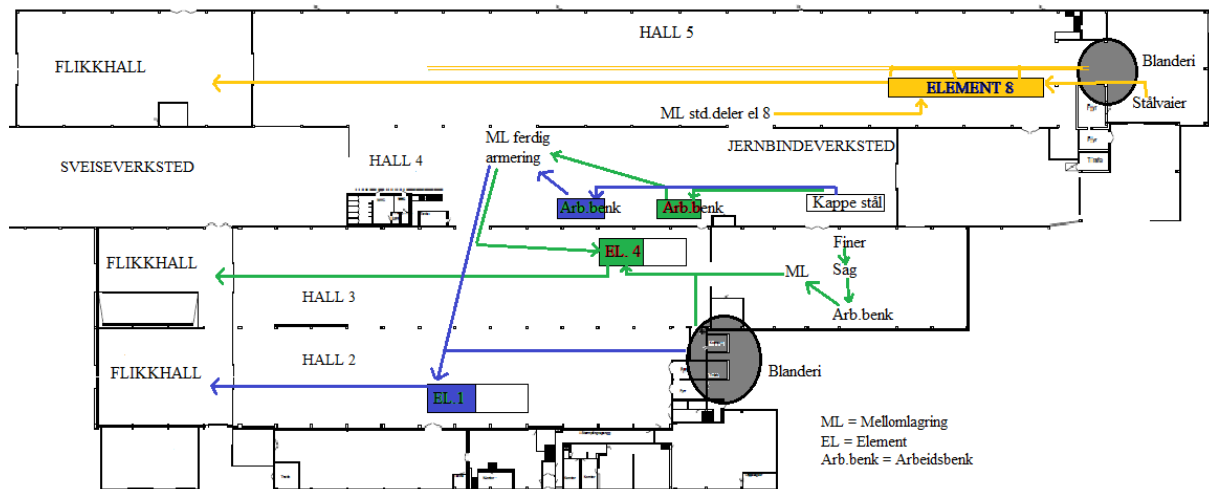
- En utfordring med en slik studie er at du kan møte motstand fra arbeiderne. Denne motstanden kommer som en følge av skepsis og en følelse av å bli overvåket.
- En annen utfordring med en slik studie er at det til tider er krevende å holde kontroll på alle prosessene som foregår samtidig. Spesielt er dette utfordrende med tanke på at en kun hadde en uke disponibelt og ønsket å kartlegge mest mulig av materialflyten som foregikk, og dette resulterte i at det måtte konsentreres om mange prosesser samtidig.
- Et tredje element som var utfordrende med tidsstudie var å vite hvor mange sekvenser materialflyten skulle deles inn i.

Flytskjema

Flytskjemaet skal visuelt vise materialflyten innen områdene: forskaling, armering og betong. Fordelen med denne metoden er at det er en enkel og lett gjennomførbar metode, men som samtidig gir en god illustrasjon av den faktiske materialflyt. Den krever kun at en er kjent i produksjonslokalene og kjenner arbeidsprosessen. Dersom det er mye frem og tilbake på

materialene kan det oppfattes som en «spagetti tallerken», det vil si at det er et virvar av linjer. Det ble tegnet to forskjellige flytskjema. Et som har alle elementene som ble fulgt i perioden (vedlegg 1) og et annet som kun illustrerer flyten i de tre elementene som blir videre drøftet i rapporten (figur 8).

Flytskjemaet for alle elementene fremstår litt uoversiktlig fordi det er tegnet inn materialflyten for alle element som ble fulgt. Flytskjemaet over de tre valgte elementene fremstår mer ryddig og oversiktlig.



Figur 8: Flytskjema over element 1,4 og 8

Som en ser av flytskjemaet, så er materialflyten til de elementene som ble kartlagt tegnet inn. Inntrykket er at flyten er den samme for alle element. Det betyr at «veien» materialene går vil ikke variere avhengig av antall elementer som blir produsert. Det eneste økende antall elementer vil føre med seg, er at det vil bli mer «trafikk» langs linjene i flytskjemaet. For at det skal bli minst mulig komplikasjoner i materialflyten ved produksjon av flere element, vil det hjelpe og opprettholde 5'S systemet som allerede er innført. Ved opprettholdelse av dette systemet vil det hindre at verktøy, utstyr og rot blir liggende i veien for materialflyten.

Oppsummering

Basert på de resultatene som ble funnet, kan man konkludere med at verdistrømsanalyse er en egnet metode for å studere materialflyt. Her vil det bli presentert de resultatene som kom av verdistrømsanalysen

5.1.2 Resultatene

I resultatene som kommer frem av verdistrømsanalysen oppstod det variasjon i NVA-tider

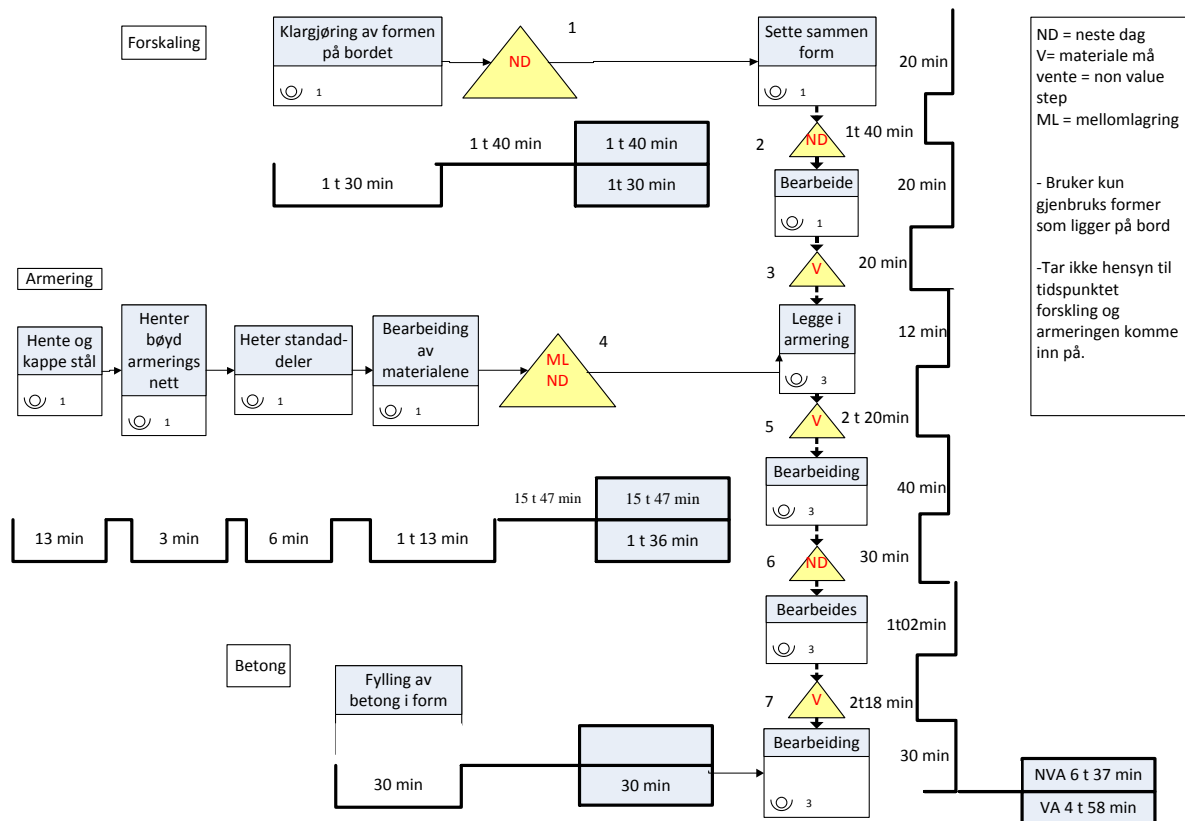
Tabell 6: Endringer i NVA tider

Element	NVA nå	NVA fremtid	Endring
1	24:04:00	19:37:00	04:27:00
2	18:24:00	16:00:00	02:24:00
3	16:21:00	12:00:00	04:21:00
4	22:23:00	19:40:00	02:43:00
5	06:48:00	03:00:00	03:48:00
6	03:06:00	02:22:00	00:44:00
7	00:43:00	0	00:43:00
8	01:00:00	0	01:00:00

Tabell 6 lister opp de NVA-tidene i elementene ble fulgt i caset. Tidene i høyre kolonne er mulig endring av total NVA-tid på hvert enkelt element. Variasjonen i NVA-tidene på element 1-5 til element 6-8 er at armeringen laget på forhånd og så lagt på mellomlagring. For element 6-8 derimot blir armeringen, i de fleste tilfeller, ikke laget på forhånd, men lages direkte i formene. I element 6-8 benyttes stålformer, i motsetning til element 1-5 som har forskaling laget hovedsakelig av finerplater. Videre i rapporten vil det kun bli omtalt de elementene som har høyest NVA-tid, det vil si element nr.1 og 4. I tillegg vil det bli lagt frem et element fra hall 5. Dette gjøres for å vise forskjellen på produksjonsprosessene i disse to hallene.

Resultatene som kom fra verdistrømsanalysen var som forventet, ut ifra de observasjonene gjort i forkant. VSA gjorde det mulig for å påpeke steg i prosessen som ikke tilførte noe verdi til produktet, og hvor mye tid det dreide seg om.

Element 1

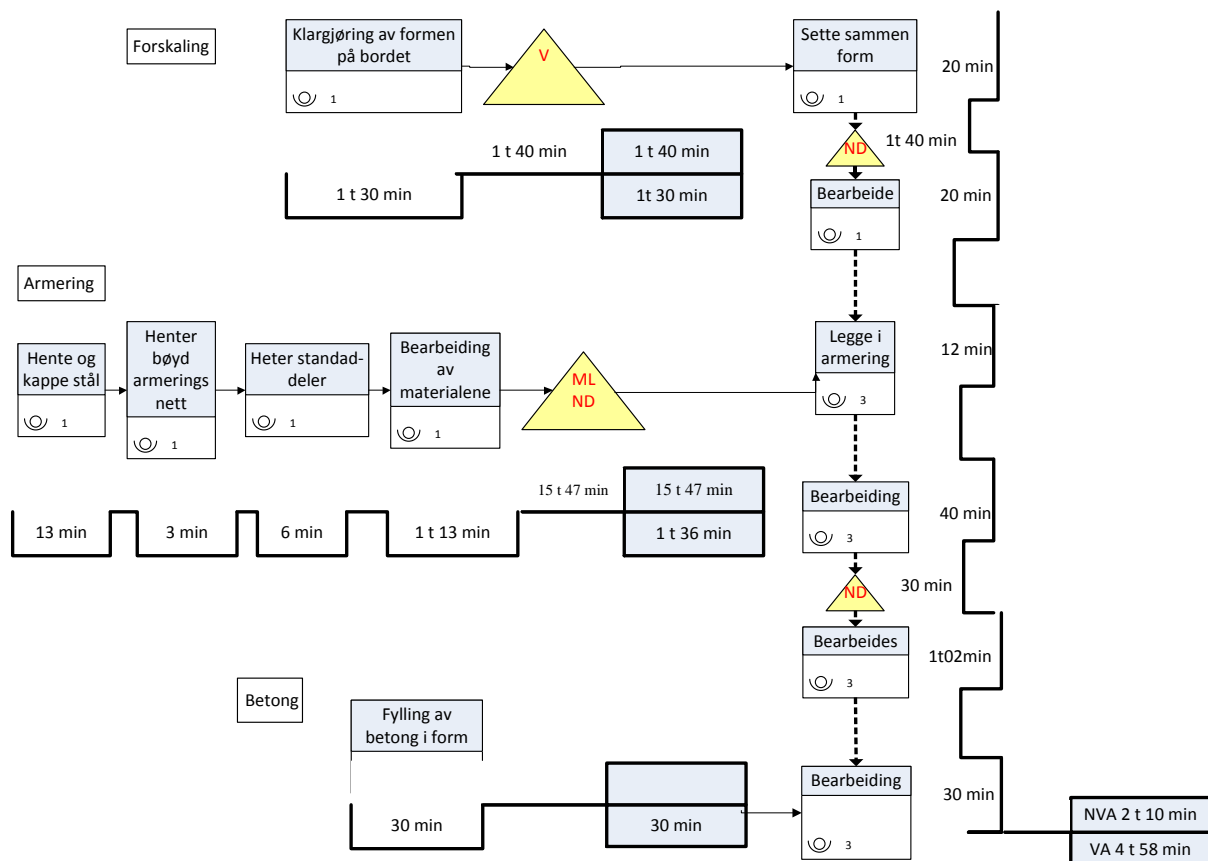


Figur 9: VSA for nåværende situasjon for element 1

Figur 9 viser VSA for nåværende situasjon for element 1. I delprosessene (horisontalt) ser en at det ikke er NVA i prosessen med å lage disse. NVA oppstår når materialene blir lagt på mellomlagring og må vente til neste dag. I sammenstillingen (vertikalt) ser en at NVA er spredt utover hele prosessen. Dette betyr at det ikke er *et* stort fokusområde å angripe, men derimot flere små bidrag. Det er viktig å huske på at mange små bidrag vil til slutt ha en betydelig innvirkning på den totale NVA-tiden. NVA-stegene kommer blant annet av; at arbeiderne må gå fra sitt element for å hjelpe andre med deres element, snakke med formann eller at materialene må vente på grunn av organiseringen av produksjonen. Et eksempel her er at forskaling og armering må vente til støpeprosessen begynner, noe som gir NVA-tid på 2 t og 18 min.

Ulempen med organiseringen av produksjonen er at når tiden for støping kommer, skal alle elementene støpes samtidig. Resultatet blir ofte kø i påvente av kranen som kommer med betongen. I tillegg vil også blanderiet ha en medvirkende faktor med tanke på blanderiet kun kan produsere betong til en av hallene om gangen.

Under har vi del II av VSA. Dette er en illustrasjon av samme prosess som figur 9 over, men i denne figur 10 er NVA-stegene fjernet. Resultatet blir da en illustrasjon av hvordan situasjonen *kunne* blitt. Denne prosessen viser at materialene har en mer effektiv flyt, det vil si kortere NVA-tid. Fjerning av stegene som ikke gir verdi har redusert NVA-tiden med 4 timer og 27 minutter, noe som igjen beviser at forbedringspotensialet tilstede.

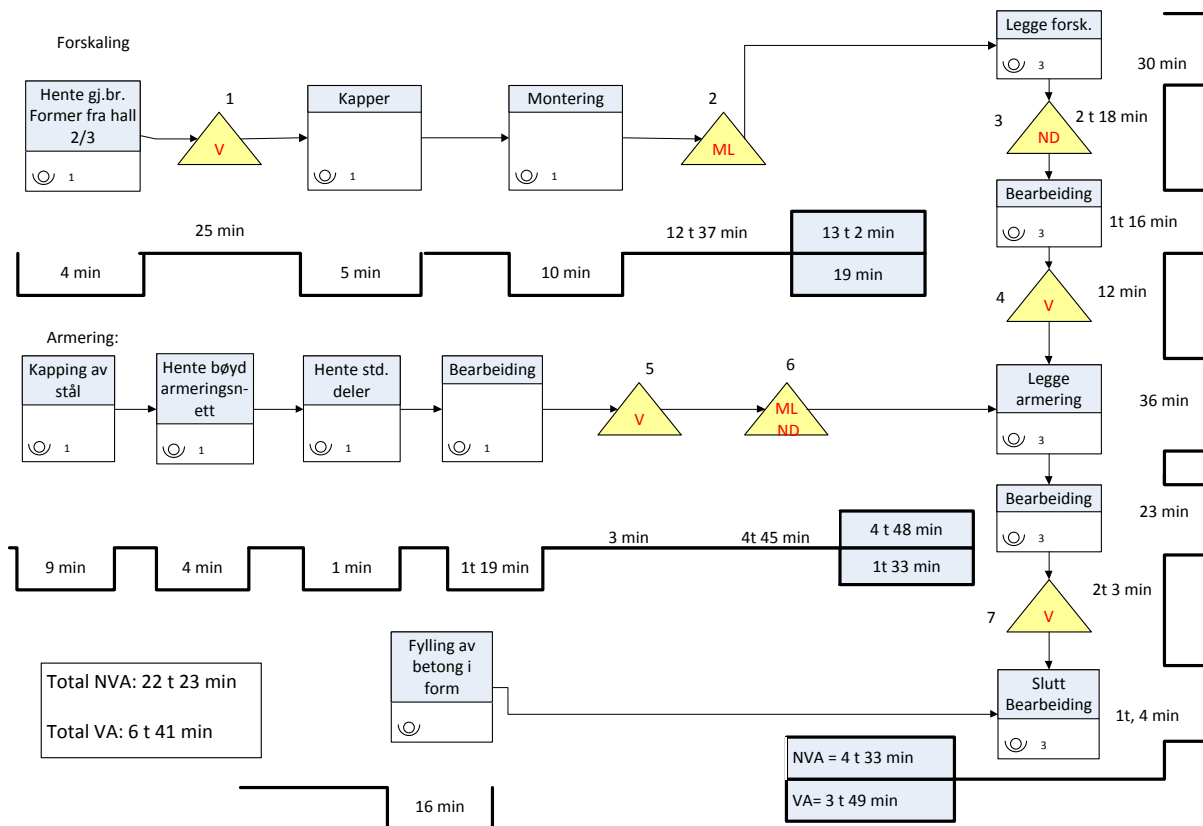


Figur 10: VSA forbedret situasjon av element 1

Første NVA-tid på 1 time 40 minutt i sammenstillingsprosessen oppstod på grunn av at de ikke begynte å jobbe på formen igjen før 08:40 neste dag. Grunnen til dette er at arbeiderne hadde andre oppgaver på andre element. I dette tilfellet stilles det spørsmål til hvorfor de ikke gjør seg ferdig med et element før de går videre til neste. Gjennom samtale med arbeiderne kom det frem at noen elementer av og til var viktigere enn andre. Eksempel på dette kunne være hastelement som har kort leveringstid for å nå ut til kunden i tide. Dersom dette er tilfellet vil det være naturlig å ta hastesakene først i og med at kunden er såpass viktig i en ETO-bedrift. På grunnlag av dette er denne NVA-tiden ansett for å være nødvendig for å opprettholde leveringsdyktighet og relasjonene til kundene.

For å få redusere disse NVA-tidene med tanke på materialflyten vil det være hensiktsmessig å endre organiseringen av hvordan produksjonen er lagt opp. Et forslag til hvordan organiseringen av produksjonen kan bli lagt opp, er å la blanderiet gå større del av dagen. For å gjøre det mulig å støpe større deler av dagen, kan det være hensiktsmessig å utvide arbeidstiden for arbeiderne, med den hensikt å ha blanderiet i gang to ganger til dagen. En ser da for seg at blanderiet vil gå i en periode på morgenen og en på formiddag/ettermiddag. Med denne metoden vil NVA-tiden på materialene bli redusert, tillegg til at hurtige og stabile leveringer vil øke. Ledetiden vil også bli redusert fordi et element kan bli ferdig på en dag.

Element 4



Figur 11: VSA for nåværende situasjon for element 4

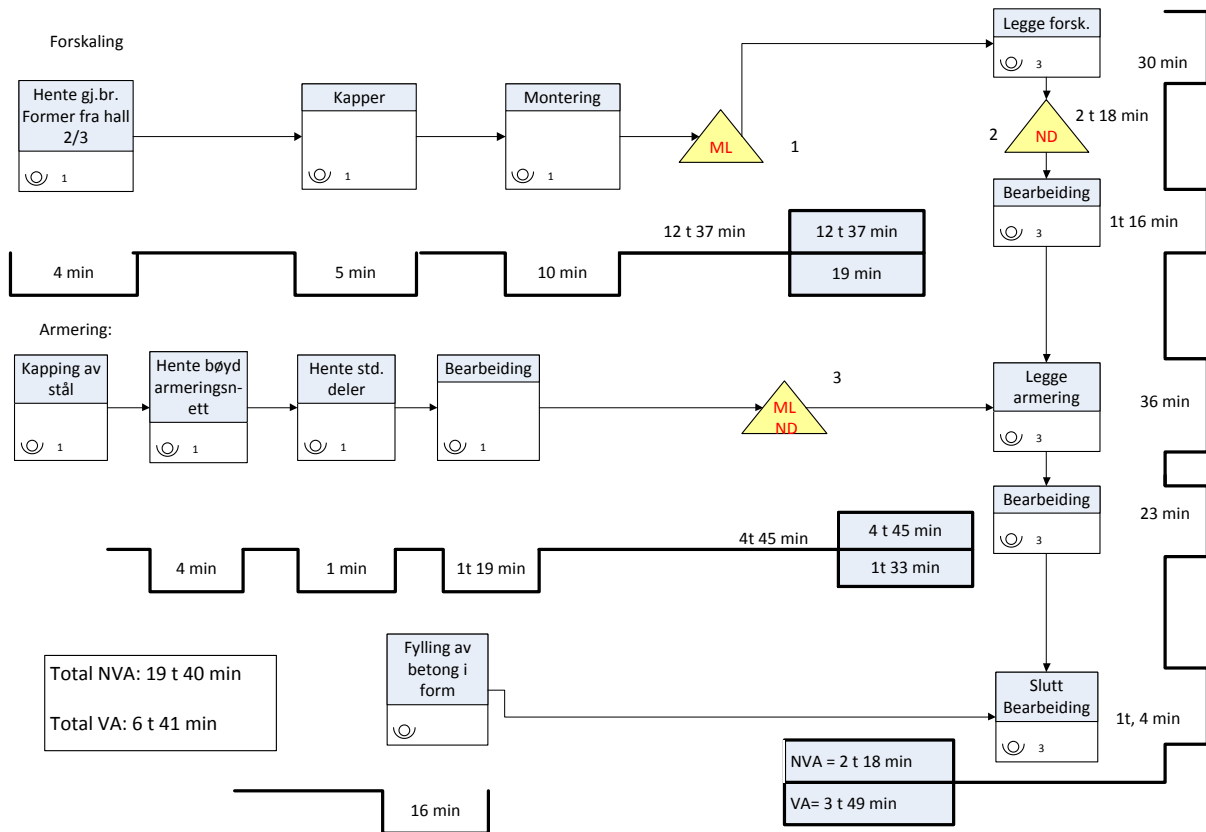
Dette elementet var det eneste som var mulig å følge fra start til slutt i alle de tre hovedprosessene. På de andre elementene er det for det meste brukt gjenbruksmaterialer i forskalingene. Dette tilsier at snekkerverkstedet hadde rikelig med kapasitet, og ventetid på materialene burde derfor ikke oppstå.

I prosessen med å lage forskalingen er det NVA-tid på materialene på 25 min i punkt 1. Denne kommer av blant annet å lete etter verktøy og diverse administrative oppgaver (bestille varer, og så videre). Å lete etter verktøy kan knyttes opp mot 5`S i teorien. Det kom fort et inntrykk av at 5`S er en metode som allerede er innført i fabrikken, noe som tilsier at det burde være orden på verktøyene og derfor unødvendig og måtte bruke tid på å lete etter verktøy. Inntrykket om at 5`S er implementert kom på grunn av at det hang verktøytavler rundt i produksjonslokalene, noe som viste at de burde ha orden ved å ha laget en standardisert plassering til verktøy og utstyr.

NVA-tiden i punkt 3 kommer av at de slutter å jobbe på dette produktet kl. 13:30. På grunn av at det er tid for støpeprosessen og arbeiderne på dette elementet må forlate sitt for å hjelpe til med støpingen. Tidspunktet når de begynner på sitt element igjen er 08:48 neste dag. Igjen på grunn det er andre oppgaver som må utføres.

I punkt 5 så er det NVA-tid på 3 min som går med på at arbeideren må rydde plass på mellomlagringen før han kan legge ned armeringen. Dette er noe som i følge tabell 1 bør være unødvendig fordi plassutnyttelse bør være planlagt og fullt utnyttet. Denne NVA-tiden på materialene kommer av at layout ikke er ideell, mellomlagringsplassene er improvisert og det er ikke laget noe form for system. Prinsippet på mellomlagringsplassen er ”første mann til mølla”. Dette betyr at når en armering er ferdig blir den lagt på mellomlagring der det er plass. Det er følgelig ingen system på hvor de blir plassert, og hvilke som skal først videre til sammenstillingsprosessen. Dette gjør at det fort kan bli rotete og unødvendig bruk av tid på rydding.

Punkt 7 er NVA-tid på materialene på grunn av produktet må vente til støpeprosessen er i gang. I denne perioden på 2 timer og 3 min bidrar arbeideren på andre element for å gjøre de ferdig.



Figur 12: VSA forbedret situasjon for element 4

Figur 12 viser samme prosess som figur 11, men de unødvendige NVA-stegene er fjernet. Figuren gir da en illustrasjon på hvordan prosessen kan bli.

Løsninger som fjerner de unødvendige stegene er for snekkerverkstedet å ha bedre rutiner. Innfør rutiner som sørger for at man gjør seg ferdig med det produktet man har begynt på. I perioder der kapasiteten ikke er fullt utnyttet, vil ikke NVA-tid på materialene ha noe å si på den totale NVA-tiden, men når kapasiteten er fullt utnyttet kan det fort skape problemer som kan gå utover den totale NVA-tiden. Med tanke på at det i ETO-bedrifter er usikkerhet på mengden ordre og kompleksiteten på disse, bør 5'S bli implementert. Med kontroll på verktøy og rutiner kan dette bedre evnen til å ha hurtige og stabile leveringer.

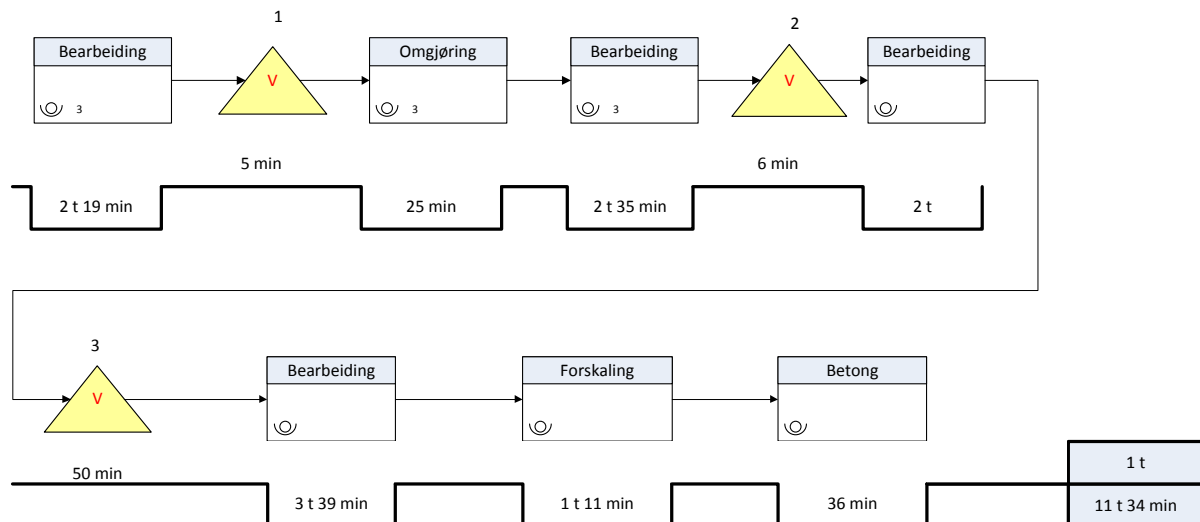
I sveiseverkstedet kan løsningen på mellomlagringen være å lage dedikerte plasser til hver arbeidsbenk. Dette kan gjøres ved å male opp streker som avgrensner områder som blir tildelt hver arbeidsplass. Dette vil eliminere de 3 minuttene totalt og det vil bli mer system.

Et siste forslag til forbedringer vil også her være å endre organiseringen av produksjonen. Henviser til forklaring på dette i element 1.

Oppsummering av forslag til forbedring

- Bedre rutiner og innarbeide 5`S
- Lage dedikerte plasser til hver arbeidsbenk i sveiseverksted
- Endre organiseringen av produksjonen

Element 8

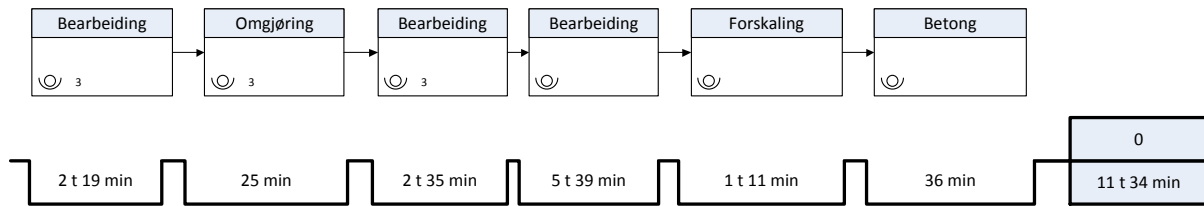


Figur 13: VSA nåværende situasjon for element 8

Element nummer 8 har lite NVA-tid på materialene. Årsaken til dette er blant annet at det er produsert i hall 5. Den NVA-tiden som oppstår i punkt 1 har sitt opphav i at toget har kjørt over to av vaierne og de må da trekkes på nytt. Unødvendig bruk av tid som burde vært unngått. I artikkelen Koşucuoğlu and Bilge (2012) skrives det om å finne den mest hensiktsmessige måten å utforme layout på, og her kan det blitt gjort noen tiltak for å hindre sløsing av materialer og ressurser.

Tiden i punkt 2 kommer av dårlig kvalitetskontroll. Stålformene var montert på, men måtte fjernes igjen da det ble oppdaget at det manglet deler i armeringen. Kvalitet i produksjonen går ut på å ha en kontinuerlig kvalitetskontroll gjennom hele prosessen. Formålet med dette er å forhindre at nettopp slik sløsing forekommer.

Punkt 3 oppstår av samme årsak som i figur 11 punkt 3.



Figur 14: VSA forbedret situasjon for element 8

Figur 14 viser en potensiell forbedring av materialflyten for element 8. Alle NVA-stegene har blitt fjernet. NVA-tiden fra punkt 1 i figur 13 kan fjernes med å lage en form for «bane» som arbeiderne kan legge vaierne i. Banen skal forhindre at vaierne blir lagt oppå skinnene til toget. Denne løsningen vil eliminere punkt 1 totalt og ikke minst forhindre sløsing av materialer. Dette er en poka-yoke løsning som vil være med på og forhindre menneskelige feil.

Det er viktig for en bedrifts suksess og ha stor fokus på kvalitet, derfor er løsningen for punkt 2 i figur 13 er å være veldig kvalitetsbevisst.

Oppsummering av forslag til forbedring

- Forbedringer av layout
- Økt kvalitetsfokus

Transportering av betong

I arbeidet med tidsstudiet ble det observert at de største elementene ble støpt lengst vekk fra blanderiet. Tabellen under viser hvor lang tid det tar å frakte betong fra blanderi til bordet lengst vekk.

Tabell 7: Tider for transportering av betong av element 2

Tømmes:	Tilbake:	Fylle tobbe:	Til bordet:	
00:00:18	00:01:42	00:00:57	00:01:26	1 runde
00:00:46	00:01:40	00:01:52	00:01:24	2 runde
00:01:17	00:01:51	00:01:46		3 runde
00:02:21	00:05:13	00:04:35	00:02:50	total tid: 14:59
00:00:47	00:01:44	00:01:32	00:01:25	Gjennomsnitt

Ut ifra tabell 7 over ser man at gjennomsnittstiden på å frakte betong frem og tilbake til bordene, tar 3 minutter og 9 sekund.

Tabell 8 viser at gjennomsnittstiden for frakting av betong til bordet nærmest blanderi er 1 minutt og 5 sekund.

Tabell 8: Tider for transport av betong element 4

Tømmes:	Tilbake:	Fylle tobben:	Til bordet:	min,sek
			00:00:33	1 runde
00:00:52	00:00:52	00:00:56		2 runde
fyller i 1B	00:00:37	00:00:49	00:00:32	3 runde
00:01:20	00:00:41	00:01:00	00:00:40	4 runde
00:03:27	00:00:46	00:01:00	00:00:47	5 runde
00:01:27	-	-		6 runde
00:07:06	00:02:56	00:03:45	00:02:32	total tid :16m19s
<i>00:01:25</i>	<i>00:00:35</i>	<i>00:00:45</i>	<i>00:00:30</i>	Gj.snitt

Som man ser så tar det betydelig lenger tid og fylle bordene lengst vekk fra blanderiet. Tiden det tar å frakte betong i kranen er ikke mulig redusere, fordi hastigheten på kranen er lovbestemt. På grunn av dette er tobben å betrakte som en flaskehals, og da som å betrakte som det svakeste leddet. For å få det svakeste leddet til å yte mer, vil det være hensiktsmessig å øke mengden betong som blir fraktet om gangen. For å redusere tiden det tar å fylle betong, vil et forslag være å flytte de største elementene fra bordene lengst vekk ifra blanderiet og til et av bordene nærmest blanderiet. Dersom en bytter ut dagens tobb på 1000 l med en som kan ta 1500 l vil dette øke kapasiteten med 50 %. Teoretisk vil dette da redusere tiden det tar å frakte betong med 50 %. Totalt vil disse forslagene medføre betydelige forbedringer i materialflyten av betong.

5.2 Oppsummering og diskusjon

I dette kapittelet vil det bli diskutert metoder som er anvendt, og i tillegg til dette vil det reflekteres over de mulige forbedringspotensialer.

Tabell 9: Oversikt over forslag, hva som forbedres og innvirkning

Forslag til forbedringer	Hva som forbedres	Innvirkning på logistikken	Innvirkning på total ledetid
Øke tobben	Materialflyt	Mindre NVA-tid	Inkrementell
System på bord	Materialflyt	Mindre NVA-tid	Inkrementell
Dedikerte plasser (mellomlagring hall 4)	Layout og materialflyt	Mindre sløsing (tid) og mer ryddig layout	Inkrementell
Vaierbane (hall 5)	Layout	Mindre sløsing (tid, materialer)	Inkrementell
Omorganisering av produksjonen	Materialflyt og layout	Mer effektiv materialflyt og kortere ledetid	Betydelig

Tabell 9 over viser en oversikt over de forslagene til forbedringer som er presentert i denne oppgaven. Kolonnen med forslagene er satt opp i en logisk rekkefølge ut ifra hvor enkelt det, etter vår mening, vil være å implementere forslagene. Andre kolonne fra venstre illustrerer hva det vil være grunn til å anta, vil forbedres dersom disse forslagene blir implementert. Tredje kolonne fra venstre sier noe om hvilke innvirkninger forslagene vil ha på logistikken. Siste kolonne sier noe om i hvilken grad forslagene til implementering vil ha på den totale ledetiden.

Forslagene til forbedringer i materialflyt presentert i denne oppgaven, er basert på vår oppfatning på hvordan Spenncon kan forbedre materialflyten på forskaling, armering og betong. Noen av løsningene er mer komplekse enn andre.

En av de inkrementelle forslagene er å øke tobben. Dette forslaget kombinert med kapasitetsplanleggingen angående system på støpebordene kan redusere tiden det tar å frakte betong. Dette er imidlertid kun å betrakte som et lokalt optimum, da det kun forbedrer materialflyten på betong og dermed vil ikke ha noen innvirkning på den totale ledetiden. I forkant av implementering av ny tobb bør det, etter vår mening, gjøres en utledning om hvilke konsekvenser dette vil ha på blant annet blanderiet. En annen vurdering som bør gjøres er om en større tobb er praktisk å håndtere og jobbe med.

Det mest komplekse forslaget går ut på å legge om hele organiseringen av produksjonen med tanke på å oppnå mer samsvar mellom karakteristikkene for ETO og bedriften i caset. Dette

vil medføre og gå dypere inn i produksjonsplanleggingen og revurdere måten de organiserer produksjonen på. Dette forslaget vil gi en reduisering i den totale ledetiden til materialene, og NVA-tidene reduseres betydelig. Dette vil også gi mer samsvar mellom Spenncon og generelle karakteristikker for ETO-bedrifter.

6 KONKLUSJON

Det har blitt gjennomført en studie for å kartlegge kjennetegn for logistikk i en ETO-bedrift, for å så finne hvordan logistikk kan forbedres gjennom nye løsninger for materialflyt og layout. Det ble kartlagt at logistikk kan kjennetegnes gjennom visse nøkkelord. Disse nøkkelordene har innvirkning på materialflyten og layout, dermed kan logistikken forbedres ved å se på materialflyten og layout.

Det ble gjennomført en litteraturstudie og en casestudie. Gjennom disse studiene ble det funnet noen karakteristikk ved ETO-bedrifter. Ut ifra disse karakteristikkene så kan det trekkes ut visse nøkkelord som kan sees på som kjennetegn for logistikk. For å svare på forskerspørsmål 1, vil disse nøkkelordene være med på å kjennetegne logistikk i ETO-bedrifter:

- Produksjon tilpasset skreddersydde produkt
- Usikkerhet
- Fleksibilitet
- Leverer til avtalt tid

På grunnlag av at oppgaven omhandler prosessene innad i en bedrift ble det naturlig å se på materialflyt og layout, og siden disse områdene er en stor del av logistikken, har de store innvirkninger på logistikken.

For å finne nye løsninger for materialflyt og layout med tanke på å forbedre logistikken, er det gjennom arbeidet blitt lagt fram noen forslag til forbedringer. Noen av forslagene er enklere å implementere men har begrenset innvirkning på logistikken i sin helhet. Det mest omfattende forslaget har potensial til å gjøre store forbedringer på den totale logistikken, men det vil kreve en total omorganisering på hvordan de organiserer produksjonen. Dette er det eneste forslaget som vil forbedre den totale materialflyten. Forslaget er et veldig omfattende tiltak og var utenfor scope i denne oppgaven, og derfor ble ikke dette forslaget utdypet ytterligere.

Gjennom litteraturstudiet har det vist seg at det er lite forskning på ETO-bedrifter, og denne oppgaven har bidratt med ytterligere forskning på ETO-bedrifter. Hovedvekten ble lagt på materialflyt og layout og hvordan endringer på disse områdene kan forbedre logistikken.

Siden Spenncon er en ETO-bedrift, vil forskningen som er utført være relevante for andre ETO-bedrifter.

Litteraturen ble i første omgang brukt til å lese seg opp på gjeldende teori som var aktuell for oppgaven. Videre arbeid med litteraturen ga et innblikk i hva som er gjort innen forskning på temaene i oppgaven. Det er gjort lite forskning innen deler av temaene, spesielt gjelder dette forskning på ETO. Dette medførte at det var en utfordrende og tidkrevende prosess å finne relevante artikler.

Casestudiet er tidkrevende, samtidig som det krever inngående forståelse av produksjonsprosesser. Det er tidkrevende i den forstand at prosessene ofte er komplekse og vanskelig å få oversikt over, og dermed krever mye tid for og «lære å kjenne». Et annet moment som gjør det tidkrevende er at det krever at en ser en prosess skje flere ganger for å danne seg et korrekt bilde av rekkefølgen prosessene skjer, og tiden det tar. For å gjøre alt dette mulig er det da også viktig at bedriften som caset skal foregå i, legger forholdene til rette, slik at studiet er mulig å gjennomføre på en tilfredsstillende måte.

Det må tas enkelte forbehold i denne rapporten. Bedriften i caset har produksjonsplaner som er kortsiktige og forandres stadig. Dette vil medføre at forholdene i produksjonen er annerledes i dag enn det den var i perioden tilbrakt i bedriften under dette forskningsarbeidet. Dette vil medføre at tider, elementer og andre faktorer kan være vanskelig å etterprøve. Det ble også kun anledning til å tilbringe en uke for å kartlegge materialflyten i caset. Det faktum at det kun er brukt en bedrift i casestudiet, gir det lite grunnlag for oss å sammenligne våres bedrift med lignende bedrifter.

Det er her blitt presentert noen forslag til forbedringer som det er stor sannsynlighet for at vil forbedre logistikken ved nye løsninger for materialflyt og layout. Det er ikke gjort noen vurdering av implementering av forslagene, og en vurdering av dette og en vurdering av effekten ved implementering vil være forslag til videre forskning.

7 REFERANSER

- ABD. RAHMAN ABDUL RAHIM, M. S. N. B. 2003. "The need for a new product development framework for engineer-to-order products". *European Journal of Innovation Management*, 6, 182 -196.
- ABDULMALEK, F. A. & RAJGOPAL, J. 2007. Analyzing the benefits of lean manufacturing and value stream mapping via simulation: A process sector case study. *International Journal of Production Economics*, 107, 223-236.
- BRENDEN, M. 1996. *Ord og uttrykk i logistikken*, [Oslo], TANO.
- BRENDEN, M. & HELLBERG, R. 1988. *Materialadministrasjon: grunnleggende innføring med oppgaver*, [Oslo], Damm.
- CHEN, C.-S., MESTRY, S., DAMODARAN, P. & WANG, C. 2009. The capacity planning problem in make-to-order enterprises. *Mathematical and Computer Modelling*, 50, 1461-1473.
- COX, J. F. & SCHLEIER, J. G. 2010. *Theory of constraints handbook*, New York, McGraw-Hill.
- DETTY, R. B. & YINGLING, J. C. 2000. Quantifying benefits of conversion to lean manufacturing with discrete event simulation: A case study. *International Journal of Production Research*, 38, 429-445.
- EVANS, J. R. & LINDSAY, W. M. 2011. *Managing For Quality and Performance Excellence*, Mason, Cengage Learning.
- FORZA, C. & SALVADOR, F. 2002. Managing for variety in the order acquisition and fulfilment process: The contribution of product configuration systems. *International Journal of Production Economics*, 76, 87-98.
- FREIVALDS, A. 2009. *Niebel's Methods, Standards, and Work Design*, New York, McGraw-Hill Companies.
- GOSLING, J., NAIM, M. & TOWILL, D. 2012. A supply chain flexibility framework for engineer-to-order systems. *Production Planning & Control*, 1-15.
- GOSLING, J. & NAIM, M. M. 2009. Engineer-to-order supply chain management: A literature review and research agenda. *International Journal of Production Economics*, 122, 741-754.
- GRØNLAND, S. E. 2010. *Logistikkledelse*, [Oslo], Cappelen akademisk.
- HAYES, R. H. & WHEELWRIGHT, S. C. 1984. *Restoring our competitive edge: competing through manufacturing*, New York, Wiley.
- HICKS, C., MCGOVERN, T. & EARL, C. F. 2001. A Typology of UK Engineer-to-Order Companies. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 4, 43-56.
- KONIJNENDIJK, P. A. 1994. Coordinating marketing and manufacturing in ETO companies. *International Journal of Production Economics*, 37, 19-26.
- KOŞUCUOĞLU, D. & BILGE, Ü. 2012. Material handling considerations in the FMS loading problem with full routing flexibility. *International Journal of Production Research*, 1-23.
- LI, L. 2006. Capacity planning methodology for concurrent engineer-to-order operations. 178 p.
- MCGOVERN, T. O. M., HICKS, C. & EARL, C. F. 1999. Modelling Supply Chain Management Processes in Engineer-to-Order Companies. *International Journal of Logistics Research and Applications*, 2, 147-159.
- MO, J. P. T., SIGIT, A. & MYERS, K. 2009. Development of a product model for manufacturing planning and control in a made-to-order business. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 20, 97-112.

- NASH, M. A. & POLING, S. R. 2008. *Mapping the total value stream: a comprehensive guide for production and transactional processes*, Boca Raton, Fla., CRC Press.
- NILSSEN, T. & SKORSTAD, E. 1994. *Just-in-time: en produksjonsform for norsk industri?*, [Trondheim], Tapir.
- OLHAGER, J. 2003. Strategic positioning of the order penetration point. *International Journal of Production Economics*, 85, 319-329.
- PIORE, M. J. & SABEL, C. F. 1984. *The second industrial divide: possibilities for prosperity*, New York, Basic Books.
- ROTHER, M. & SHOOK, J. 2009. *Learning to see: value stream mapping to create value and eliminate muda*, Brookline, Mass., Lean Enterprise Institute.
- SALTHAUG, M. & SØRENSEN, M. 2010. *Arbeidsflyt i byggproduksjon - analyse av målemuligheter*. [Forfatterne].
- SANTOS, J., TORRES, J. M. & WYSK, R. A. 2006. *Improving production with lean thinking*, Hoboken, N.J., Wiley.
- SPENNCON. 2012. *Spenncon.no* [Online]. Available: <http://www.spenncon.no/>.
- STADTLER, H. & KILGER, C. 2000. *Supply chain management and advanced planning: concepts, models, software and case studies*, Berlin, Springer.
- STRATTON, R. & MANN, D. 2003. Systematic innovation and the underlying principles behind TRIZ and TOC. *Journal of Materials Processing Technology*, 139, 120-126.
- SWARA BARZENJI, A. V. 2009. Utveckling av produktionslina. Jönköping: Tekniska Högskolan i Jönköping.
- TAPPING, D., LUYSTER, T. & SHUKER, T. 2002. *Value stream management: eight steps to planning, mapping, and sustaining lean improvements*, New York, Productivity Press.
- UTHIYAKUMAR MURUGAIAH, S. J. B., M. SRIKAMALADEVI & MARATHAMUTHU, S. M. 2010. Scrap loss reduction using the 5-whys analysis. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 27, 13.
- VIRUM, G. P. O. H. 1995. *Logistikk fo konkurransekraft*, Oslo, Ad Notam Gyldendal.
- WAGNER, B. & ENZLER, S. 2006. *Material flow management: improving cost efficiency and environmental performance*, Heidelberg, Physica-Verlag.
- XIN, J. & XIAOPEI, L. 2012. Continuous Optimization Path of Hydraulic Engineering Project Management Based on TOC. *Procedia Engineering*, 28, 483-488.
- YIN, R. K. 2009. *Case study research: design and methods*, Thousand Oaks, Calif., Sage.

8.2 Vedlegg 2a- Sekvenser i tidsstudiet

Snekkerverksted:

Steg 1: Kryssfiner fra "lagerplass" til sag.

Steg 2: Oppkuttet del er til arbeidsbenk

Steg 3: Sette sammen / hente fra lager

Steg 4: Flyttes til mellomlagring.

Hall 2/3:

Steg 1: Frakt av forskaling fra snekkerverksted til de bordene det skal støpes på.

Steg 2: Sette sammen forskalingen.

Steg 3: Legge / montere (evt. bygge sammen) på plass armeringen.

Steg 4: Fylle opp "tobben" med betong.

Steg 5: Frakte "tobben" fra blanderi til arbeidsbord.

Steg 6: Fylle i betong i formene (tur 1,2,3,4...).

Steg 7: Jevne ut og fordele betong.

Steg 8: Herding

Steg 9: Fjerning av forskaling

Eventuelt:

Steg 10: Tilting av bord

Steg 11: Løfte vekk betongelement

Steg 12: Frakte betongelement fra arbeidsbord til flikkehall.

Steg 13: Rydding og klargjøring av arbeidsbord.

Hall 4:

Steg 1: Kapping / bøying av metall

Steg 2: Frakte ferdigkapp fra maskin til arbeidsbenk.

Steg 3: Sette sammen

Steg 4: Evt. mellomlagring

Steg 5: Frakt fra mellomlagring og arbeidsbord

Hall 5:

Steg 1: Klargjøring av arbeidslokasjon

Steg 2: Fylling av ”tobb”.

Steg 3: Frakte betong fra blanderi til arbeidsstasjon vha. «toget».

Steg 4: Tømming av betong i formene.

Steg 5: Fordele og stryke av overflødig betong.

Steg 6: Herding

Steg 7: Fjerning av forskaling / stålformer

Steg 8: Løfte vekk betong element fra arbeidsstasjon til flikkeavdeling

Steg 9: Rydding og klargjøring av arbeidsstasjon til neste jobb.

Det første vi gjorde var å begynne inne i snekkerverkstedet. Her ligger ”lageret” av kryssfiner på paller rett bak bord - sagene. Sagene er tilrettelagt på en slik måte at kryssfinerplatene kan flyttes, nærmest dyttes, over på bord – sagene med minimal anstrengelse fra snekkerne. Dette er etter vår mening en optimal måte å gjøre dette på, men tiden dette tar, blir allikevel tatt med i tidsstudie. Etter at kryssfinerplatene er blitt sagt opp, blir de flyttet over til en arbeidsbenk der de blir satt sammen, vha. 2x4, til ferdige forskalinger. Disse forskalingene blir deretter satt til mellomagring inne i snekkerverkstedet. Dette gjøres fordi snekkerverkstedet alltid må ligge en til to dager i forkant av produksjonen i hall 2/3.

Dagen etter følger vi forskalingen som ble laget i snekkerverkstedet ut i hall 3, der forskalingen blir lagt i formene på bordet. Deretter blir armeringen fra hall 4 lagt oppi formene. Dersom armeringen mangler litt på fullførelse blir dette supplert i formene på bordet. Eventuelle armeringsnett blir også lagt oppi formene. Etter dette blir det lagt inn i innstøpingsgods (IG), men dette inngår ikke i tidsstudiet vårt, og blir derfor ikke tatt hensyn til. Når alt som skal inn i den aktuelle formen er på plass, blir betong fylt i. Etter betongen er fylt i og siste lille fordeling og utjevning av betongen er foretatt, blir betongelementet forlatt til det har herdet (over natten).

Neste dag blir forskalingen fjernet og betongelementet løftet vekk fra bordet og løftet ut til flikkehallen. Så blir bordet rengjort og klargjort klart til neste dags jobb.

I hall 5, brukes også tiden her i begynnelsen til å sette opp formene. Oppsettet av formene varierer ganske mye ut ifra hvilke type elementer som skal støpes. Når dette er gjort benyttes det et ”tog” til å frakte betong fra blanderiet til den aktuelle arbeidsstasjonen.

8.3 Vedlegg 2b- Tider i tidsstudiet

Element 1

Hvor lages det:	Dag:	Hva lages:
<i>Sveiseverkstd - Hall 4</i>	mandag	Element 1

Sekvenser:	Kl start:	Kl stopp:	Tid (timer:min)	NVA-tid:	Kommentar:
Kapping av rette lengder	10:00	10:13	00:13		
Frakting av kuttet deler til arb.benk	10:13	10:14	00:01		Blir fraktet for hånd
Hente bøyd armeringsnett	10:14	10:17	00:03		
Henting av prefabrikerte deler	10:21	10:27	00:06		
Bearbeiding av elementer	10:27	11:40	01:13		
Frakting av kuttet deler til arb.benk	11:25	11:37	00:12		
Tot tid:			01:48		

Hvor lages det:	Dag:	Hva lages:
<i>Hall 2</i>	Tirs/Ons/Tors	Element 1

Sekvenser:	Kl start:	Kl stopp:	Tid (timer: min)	NVA-tid (timer:min):	Kommentar:
Litt av formen settes opp	14:30	14:50	00:20		tirsdag
Venting	14:50	00:00	09:10	09:10	venting til neste dag
Venting	00:00	08:40	08:40	08:40	venting til neste dag
Siste vegg satt opp	08:40	09:00	00:20		
Bearbeides (oljes legge i avstandere)	09:35	10:50	01:15		
Klar for armeing = venting	10:50	11:10	00:20	00:20	
Armeringsnett hentes	11:10	11:15	00:05		henter 2 ganger
Armeringen hentes fra mellomlagring	11:22	11:23	00:01		
Armeringen legges oppi form	11:24	11:30	00:06		

Venting	11:30	13:50	02:20	02:20	hjelp andre, lunsj
Bearbeides	13:50	14:30	00:40		
Venting	14:30	00:00	09:30	09:30	venting til neste dag
Venting	00:00	07:00	07:00	07:00	venting til neste dag
Bearbeides	07:00	08:02	01:02		
Siste del fra tralla tatt	08:02	08:03	00:01		
Klar for betong = venting	08:42	11:00	02:18	02:18	
Betong ferdig	11:00	11:30	00:30		
Tot tid:			19:38	15:18	

Element 4

Hvor lages det:	Dag:		Hva lages:
Snekkerverksted:	Man		Element 4

Sekvens:	Kl start	Kl stopp	Tid (timer:min)	NVA-tid:	Kommentar:
Henter gjenbruksformer i hall 2/3	07:12	07:16	00:04		
	07:19	07:44	00:25	00:25	div papirarbeid, finne verktøy
Sager	07:45	07:50	00:05		
Montere sammen	08:13	08:23	00:10		
Legges på mellomagring	08:24	08:25	00:01		
Tot tid:			00:45	00:25	

Hvor lages det:	Dag:		Hva lages:
Sveiseverksted - Hall 4	Man		Element 4

Sekvens:	Kl start:	Kl stopp:	Tid (timer:min)	NVA-tid:	Kommentar:
Kapping av rette lengder	12:39	12:48	00:09		
Frakting av kuttet deler til arb.benk	12:48	12:49	00:01		Blir bært for hånd

Hente bøyd armeringsnett fra bøyebank	12:15	12:19	00:04		Prosesen gjentas 4 ganger
Henting av prefabrikkerte deler	12:38	12:39	00:01		
Bearbeiding av elementer	12:51	14:10	01:19		
Ryddet plass på mellomagring	12:53	12:56	00:03	00:03	
Tot tid:			01:37	00:03	

Hvor lages det:	Dag:		Hva lages:
Hall 3 bord 1A	Tir/Ons		Element 4

Sekvens:	KL Start:	KL Stopp:	Tid (timer:min)	NVA-tid:	Kommentar:
Forskalingen hentes fra mellomagring og legges på bordet	13:00	13:30	00:30		tirsdag
Forskaling ferdig			00:30		tirsdag
Bearbeides	07:48	09:00	01:12		oljing, avstander
Standarddeler hentes ved infotavle	09:00	09:01	00:01		
Armeringen hentes til arb.bank	09:40	09:41	00:01		
Armringsnett hentes og legges i form	09:45	09:50	00:05		
Kran hentes	09:52	09:53	00:01		
Kran festes i armering	09:53	09:54	00:01	00:12	Hvor lenge armeringen står ved arb.bank
Kran fri og armering ligger i form	09:54	10:00	00:06		

Armering fra tralle ferdig lagt	09:41	10:05	00:24		
Armering ferdig		10:05			
Avstandsløyfer hentes og legges i form	10:19	10:20	00:01		
Armeringsnett hentes, klippes og legges	10:22	10:25	00:03		
ny runde med armeringsnett	10:27	10:30	00:03		
Bearbeides	10:30	10:53	00:23		
Venting på betong	10:53	12:56	02:03	02:03	
Element ferdig	12:56	14:00	01:04		
Herding	14:00	00:00	10:00		
Herding	00:00	07:00	07:00		
Tot tid:			20:07	02:15	

Tidsskjema for kran og fylling av betong:				
Tømmes:	Veien tilbake:	Fylle tobben:	Veien fram til bordet:	min, sek
			00:00:33	1 runde
00:00:52	00:00:52	00:00:56		2 runde
fyller i 1B	00:00:37	00:00:49	00:00:32	3 runde
00:01:20	00:00:41	00:01:00	00:00:40	4 runde
00:03:27	00:00:46	00:01:00	00:00:47	5 runde
00:01:27	-	-		6 runde
00:07:06	00:02:56	00:03:45	00:02:32	total tid :16m19s
00:01:25	00:00:35	00:00:45	00:00:30	Gj.snitt

Element 8

Dag / Dato	Hva lages	Hvor det lages
Ons	Super I	Hall 5

Sekvens	Kl start	Kl stopp	Tid (min):	NVA-tid	Kommentar
Hekte kran på ferdig element	07:17	07:19	00:02		
Frakte element til flikkehall	07:19	07:23	00:04		
Bearbeiding i flikkehall	07:23	07:24	00:01		
Tr kran fra flikkehall til arb plass	07:25	07:27	00:02		
	07:27	07:30		00:03	Bytting av kran
Flytting av Super I nr 2	07:31	07:33	00:02		
Bearbeiding av arb plattform	07:33	08:28	00:55		
Klargjøring og trekking av vaiere	08:28	09:40	01:12		7 vaiere
Nytt vaier trekk trekkes	09:40	09:50	00:10		Ytterligere 9 vaiere trekkes
	09:50	09:55		00:05	
Fjerning av vaiere	09:55	09:58	00:03		2 vaiere ødelagt
Trekke 2 vaiere om igjen	09:58	10:20	00:22		2 trekket må kappes, hylser fjernes og 2 nye vaiere trekkes ut for hånd
Forberede form	10:20	10:53	00:33		
Hente deler til armering	10:53	10:54	00:01		Henter prefabrikkerte armeringsdeler fra mellomlagring
Sette på "kleshengere"	10:54	11:18	00:24		
Oppspenning	11:18	11:26	00:08		Forspenning 1. trinn
	11:26	12:20	00:54		
Oppspenning	12:20	12:31	00:11		Forspenning 2. og siste trinn
	12:31	12:44	00:13		
Trekke toppvaiere	12:44	12:55	00:11		Trekking + forstramning

Hente prefabrikerte deler	12:44	12:55	00:11		En annen arbeider henter deler samtidig som en annen arbeider
Hente prefabrikerte deler	12:55	13:00		00:05	"Tomt" for prefabrickerte deler. Må lete. Finner ved kappsag i hall 4
Bearbeiding	13:00	15:00	02:00		
Tors. / 15.03					
	07:00	07:50	00:50	00:50	
Bearbeiding	07:50	10:11	02:21		Binde sammen øvre og nedre armering
Bearbeiding	10:12	11:29	01:17		Jobber på forskaling og armering samtidig (2 mann)
Løfting forskaling	11:29	11:31	00:02		
	11:31	11:35		00:04	Forskaling må vente pga. ikke ferdig med armering
Posisjonering av forskaling	11:35	11:38	00:03		
Henting av jordingspunkt	12:10	12:14	00:04		Fra hall 4. 1 stk. i hvert element
Sette sammen forskaling	12:14	12:23	00:09		
	12:23	12:29		00:06	Forskalingsvegg må fjernes fordi det mangler noe i armeringen
Forskaling monteres	12:29	12:40	00:11		
Arb på super I nr 2	12:40	13:13	00:33		
BETONG	13:13	13:49	00:36		
Arbeid på andre prosjekt	13:49	15:00	01:11		Arbeidere hjelper til på andre prosjekt.

8.4 Vedlegg 3-Operasjonsprosesskjema

Prosessflyt skjema for betongelement

