

VERDIKJEDEKOSTNADER VED PRODUKT ENDRINGER

FOR PROSJEKTORGANISERT TEKNOLOGI- OG
UTSTYRSLEVERANDØR TIL OLJEINDUSTRIEN

KJETIL NYVOLD

Masteroppgaven er gjennomført som ledd i utdanningen ved Universitetet i Agder og er godkjent som del av denne utdanningen.

1 FORORD

Denne masteroppgaven inngår som den avsluttende del i det 2-årige masterstudiet i Industriell økonomi og teknologiledelse, masterprogram ved Universitetet i Agder, Grimstad. Emnet i oppgaven er valgt ut i samarbeid med National Oilwell Varco (NOV) som den er utført i, og studie- koordinator Bo Terje Kalsaas ved Universitetet i Agder. Jeg vil også takke veileder Jose J. C. Gonzalez gitt verdifulle innspill undeveis. Dette sammen med velvillig hjelp og informasjon fra NOV ansatte har gjort det mulig å utføre oppgaven.

2 SAMMENDRAG

Endringsordrer kan føre til en kjede av aktiviteter med tilhørende kostnader som kan være vanskelig å overskue når kostnader skal estimeres. Dette gjelder spesielt fordi produktene har høy kompleksitet i seg selv, og organisasjonen som er nødvendig for å håndtere aktivitetene. Produktene er maskiner som skal håndtere store krefter og tåle store mekaniske påkjenninger og røff bruk i på oljeboreinnstallsjoner. I prinsipp skal alle maskinens funksjoner kunne styres fra et kontrollrom. Det betyr at maskinene er automatisert og bevegelser styres normalt med hydraulikk som styres ved hjelp av elektriske eller hydrauliske signaler og følere som gir signaler som behandles i et program. Programmet snakker igjen paneler og displayer i kontrollrom. Maskinene inngår alltid i en større konfigurasjon av annet utstyr som er med på å håndtere og utveksle deler, vesentlig borerør, forings- og riser rør.

Utstyret på boredekket har som regel en kombinasjon av interne bevegelser av egne maskinkomponenter og lokal motordrevet forflytning på skinner eller via elektrisk eller hydraulisk opererte arm- eller teleskopbevegelser. Gjennom årene har det blitt satset på standardisering av både utstyr, organisering og prosesser. Dette gir effekter i form av kortere ledetider og reduserte kostnader. For det standardiserte programmet dras det stor nytte av læringseffekter og man oppnår skalafordeler på grunn av volumet av leveranser med standardiserte produkter og likheter i konfigurasjonene mellom maskinene som leveres.

Normalt vil det alltid oppstå behov for tilpasninger på maskinene og kundegenererte endringer oppstår på grunn av særegne krav til operasjon og kapasitet eller at installasjonen har begrenset plass eller krevende struktur. Det er i disse tilfellene at man for det første må fange opp informasjon og avdekke de reelle krav og behov. Deretter se om utfordringen kan løses med kjente teknikker og eksisterende produkter eller om det er behov for design av nye løsninger. Dersom det er behov for design av nye løsninger, så må omfang og inngripen i andre systemer avklares, gjerne ved hjelp av involvering fra flere av fagavdelingene som hydraulikk, elektro, programmering og kontrollromsgrensesnitt. I en slik fase vil det være behov for annen sammensetning av erfaring og kunnskap enn ved håndtering av standardisert utstyr. Dette gjelder både for å finne løsninger og alternativer, evaluere disse og ikke minst estimere omfanget av kostnadene.

Kostnadsestimering baseres hovedsaklig på to kilder; 1) data som er kjent via historikk og databaser eller kan innhentes basert på relativt sikkert underlag, 2) for ukjent omfang, anslag av ressursbruk som engineering og dokumentasjonsarbeid samt fabrikkasjonskost, materialer og komponenter. For å komme frem både de sikre og usikre data, må det dannes et så godt som mulig bilde av endringen og dens innvirkning på resten av utstyret samt grensesnittet mot annet utstyr og struktur der det skal benyttes. Videre viser det seg at i tidlig tilbudsfasen er et behov for ressurser til gjennomgang av kundens spesifikasjoner for å avdekke beskrivelser som tilsier endringer og kan gi bindinger til kostnader som man senere ikke får inndekket dersom tilbudet blir realisert til et prosjekt. Ved å avdekke avvik i forhold til standard eller behov for spesielle opsjoner i tidlig fase, vil man få anledning til å forhandle om endringstillegg i kontraktsforhandlinger eller til å ta forbehold i tilbudsbeskrivelse og tilhørende teknisk underlag.

3 INNHOLD

| | | |
|----------|--|----------|
| 1 | FORORD..... | 2 |
| 2 | SAMMENDRAG..... | 3 |
| 3 | INNHOLD..... | 4 |
| 4 | INNLEDNING..... | 6 |
| 5 | PROBLEMSTILLING | 6 |
| 6 | AVGRENSNINGER | 7 |
| 7 | METODER | 7 |
| 8 | EMPIRI..... | 8 |
| 8.1 | Typisk prosjektorganisering:..... | 10 |
| 8.2 | Typisk produktgruppeorganisering:..... | 11 |
| 8.3 | Typisk flyt for det utstyrsspesifikke underprosjektet:..... | 12 |
| 8.4 | Aktiviteter, endringer og avhengighet..... | 13 |
| 8.5 | Aktivitetenes innvirkning på organisasjonen:..... | 13 |
| 8.6 | Koordineringsbehov og arbeidsflyt ved produktendringer | 19 |
| 8.7 | Grensesnitt..... | 21 |
| 8.8 | Organisasjons standardisering..... | 21 |
| 8.9 | Tverrfaglig samarbeid | 21 |
| 8.10 | Produkt standardisering..... | 21 |
| 8.11 | Kostestimat og kostfokusering..... | 22 |
| 8.12 | Kostnadsfokuseringens innfallsvinkler og usikkerhet..... | 23 |
| 8.13 | Kostnadsdeling..... | 24 |
| 8.14 | Kunderelasjoner og endringsårsaker | 25 |
| 8.15 | Budjettering og oppdatering av kostestimat..... | 26 |
| 8.16 | Læring og ressursituasjon | 28 |
| 8.17 | Engineering og endringsprosessen | 29 |
| 8.18 | Tegningsstruktur og kompleksitet..... | 29 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 9 | DRØFTING | 36 |
| 9.1 | Læring | 36 |
| 9.2 | Turnover | 38 |
| 9.3 | Ressurser og kompetanse | 39 |
| 9.4 | Endring og design..... | 42 |
| 9.5 | Endring og årsaker | 44 |
| 9.6 | Kontraktsutforming og kost | 45 |
| 9.7 | Verdikjede perpektivet | 48 |
| 9.8 | Kostnader og usikkerhet..... | 50 |
| 9.9 | Oppsummering av endringsårsaker | 53 |
| 9.10 | Oppsummering av produktendringer og kostestimat | 54 |
| 9.11 | Design evaluering og estimering | 55 |
| 9.12 | Detaljert mekanisk design | 57 |
| 9.13 | Koordinering | 58 |
| 9.14 | Læringsperspektivet og målbarhet | 58 |
| 9.15 | Læringseffekten, kunnskaps- og erfaringsbehov | 59 |
| 10 | VALIDITET OG RELIABILITET | 60 |
| 11 | KONKLUSJON..... | 61 |
| 12 | REFERANSER..... | 62 |
| 13 | TABELLER | 66 |
| 14 | FIGURER | 67 |

4 INNLEDNING

NOV er en global utstyrsleverandør til oljebransjen med hovedkontor i Houston, Texas. Denne oppgaven er skrevet med utgangspunkt i NOV's avdeling i Kristiansand som startet opp som Hydralift i 1965 og ble kjøpt opp av National Oilwell i 2002. (Endret til National Oilwell Varco i 2005 etter oppkjøp av Varco). De viktigste kundene er olje- og riggselskaper, riggoperatører samt verft. Fagmiljøet er bredt sammensatt med tung kompetanse innenfor følgende disipliner; Mekanisk, hydraulikk, rør design & layout, automasjon og elektro/instrumentering samt strukturberegning. Arbeidsmetodene er nesten utelukkende prosjektrelaterte, hvor det kan dreie seg om leveranser fra av alt utstyr som skal på et skrog til et boreskip eller en fast- eller flytende rigg til enkelte maskiner for oppgraderinger. Utstyret standardisert så langt det lar seg gjøre, og variabler prøves å kontrolleres og begrenses i er i høyest mulig grad. Det vil allikevel påregnes prosjektspesifikke tilpasninger. En betydelig del er viet til kompetanse, kunnskap og læring som har direkte innvirkning på hvordan endringer og kostnadsestimater blir håndtert. Et av spørsmålene som kan stilles er om sammenhenger mellom læringsnivå og endringshåndtering, om det finnes spesielle faktorer som har påvirket læringen i bedriften. Det vil også søkes et svar på om det i praksis benyttes noen formelle teknikker for estimering av kostnader forbundet med usikkerhet og for evaluering av løsninger og alternativer til produkt endrings krav.

5 PROBLEMSTILLING

Paperets tittel kan henføres til problemstillingen rundt hvordan med størst mulig presisjon predikere påvirkning av verdikjeden ved en eller flere internt eller eksternt påførte endringer i et prosjekt, deler av et system eller et spesifikt produkt. En endring kan i stor grad berøre støttefunksjoner som prosjektorganisasjonen, de tekniske fagdisipliner og innkjøpsfunksjoner samt primærfunksjoner som logistikk, produksjon og service. Endringer i forhold til standard utstyr kan komme i tidlig fase før det er opprettet et prosjekt som ved tilbud og kontraktsforhandlinger, og gjennom alle faser i prosjektet fra det overføres fra salg til det overleveres aftermarket. Aktiviteter som genererer direkte kostnader er som regel utstyrskoordinering, engineering¹, testing, innkjøp av komponenter, fabrikasjon, dokumentasjon (endringer og tilføyelser i manualer etc) og transport. De indirekte kostnadene kan være lagerhåndtering, innkjøp, prosjektkoordinering, dokumententer etc. Utfordringen er ofte at kostnader må vurderes på kort varsel og at man på det tidspunkt ikke har nødvendig oversikt over alle aktiviteter eller følgekonsekvenser en endring kan generere. Undervurdering av omfang kan føre til negativt produktresultat, mens overvurdering av kostnader i kontraktsfasen kan føre til tap av oppdrag (worst case).

¹ Engineering benyttes om konstruksjon og design og ressurser som støtter disse aktivitetene.

6 AVGRENSNINGER

Oppgaven begrenses til et produkt i en spesifikk produktavdeling. Det ses på konsekvenser og årsaker i et begrenset antall tilfeller og i hovedsak innvirkning på den interne verdikjeden i bedriften. Videre er det tatt utgangspunkt i endringskostnader generert av kunder, spesielt i tidlig fase.

7 METODER

Det er benyttet *kvantitative* teknikker gjennom innsamling og bearbeidelse av numeriske data basert på tilgjengelige prosjekt- og produktdata fra bedriftens databaser. Det er blant annet utført omfattende analyse og dekomponering av tegningsstrukturen til et produkt for å få et innblikk i strukturen. Det er også benyttet *kvalitative* teknikker hvor innhenting av data er basert på samtaler, observasjoner og møtedeltakelser i bedriften. All kvalitativ informasjon er innhentet i det daglige arbeid til de involverte.

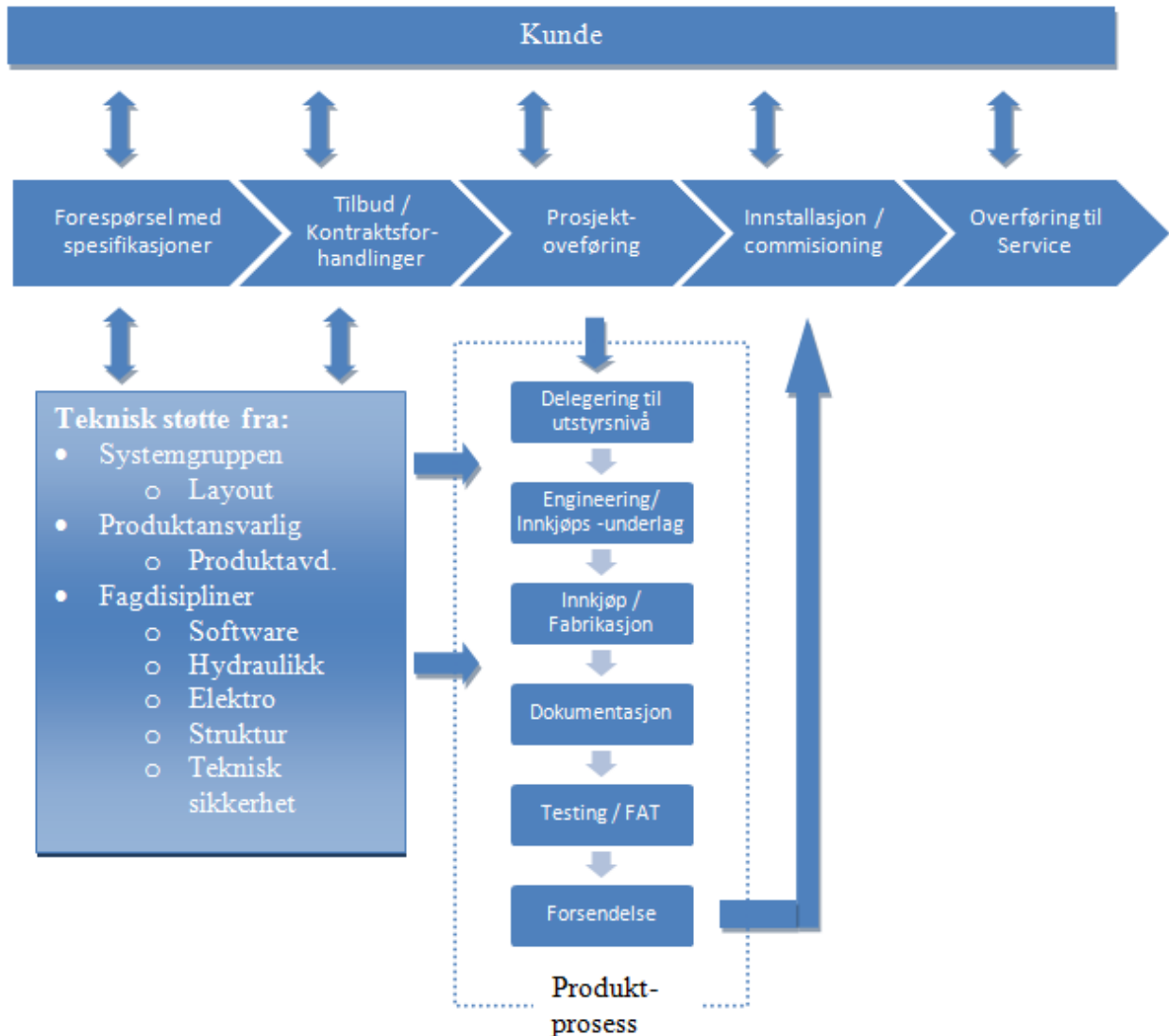
For å belyse de forskjellige hoved- og delprosesser benyttes det teknikker som gjerne går under navnet "BPM", Business Process Management og Process Mapping.

Noen av modellene er visualisert med modeller kjent fra faget systemdynamikk med for å belyse de dynamiske forhold i prosessen, det er brukt software fra Vensim for å fremstille disse.

Ellers er det benyttet forskjellige MS Office verktøy som Excel og Word samt SmartDraw for fremstilling av prosesser og modeller.

8 EMPIRI

For å gi et oversiktsbilde over prosessene som berøres i er det laget en forenklet modell over informasjonsflyt og faser i et prosjekt fra forespørselstadiet til produktet er innstallert og levert;



Figur 1, Informasjonsflyt- forenklet modell

Forespørsel og tilbud

Prosessene starter med en forespørsel fra kunde med tilhørende spesifikasjoner som danner grunnlag for innhenting av kost data fra de enkelte produkt gruppene. Kostestimat for standardutstyr vil være utarbeidet, produktavdelingene må kontrollere om det finnes avvik i forhold til spesifikasjoner. Ut fra tilbakemeldinger blir det satt sammen et tilbud med priser for hvert utstyr og eventuelle opsjoner dersom man mener de kan være nødvendige. Produkt dataark, funksjonsbeskrivelse og en generell tegning av hvert produkt legges ved. I denne fasen beskriver man og eventuelt tar forbehold så godt som mulig ut fra den informasjon som er tilgjengelig.

Kontraktsforhandlinger

I tidligste fase er det ikke nødvendigvis sikkert at man har fått tilslag på tilbudet, det inviteres allikevel til kontraktsforhandlinger eller avklaringsrunder. Det er under disse forhandlingene at de første endringene kan forekomme. Under disse forhandlingene er gjerne bedriften presantert av personell fra salg eventuelt med støtte fra teknisk system (Lay out gruppen). Det kan også forekomme ved uklarheter at teknisk personell fra produktgruppene hentes inn eller kontaktes for avklaring.

Prosjektoverføring

I denne fasen overdras ansvaret fra salg til prosjekt. Prosjektleder velges og man oppretter en spesifikk prosjektorganisasjon. Leveransen brytes ned på utstyrsnivå tildelprosjekter og disse tildeles produktavdelingene. Planlegging og budsjettering settes i gang. Man inngår tekniske forhandlinger med kunde og kick off avholdes med informasjon til alle involverte.

Etter prosjektovertagelse

Kunde jobber kontinuerlig med å tilpasse og optimalisere utstyret i forhold til opprinnelige spesifikasjoner samt med tilpasning mot den delen skipets eller riggens infrastruktur som ikke inngår i bedriftens system leveranse. Dette ender normalt opp i henvendelser fra kunde om å gjøre produktspesifikke endringer og tilpasninger. Praksis tilsier at det blir svart med en VOR (Variation Order Request) hvor det antydes en ekstrakost for kunde samt eventuell innvirkning på leveringstid. Det vil ofte knytte seg usikkerhet rundt kostnader og tidslinjen ved slike endringer og spesialtilpasninger. Det fremkommer at det kan skje en undervurdering slik at de virkelige påløpte kostnader blir større enn det endringen opprinnelig ble estimert til. Resultatet blir redusert- eller i verste fall negativ produktmargin.

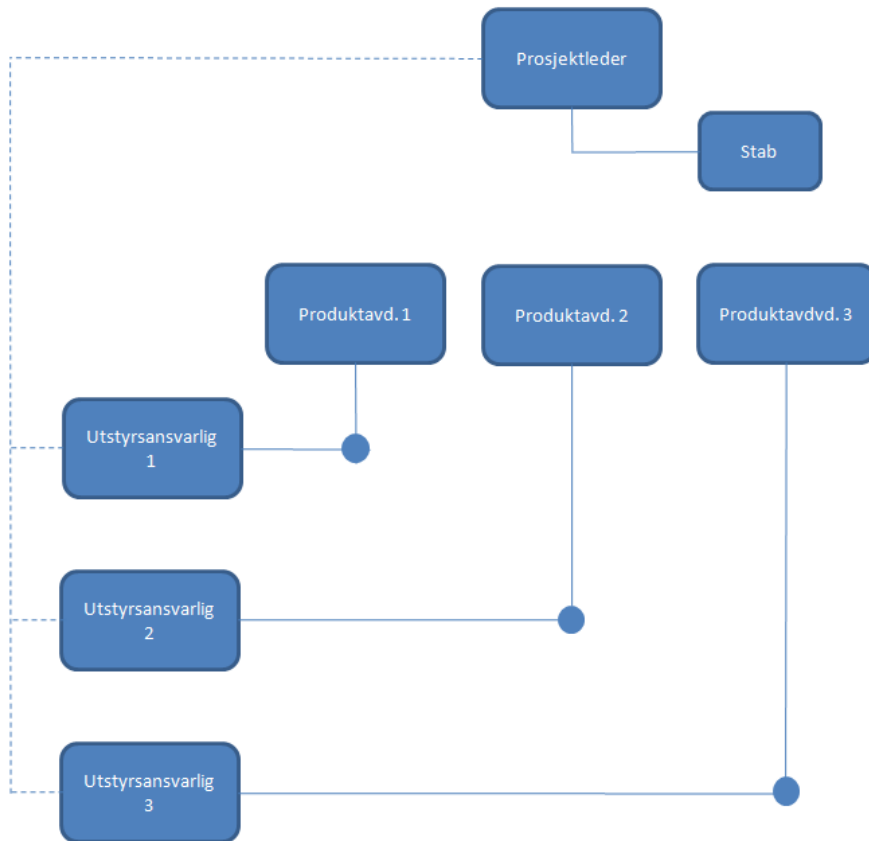
Avvik mellom tilbudsbeskrivelse vs kundens spesifikasjoner kan forekomme og forårsake endringer som må gjøres, men det ikke blir anledning til å dekke kost for av flere årsaker. Allikevel kan det være viktig å belyse tid- og kost konsekvenser for å velge det beste alternativet. Et eksempel på årsak til endring kan være grensesnitt parameter genererer produktendring avvikende fra standardprodukt. (tilstøtende del krever modifisering av møtende produkt). Blir ikke dette fanget opp ved gjennomgang av spesifikasjoner før tilbud sendes ut eller ved . Ved full borepakke har bedriften totalansvar og kommer derfor i en situasjon hvor bedriften må levere en løsning som fungerer når produktene er integrert.

Prosjektoverføring til Service

Prosjektavdelingen har ansvaret frem til utstyret er installert og testet ombord på innretningen, etter kundens akseptering av den komplette leveranse overføres prosjektet til Serviceavdelingen. Service tar over og tildeler en kontaktperson for den spesifikke installasjon. Service avdelingen håndterer garantisaker, reservedeler og oppgraderinger. Alle saker logges for innstallasjon og produkt slik at det er mulig å skaffe seg oversikt over hva som blir gjort med produktene levert til et prosjekt gjennom produktets levetid.

8.1 Typisk prosjektorganisering:

Et prosjekt brytes normalt ned til et prosjekt pr utstyr, en full systempakke kan inneholde ca 100 delprosjekter. For hvert delprosjekt tildeles til en utstyransvarlig som koordinerer alt fra initiering til forsendelse. Utstyransvarlig er knyttet til produktavdelingen og kan ha flere delprosjekter og prosjektledere samtidig.

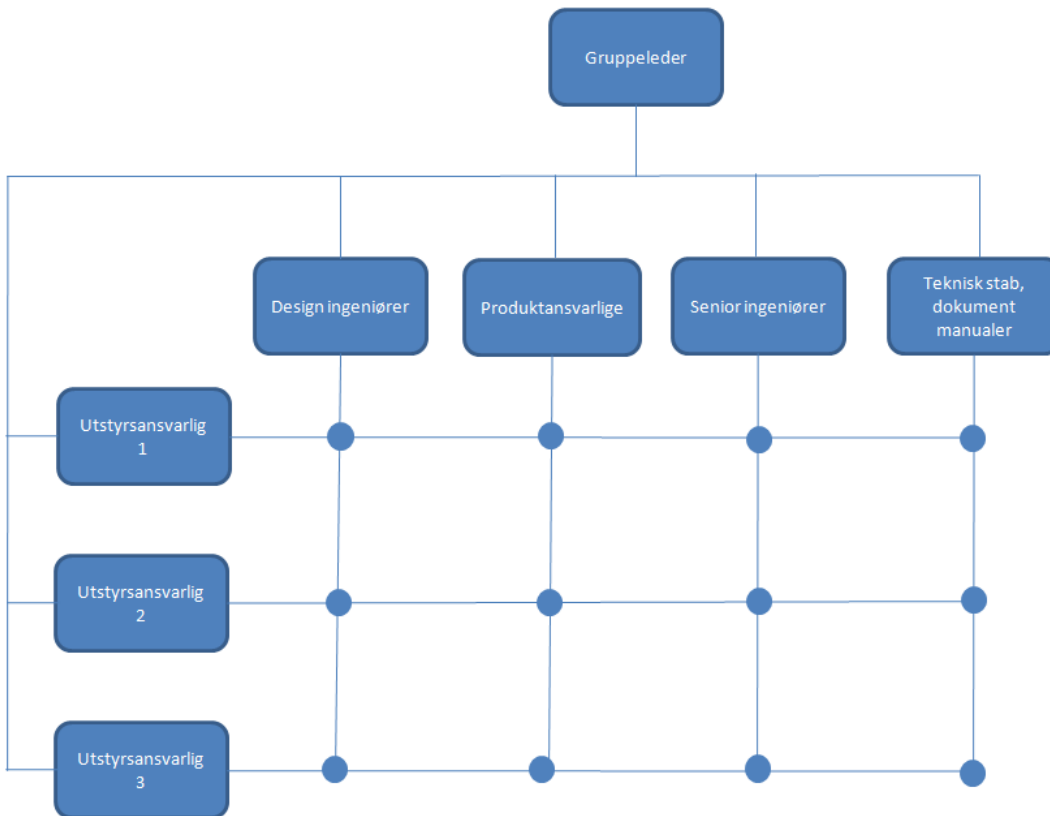


Figur 2, Prosjekt organisering i forhold til produkt

Organiseringen ovenfor gjelder for produktene som er utviklet og / eller har engineering innenfor egen organisasjon. I tillegg er det utstyransvarlige for intercompany utstyr, dvs utstyr som kjøpes inn på tvers av andre enheter i samme selskap. De utstyransvarlige for intercompany utstyr inngår i prosjektets stab, mens produkt funksjonene ligger hos den andre enheten. Andre avdelinger som støtte til både prosjekt- og utstyransvarlige vil være planavdelingen som oppretter planer med aktiviteter og følger fremdriften, kostkontrollavdelingen utarbeider budsjettene og følger kostnadsutviklingen gjennom prosjektets faser frem til avslutning hvor resultatet foreligger. Dokumentavdelingen utarbeider lister over tegninger og dokumenter som skal sendes til kunde for kommentarer og godkjenning. Fra teknisk vil layout gruppen setter utstyret sammen i system vil støtte både prosjektet og utstyransvarlige fra produktgruppene. Andre faggrupper vil også være inne for teknisk støtte til systemer som går på tvers av produktene enten det gjelder styring og kontroll mellom maskinene eller strukturberegning.

8.2 Typisk produktgruppeorganisering:

Produktgruppene er organisert for enkelt- eller gupper av utstyr som naturlig hører sammen. Hver produktgruppe har i prinsipp lik struktur. Forholdet mellom- type stillinger og antall ansatte er balansert etter behov for hver enkelte gruppe.

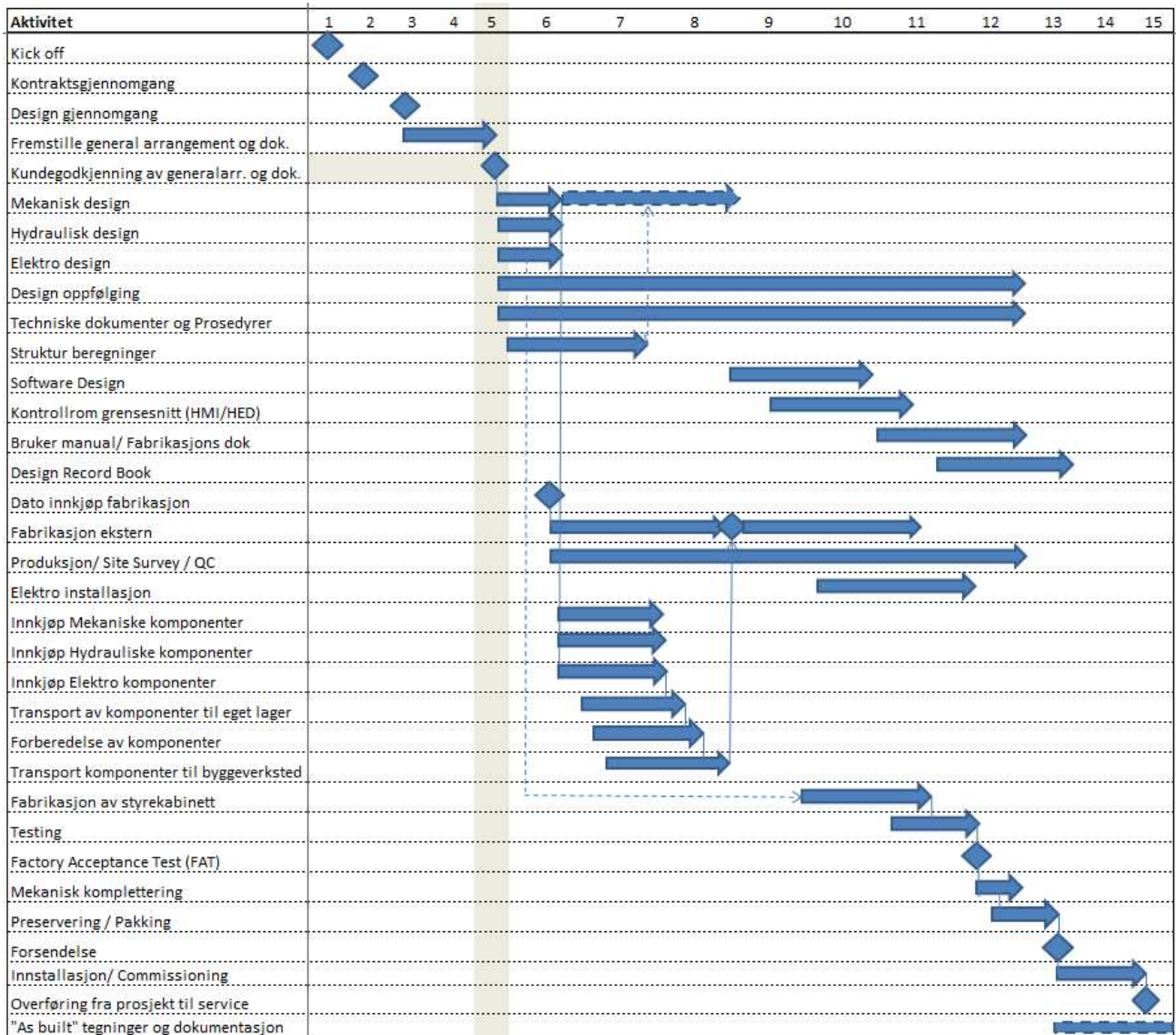


Figur 3, Produkt gruppe organisering

Nær sagt all aktivitet i produktgruppen blir drevet av prosjekter tilknyttet kunder, noe som medfører at aktivitetene stort sett knyttes til et prosjektnummer. De aller fleste har teknisk ingeniørmessig bakgrunn med unntak av teknisk stab som gjerne kan ha merkantil- teknisk bakgrunn. Produktene eies av de produktansvarlige som sørger for vedlikehold av tegningspakkene, kostkalkylene og produkt dokumentasjonen. Produktansvarlig er gjerne kontaktperson mot salg i tilbudsfasen og spesielt når utstyret som tilbys er utenfor standard, videre fungerer de som støtte for utstysansvarlige for prosjektene samt for design- og teknisk oppgraderingsarbeid generelt. I tillegg er det senioringeniører som kan fungere som teknisk støtte både for endringsarbeid og for interne utviklingsprosjekter. Den tekniske staben kan variere noe, men består minimum av en teknisk sekretær som bistår med teknisk-merkantil arbeid som dokument produksjon til prosjektene eller andre generelle oppgaver. Avdelingen har også en tekstforfatterfunksjon i variabel stilling etter behov som kombineres gjerne med design og annet teknisk forefallende arbeid.

8.3 Typisk flyt for det utstyrsspesifikke underprosjektet:

Når prosjektet har holdt kock off og tildelt utstyret til produktavdeling, vil utstyrsansvarlig sette i gang prosessen med nødvendig avklaring og designarbeid. Ved standardisert produkt uten endringer kan komponenter og fabrikasjon bestilles relativt raskt. Normalt venter man til general arrangement tegninger og dokumentasjon er godkjent. Eventuelle kritiske, men standard komponenter kan bestilles straks underprosjektet er opprettet.



Figur 4, Prosessflyt for produkt i prosjekt

Designtiden for et standard produkt er svært kort og vil bestå av å opprette et general arrangement ved å fylle inn de prosjektspesifikke data i en mal. Resterende produksjonsunderlag er ikke prosjektspesifikt og kan sendes ut til byggeverksted så for kunden har godkjent generalarrangement. Innkjøps- og fabrikasjonsaktivitetene kan settes i gang, etter en tid vil de komponenter som bedriften selv kjøper inn komme inn på eget lager og vil kunne sendes til byggeverksted for sammenstilling med de andre komponentene som er tilvirket der. Maskinen gjøres sp komplett at den kan testes på byggeverkstedet før den sendes til bedriftens egen test- og klargjørings lokasjon. Her vil maskinen testes med de tilpassede styreprogram og fabrikktestes (FAT) for aksept av kunde, deretter kompletteres, preserveres og pakkes for skipning til verftet hvor det skal innstalleres.

8.4 Aktiviteter, endringer og avhengighet

Ved endringer vil en eller normalt flere av de overnevnte aktiviteter påvirkes, i tillegg vil man i en del tilfeller få ”rework” dersom løsningen viser seg å inneha feil eller være utilstrekkelig. I slike tilfeller får man ofte en effekt på leveringstid i tillegg avhengig av på hvilket tidspunkt man begynte på endrings- eller tilleggsarbeidet. Feildesign avdekkes gjerne på forskjellige stadier, fabrikasjon, funksjonstest før leveranse, funksjonstest ved innstallasjon, ved integrasjonstest (testing med korresponderende utstyr) eller senere under drift i garantiperioden. En annen faktor som påvirker er hvor lang prosessen har kommet når man starter arbeidet med endringer og tillegg, mao hvor mye som allerede er forberedt eller utført og som blir erstatter med noe annet. Dette kan gjelde aktiviteter som dokument, engineering, fabrikasjon og assembly samt innkjøpsaktiviteter som av- og re-bestillinger og reparasjoner og ombygginger under innstallasjon eller senere i garantiperioden som da kan være inne i driftsfasen for utstyret.

8.5 Aktivitetenes innvirkning på organisasjonen:

Produktet inngår i verdi kjeden i tilbudsfasen og fortsetter videre dersom tilbudet realiseres til et prosjekt. Figuren under viser involveringen fra de forskjellige funksjoner i tidlig fase, og gir et inntrykk av bredden i de forskjellige tidlige stadiene i prosjektet.

| Avdeling \ Aktivitet | Prosjektavd | | Dokument | | SCM | | | | | | | | | | Fag avdelinger | | | | | Produkt avdeling | | | | | | | | | | | | | | |
|----------------------------|-------------|-------|-------------------|--------------|--------------|--------------|---------------------------|------------------|---------------------|---------------------------|-----------------------|--------------|-------|-----------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|---------|------------------|---------|------------|----------------|----------|-------------------|--------------------------|-----------------------|------------------|-------------------|-------------------|--------------|-----------------|-----------------|--|
| | Salg | Kunde | Prosjekt avdeling | Planavdeling | Kostkontroll | Brukermanual | Fabrikasjonsdokumentasjon | Dokumentkontroll | Komponent - innkjøp | QC / produksjonsoppløsing | Fabrikasjons -innkjøp | QC / testing | Lager | Transport | Intern elektro fabrikasjon | Interne byggeverksted | Eksterne Byggeverksteder | Kvalitets avdeling | Lay out | Utvikling | Elektro | Hydraulikk | Maskinkontroll | Struktur | Teknisk sikkerhet | HMI - Bruker grensesnitt | Andre Produkt grupper | Utstyrsansvarlig | Teknisk assistent | Produkt ansvarlig | Grupperleder | Design Ingeniør | Senior Ingeniør | |
| Tilbud | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Tekniske avklaringer | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontraktsignering | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Prosjekt handover | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Teknisk gjennomgang(kunde) | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kick off | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Kontraktsreview | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Designreview | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Fabrikasjons kick off | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Opprette plan | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Opprette budsjett | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Endringsforespørsel | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Endringskalkyle | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figur 5, Prosjekt og organisasjons prosess i tidlig fase

Produktet går deretter over fra avklarings- til innkjøps og fabrikasjonsfasen til testing, leveranse og innstallasjon. Aktivitetene involverer forskjellige avdelinger og funksjoner og brer seg til et nettverk av avhengigheter på tvers av disse. Mens prosjektleder har det overordnede operative ansvaret for alle underprosjekt vil det være den utstyrsansvarlige fra produktavdelingen som har koordineringsansvar for det prosjektspesifikke produkt. Forøvrig kommer de fleste aktivitetene i gang av seg selv, initiert i tidlig fase gjennom prosjekt kick off og deretter design review. Organisasjonen inkludert fag- og produktavdelingene er strukturt og programmert til å effektivt iverksette sitt ansvarsområde i tilknytning til underprosjekt. Ansvarspersoner tildeles i tidlig fase gjennom prosjektets planavdeling i samarbeid med gruppeledere i de respektive avdelingene.

| Avdeling \ Aktivitet | Dokument | | SCM | | | | | | | Fag avdelinger | | | | | | Produkt avdeling | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|-------------------|--------------|---------------------------|------------------|--------------------|-----------------------|----------------------------|-------------|-------|----------------|----------------------------|-----------------------|--------------------------|--------------------|---------|------------------|---------|------------|----------------|----------|-------------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|-------------------|-------------------|-------------|-----------------|-----------------|---|---|
| | Prosjekt avdeling | Brøkermanual | Fabrikasjonsdokumentasjon | Dokumentkontroll | Komponent- innkjøp | Fabrikasjons- innkjøp | QC / produksjonsoppfølging | QC/ testing | Lager | Transport | Intern elektro fabrikasjon | Interne byggeverksted | Eksterne Byggeverksteder | Kvalitets avdeling | Lay out | Utvikling | Elektro | Hydraulikk | Maskinkontroll | Struktur | Teknisk sikkerhet | HMI - Bruker grensesnitt | Andre Produkt grupper | Utsyrsansvarlig | Teknisk assistent | Produkt ansvarlig | Gruppelider | Design ingeniør | Senior ingeniør | | |
| Project Management | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | | |
| Travel Expenses | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | | | | | ● | ● |
| Design Mechanical | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | |
| Design Hydraulic | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Design Electrical | | | | ● | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | |
| Software Development | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| HMI/HED Interface | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | |
| Design Review/QA/HSE | | | | ● | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Design Structural Calculation | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | |
| As Built | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● |
| Design Follow Up | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | ● | | ● | ● | |
| Technical Specification, Procedures, Doc | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | ● | | ● | ● | |
| Data Book's (MRB) | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | ● | | | ● | ● | |
| User Manual | ● | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | |
| Design Record Book | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Design Approval | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| MRB Approval | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Delivery Documentation | | | ● | ● | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Procurement Production | | | | | | ● | | | | | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | |
| Preparation of Components | | | | ● | | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Free Issued Items to Work | | | | ● | | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Preservation/Packing | | | | | | ● | ● | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Shipment to customer | | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | ● | | | | | | |
| Fabrication Cabinet | | | | ● | | | | | | | | ● | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | |
| External Fab | | | | ● | | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Assembly Electrical | | | | ● | | | | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Production / Site Survey / QC | | | | ● | ● | | | | | ● | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Mechanical Completion | | | | ● | | ● | | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Intern Transport Fab | | | | ● | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Testing | | | | | | | ● | | | ● | ● | ● | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | |
| Factory Acceptance Test (FAT) | | | | | | | ● | | | | | | | | | ● | | | | | | | | | ● | | | | | | |
| Mech Comp | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hoses, Pipes and Fittings | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Hydr Comp | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elec Comp PLC Cabinet | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Elec Comp | | | | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Transport of Comp to NOV | | | | ● | ● | | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Transport components to workshop | | | | | | | | | ● | ● | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

Figur 6, Aktiviteter og involverte etter igangsetting av prosjekt

Normalt er også alle innstilt på et visst endringsomfang, imidlertid er det her prosessen avviker fra det innkjørte programmet. Man kan da benytte aktivitetsoversikten for å se involveringsomfanget av en endring. I Figur 6, *Aktiviteter og involverte etter igangsetting av prosjekt* er den direkte involveringen markert ved et standard produkt, allikevel vil den utstyrsansvarlige i prinsipp ha ansvar for utføring av alle aktivitetene. Ved en omfattende endring vil koordineringsbehovet øke vesentlig for å sikre at disse blir forsvarlig implementert og at alle har mottatt og forstått innhold og omfang av endringsinformasjonen. Videre er det en forutsetning at de er ressursmessig mobilisert til å klare dette med hensyn til kapasitet og rett erfaring. De fleste produkt endringer vil generere den største arbeidsbelastningen i produktavdelingen med design, dokumentasjon og koordinering.

Engineeringsressurser

Hvilken grad av erfaring og kunnskap den enkelte involverte har er avgjørende for sluttresultatet i forhold til funksjon, produksjonskost og totalcost inklusive installasjon og eventuell omarbeiding i de forskjellige stadier. Hvordan forespørsel om endring behandles og svar utformes kan være avgjørende for hvilken innvirkning endringen vil få, eller risiko for underestimert av kostnader eller risiko for at designet blir mer komplisert enn det man har sett for seg. For å få en god vurdering av endringens innvirkning på delprosjektet kan man være avhengig av en tverrfaglig vurdering for å få frem omfanget. Dette involverer da den enkelte utstyrsansvarlige som optimalt sett igjen henvender seg til de respektive fagansvarlige. Det ideelle kan noen ganger ikke oppnås blant annet på grunn av organisasjonens store andel av reallt yngre arbeidstakere.

Man vil gjerne få tekniske løsningsforslag og tilnærminger fra- og avgrenset til den enkelte fagavdeling på utførelse. Forslag til løsninger genererer igjen mulige endringer på design. Noen ganger kan det være få alternative forslag, andre ganger kan det være mange å velge mellom. Det kreves relevant erfaring og kunnskap for å vurdere om en trenger flere alternativer eller for å velge mellom flere forslag. I tillegg skal kostnader estimeres både til kalkyleformål og for å kunne evaluere kostnadselementet som en del av løsningen. En avdeling vil i en vekstperiode få tilført ressurser som hverken kjenner produktet eller historikken til det. Det skjer også endel turnover internt slik at det spesifikke ”minne” relatert til tidligere erfaringer i en produktavdeling ofte tappes ned like mye som det bygges opp. Man kan derfor støte på repetisjon av tilsvarende tilfeller som ikke fanges opp på grunn av diskontinuitet i ansettelses forhold slik at man ikke får tilstrekkelig erfaringsoverføring. Turnover er et typisk fenomen på grunn av kombinasjonen av rask vekst og en relativt høy andel av innleid eller fast arbeidskraft uten lokal tilknytning. Knapphet på arbeidskraft under høykonjunktur gir også sitt bidrag til redusert utvalg av erfarne kandidater ved nyansettelser.

Planlegging, strukturering og arbeidsdeling av endringsarbeid

Avhengig av omfanget av endringsjobben kan det være behov for en plan, koordinering og fordeling av aktiviteter i produktavdelingen både for å sikre kapasitetsmessig gjennomføring ved å parallellkjøre like og ulike aktiviteter, sørge for lik- og tilstrekkelig informasjon til de involverte parter som igjen skal være med på at man holder seg innenfor de estimerte tid- og kostnadsrammer. I praksis kan det i noen tilfeller vise seg at omfanget av jobben blir vurdert som mindre enn det reelle slik at det blir mindre tid fordelt på færre personer eller personer får tildelt aktiviteter som gjør at de ikke kan arbeide effektivt innen det området de har best forutsetninger for å gjennomføre optimalt. I praksis har det i ettertid ved evaluering vist seg at noe endringsarbeid settes i gang uten at det har vært vurdert som nødvendig, eller at det ikke har vært tid til- tilstrekkelig gjennomgang av omfang og evaluering av forslag og innvirkning på tid og kost.

Alternativ kost

Et annet perspektiv er bruken av engineering og alternativ kost. Går endringene på bekostning av annet arbeid som skulle vært utført som har høyere avkastning eller større konsekvenser ved forsinkelser, så vil dette være en kostnad som kan dukke opp i et annet budsjett og således opptre som skjult i forhold til det prosjektet som forårsaket endringen. Ressursknapphet innenfor produktavdelingen kan oppstå både ved generelle konjunktursvingninger eller tilfeldige opphopninger av aktiviteter som kjøres parallelt. En kapasitetsøkning er som regel en prosess som tar noe tid og vil sjeldent hjelpe akutt. Inleie kan avhjelpe noe raskere, men man står ovenfor en viss opplæringstid allikevel. Dette er sjeldent en kost man legger inn i en kalkyle, men kan være med å belyse konsekvenser og eventuelt gi ekstra insentiver til å finne en mindre ressurskrevende løsning.

Endringens innvirkning på annet utstyr eller tilstøtende struktur(grensesnitt)

En komplett utstyrsleveranse kan bestå av feks 100 underprosjekter, hvert utstyr har sin plassering og særegne funksjoner og vil som regel ha et fysisk grensesnitt mot annet utstyr. Tabellen under viser utstyr som enten kan komme i fysisk konflikt eller trenge oppdatering som følge av endring på en Iron Roughneck.

| No# | Utstyr | Samarbeidende maskin (Utveksler pipe) | Risiko for kollisjon / Interferense | Avhengighet / Data utveksling |
|-----|--------------------------------------|--|--|-------------------------------|
| 1 | Anticollision system (Software) | | | X |
| 2 | Cyberbase Operator Station | | | X |
| 3 | Derrick w/Accessories | | X | |
| 4 | Drawwork With Control System | | | X |
| 5 | Drillers Cabin | | X | |
| 6 | Drilling Control Interface | | | X |
| 8 | eHawk | | | X |
| 9 | HydraRacker IV Aux | X | X | |
| 10 | HydraRacker IV Main | X | X | |
| 11 | Hydraulic Catheads | | X | |
| 12 | Installation & Commissioning | | | X |
| 13 | Iron Roughneck Offline Standbuilding | | ● | |
| 14 | Iron Roughneck Well Center | | ● | |
| 15 | PLC Cabinet | | | X |
| 16 | Mud Bucket | | X | |
| 17 | Multi Machine Control (MMC) | | | X |
| 18 | Pipe Doper Systems | | | X |
| 19 | Pipe Interlock Management (PIM) | | | X |
| 20 | Pipehandling Catwalk Shuttle | | X | |
| 21 | Power Slip | | X | |
| 22 | Powered Mousehole | | X | |
| 23 | Rotary Table | | X | |
| 24 | Smart Drilling Instrumentation | | | X |
| 25 | Smart Machine Integrator (SMI) | | | X |
| 26 | Top Drive | | | X |

Tabell 1, Utstyr som kan interferere med Roughneck²

Kontroll av grensesnitt skal i prinsipp ivaretas av System (Lay-out) avdelingen, gjerne i samarbeid med de respektive produktansvarlige i tidlig fase. Plassering av utstyr og struktur på boredekk generere produktendringer i seg selv. I tidlig fase er det ikke alltid at dekkstruktur er ferdig fra kunde dermed er det ikke alltid mulig å skaffe seg et komplett bilde av installasjonen, dermed kan det foreligge noe usikkerhet omkring utstyrets plassering.

² Roughneck, eller Iron Roughneck har i NOV også det varemerkebeskyttede navnet "HydraTong". Det er maskinen som skrur sammen og fra hverandre borerør og foringsrør som benyttes henholdsvis til å bore oljebrønnen med og til å fore opp brønnveggene med.

Andre produkttilpasninger

Produktet har en rekke interne bevegelige deler som går rettlinjert i x, y og z aksene i tillegg til roterende bevegelser. Maskinen er kompakt og det er strukket kabler og slanger for tilførsel og retur av hydraulikkolje, luft, vann, signaler og eventuelt andre remedier. Enhver endring som utføres vil raskt føre til at maskinen kan kollidere med seg selv. I tillegg må det tenkes på transport og håndtering. Endres for eksempel tyngdepunktet, så må også løftepunkt og fester for løftewire flyttes og eventuelt dimensjoneres på nytt. Maskinen har også grensesnitt mot sin egen transportramme som benyttes helt fra den forlater test og ferdigstillings lokasjon til den er plassert på dekk av innstallasjonen på verftet.

Menneskelig grensesnitt (operasjon)

Kontroll av maskiner fra driller kontrollrom foregår med kontrollpaneler og status og feilmeldinger vises på skjermer. Disse funksjonene kalles HMI (Human Interface). Kontrollrommet og tilhørende software og hardware designes og produseres i en egen enhet på en annen lokasjon en hovedenheten. Grensesnittet er også standardisert i forhold til maskinene som skal styres. Endringer som genererer input og krever tilbakemelding fra operatør eller gir informasjon til display må også tilpasses styre- og kontrollsystemet.

Ressursbruk ved dokumentproduksjon

I og med produktokumentasjonen er standardisert, er det er i kalkyle/ produktbudsjett avsatt timer til klargjøring av disse. Avsatte timer går med til en standard prosjektilpasning som å bytte ut referanser med de som tilhører det spesifikke prosjekt. Dette er en rutinejobb som relativt sett tar svært liten tid i forhold til det totale interne timebudsjett for et produkt. Tabellen under viser anslag av arbeidsinnsats i forhold til produksjon av et helt nytt dokument.

| Nytt dokument | Større endring | Mindre til medium tilføyelse | Standard Prosjektilpasning |
|----------------------|-----------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|
| 100% | 20-60% | 3-20% | < 3% |

Tabell 2, Dokumentasjonskostnader³

Siden standarddokumentene har utviklet seg over lang tid og er revidert av forskjellige personer gjennom tidsskalaen vil det være lite data tilgjengelig som sier noe om hvor lang tid det har tatt å produsere de komplette dokumentene. Ut fra lignende nyproduksjon av dokumenter samt nyere omarbeiding av eksisterende dokumentasjon kan det fastslås at det ligger betydelig arbeidsinnsats i de mest omfattende dokumentene hvor man kan snakke om årsverk.

Standarddokumentasjon som kan påvirkes av produktendring:

Det finnes en felles dokumentstruktur for alle produkter som er en del av leveransen, og nødvendige både for bedriften og kunden i de forskjellige faser av produktets levetid. Innholdet i dokumentene varierer fra produkt til produkt og eventuelt mellom forskjellige produktvarianter. Endres noen kapasiteter eller legges det til noen funksjoner, vil det umiddelbart oppstå et behov for oppdatering av Produkt Datablad og Teknisk beskrivelse. Er det en ny funksjon, må den også testes etter visse kriterier. Dette genererer oppdatering av Intern test prosedyre, FAT og Commissioning Prosedyre (Test etter innstallasjon). Nye eller endrede funksjoner vil oftest kreve en form for vedlikehold i form av smøring, ettersyn, anbefalte intervaller for utskiftning av slidedeler, slitasjekriterier som skal måles, mulige feilkilder og feilmeldinger som skal forklares, anbefalte smøremidler ol. Dermed må vedlikeholdsinstruks oppdateres. Videre vil det få innvirkning på innholdet i driftsmanualen, dette er operatørens bruksanvisning hvor alle funksjoner skal forklares godt nok til at maskinen skal kunne opereres.

³ Prosent fordelingen er basert på subjektive vurderinger og ikke statistisk materiale. De skal allikevel kunne gi et inntrykk av graderingen av ressurs- og kompetansebehov mellom standard dokumentasjon og varierende endringer. Tidsbruken på tilpasning av standard dokumentasjon er kjent.

Tilsvarende behov vil ofte oppstå når det gjelder Håndtering, preservasjon og lagringsprosedyre, spesielle komponenter krever ekstra preservering for transport og lagring, nye attributter til maskinen må kunne håndteres på innstallasjonen for vedlikehold og utskifting. Ved endringer av manualer, må det brukes erfarne ingeniører sammen med gode illustratører. Det må i flere tilfeller lages modeller og illustrasjonstegninger som må tilpasses bruk i manualene. Forfating og omfattende redigering av manualer, instruksjer og prosedyrer krever spesielle teknikker med god teknisk kunnskap og erfaring.

| Dokument | Beskrivelse |
|--|--|
| Produkt Data Blad | Beskriver kort rene tekniske data som kapasiteter, vekt, dimensjoner og konsum av energi og remedier |
| Teknisk beskrivelse | Beskriver produktets funksjon og valgmuligheter |
| Intern test prosedyre | Beskriver en full fabrikktest av alle funksjoner samt testing av trykk og last om nødvendig |
| Fabrikk Akseptanse Test (FAT) | Beskriver en fabrikktest av funksjoner beregnet på tilstedeværelse av kunde |
| Reservedels liste | Liste over reservedeler til den spesifikke maskin |
| Drifts manual | Omfattende manual for operatøren av utstyret. Beskriver i detalj alle funksjonene til produktet og hvordan disse skal opereres. Inneholder også nødvendige sikkerhetstiltak. |
| Vedlikeholds Instruks | Instruks som beskriver alt vedlikehold som er nødvendig for å sikre lengst mulig levetid samt unngå unødig havari. |
| Bruker Manual | En fullstendig manual som inneholder alle instruksjer, manualer og prosedyrer samt alle hovedtegninger til produktet. |
| Håndtering, Preservasjon og Lagrings Prosedyre | Beskriver og viser med tegninger hvordan maskinen håndteres i forbindelse med løfting med truck, heising og transport. Inneholder instruksjer for preservering og lagring. |
| Innstallasjonsprosedyre | Beskriver hvordan utstyret skal innstalleres ombord i forhold til grensesnitt og plassering. |
| Mekanisk kompletterings Dossier (MC) | Rutine for kontroll av maskinen før den preserveres for transport eller lagring. |
| Commissioning Prosedyre | Prosedyre for testing av utstyr etter innstallasjon, utvidet funksjonsprogram under mere reelle tilstander på boredekk |

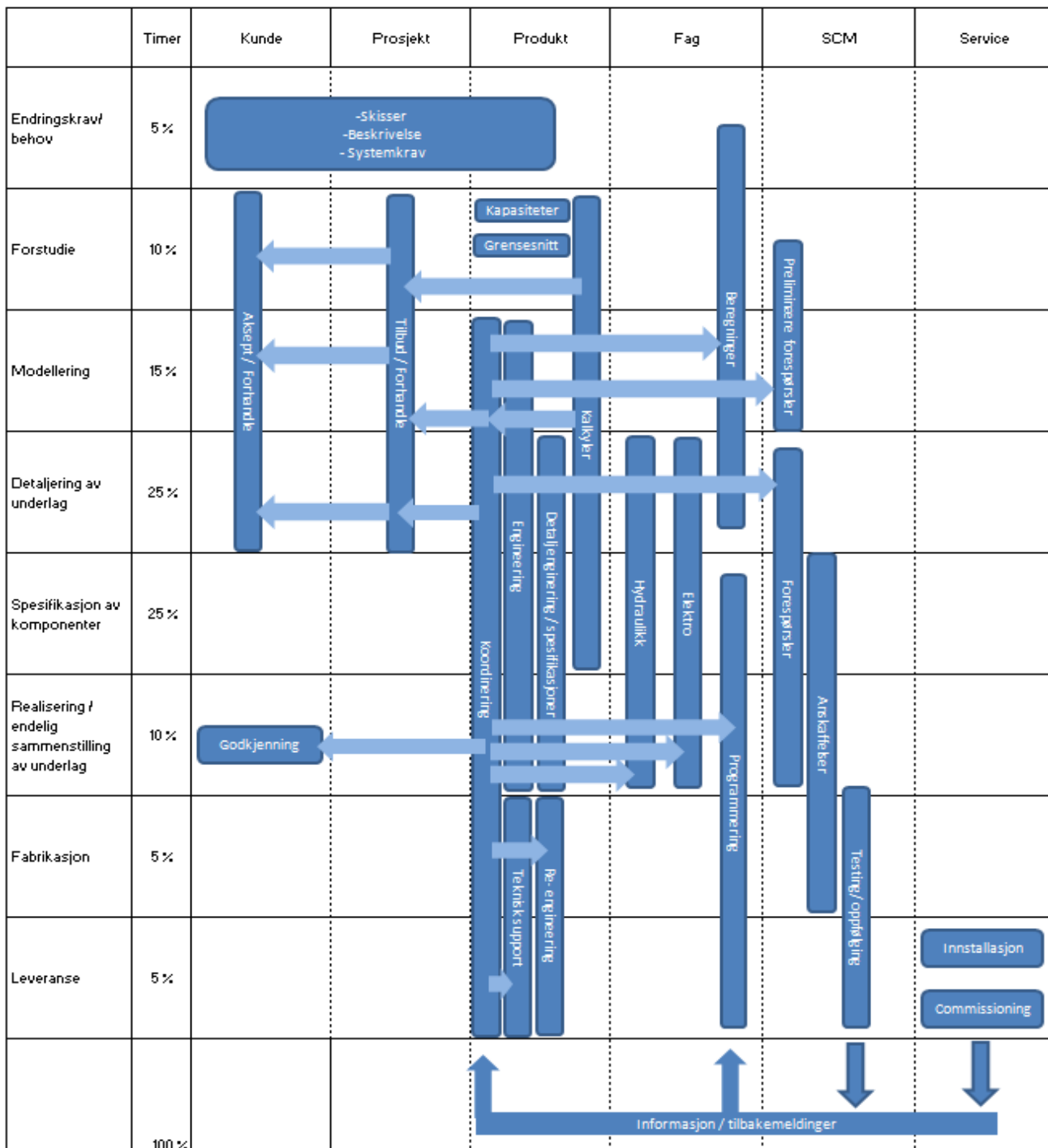
Tabell 3, Standard produkt dokumentasjon⁴

Standarddokumentasjonen har sin innholdsfortegnelse og struktur tilpasset produktet, ved kostnadsestimater for endring tas det noen ganger hensyn ekstra dokumentasjon, i andre tilfeller kan det av forskjellige grunner forekomme at det ikke tas hensyn til.

⁴ Listen inneholder de vesentligste dokumentene til et produkt og som krever ressurser fra produktavdelingen, det finnes flere dokumenter og rapporter som ikke er tatt med i oversikten.

8.6 Koordineringsbehov og arbeidsflyt ved produktendringer

Mange endringer griper raskt inn i alle fag på grunn av maskinens grad av automatisering, strukturelle utnyttelse og kompakthet. Med modellen under er det gjort forsøk på å visualisere involvering av interessenter og fag gjennom de forskjellige stadiene fra endrings behov eller krav oppstår frem til den er realisert på produktet under normal drift på installasjonen. Aktivitetene krever koordinering for å lykkes med endringarbeidet dersom en samtidig skal følge en tidsplan;



Figur 7, Koordineringsbehov og arbeidsflyt ved endringer⁵

⁵ Prosentfordelingene her er basert på grove anslag og tilnærminger og må ikke ansees som annet en guide til en omtrentlig fordeling av ressursbruk gjennom de forskjellige fasene i endringsforløpet. Det finnes flere fag som eventuelt må trekkes inn, feks teknisk sikkerhet dersom behov for HMS eller FMCA analyse. Med SCM menes det "Supply Chain Management" og betegner en gruppe av logistikkrelaterte aktiviteter internt i bedriften som har felles ledelse.

Et eksempel på omfanget av en endring;

En maskin som inngår i et system med tilstøtende maskiner har en avtakbar komponent. Denne må demonteres for at en tilstøtende maskin kan passere uten å kolliderer i denne komponenten. Kunden ønsker et signal fra maskinen som forteller om komponenten er av- eller påmontert for å eliminere risiko for kollisjon. I denne fasen er alle disipliner forlengst ferdig med engineering. Hvilke konsekvenser får en slik endring?

Verdt å merke seg er at endringen er kundegenerert, årsaken er bekymring for kollisjon grunnet menneskelig feil under operasjon ved at man overser kollisjonsfare og overstyrer andre sikkerhetsbarrierer.

En snar slutning i dette tilfelle kan være at endringen utgjør en ikke- nevneverdig kostnad. En induktiv føler er hovedkomponenten og har en innkjøpspris på et tre-sifret kronebeløp som utgjør en promilleverdi av total produktkostnad. Imidlertid vil det vise seg at hovedkomponenten ofte utgjør den minste kostnaden, da omkringliggende faktorer vil generere en rekke andre aktiviteter;

Innkjøp / Logistikkostnader

- Utstysansvarlig
- Designer
- Elektro
- Innkjøpere
- Lagerhåndtering
- Transport

Produktdisiplin

- Mekanisk design, innfestning til induktiv føler- Beskyttelse av føler og kabel - revisjon av standardiserte tegninger
- Tekniske dokumenter må oppdateres som operasjons- og vedlikeholdsmanual

Fagdisipliner

- Elektro layout tegninger
- Maskin kontroll, oppdatering av styreprogram og utveksling med driller kontroll grensesnitt
- Driller kontroll, eventuell oppdatering av skjerm bilde og alarmer eller siganler til bruker
- Dokument avdeling, utsendelse av nye dokumenter til kunde

Komponenter, fabrikasjon og testing

- Kabler og koplinger
- Braketter og beskyttelse
- Mekanisk og elektrisk montasje

I dette tilfellet vil en liten komponent generere kostnader i form av designtid og dokumentbehandling, mekanisk produksjon samt mekanisk og elektrisk montasje.

8.7 Grensesnitt

Endringer kan medføre nye rutiner og algoritmer. Blir det introdusert noe nytt som har eller virker inn på bevegelige deler vil endringens omfang kunne eskalere til å innbefatte andre disipliner og dokumentasjon. Dersom en signalgiver må flyttes for et spesifikt prosjekt fordi den fysisk kolliderer med noe annet, så er det ikke sikkert man tenker på at den også utgjør et referansepunkt i maskinens styresystem. Hvilket medfører at styreprogrammets referanser også må endres. Vedlikeholdsmanual må oppdateres for ny plassering og eventuelle nye feilkilder og beskjeder som skal vises på display i kontrollområdet må defineres og implementeres i både i styreprogram og utveksles med avdeling for kontrollromdesign.

8.8 Organisasjons standardisering

Arbeidsdelingen faller i grove trekk etter hvordan bedriften har organisert seg i avdelinger som spesialiserer seg innenfor fag- eller støttende virksomhet. Organisasjonens form antas å gi skalafordeler og gjøre bedriften best mobilisert for stort utstyrvolum i samvirke med høy andel av standardiserte løsninger. Avhengig av konjunktur og bemanningssituasjon gir dette også rom for tilpasninger på deler av leveransene. Tilpasninger og endringer vil som regel i hovedsak falle på de enkelte produktavdelinger sammen med en eller flere av støtteavdelingene. Siden produktavdelingene er bemannet i stor grad etter graden av standardisering, vil en avdeling være følsom for omfattende eller flere samtidige endringer og tilpasninger. Selv om det er teoretisk mulig, så er mobiliteten av personell mellom avdelinger ikke nødvendigvis høy nok til at behovet kan dekkes ved å flytte kapasitet mellom disse.

8.9 Tverrfaglig samarbeid

På produktnivå og full standardisering vil arbeidet i de involverte fagavdelinger nærmest friksjonsløst og med et minimalt behov for koordinering. Rutinene ligger i systemet og man benytter standardiserte maler hvor kun prosjektspesifikke referanser endres. Fagavdelingene lager sitt underlag basert på data lagt inn i prosjektet i bedriftens database og dokumenthåndteringssystem. Normalt kaller den utstyrsansvarlige inn til et design review etter at prosjekt kick off et avholdt hvor fagavdelingene er innkalt.

8.10 Produkt standardisering

Med økende volum og større satsing på komplette utrustninger til boreskip og rigger har arbeidet med produkt standardisering blitt intensivert. Et standardisert produktprogram innebærer at man kan lettere sy sammen pakkelsninger da man har allerede kjente parametere å forholde seg til. Engineeringstiden reduseres og det blir mulig å inngå langsiktige produksjonsavtaler med byggeverkstedene. De langsiktige produksjonsavtalene gjør at det enkelte verksted får anledning til å spesialisere produksjonen og opprette relasjoner med produktavdelingen slik at produksjonsunderlaget kan optimaliseres. Klarer man å oppnå en god dialog med interesse fra begge parter, viser det seg at man får gode tilbakemeldinger som gir muligheter til å oppnå kostnadsreduksjoner gjennom tilpasning av det tekniske underlaget. Videre vil standardiseringsarbeidet også danne grunnlag for å standardisere produkt dokumentasjon som testprosedyrer, installasjonsveiledinger og operasjonsmanualer.

8.11 Kostestimat og kostfokusering

Markedsvekst kombinert med fokus på kost og fortjeneste marginer har det i tillegg til standardisering blitt iverksatt programmer for;

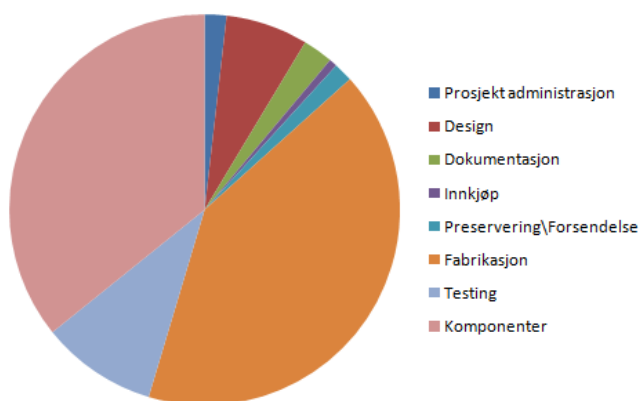
- Reduksjon av fabrikkasjonskost ved budrunder forhandlinger med byggeverksteder
- Reduksjon av komponentkostnader ved forhandlinger med komponentleverandører

I tillegg til reell kostnadsreduksjon er det innført oftere og regelmessige gjennomganger av produktkalkyler, dette medfører at man fanger opp endringer oftere og dermed får et mer riktig kost grunnlag. Uttalt fra kost kontroll avdeling var det i en periode en tendens til overestimering i kalkylene. Årsakene til overestimering har ikke blitt undersøkt blant annet fordi kalkylene ikke hadde direkte sporing til material- og kostnads strukturen i økonomi systemet. Det finnes allikevel sannsynlige og delvis forklarbare årsaker som at kalkylene var utarbeidet i tidlig fase før standardisering. Dette medførte at man benyttet underlag fra perioden hvor produktet hadde høyere grad av prosjektspesifikk tilpasning, eller var et helt eller delvis nytt produkt eller et såkalt totalt redesign av en tidligere modell.

I prinsipp vil en overestimert kostkalkyle føre til en høyere salgspris så lenge det opereres med et fast påslag for margin. I en periode med høy aktivitet kan markedet være mindre prissensitivt slik at det ikke fører til tapte markedandeler. I en slik situasjon kan en oppnå tilfredsstillende margin selv om man i et prosjekt er romslig med å avtale endringer med kunde uten å utløse en form for kompensasjon. Man kan også oppnå en ønsket margin selv om man ikke har optimalisert engineering, innkjøp og fabrikkasjon.

Ved finjustering av kalkyler slik at de gjenspeiler ren kost ved levering av et standardisert produkt for å møte et mere prissensibelt marked, vil også produktkalkylen være mye mer følsom for kostnadsoverskridelser.

Standard produktkalkyle baserer seg på kjente variabler, så lenge man ikke endre disse vil man med stor sikkerhet kunne forutsi sluttkostnaden på et produkt.



Figur 8, Typisk standard kostnadsfordeling på utvalgte parametere⁶

⁶ Konkrete verdier er utelatt av konfidensialitetshensyn

8.12 Kostnadsfokuseringens innfallsvinkler og usikkerhet

Ved forespørsel om endringer vil man ofte gis en relativt kort svarfrist for å lukket prosessen enten man er i salgsfasen og nærmer seg kontraktssignering eller prosjektfasen er nådd og kontraktsgjennomgang skal ferdigstilles før prosjektet settes i kraft.

Det vil ofte være et tidspres hvor de involverte kan ha forskjellig innfallsvinkel;

| Avdeling | Prioriterte milepeler | Relasjon | Kostfokus | Margin |
|----------|--|-----------------|---------------------------|--------------------------|
| Salg | Ferdigsstille tilbud/ kontraktsforhandlinger | Kunde | Total kalkylekost | Estimert total margin |
| Prosjekt | Igangsetting av prosjekt, levering av komplett prosjekt i henhold til plan | Kunde | Prosjekt- budsjettkost | Prosjektmargin |
| Produkt | Igangsette engineering, produksjon, forsendelse dato | Prosjekt / Salg | Virkelig produkt kost | Produktmargin |

Tabell 4, Kostnadsfokusering

De involverte vil være opptatt av kundetilfredshet og at prosjektet skal gli så lett igjennom uten for mye støy. Generelt er inntrykket at det kan føles ubehagelig å presantere en kostnad som man ser for seg kunden vil oppfatte som høy. I visse tilfeller kan det slike justeringer brukes ved forhandlinger dersom man er i en "gi og ta" posisjon. Da er det snakk om at kunden reduserer eller forenkler på noe i sin spesifikasjon mot at de får endringer eller tillegg på utstyr. I en slik form for utveksling av kostnader vil utfallet avhenge av kunnskap og informasjon man rekker å innhente, er man i forhandlinger kan det hende avgjørelser må tas der og da.

Dersom ønske om endring er ensidig fra kunde vil det ofte være nødvendig å gjøre en kostnadsvurdering for å gi et kostanslag som evt kan tilleggsfaktureres. Selv om det avstås fra å presentere tilleggs kost til kunde, må kost- og planbudsjettet oppdateres til produktet og de reelle konsekvenser synliggjøres. Det er her usikkerhet kan gjøre seg gjeldende ved estimering av kostnader.

Det finnes variabler som er relativt enkle å kvantifisere eller hvor feilanslag ofte får mindre betydning;

- Kjente komponenter som kjøpes inn har som regel kjent kost eller kan fremskaffes raskt
- Mindre endringer på stålstruktur vil som regel kunne estimeres eller anslag/ pris kunne innhentes

Det kan ofte knyttes større usikkerhet til;

- Graden av detaljengineering
- Omfang av arbeid fra støttdisipliner
- Montasje, mekanisk, hydraulisk og elektro
- Testing og utvikling av nye test prosedyrer
- Behov for ny eller endret dokumentasjon
- Re- engineering og re- testing

Det har vist seg at det lett kan fokuseres på selve endringen, uten at alle følge konsekvenser fanges opp. Endringen kan være tilsynelatende enkel og vil ikke nødvendigvis engang synes på produktet, men på grunn av kompleksiteten vil ha større omfang enn påtenkt.

8.13 Kostnadsdeling

Når estimatet er gjort vil man i noen tilfeller grunne til å redusere en endringskostnad fordi den kan fordeles, dersom feks;

- Endringen skal repeteres over en serie til en eller flere kunder
- Modifiseringskost kan ses på som en permanent produktutvikling og dermed fordeles ut på fremtidige produkter uavhengig av kunde

I motsatt fall vil det være liten grunn til å dele kostnadene dersom;

- Produktet blir utenom standard "one of a kind", kun tilpasset en enkelt leveranse uten at noe tyder på at det kan gi merverdi i ettertid.
- Modifiseringer som gir negativt bidrag til kost og eventuelt vekt og dimensjon uten tenkelig gjenbrukseffekt.

En rekke tilfeller faller mellom ytterlighetene hvor de "kan" gi positive effekt og betale seg tilbake over tid. Spesielt endringer gir klare positive og innovativt bidrag som verdsettes av kunder generelt. Kundens overliggende motiver med produktet er å utføre et oppdrag på kortest mulig tid med sikkerhet for personell og utstyr. I tillegg, dette kan dekomponeres til følgende parametere ;

- Redusert nedetid (stans/ vedlikehold)
- Økt operatørsikkerhet
- Redusert operasjonstid (redusere tid pr sekvens)
- Redusert omstillingstid (skifte av verktøy / Justeringer)
- Høy funksjonalitet (erstatte / overlapper funksjoner til annet utstyr)
- Høy / tilstrekkelig kapasitet

Foruten å tilfredsstille kundens ønsker vil det fra produksiden legges vekt på reduksjon av;

- Vekt
- Dimensjon
- Produksjonskost
- Komponentkost
- Gjennomløpstid

Endringer som tilfredstiller få eller ingen av de ovenstående parametere kan forekomme dersom endringen blir tvunget frem av indirekte årsaker som lay out der utstyret skal plasseres. Det kan være feks;

- Fysisk plassmangel
- Sikt tilgang for operatør
- Spesifikke krav i driftsområdet.

Det vil være grunnlag for en kostnadsdeling hvor man tenker seg at det er en nødvendig oppgraderingskost som gir merverdi for eget produkt og tilslutt kunde. Oppgradering kan da tilfredsstille kundenes vektlagte parametere hvilket igjen fører til at man er bedre stilt i markedet. Spørsmålet er da om det er en engangsinvestering som betaler seg tilbake i form av økt salgpris eller redusert produktkostnad;

1. Endring tilfredsstiller kunde i et spesifikt prosjekt men gir ingen gjentakelseffekt eller varig produkt merverdi. En slik endring gir prosjektet en merverdi i og med den er med å tilfredsstille en total løsning, men tilfører ingen eller negativ produktverdi i form av økning av en eller flere av parametrene vekt, produksjonskost, komponentkost eller gjennomløpsti.

2. Endring som gir kunde merverdi av en slik grad at den kan innføres som en permanent produktforbedring, men ikke nødvendigvis en kost- eller vekt reduksjon eller endring i gjennomløpsti.

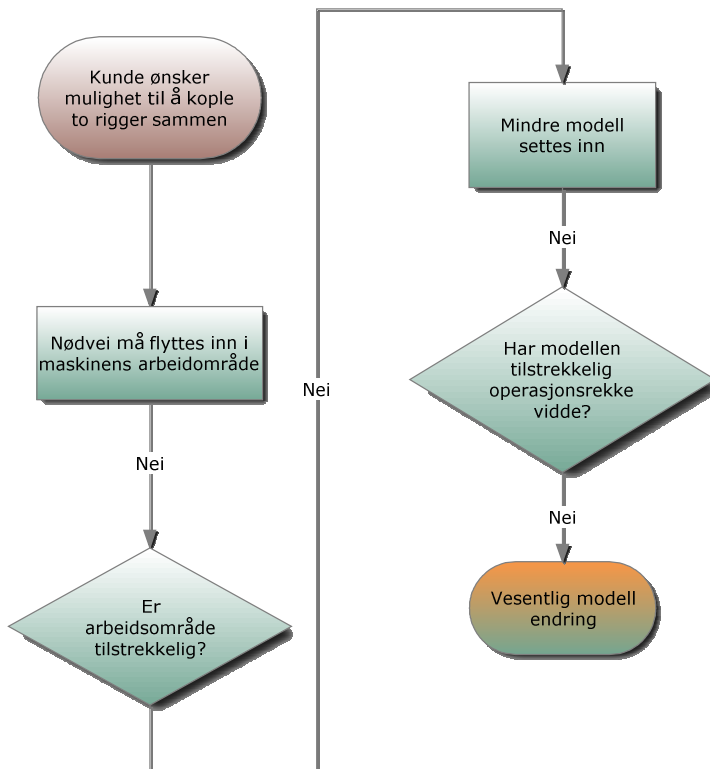
3. Endring som utelukkende gir produkt merverdi i form av redusert kost, vekt eller gjennomløpsti samtidig som et eller flere kundeparametere tilfredsstilles.

8.14 Kunderelasjoner og endringsårsaker

Graden av endringer kan variere med kundens organisasjon og kultur. Noen legger vekt på standardisering og bruker mindre tid på detaljer som kan medføre endringer. Andre kan ha delvis uavklart lay out og går inn i en endringsprosess som kan vare helt til prosjektet overleveres. I tillegg til de rene tekniske krav, kan det også dreie seg om spesifikke ønsker vedrørende dokumentasjon. Sluttbrukeren er operatøren av innstallasjonen. Eieren av innstallasjonen kan være alt fra sluttbruker til en ren investor. Utstysleverandør forholder seg gjerne til verft som kunde, mens eier og/ eller sluttbruker sterkt påvirker og definerer krav til innstallasjonen med tilhørende utstyr. I tillegg vil verftet selv ha krav ut fra motivet om å tilfredsstille sin kunde samt å gjøre byggeprosessen så effektiv som mulig samtidig som levering og kostnader skal skje i henhold til tidsplan og budsjett. Sluttbruker har også en kunde, operatøren av feltet eller oljeselskapet. Rigger går på døgnrate og må utføre operasjonen på en mest mulig effektiv måte for å gi høyest mulig profitt. Et av riggeiers motiver kan være å få flest mulig relevante opsjoner inkludert i innstallasjonen. En kravsspesifikasjon kan derfor være forskjellig utformet og gir mer eller mindre åpning for endringer etter kontraktssignering dersom man ikke har tatt de rette forbehold i tide.

Et eksempel på en kundegenerert endring med ikke umiddelbare synlige konsekvenser;

En kundes ønske om mulighet for å kople to rigger sammen medførte at en nødvei måtte legges om. Dette medførte mindre operasjonsområde i lengderetning for en bevegelig maskin hvilket innskrenket dens arbeidsområde så mye at vesentlig endring måtte til. Det medførte at den ble byttet ut med en annen modell som krevde mindre plass. Denne modellen fikk plass men tilfredstilte ikke kundens spesifikasjon til utstyrets operasjons område i høyderetning. Modellen måtte redesignes såpass at den avviker vesentlig fra standard utgaven.

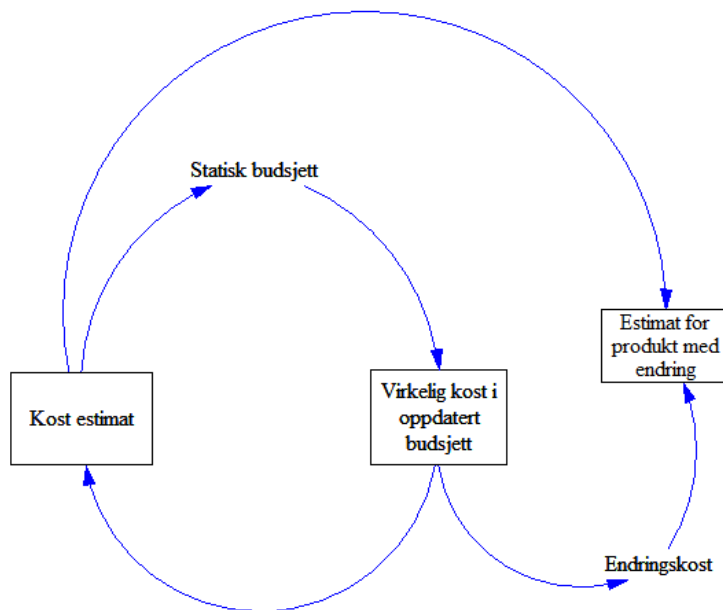


Figur 9, Endring og rotårsak

Ved evaluering av endringsbehov eller krav står man ofte ovenfor et tveegget sverd, dagens produkter er basert på gårsdagens endringer. Mange av de kundegenererte endringene har vært med å forme produktet til hva det er i dag både med hensyn til funksjon og kapasitet. Uten disse og andre endringsgeneratorer som tilbakemeldinger fra service og markedsinformasjon som har opphav fra kunder eller konkurrenter ville utviklingen gått senere og kanskje ikke i riktig retning. På den andre siden kan kundespesifikke endringer føre inn i et blindspor hvor produktet forblir spesifikt til et historisk prosjekt.

8.15 Budjettering og oppdatering av kostestimat

Ved opprettelse av et prosjekt settes et budsjett opp for hvert utstyr. Ved pågående prosjekt benyttes budsjettet til oppfølging av planleggere og kostkontrollere samt at utstyrsansvarlig har det som et oppfølgingsverktøy. Budsjettet settes helt i starten og baserer seg på standard produktkalkyle som har samstemmende aktiviteter. Alle forbrukte kostnader kommer inn i budsjettet etterhvert som timer skrives og fakturaer kommer inn fra underleverandørene. Alle aktiviteter som foregår må knyttes til en aktivitet enten det er mekanisk design eller en innkjøpsordre på komponenter eller fabrikasjon. Når prosjektet er levert og alle aktiviteter er avsluttet så har budsjettet fått en historisk verdi og inngår i etterkalkylematerialet som benyttes ved jevnlig gjennomgang av produktkalkylen. Det er viktig at det opprettes egne aktiviteter for endringsarbeid slik at dette kan skilles ut fra standardbudsjettet med de predefinerte aktivitetene. På den måten avvik for standard aktiviteter fange opp generelle kostendringer, mens de særegne aktivitetene viser reell kost for produktendringene. Imidlertid er det ikke konsekvent utført på alle prosjekter eller over en lengre periode, her er det variasjoner mellom produkt avdelingene og noe avhengig av den enkelte utstyrsansvarlig og samarbeidet med planlegger og kostkontroller.



Figur 10, Oppdatering av kostestimat og budsjett (Vensim)

Kost estimatet for et standardprodukt som også danner basis for budsjettet er basert på variable kostnader i form av innkjøpsartikler eller komponenter som ligger i systemet med oppdatert innkjøpskost. Det er definert aktivitetsnummer til komponenter hva de hører til. Det vil si at komponenter som legges inn i materiallisten til en tegning allerede da får tilknyttet en aktivitet. En aktivitet er også en kostnadsgruppe i økonomisystemet. Det er tegningene og linjene i materiallistene som danner grunnlaget for virkelig kost i budsjettet. Generalarrangementet er øverst i tegningsstrukturen kopieres inn i et nytt område i med alle sine underliggende linjer og tilknyttes en status som tilsier de er klare til å kjøpes inn. Innkjøpsordre på komponenter genereres på grunnlag av hver artikkellinje som er kopiert over og gitt innkjøpsstatus. Etterhvert som fakturaene kommer inn vil kostprisene oppdatere seg for hver artikkel og aktivitet. Man kan se på kostutviklingen pr aktivitet eller gå inn i systemet å undersøke enkelte artikler som inngår i aktiviteten.

De viktigste aktivitetsnummer som komponentene samles under er;

- Mekaniske komponenter
- Elektro komponenter
- Hydraulikk komponenter

Med denne grupperingen kan man raskt skaffe seg oversikt over kostnadsfordelingen mellom fag og sammenligne reell kost mot budsjettet etterhvert som fakturaene balanseres mot aktivitetene. I tillegg blir det for selve fabrikasjonen opprettet egen aktivitet som knyttes til innkjøpsordrene;

- Mekanisk fabrikasjon

Øvrige aktiviteter oppdateres etterhvert som timer føres enten det er design, dokumentarbeid eller testing og montasje, reiseregninger kommer inn og fakturaer for transport. Systemet baserer seg på at timer og kostnader føres på aktivitet og prosjekt.

8.16 Læring og ressursituasjon

Det generelle inntrykk av parametere som kan være viktig for basislæring og læringsmiljø for den enkelte dannes gjennom observasjoner ;

Noen forutsetninger som ligger til allerede grunn før ansettelse;

- Relevant erfaring fra andre avdelinger i bedriften eller arbeidslivet generelt
- Utdannelsesnivå
- Generell bakgrunns kultur og holdninger

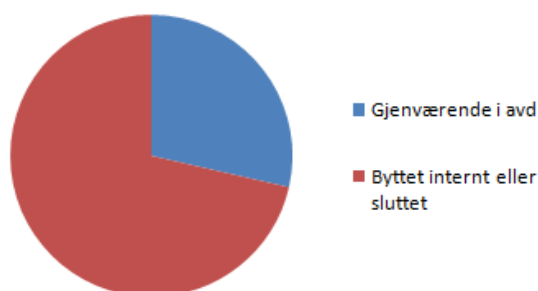
For effektiv læring etter ansettelse;

- Den enkeltes faglig interesse og vilje til å søke informasjon
- Generell bakgrunns kultur og holdninger
- Hvilken erfaring som finnes i avdelingen hvor læringen hentes
- Hvilke medarbeidere en blir satt til å jobbe nærmest med

Når det gjelder den totale erfaring i avdelingen vil denne avhenge av lengen på hvert enkelt ansettelsesforhold. Gjennomsnittlig ansettelsestid forteller mye, men også fordelingen av ansettelsestid mellom de ansatte kan ha mye å si. Relevant erfaring fra andre avdelinger i samme bedrift kan også gi positiv tilførsel og en klar gevinst er at man har kjennskap til felles IT verktøy og systemer. Tilsvarende erfaring fra andre bedrifter er en god basis, men for en rask opplæringskurve vil det være fordel å ha jobbet med tilsvarende produkter. Når man settes i arbeid, jobbes det i grupper hvor det er differensierte arbeidsområder samt kunnskaps- og erfaringsnivå. Til en viss grad kan en styre den enkelte inn mot andre nøkkelpersoner avhengig av hvilken utveksling av kunnskap det er behov for. For å utnytte eksisterende kunnskap og erfaring vil det være tildels opp til den enkeltes interesse og vilje til å oppsøke informasjon. For å utnytte kunnskap og erfaringer viser det seg at den teoretiske bakgrunn kan avgjøre hvilken tilnærming den enkelte benytter for å søke informasjon og løse problemer. Her kan det også vises variasjoner avhengig av alder, kulturell bakgrunn og holdninger generelt.

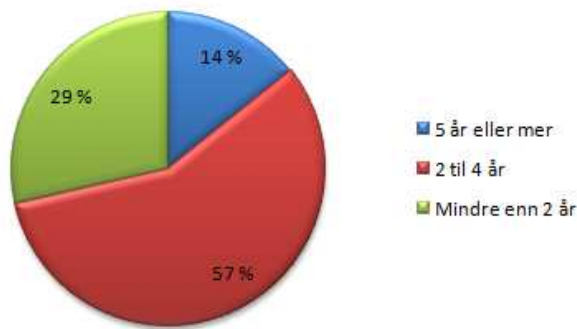
Når det gjelder lengen på ansettelses forhold i en avdeling kan dette ses i sammenheng med størrelse på bedriften og om det har vært rask vekst. I en avdeling som har vært gjenstand for datainnsamling kan man se at av 21 ansatte i 2006 så er kun seks av disse gjenværende i 2011. De resterende 15 har enten byttet jobb internt i bedriften eller sluttet.

**Fordeling av ansatte fra
2006 til 2011;**



Figur 11, Fordeling av ansatte etter 5 år

Kompetansen anses å utgjøres av summen av kunnskap og erfaring i avdelingen. Historikk og kontinuitet ivaretas av de som har vært lenge i bedriften eller avdelingen og har reflektert over sine observasjoner. De vil også kunne veilede til rett kilde dersom kunnskapen finnes utenfor avdelingen. Uten historikk risikerer man å repetere prosesser som har vært gjort tidligere uten å vite om at det finnes data og resultater tilgjengelig. På en annen side er man også avhengig av nye øyne som ser løsninger og alternative tilnærminger for problemløsning. Resepten til den optimale sammensetning finnes trolig i balansen mellom ytterpunktene av mengde erfaring og kunnskap.



Figur 12, Design Ingeniørers erfaring i produktavdeling

Andre læringsarenaer

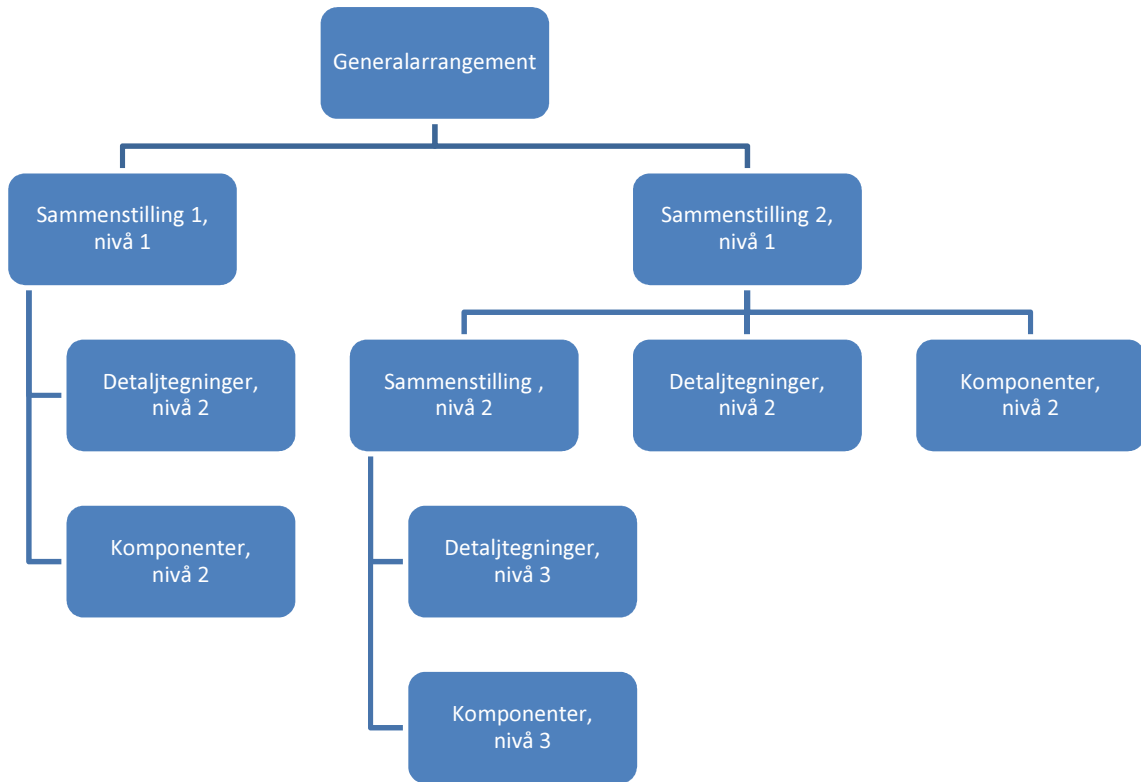
Foruten læring fra i det daglige arbeidet og fra kollegaer og interne kurs, finnes det flere andre arenaer som også er med på å øke den ansattes kompetanse. Det kan være deltakelse i test aktiviteter, besøk på byggeverksted, deltakelse i installasjons- og service virksomhet. I tillegg til dette har man i endel tilfeller samarbeid med kunder og leverandører for felles utvikling av teknologi. Et eksempel på dette kan være et samarbeid med en kunde som er driftsoperatør på rigger som gir verdifulle tilbakemeldinger som igjen fører til designforbedringer.

8.17 Engineering og endringsprosessen

I mange bransjer vil vekt og eller volum endring være et viktig parameter for å beregne en endringskostnad. For kompakte maskiner med mange styrte bevegelige deler vil ingeniørtimer og komponent kostnader være vel så utslagsgivende. Ikke minst vil antall deler og sammenhengen mellom disse være med å avgjøre. En endring som medfører redusert totalvekt vil derfor ofte medføre en høyere total kost selv om byggeverkstedet reduserte sin kostnad. På en annen side vil også byggekostnader øke på grunn av endringen på grunn av omstillinger og fremstillingsmetoder. Kostnaden til en endring som griper inn i store deler av produktet vil ofte ha liten eller ingen korrelasjon til endring i strukturvekt.

8.18 Tegningsstruktur og kompleksitet

Produktet har en struktur av med et generalarrangement øverst som brytes videre ned i nivåer med sammenstillings- og detaljtegninger. Sammenstillingstegninger inneholder oftest både detaljtegninger og komponenter. Det forekommer også nye sammenstillingstegninger i sammenstillingen fra nivået over. Tilsammen danner de et hieraki som figuren viser noe forenklet;



Figur 13, Tegningshieraki

En analyse av den mekaniske strukturen av et enkelt produkt visualiserer mengden av sammenstillinger, detaljtegninger og komponenter i de forskjellige nivåer;

| | Antall unike (linjer) | Antall like og ulike | Nivå 0 | Nivå 1 | Nivå 2 | Nivå 3 eller mer |
|--------------------------------|-----------------------|----------------------|--------|--------|--------|------------------|
| General arrangements-tegninger | 1 | 1 | 1 | | | |
| Samletegninger | 31 | 34 | | 12 | 22 | |
| Detalj tegninger | 305 | 637 | | | 250 | 387 |
| Komponenter | 435 | 2050 | | 8 | 1378 | 663 |
| Sum | 772 | 2722 | 1 | 20 | 1650 | 1050 |

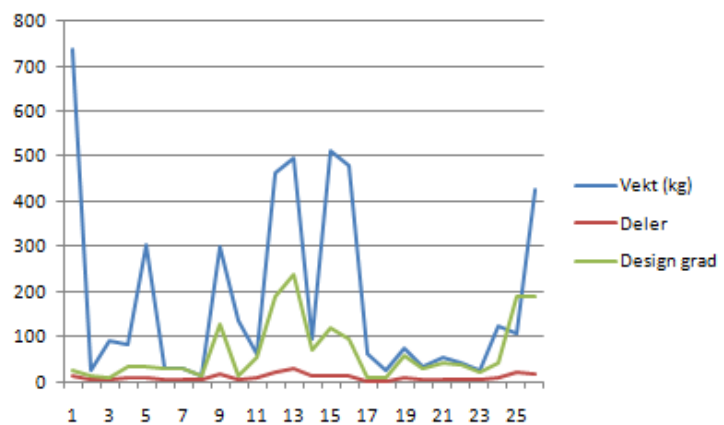
Figur 14, Typisk tegningsstruktur for sammensatt produkt

Nye detaljtegninger fremstilles oftest med tanke på at de skal være en del av en sammenstilling, de fleste detaljtegninger gjøres klare før sammenstillingen påbegynnes. Detaljtegner deles opp i to typer;

1) Detalj som består av kun en type materiale, som regel bearbeidet. Konstruksjons- og produksjonsmessig vil denne typen tegning som regel være den enkleste å utføre.

2) En sammensveist konstruksjon bestående av flere typer materiale/ profiler. I prinsippet er dette en sammenstilling da den består av mange deler som må modelleres før de settes sammen. Like mange deler må fremstilles på byggeverkstedet før de sveises sammen. Kalles også "Sveise sammenstilling". Sveisesammenstilling krever mer arbeidsinnsats desto flere deler den fremstilles av. Den må påsettes sveisetegn og ofte må det utføres en styrkeberegning. Videre vil det være behov for varierende grad av toleransesettinger for sammenstilling og maskinering. Behovet for- og omfanget av kontroll og justering av tegning blir også større. Av de 305 unike detaljtegningen produktet består av, er 26 av disse *sveise sammenstilling*. Disse består igjen av totalt 251 nye tegningsdetaljer, eller i snitt 10 i hver sammenstilling. Hver detalj er modellert i sammenstillingen og plassert i en stykkliste på tegningens forside.

| Tegning | Vekt (kg) | Deler | Kompleksitet | Design grad |
|---------|-----------|-------|--------------|-------------|
| 1 | 738 | 12 | 20 | 24 |
| 2 | 24 | 5 | 25 | 13 |
| 3 | 92 | 3 | 35 | 11 |
| 4 | 83 | 10 | 35 | 35 |
| 5 | 305 | 7 | 45 | 32 |
| 6 | 31 | 6 | 50 | 30 |
| 7 | 31 | 6 | 50 | 30 |
| 8 | 11 | 4 | 30 | 12 |
| 9 | 300 | 17 | 75 | 128 |
| 10 | 137 | 3 | 40 | 12 |
| 11 | 63 | 9 | 60 | 54 |
| 12 | 461 | 22 | 85 | 187 |
| 13 | 496 | 28 | 85 | 238 |
| 14 | 94 | 12 | 60 | 72 |
| 15 | 511 | 15 | 80 | 120 |
| 16 | 478 | 12 | 80 | 96 |
| 17 | 64 | 2 | 50 | 10 |
| 18 | 26 | 2 | 40 | 8 |
| 19 | 75 | 8 | 70 | 56 |
| 20 | 32 | 5 | 55 | 28 |
| 21 | 52 | 6 | 70 | 42 |
| 22 | 42 | 5 | 75 | 38 |
| 23 | 25 | 4 | 50 | 20 |
| 24 | 125 | 7 | 60 | 42 |
| 25 | 107 | 22 | 85 | 187 |
| 26 | 428 | 19 | 100 | 190 |
| Sum | | 251 | | |
| Snitt | | 10 | | |



Tabell 5, Sveisesammenstillinger

For å få frem et vurderingsbilde er det innført to begreper; kompleksitet⁷ og designgrad. Kompleksiteten er satt ut fra hvor mye bearbeiding, toleranser, sveis og sveisekrav tegningen inneholder samt sammenstilling av delene og antall målsetninger. Designgraden er produktet av antall deler og kompleksitet. Designgraden er et enhetsløst tall delt på en faktor med formål å få en enkel sammenlignbar verdi. Vi ser av tilhørende kurve at det i omtrent 8 av 10 tilfeller er sammenheng mellom designgrad og vekt. Siden det ikke er konsekvent vil ikke vekt alene egne seg som en indikator på designarbeid. Skal man derimot antyde fabrikkasjonskost ville den være et produkt av vekt, antall deler og kompleksitet.

⁷ Kompleksitet innført her er en ny anvendelse og verdiene er resultat av en subjektiv vurdering av de enkelte tegningene. I dette tilfellet for å fremheve egenskapene i tegningene i en grov skala. Modellen vil ikke være et fullverdig støtteverktøy før den er testet ut over tid og har fått en bredere gjennomgang

Komponenter kjøpes inn fra tredjepart og søkes som regel standardiserte, det forekommer at underleverandør trekkes inn og spesialtilpasser der hvor designet krever form eller ytelse som ligger utenfor utvalget. For designarbeidet vil det genereres det både teknisk og systemmessig arbeid med nye komponenter med informasjon som skal benyttes i design, ovenfor leverandør via innkjøp.

- Spesifisere behov
- Finne leverandør og fremskaffe tekniske data
- Ved tilpassede komponenter fremstille nødvendig grensesnittdata for leverandør
- Integreere eventuelt modellere komponent inn i sammenstilling
- Registrere teknisk i database, opprette artikkelnummer.
- Registrere leverandør data
- Legge inn eventuelle krav til sertifisering, kalibrering etc for innkjøp
- Opprette og tilknytte reservedels tegninger og datablad
- Legge inn artikkel i samletegning

Dette arbeidet vil også danne grunnlag for prisforespørsel og dermed oppgradering av kalkylekost. Alle komponenter spesifiseres selv om bare 184 av 2050 kjøpes inn. De resterende overlates til byggeverksted å skaffe inn selv som et ledd i forenkling av logistikken. De som bedriften selv kjøper inn er blant de mest kritiske eller strategisk viktige hvor det er satt særegne krav til komponentleverandør som en ønsker å ha kontroll over selv eller det kan være vanskelig for byggeverksted å skaffe disse selv.

Begrepet *samletegning* oppstår i det øyeblikk man har to eller flere enheter, enten detaljtegninger eller komponenter eller en kombinasjon av disse. Etterhvert som denne bygges opp vil man få anledning til å kontrollere detaljer og komponenters tilpasning internt. Når samletegningen er ferdig må den kontrolleres mot tilstøtende samletegninger, komponenter og detaljer. I tillegg må fabrikasjon, montasje, vedlikehold og beskyttelse vurderes samt trekking av kabler og rør for elektriske og hydrauliske komponenter. Avhengig av omfanget må faggruppene trekkes inn. I tillegg må det kontrolleres mot maskinens ytre grensesnitt dersom endringen kan forårsake interferens med annet utstyr eller omkringliggende struktur.

Grundig gjennomgang med layout (system) gruppen i flere faser av designarbeidet har vist seg å bære frukter i form av at man oppdager tidlig uforutsette tilpasninger som er nødvendige for at utstyret skal fungere med ytre grensesnitt i form av andre maskiner som utveksler, krysser eller møter og struktur som dørk, vegger takkonstruksjoner og skinneganger. De uforutsette tilpasningene kan være endel av kostkalkyle dersom man opererer med en grad av usikkerhet, uansett vil kostnadene reduseres desto tidligere tilpasningene kommer inn. Den laveste kostnaden og beste løsningen vil oftest kunne realiseres i tidlig designfase mens det er bedre til evaluering og planlegging, mens det er forbundet med høyere kostnader og mindre optimale løsninger når produktet har kommet til test eller installasjonsfasen.

Elektro design

I tillegg til de mekaniske tegningene, lages det elektro diagrammer og tegninger over instrumentering, tilkoplinger, kabler og koplingsbokser. I snitt er det 40 tegninger til et standard produkt og de har tilknyttet materialliste med artikler og komponenter. For grensesnitt samarbeider elektro designer i størst utstrekning med hydraulikkavdeling, maskinkontroll (programmering), og HMI (kontrollromspaneler og displayer, menneskelig grensesnitt) hvor det for et standardprodukt vil være utveksling av referanser og rett koding for kommunikasjon mellom elektro- og hydrauliske styringer samt utveksling til HMI.

| Document name | Antall |
|-------------------------|-----------|
| Block Diagram Instument | 2 |
| Termination Diagrams | 9 |
| Loop Drawings | 18 |
| Layout diagrams | 11 |
| Totalt | 40 |

Figur 15, Elektro tegningsoversikt

I forhold til mengden mekaniske tegninger som har en struktur med 336 unike tegninger, utgjør disse knappe 12% av antallet unike mekaniske tegninger. Produktendringer vil ikke nødvendigvis endre antallet elektrotegninger, men innholdet i disse. En ny elektro komponent vil kunne generere endring på alle elektrotegningene på grunn av måten tegningsstrukturen er bygget opp på. Er produktet standard uten endringer, vil størsteparten av jobben være å legge inn prosjektspesifikke referanser.

Elektro komponenter

Elektroavdelingen bestiller alle elektriske komponenter på samme måte som de mekaniske blir bestilt ved at innholdet i materiallistene som er tilknyttet tegningene kopieres over til innkjøps/budsjetts basen og gis nødvendig status slik at de vil fremkomme som behov i innkjøpsavdelingen. Elektrokomponentene følger logistikkmessig samme vei som de mekaniske komponentene fra leverandør til NOV's hovedlager og deretter videreforsendelse til byggeverksted. For et standard produkt vil materiallistene inneholde 187 unike elektroartikler eller komponenter og 675 i antall. Elektrokomponenter kan være alt fra releer, digitale og analoge inngangs- og utgangskort, koplingsbokser, potensiometere, induktive og mekaniske følere, koplinger, ventilstyrekort til sikringer. De elektriske komponentene krever igjen at den mekaniske strukturen er lagt opp og tilpasset til disse. Ved produktendring må det undersøkes både om denne får fysisk innvirkning på eksisterende komponents plassering eller funksjon samt at eventuelle nye får sin plassering, innfestning og eventuell beskyttelse. Elektrodeler er relativt godt standardiserte, derfor vil det være svært få av disse som er kritiske med hensyn på leveringstid, knapphet i markedet eller kost.

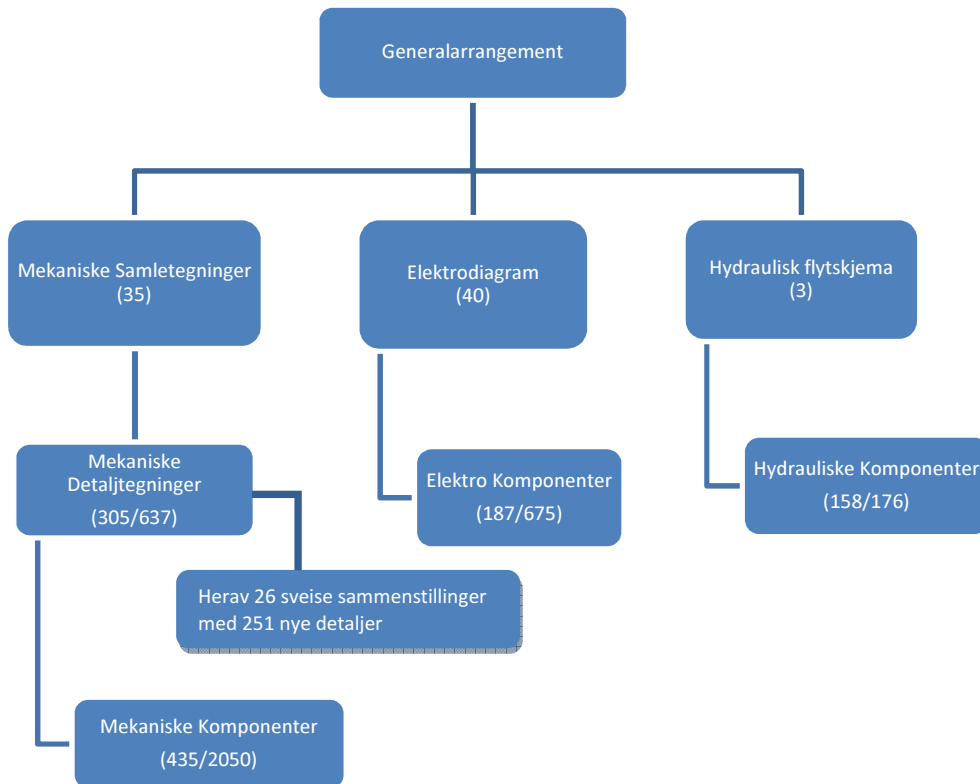
Hydraulikk design

Hydraulikkavdelingen designer hydrauliske flytskjema for maskinen. Flytskjemaet viser skjematisk alle hydrauliske komponenter som blokker, motorer og sylindere samt ventiler, slanger og rør. I tillegg vises grensesnitt mot eksternt tilkopling samt de viktigste kapasiteter. Flytskjema for et standard produkt vil tas fra en mal og prosjektspesifikke referanser legges inn. Grensesnitt samarbeid med elektro og eventuelt maskinkontroll for utveksling av referanser for feks styring av ventiler. Antall tegninger er i prinsipp et hovedskjema, men av praktiske grunner er det splittet opp i to underliggende flytskjemaer.

Hydrauliske komponenter

Hydraulikkavdelingen bestiller alle de hydrauliske komponentene på samme måte som elektroavdelingen. Komponentene legges inn i flytskjemaenes materiallister, for en standard maskin er det 158 unike artikler/komponenter og 176 i antall. De hydrauliske komponentene krever igjen at den mekaniske strukturen er lagt opp med tilpasset til disse. Ved produktendring må det undersøkes både om denne får fysisk innvirkning på eksisterende komponents plassering eller funksjon samt at eventuelle nye får sin plassering, innfestning og eventuell beskyttelse. Noen av hydraulikkkomponenten er kritiske med hensyn til knapphet i markedet eller begrenset antall leverandører grunnet spesialproduksjon og dertil kostnad for eventuelt skifte av leverandør.

For både elektro- og hydraulikk komponenter er noen av de tekniske utfordringene å plassere komponentene, tilpasse slanger og kabler som skal følge bevegelsene internt på maskinen og mellom maskin og struktur på boredekk. Utsatte komponenter må beskyttes, alt må også vurderes i alle bevegelsemuligheter maskinen har internt og mot grensesnitt. Det skal ofte være mulighet for hurtig fra- og tilkopling. Hydraulisk frakopling vil også kreve at trykk bypasses av sikkerhets- og miljø hensyn. Løse kabler og slanger som er frakoplet må kunne plasseres på maskinen så de ikke er i veien under drift osv.



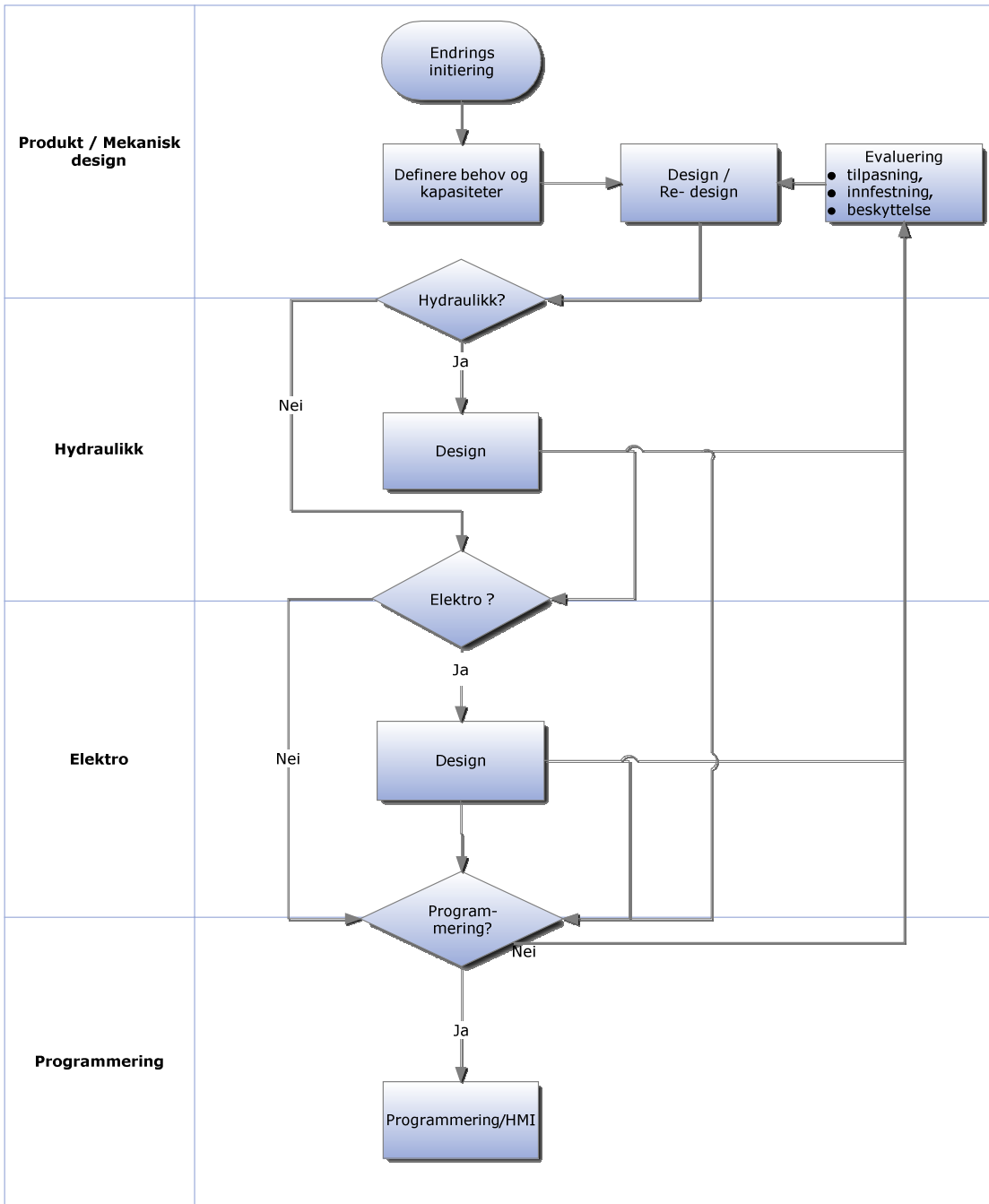
Figur 16, Tegnings og komponentoversikt, komplett ⁸

Ser man på den komplette strukturen med tegninger, elektrodiagram og hydrauliske flytskjemaer med tilhørende komponenter får man et inntrykk av mengden arbeid som ligger bak hele designet med alle sine oppdateringer fra produktet er nydesignet frem til det avløses av en ny modell. En endring vil ofte kunne kalles reverserende engineering avhengig av hvilken nytte den kan få for ettertiden.

Konsekvensene av en mekanisk endring vil raskt kunne omfatte mange detaljtegninger og komponenter. Endres detaljtegninger eller komponenter blir også en eller flere samletegninger berørt. Kreves det nye elektrofunksjoner vil det bli behov for å endre opp til 40 elektrodiagram. Til gjengjeld er det ofte ikke mye designtid forbundet med endring av elektro diagrammer om ikke man må introdusere nye ukjente komponenter. Hydrauliske flytskjema er i fåtall, men design av nye kretser kan kreve mye ressurser og utstrakt samarbeid med underleverandør på spesialkomponenter som blokker, ventiler og sylindere.

Nye mekaniske funksjoner vil ofte generere behov for elektro- og hydraulikk endringer. Elektro og hydraulikk endringer vil igjen generere mekanisk tilpasning. Behov for hydrauliske funksjoner genererer først kapasitets- og plasserings evaluering fra produktavdeling, deretter hydraulisk design etterfulgt av endringer på elektrodiagrammer. Videre må produktavdeling igjen evaluere og tilpasse mekanisk. Slik kommer designarbeidet inn i en loop hvor de involverte fag trekkes inn;

⁸ Kvantitet oppgitt med antall unike/antall totalt



Figur 17, Endringsloop i forhold til fag

Loopen vil også gjenta seg ved re-engineering dersom det skulle vise seg behov for justeringer og endringer under test fasen.

9 DRØFTING

9.1 Læring

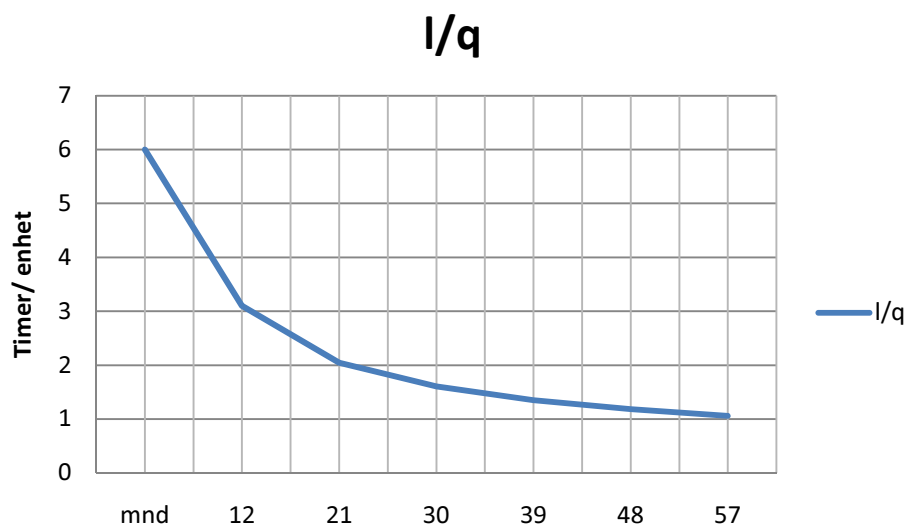
For effektiv problemløsning vil den individuelle læring i den respektive avdeling ha innvirkning. En viss andel av læringen er spesifikk og læres gjennom erfaring i avdelingen. Ved høy turnover vil man miste denne erfaringen og en erstatning må opparbeide tilsvarende erfaringer for å løse oppgavene. I vårt erfaringsminne kategoriserer vi erfaringer (Maslow, 1987) og tenderer til å bruke tidligere suksessfulle løsninger til å løses problemer i tilsvarende kategori(vane). Maslow påpeker at slike vaner også kan føre til at man trekker konklusjoner basert på kunnskap som ikke er relevant lenger. Vaner kan blokkere for ny kunnskap og læring. Dette bør tas i betraktning ved organisatorisk utvikling ved balansering av den spesifikke erfaring innen det individuelle arbeidsområdet. Handlinger utført på grunnlag av vaner innebærer både fordeler og ulemper, de sparer oss tid og anstrengelser samtidig som de representerer det motsatte av nytenkning.

Fra (Håkansson & Johansson, 2001) vektlegges nettverksrelasjoner som basis for læring og driveren er endringer induert av kompleksitet og teknisk utvikling. Sett i lys av dette perspektivet kan man tolke de kudegenererte endringer som en kilde til læring og kanskje som en motsetning til standardiserte produkter og arbeidsoppgaver. Kompleksiteten øker desto flere fag som må involveres internt i bedriften. Dersom vi anser avdelingsstrukturen i bedriften som selvstendige enheter vil disse sammen med juridisk selvstendige enheter i samme selskap utgjøre et betydelig nettverk som har både benyttet og ubenyttet potensiale til kunnskapsoverføring. Det fastslås også at kunnskapoverføring fungerer mere effektivt på tvers av avdelinger internt i enn det gjør mellom eksterne parter.

Organisasjoner lærer av erfaring (Cohen & Sproull, 1996, ss. 1-19), heriblant historiske hendelser. Det kan være en viktig avgjørelse har blitt tatt og man får anledning til å observere prosessen helt til man ser utfallet og kan være med å evaluere dette. Dersom prosessene er delt både innenfor og mellom avdelingene i bedriften på en måte at enkeltindivider bare observerer deler av hendelsen vil denne erfaringen bli vanskelig å innhente senere. I en dynamisk bedrift skjer det endringer i tillegg og selv om organisasjonen var statisk ville det nok medføre store utfordringer ved re-konstruksjon av hendelsen fra avgjørelse til resultat. I (Cohen & Sproull, 1996) påpekes organisasjonens og enkeltindividenes evne til å repetere handlinger spesielt dersom tilbakemeldinger uteblir eller er uklare, organisasjonen repeterer rett og slett fordi de har gjort det før. Mange repetisjoner viser seg i praksis å være de som gir bedriften skala fordeler, mens det på en annen side også kan vise seg at aktiviteter som resulterer i feil eller kostbare kompenseringstiltak også kan tendere til å repetere seg. Konsekvens oppstår gjerne i en annen avdeling eller lenge etter avgjørelse eller handling ble igangsatt. Slik sett har den organisatoriske læringen tilsynelatende imperfektheter dersom det optimale var at all informasjon skulle flyte tilbake til bestutningstaker. I prinsipp finnes det verktøy som kan ivareta dette gjennom avvikssystemet i bedriften dersom det benyttes riktig. (Isaksen, Karlsen, & Sæther, 2008) vektlegger også effekten av observasjon og refleksjon som en del av læringen. Dersom man ikke får anledning til å observere hele forløpet vil da muligheten til refleksjon og læring bli redusert.

Sett fra en produktavdelingen er læring på tvers av avdelingene, læring av historikk viktig for avdlingen i seg selv, men også at kunnskapene og tilbakemeldingene kommer tilbake til salg og prosjekt til anvendelse i startfasen ved nye tilbud og prosjekt for å fange opp mulige endringer som kan få kostnadskonsekvenser.

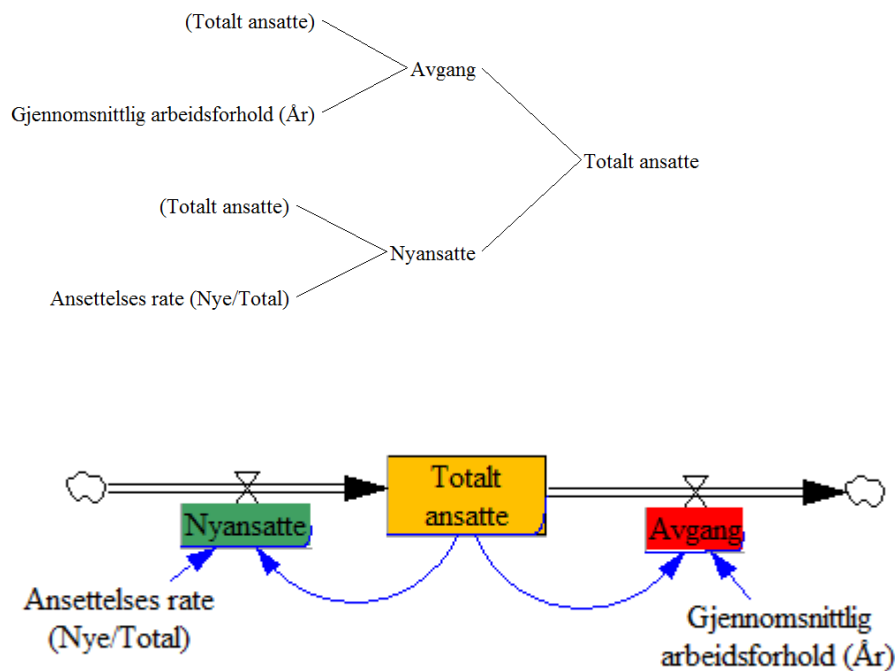
Når endringene er et faktum vil utfordringen være å utføre denne best mulig ut fra de krav som er satt. Alt avhengig av hvor omfattende denne er vil det kreve varierende ferdigheter for å kunne utføre på en tilfredsstillende og effektiv måte. Kompleksiteten øker desto større inngrep endringen har på produktet og desto flere fag den griper inn i. Har man lite erfaring og kunnskap vil en oftest ikke kunne løse en slik oppgave med et tilfredsstillende resultat hverken av hensyn til effektivitet eller kvalitet og er mere tjent med å begynne med enklere oppgaver for å kunne utvikle seg. Observasjoner har vist at lærekurven varierer med interesse og tidligere erfaringer for en nyansatt. Det finnes (Cohen & Sproull, 1996, ss. 83-100) en generell lærecurve som skrives på formen $l/q = CQ - \gamma$ hvor q er output i form av hva som blir produsert, l er timer som medgår, dette forholdet er lik en konstant C og kumulativ output Q opphøyd med konstanten γ . Dess større koeffisienten γ er dess mere effektivitet på grunn av læring. Formelen brukes pr tidsintervall. Slike målinger er utført på repeterende manuelle arbeidsoperasjoner som lar seg sammenligne og er analysert i tidligere forskning. Det kjennes ikke til sammenlignbare metoder for design eller engineering og det foreligger ikke spesifikke eller generelle data i bedriften. Imidlertid kan det ha nytte å visualisere et generelt læringsforløp. For en engineeringbedrift kan det være tiden det tar å løse et problem eller for å løse et særskilt problem. Hvor man starter på kurven og hvor raskt utviklingen går vil delvis variere individuelt mens erfaringsoverføring kan påvirkes plan- og koordineringsmessig, noe som antas å kunne påvirke fremgangen.



Figur 18, Læringskurve

Man kan allikevel danne seg et helt generelt inntrykk av hvor lang tid det tar før man kan regnes som en "erfaren" ingeniør, konstruktør eller designer avhengig av hva man legger i beskrivelsen samt kompleksiteten av arbeidsoppgavene. Ved siden av det skal man lære bedriftens systemer, verdier og normer. Likt for alle er også at man må kunne orientere seg og knytte relasjoner internt og eksternt.

9.2 Turnover



Figur 19, Turnover (Vensim)

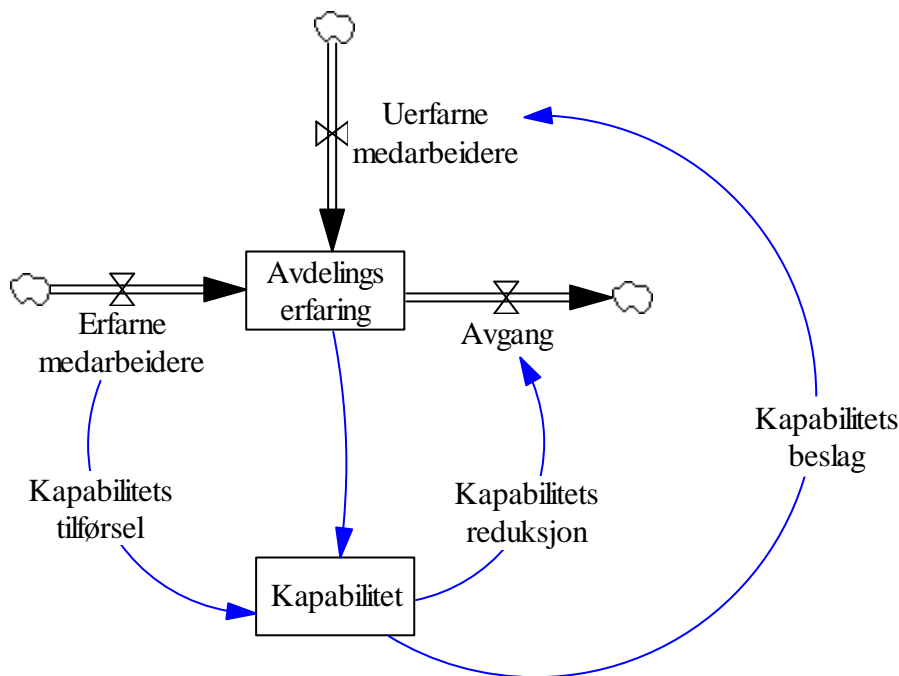
Modellen er svært forenklet og viser i prinsipp at det ansettes i henhold til avgang av ansatte. Sett fra erfarings- og læringsperspektiv er det av større interesse hvor lenge det gjennomsnittlige arbeidsforholdet varer. Den ansattes effektivitet vil bedres desto lenger ut i tidsaksen av lærekurven man kommer. Hvor raskt lærekurven stiger vil være individuelt avhengig av en rekke faktorer som utdanning tidligere erfaring osv. Sett fra produktavdelingen som ikke direkte er involvert i rekrutteringen har man allikevel påvirkning i en ansettelses vurderingsfase ved å ønske så rett bakgrunn som mulig samt at når ansettelse har funnet sted vil man kunne påvirke kompetanseutvikling og prøve å gi insentiver for de enkelte slik at arbeidsforholdets varighet blir gunstigst mulig.

Dersom turnover fører til uskiftning raskere enn opparbeidelse av lærekurven, vil det falle ugunstig ut for endringshåndtering som er avhengig av erfaringsmessig kunnskap. De standardiserte prosessene er også berørt, men er mindre følsomme for mangel på erfaring. Dette viser i realiteten at det er et konstant behov for en strategi som dekker både rekruttering, oppdatering og vedlikehold av menneskelige ressurser for endringshåndtering samt de standardiserte prosessene.

Kathleen Carley (Cohen & Sproull, 1996, ss. 230-266) ser på personell turnover og innvirkning på organisasjonen. Individuell erfaring forventes å øke andelen riktige avgjørelser og organisasjonen eller gruppens prestasjoner er avhengig av individuelle medlemmene. Videre påpekes problematikken i forhold til sammenhengene mellom turnover, prestasjon og organisatorisk struktur. uten systemer for erfaringsoverføring vil historisk læring og kunnskaper gå tapt og organisasjonens minne reduseres. I en bedrift med dynamikk vil uskiftninger pågå kontinuerlig, innenfor en ramme kan det ansees som positivt. Intern turnover er tilsynelatende med på oppgradering av den organisatoriske læringen. Imidlertid går endel operative dyktige ingeniører over til ledende stillinger hvilket fører til at kunnskap og erfaring ikke får samme anvendelse. Innleid personell betyr ikke nødvendigvis større sansynlighet for uskiftning, mange forhold er langvarige og kan ende i fast ansettelse. Carley påpeker dess høyere turnover rate dess lavere læring og vil teoretisk ha samme innvirkning ved innleid personell. Imidlertid kan innleie av rett

kvalifisert og erfarent personell øke lære raten til organisasjonen. Innleid personell med lite erfaring vil da få motsatt effekt, i tillegg vil de i praksis ofte legge beslag på ressurser i forbindelse med opplæring både med relativt enkle oppgaver og komplekse. Carley oppsummerer om innleid personell fra dårligst til best stilt tilfelle; Personell med upassende erfaring som kan virke mot sin hensikt, personell uten erfaring og personell med relevant erfaring.

Erfaringsmessig vil innleid uerfarent personell med rask lærekurve som slutter tidlig vil i opplæringsperioden beslaglegge ressurser og ta med seg kunnskapen ut av bedriften, altså et dobbelt ikke-bidrag til bedriften. Er leieforholdet i det samme tilfellet langsiktig vil det utjevne seg, blir den innleide tilslutt ansatt får bedriften full uttelling. Innleid uerfarent personell med moderat progresjon vil ved lengre leieforhold oppta plassen for alternative ressurser og bidrar ikke til læring i organisasjonen. Man leier inn personell for å øke fleksibiliteten ved konjunktursvingninger, samtidig bør det gi muligheten til evaluering av leieforholdet i forhold til læringseffekten for organisasjonen.



Figur 20, Turnover og kapabilitet (Vensim)

9.3 Ressurser og kompetanse

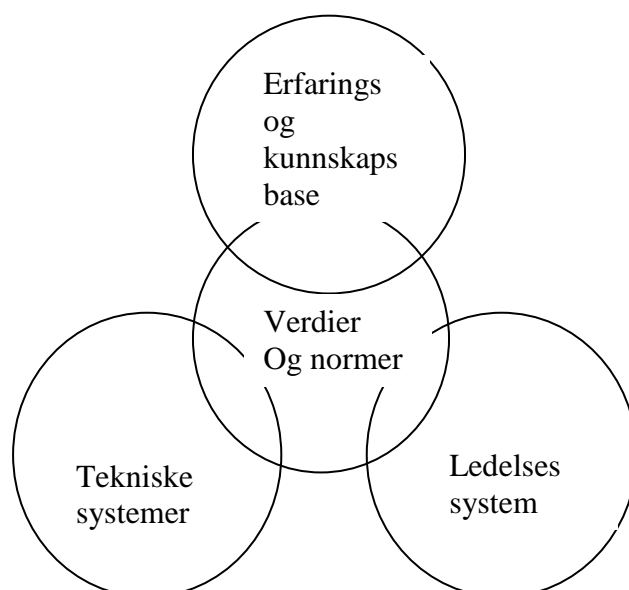
Ashis Nanda (Moingeon & Edmondson, 1998) definerer dem organisatoriske ressurser som immaterielle eiendeler som igjen kan deles opp i to grupper: *Organisatorisk kunnskap* som er team kunnskap hos den enkelte og eksisterer i form av organisatoriske rutiner. Generelt beskrives denne kunnskapen som taus og firma spesifikk kunnskap enn den individuelle. (Barney J. B., 2011) beskriver dette som organisatorisk kapital og definerer det som bidraget fra summen av individer og inkluderer bedriftens formelle rapporterings-, planleggings-, kontroll og koordineringssystem. *Grense ressurser* blir (Moingeon & Edmondson, 1998) definert til de ressursene i bedriften som jobber i bedriftens eksterne relasjoner. *Kapabilitet* blir ofte relatert til ressurser og defineres som den potensialle anvendelsen av de ressursene en

har tilgang til. Kapabilitet kan også (Barney J. B., 2011) forklares med bedriftens egenskap til å anvende og koordinere sine ressurser. *Kompetanse* forklares (Wikipedia, 2010) ved å kunne- eller være i stand til noe, som å utøve et yrke med komplekse krav. Begrepet varieres gjerne og kan grovt deles i teoretisk og praktisk kompetanse. I noen tilfeller slås disse sammen til samlebegrepet *realkompetanse*.

Organisatorisk (Moingeon & Edmondson, 1998) diskuteres rutiner som hjelper å konfigurere å utvikle ressursene i bedriften optimalt i forhold til tilgjengelig kapabilitet. Kompetanseutviklingen deles i to: *Foredlingskompetanse* som akkumulerer organisatorisk kunnskap steppvis gjennom ”learning by doing” i jobbsammenheng. Beskrives som en effektiv måte å opparbeide erfaring og kunnskap på, men kan ved for stor, ensidig fokus føre til at man ikke fanger opp endringer og mister evnen til å fornye seg.

Fornyingskompetanse derimot kan antas å lede til nyvinning og mere effektive arbeidsmetoder, det påpekes at fornying kan forringe eksisterende ressurser. *Kjernekompetanse* (Barney & Hesterly, 2008) gis blant annet karakteristikken av å være komplekse sett av ressurser og kapabiliteter som binder sammen forretningsområdene gjennom ledelse, teknisk ”know how” og erfaring og visdom. Slik sett vil det fra bedriftens side rent organisatorisk være evnen til å sy sammen og levere på en fastsatt tid en konfigurasjon av produkter som tilpasses et fartøy . I en produktavdeling vil det også være et kjernekompetansebehov som vil stegvis opparbeide seg over tid forutsatt tilstrekkelig kompetanse og kapabilitet. Kapasitet er ikke nok i seg selv, dersom den ikke er riktig balansert. For å opparbeide og utnytte kompetanse er man avhengig av kilder man kan hente denne i fra. Erfaringsbasert kjernekompetanse kan vanskelig bygges alene innenfor en produktspesifikk avdeling. Derimot vil man besitte spesialkunnskap om produktet, men utvikling av produktene er igjen basert på input fra andre fag- og produktavdelinger samt kunde og ettermarked.

Kjernekapabilitet (Leonard-Barton, 1992) er et derivat av kapabilitet. Hvor *kjerne* er definert som det som differensierer bedriften strategisk. Artikkelen adopterer det kunnskapsbaserte synet på en bedrift og definerer kjernekapabiliteten som kunnskaps settet som kjennetegner og sørger for at bedriften innehar konkurransemessige fordeler. Videre gis kunnskaps settet fire dimensjoner; 1. de ansattes *kunnskaper og erfaring*, 2. de *tekniske systemer*, 3. *ledelse systemet* og til sist; 4. *normer og verdier*. Kunnskap og erfaring er ofte omtalt og assosiert med kjernekapabilitet både når det gjelder bedrift-, system-, og produktspesifikke kunnskaper og vitenskapelig forståelse. De tekniske systemer er resultatene av akkumulering, kodifisering og strukturering av taus kunnskap fra de ansatte i form av prosedyrer, instruksjoner, databaser etc. Ledelsen er med på å styre og kontrollere hvordan kunnskapen skal oppdateres, balanseres og ivaretas.

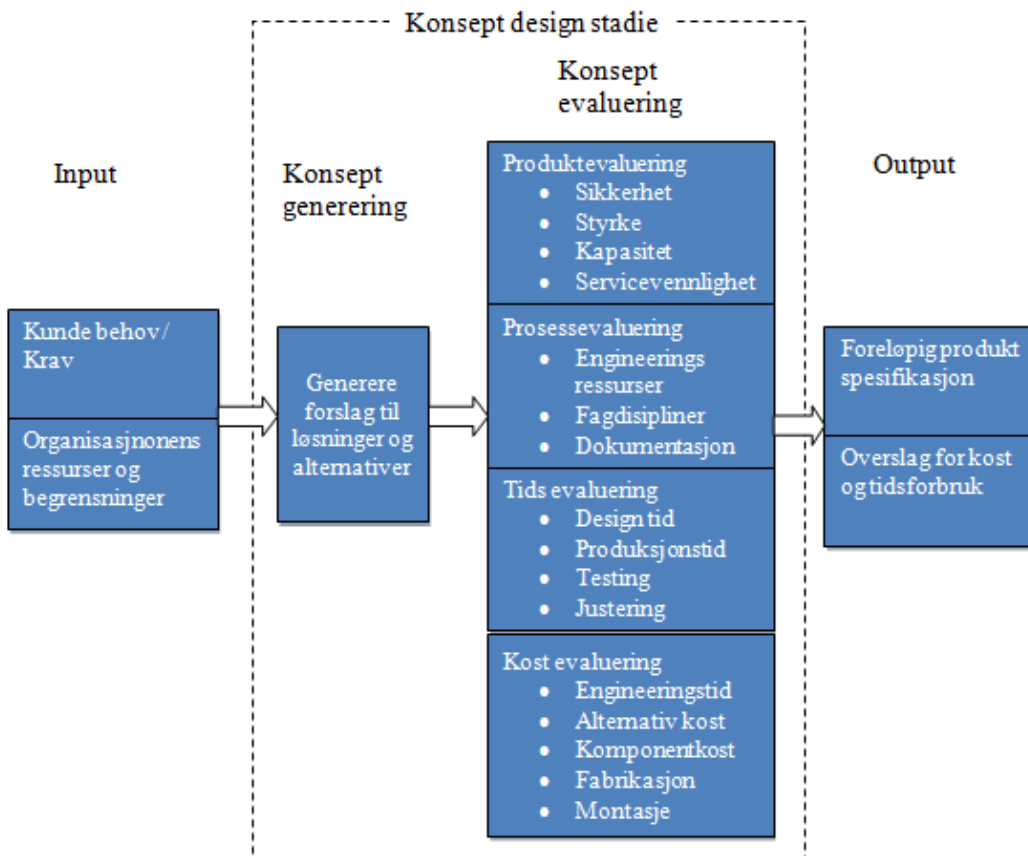


Figur 21, Kjernekapabilitet- fire dimensjoner

9.4 Endring og design

Produktendringer vil til sist måtte brytes ned til engineering i de forskjellige fagdisipliner. Den mekaniske engineeringen hører til under produktgruppen. For å designe en endring må vedkommende ha et best mulig helhetsintrykk på grunn av avhengigheten mellom komponenter, detaljer og sammenstillinger. Det finnes begrensninger (Yassine & Braha, 2003) påpeker blant annet svakheter som kan forekomme i informasjonsprosessen. Beslutningstaking under design aktivitetene er påvirket av kompleksiteten. Tradisjonelt vil de klassiske modellene forutsette full rasjonalitet og nøyaktig kunnskap om situasjonen som beslutningen begrunnes i. I design er antakelsene om nøyaktig og full kunnskap nesten alltid usann. I praksis viser det seg som at designer ikke kjenner alle alternative løsninger eller at man ikke bruker nok tid på å evaluere og finne de beste løsningene forårsaket av knapphet på kapasitet eller rett kompetanse.

(Chin & Wong, 1996) ser på design nivåene på basis av konseptgenerasjon. Produktendringer vil i mange tilfeller sammenfalle ved at man for å løse et problem starter med konseptløsninger selv om det ikke dreier seg om et nytt produkt, men snarere en alternativ konfigurasjon eller anvendelse.¹⁰ Evaluering av alternativer tidlig i designprosessen fremheves (Chin & Wong, 1996) for å øke sansynligheten for suksess og redusere risiko uforutsette endringer i senere stadier av produktprosessen. Likeså at vektlegges betydningen av at all informasjon ikke er tilgjengelig i et tidlig stadie, hvorpå man er tjent med best mulig ekspert kunnskap før beslutninger tas. To vanlige problemer nevnes i konseptfasen; Utilstrekkelig undersøkelse av mulige alternative løsninger, samt ineffektiv integrering av konseptkriterier som har betydning for kostnadene.



Figur 23, Beslutninger i konsept design (modifisert fra Chin & Wong 1996)

¹⁰ Chin & Wong 1996 er basert på kunnskaps basert konsept design av støpedeler, nyttige likheter er adoptert til endringsprosessen.

For konseptevaluering blir det i (Ullman, 2010) blant annet benyttet Pugh`s matrise som modell for sammenligning av alternative konsepter, essensen er å få frem en ”score” på de forskjellige alternativenes evne til å møte kriteriene;



1. Velg konsept for videre evaluering
2. Velg alternativer som skal evalueres
3. Velg kriterier for sammenligning
4. Velg vektning av viktighet
5. Evaluer alternativene
6. Beregn resultatet av evalueringen

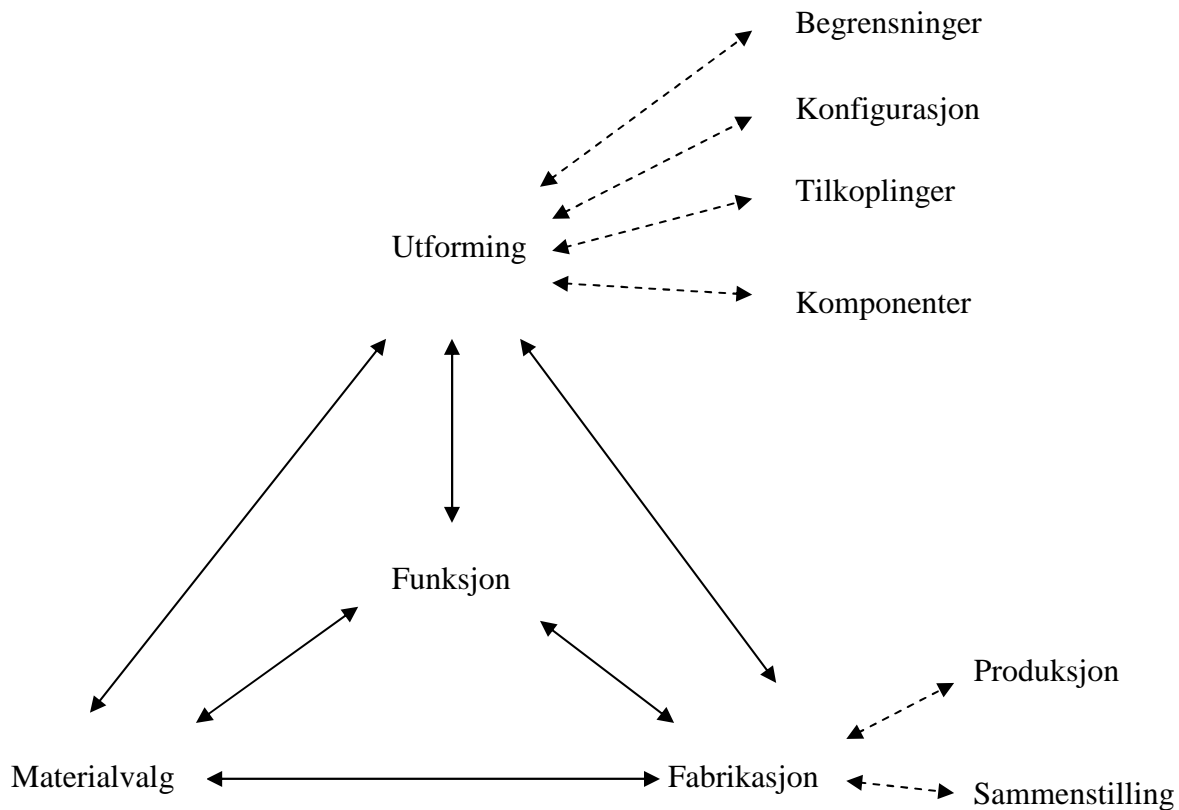
Figur 24, Beslutningsmatrise basert på Pugh`s metode

Matrisen er også enkel å fremstille i tabellform for innfylling av data hvor man legger arbeid ned i viktighetskriteriene og evaluerer med karakterene -1, 0 og 1;

| Endringsforslag: | | Alternativer | | | |
|---------------------|------|--------------|-----------|-----------|-----------|
| | | Forslag A | Forslag B | Forslag C | Forslag C |
| Kriterier | Vekt | | | | |
| Funksjon | 25 | 0 | 0 | 1 | -1 |
| Styrke | 14 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| Vekt | 12 | 1 | -1 | 1 | 1 |
| Brukervennlighet | 25 | 0 | -1 | 1 | 1 |
| Servicevennlighet | 10 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| Levetid | 15 | 1 | 0 | -1 | 1 |
| Total | | 3 | 0 | 2 | 3 |
| Vektet total | | 37 | -13 | 47 | 37 |

Figur 25, Eksempel på beslutningsmatrise av Pugh`s

Produkter formes (Ullman, 2010) begrenset av eller forbundet med andre komponenter og konstruksjoner. Når disse er avklart og forstått kan man utvikle konfigurasjonen. Deretter kan tilkopling eller grensesnitt mot annet utstyr utvikles og til sist kan komponentene i seg selv utvikles. Med basis i funksjon er så avhengigheter som materiale, form og produksjonsteknikk tilknyttet;



Figur 26, Design elementer (Ullman 2010)

Modellen viser elementer som ikke bare er med på å avgjøre design, men også er kostnadsdrivere og eventuelt potensiale til kostnadsreduksjon. En endring kan være generert av fysiske begrensninger som tilsier en spesiell konfigurasjon av maskiner. Man går da baklengs i modellen til utforming, for så videre sørge for at funksjon opprettholdes. Videre kan dette føre kapasitetsendringer som igjen utfordrer materialvalget. Både produksjon og sammenstilling er en viktig del av evalueringen både for tid og kost.

9.5 Endring og årsaker

Produktendringer vil rasjonelt sett alltid ha en kjent årsak. Det er ikke nødvendigvis rotårsaken som er kjent, men den direkte bakenforliggende. For eksempel kan produktavdelingen bli bedt om å endre en maskin slik at den kan operere utover standard funksjon på en måte som gikk på tvers av- og brøt med eksisterende design. Tilsynelatende ligger det et nødvendig behov fra kundens side. Endringen ble evaluert til å resultere i vesentlig design- og fabrikasjons kostnadsøkning. Ved presentasjon av kostnadene for kunde fant de en alternativ løsning og endringskravet falt bort. Hadde rotårsaken vært kjent og rett ekspertise koplet inn ville sansynligheten vært større for å avdekke det rotårsak og alternativer. I (Wilson, Dell, & Anderson, 1993) vektlegges rotårsaksanalyse som et viktig verktøy. Sett fra et produkt endringsperspektiv vil man ikke nødvendigvis søke etter årsaken til en feil, heller rotårsaken til et endrings ønske eller krav. Er årsaken uklar kan også omfanget av endring som utføres avvike fra reelt

behov. Binær tenkning (todelt) nevnes som en felle å gå i ved at man antar kun en rett- og en gal løsning. De fleste løsninger vil ha noe for seg, men noen kan være mer arbeidskrevende enn nødvendig. Å basere seg på for tynt grunnlag ved at man feks gjør antakelser ut fra en vag kilde eller gjør antakelser ut fra hva en tror vil også kunne føre til mindre heldige beslutninger. For å øke sannsynligheten for en vellykket endring vil klar informasjon om årsak, krav og behov være avgjørende. I motsatt fall risikerer man å disponere tiden feil, og i verste fall levere en utilstrekkelig løsning.

Årsaker til et prosjekts fiasko (Hull, Jackson, & Jeremy, 2011) grovforklares ved at krav eller behov er mangelfullt organisert, uttykt, for svakt relatert til interessegrupper, ressursmangel, hyppig skifting av spesifikasjoner og krav, eller urealistiske forventninger. I motsatt fall nevnes suksessfaktorer som involvering av interessegrupper¹¹, støtte fra ledelsen, klarlagte krav og behov, god planlegging, kompetente medarbeidere og eierskap. Krav eller behov vil kunne medføre endringer, selv om man ideelt sett ikke forventer endringer så vil man være best tjent med å forvente det. Typisk vil sannsynligheten for endringer øke med kompleksiteten på utstyret og systemet de inngår i.

Et tidligere omtalt eksempel var et krav om en maskins operasjons rekkevidde fra kunde i tilbudsfasen. Fokuset ble fort dreiet til ”hvordan kan vi løse problemet”. Siden en maskin dekket behovet ble ikke spørsmålet om årsak til kapasitetskravet reist. Historisk viste det seg at dette hadde vært levert tidligere til samme kunde. Imidlertid eliminerte plassmangel maskinen som hadde tilstrekkelig kapasitet, dermed måtte en mindre maskin designes om til kundens spesifikasjon. I ettertid viser det seg at de involverte i tilbudsfasen fremdeles var usikre på hvorfor maskinen måtte ha den spesielle kapasiteten. Om det var akkurat dette for nødvendig å løse kundens egentlige utfordring, eller kunne vært løst med en helt annen konfigurasjon vil ikke være mulig å si.

9.6 Kontraktsutforming og kost

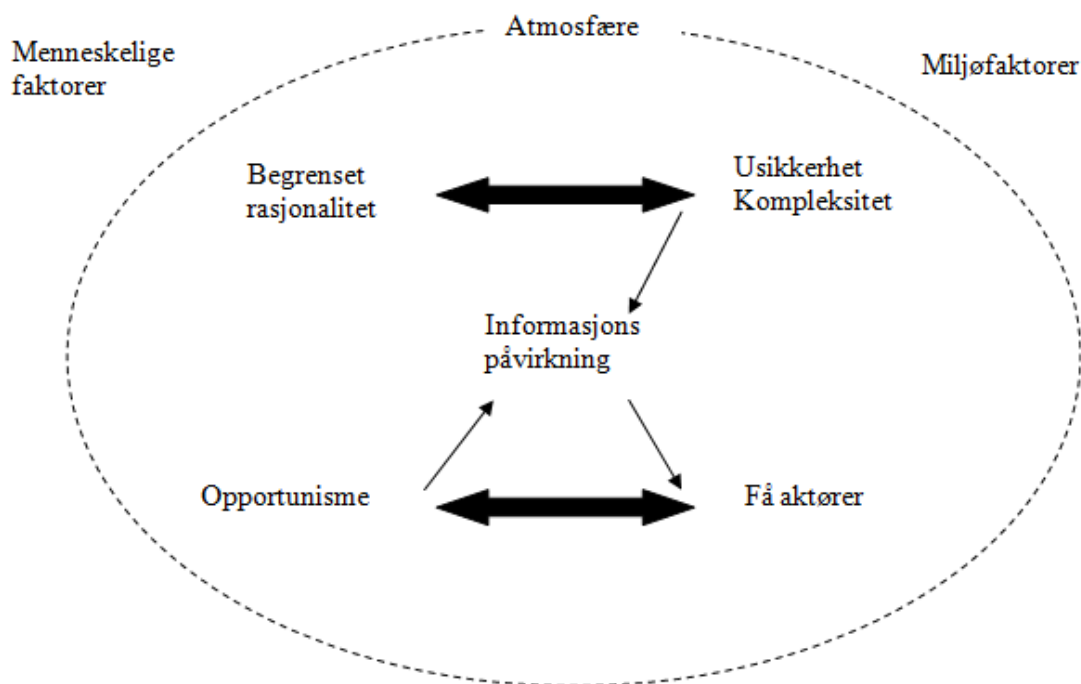
Kostnader estimeres og utveksles internt før de legges på en margin og presenteres for kunde. Som diskutert i empirien var det tidligere tilfeller av overestimering i kostnadsestimatene. For å ta høyde for usikkerhet eller at kostnaden ble presantert videre på en måte at det ikke gav nødvendig inndekning. I transaksjonsteorien (Coase, 1988) diskuteres forholdet mellom produsent og kunde og kostnadene knyttet til en transaksjon. Fra bedriften finnes det eksempler på at man ved åpne relasjoner har fått større rom til å justere priser løpende i henhold til endringer, men disse relasjonene har blitt forandret etterhvert som markedene utvikler seg. Ved usikkert omfang og mindre åpenhet vil man internt søke dekning over marginalkost også med hensyn på usikkerhet, på den annen side har det vist seg at den som skal presentere kost for kunde vil prøve å moderere da de forventer at kunde vil reagere dersom den oppfattes for høy. Usikkerhet kan i dette tilfelle medføre transaksjonskostnader som går i bedriftens disfavør. Diskusjonen i (Coase, 1937) påpeker kostnadene som påløper ved forhandlinger og inngåelse av kontrakter. Kontrakter og spesifikasjoner er et kostnadselement både ved tiden som benyttes til gjennomgang og til å sikre seg forbehold, og ikke minst dersom man overser noe som får konsekvenser etter kontrakt er signert.

Imidlertid ser det ut til at den mest anvendte strategien for å holde kostnadene nede på er å forholde seg til- og bruke tid på denne med tilhørende spesifikasjoner. (Williamson O. E., 1985) går videre med transaksjonsteorien og kommer inn på menneskehetens iboende begrensede rasjonalitet tendens til opportunistisk atferd. Forklart i (Kalsaas B. T., 2009) kan dette igjen føre til utforming av kontrakter nettopp for å sikre seg mot at uklarheter i kontrakten kan utnyttes ufordelaktig for kunden. Dette gir utslag i praksis hvor de mest arbeidskrevende kontrakter består av en hovedkontrakt med referanser en rekke separate kravspesifikasjoner, både spesifikke og generelle. Det kan i tillegg henvises til tidligere

¹¹ Interessegrupper, Am: ”stakeholders” inbefatter individer, grupperinger eller organisasjoner som har direkte eller indirekte interesse i systemet. (feks. Kunde, sluttbruker og individer eller avdelinger i bedriften)

leveranser og tas forbehold om at det alltid er den mest gunstigste løsningen som skal gjelde. Desto mer kunden sikrer seg, desto mere tid vil kreves til gjennomgang av kontrakt og kravspesifikasjoner og dersom begrensede ressurser eller kompetanse i denne fasen øker også risikoen for at man selv ikke får tatt nødvendige forbehold og justeringer i pristilbud og egen utstyrsspesifikasjon. Slik kan produktendringer som gir kostnadsøkninger oppstå uten at man har anledning til å forhandle om kompensasjon, men fanges de opp før signering vil de bli endel av forhandlingene allerede før prosjektet blir etablert.

Kontrakter som gir systemansvar for en pakke med utstyr vil også kunne medføre at man må tillegge funksjoner på utstyr fordi man burde forstått det var nødvendig for den totale systemfunksjonen. Dermed kan også spesifikasjoner som ikke er nevnt generere produktendringer. Kontrakten kan dermed oppfattes både som en markeds- og relasjonskontrakt. Kostnadmessig med den største nedsiden for leverandør proposjonalt med økende grad av systemansvar kombinert med ressursmangel i kontraktsfasen. I (Williamson O. E., 1975) fremheves organisatoriske imperfeksjoner som kan påvirke transaksjonen deriblant kontraktens kompleksitet og usikkerhetsmomenter kombinert med den menneskelige naturlig begrensede rasjonelle evne til å håndtere informasjon uten at feil oppstår. I omtalt bransje er det få aktører, i motsatt fall hvor aktørene er mange vil mulighetene for feil regulere seg på grunn av markedsmekanismene vil straffe opportunistisk oppførsel ved neste mulighet til å inngå kontrakt. Ved få tilbydere eller tilnærming mot mono- eller duopolisme vil også tanken om å sikre seg mot opportuniste melde seg.

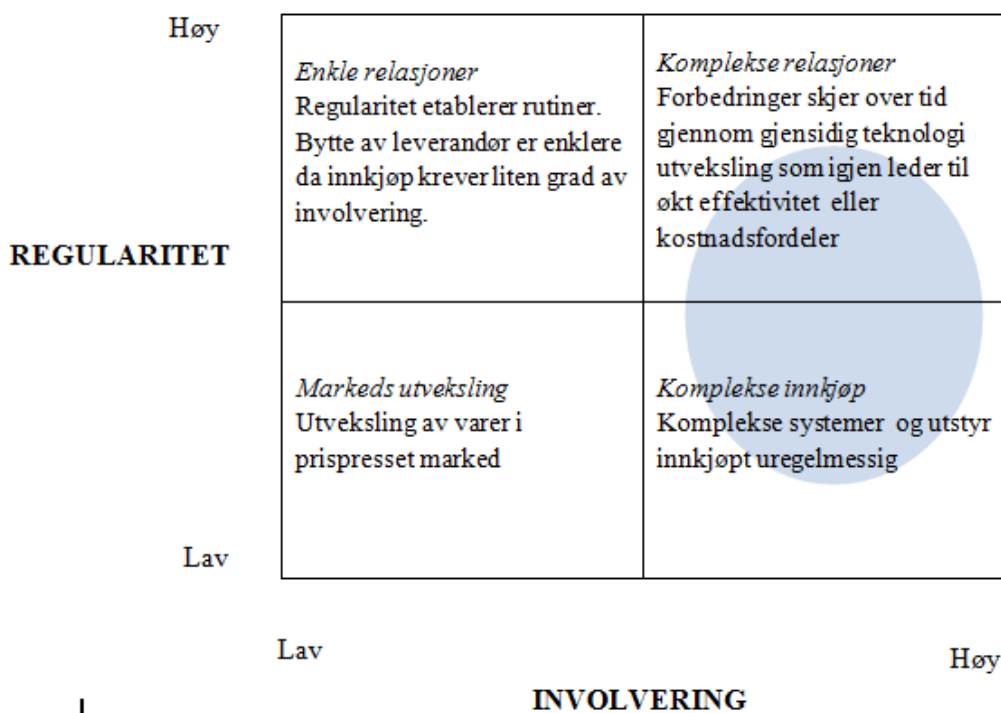


Figur 27, Transaksjonskostnader (Williamson 1975)

Figuren over hentet fra (Williamson, 1975) viser forenklet faktorer og sammenhenger som kan påvirke transaksjonskostnader. I praksis og sett i sammenheng med kompleksitet ser det ut til dette er et fenomen som en må ta hensyn til og sette av ressurser til. Graden av hvordan transaksjonen eller kontrakten utøres viser seg også å variere noe både geografisk og mellom forskjellige bedrifter.

Produkter, endringer og relasjoner

Som en systemleverandør er man en viktig partner og relasjoner bygger seg opp over mange år. Samtidig er løsningene grovt sett standardisert og prinsippielt er det rivalisering og åpen konkurranse. Samarbeid og tilpasning blir tettere og bedre når det er snakk om en serie leveranse med like prosjekt. Sett fra et nettverksperspektiv (Gadde, Håkansson, & Persson, 2010) kan det være forskjell på leveranser til verft hvor sluttbruker blir en tredjepart eller om man forhandler direkte med sluttbruker eller eier som kunde. Det kan settes i sammenheng med at kunnskapsutvekslingen kan foregå uten verftet som mellompart og heller direkte mellom kjernekompetansene på engineering- og operasjon av utstyr. Imidlertid ser det ut til at modellen med verft som kunde blir den dominerende. Sluttbruker vil normalt allikevel være involvert og vi kan plassere en systemleveranse relatert til regularitet og grad av kundens involvering slik;

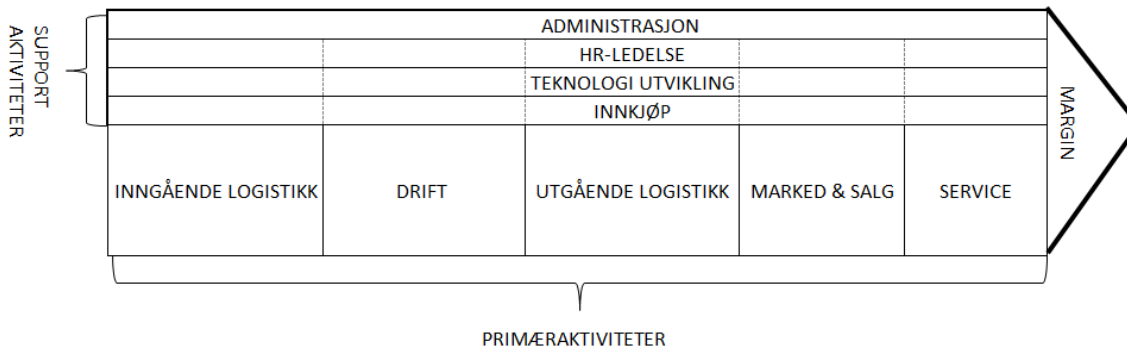


Figur 29, Kunde- leverandør relasjoner

Kunden vil spesifisere sine krav i forhold til kapasiter, gjeldende standarder samt de nasjonale og internasjonale regulativer i de områder fartøyet skal benyttes. I tillegg til dette er selve innretningen som skal utstyres en avgrensende faktor for endel detaljer og funksjoner på utstyret som åpner for både system- og produktendringer. Dette reguleres gjerne i kontrakt med tilhørende spesifikasjoner. En kunde som sluttbruker ofte vil prøve å differensiere og effektivisere sine boreoperasjoner og kan derfor komme med særspesifikke krav utover det som beskrives i kontrakt.

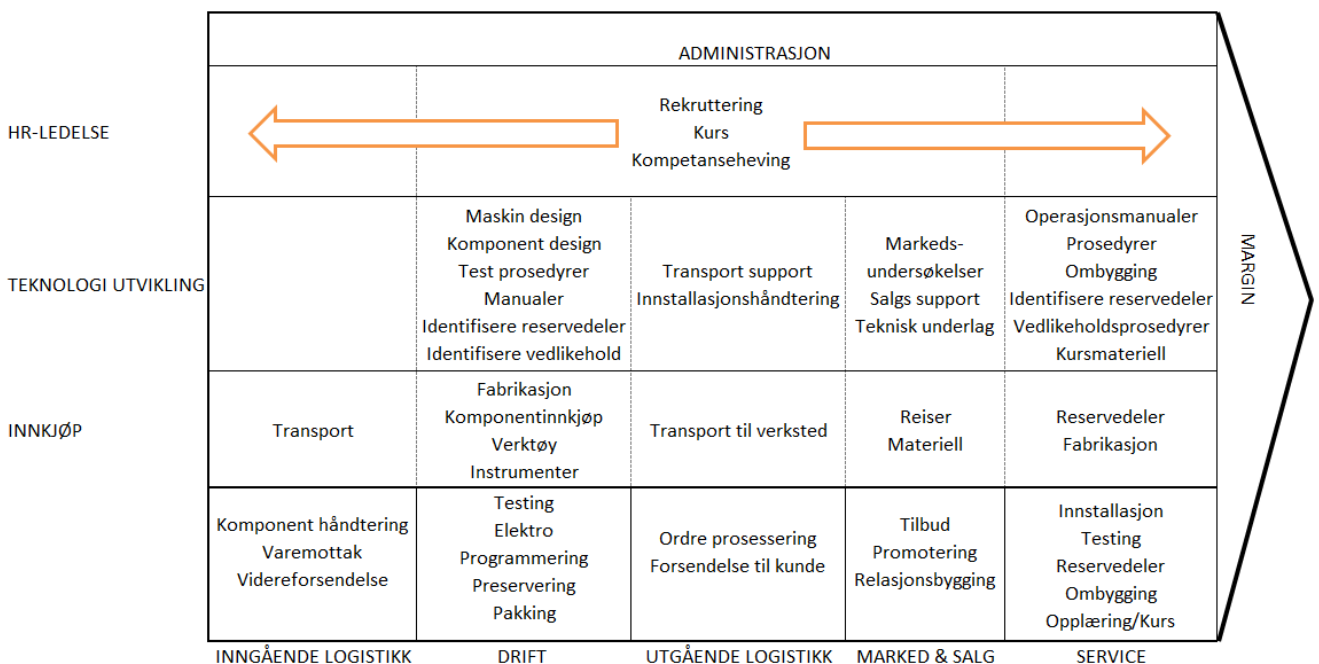
9.7 Verdikjede perspektivet

Porter (Porter, Competitive Advantage, 1998) deler bedriftens aktiviteter opp i primær- og sekundær aktiviteter og representerer de i form av en generell verdikjede. Modellen er laget som et verktøy for å gjøre strategiske vurderinger ut fra bedriftens aktiviteter og hvilke konkurransefortrinn man kan oppnå ved å differensiere seg i forhold til sine konkurrenter. Ved å ha et aktivitetsbasert syn på bedriften kan man benytte rammeverket til Porter for strategisk analyse;



Figur 30, Porters generelle verdikjede

Det generelle rammeverket kan ekspanderes slik at man kan plassere kostnadsdriverne sett i forhold til verdikjedebegrepet i den aktuelle bedrift og for det spesifikke produkt;



Figur 31, Porters verdikjede med utvalgte aktiviteter

Visualisering av aktivitetene i forhold til verdikjeden kan gi en ekstra dimensjon ved kostnadsvurdering av endringer. Man kan plassere de riktig eller få inn aktiviteter som ellers lett kan falle bort. Et eksempel er at etter en endring så vil ikke transportrammen til maskinen passe lenger. Dermed må denne redesignes eller spesialdesignes for et spesifikt prosjekt. Transportrammen er et sekundærprodukt som ligger utenfor senter av endringen og kan noen ganger ikke være mulig å forutse ved ved kostnadsestimerings tidspunkt. Allikevel kan det genereres vesentlige design timer og evt fabrikasjonskost.

Porter vier oppmerksomhet til konkurransefortrinn hvor verdikjeden benyttes som et analyseverktøy. I sin bok om konkurransestrategi (Porter, Competitive Strategy, 1998) nevnes tre generelle konkurransestrategier; 1) kostnadslederskap, 2) differensiering og 3) fokus. Generelt vil det innen kategorien utstyr til oljebransjen konkurreres på gode system løsninger hvor man vil søke å differensiere seg fra konkurrentene der det er mulig som for eksempel på total funksjonalitet og kapasiteter. For en sluttbruker har det mye større verdi dersom boreoperasjonen foregår raskere og man har så få driftstans som mulig enn om om kapitalinvesteringen er marginalt høyere. Imidlertid kompliserer det balansen dersom tredjepart som verft står i mellom og fokuserer på kostnader for å øke egen margin. Dermed er man i en situasjon hvor kostnadsreduksjoner er endel av strategien selv om man ikke konkurrerer i et lav kost marked. Porter setter de tre strategiene inn i matriseform;

| | | STRATEGISKE FORDELER | |
|-----------------|-------------------|------------------------|---------------------------|
| | | Unikhet sett fra kunde | Lav kost |
| STRATEGISKE MÅL | Industri generelt | DIFFERENSIERING | OVERALL KOSTNADSLEDERSKAP |
| | Spesial segment | FOKUS | |

Figur 32, Porter- tre generelle strategier

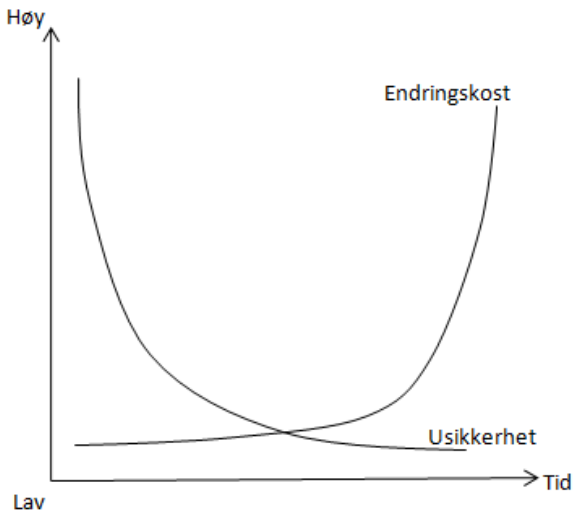
Ut fra matrisen er fokus er på en spesifikk bransje og differensiering. Man er ikke i et lav kost marked men kostnadseffektivisering er allikevel et element for intern marginforbedring samt for konkurransestrategi. En stor del av differensieringen er direkte eller indirekte kundedrevet. Kostnadmessig har man fordelene av skala¹² på prosjektgjennomføringer kombinert med standardiserte produkter. Differensiering kan deles i to; 1) det kontinuerlige utviklingsarbeid i produkt- og fagavdelingene og 2) De spesifikke kundetilpasningene¹³. Dermed er kundetilpasningene endel av differensieringsstrategien, men den må balanseres og avveies for ikke gå direkte på tvers av standardiseringen. Dette kan løses i praksis blant annet ved å i størst mulig grad beholde standard løsningene og designe inn endringene som tilleggsapplikasjoner til standardproduktet. Evalueres endringen å ha generell interesse i bransjen, lanseres den som en standardisert applikasjon eller produkt attributt.

¹² Skalafordeler oppnås ved volum av relativt like prosjekter hvor prosessene kan gjentas og man drar nytte av den organisatoriske læringseffekten.

¹³ Spesifikke kundetilpasninger kan også leses som kundegenererte endringer

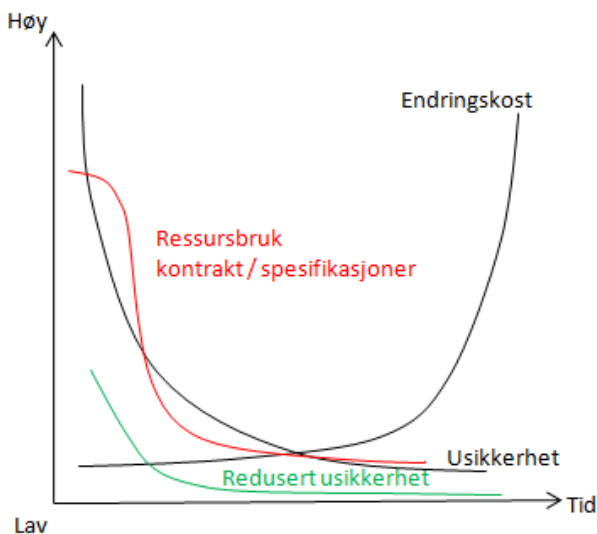
9.8 Kostnader og usikkerhet

Usikkerhet i forhold til prosjekt og produkt endringer kan defineres (Solberg & Danielsen, Teknologi Ledelse, 1992) som differansen mellom nødvendig informasjon for å gjennomføre en aktivitet og den til enhver tid tilgjengelige informasjon. Desto tidligere stadiet man er i prosjektet desto større er usikkerheten for så å avta etterhvert som prosjektet skrider frem. Samtidig vil endringskostnadene opptre omvendt proporsjonalt ved at kostnaden ved å utføre en endring er minst i starten og øker utover prosjektet;



Figur 33, Endringskostnader og usikkerhet (Solberg m.fl. 1992)

Dette kan sies å gjøre seg gjeldende spesielt ved informasjon man ikke oppfatter tidlig i prosjekt eller allerede i tilbudsfasen men binder seg til å levere kontraktuelt. Sett fra den siden må det tilføres et element til, nemlig ressursbruk i tidlig fase. Mange tekniske endringer som man må utføre, men ikke var kalkulert i tilbud kunne vært oppdaget ved å sette inn større ressurser til gjennomgang av spesifikasjoner og kontrakt og dermed redusere usikkerheten;



Figur 34, Endringskostnader og reduksjon av usikkerhet, modifisert av Solberg m.fl 1992¹⁴

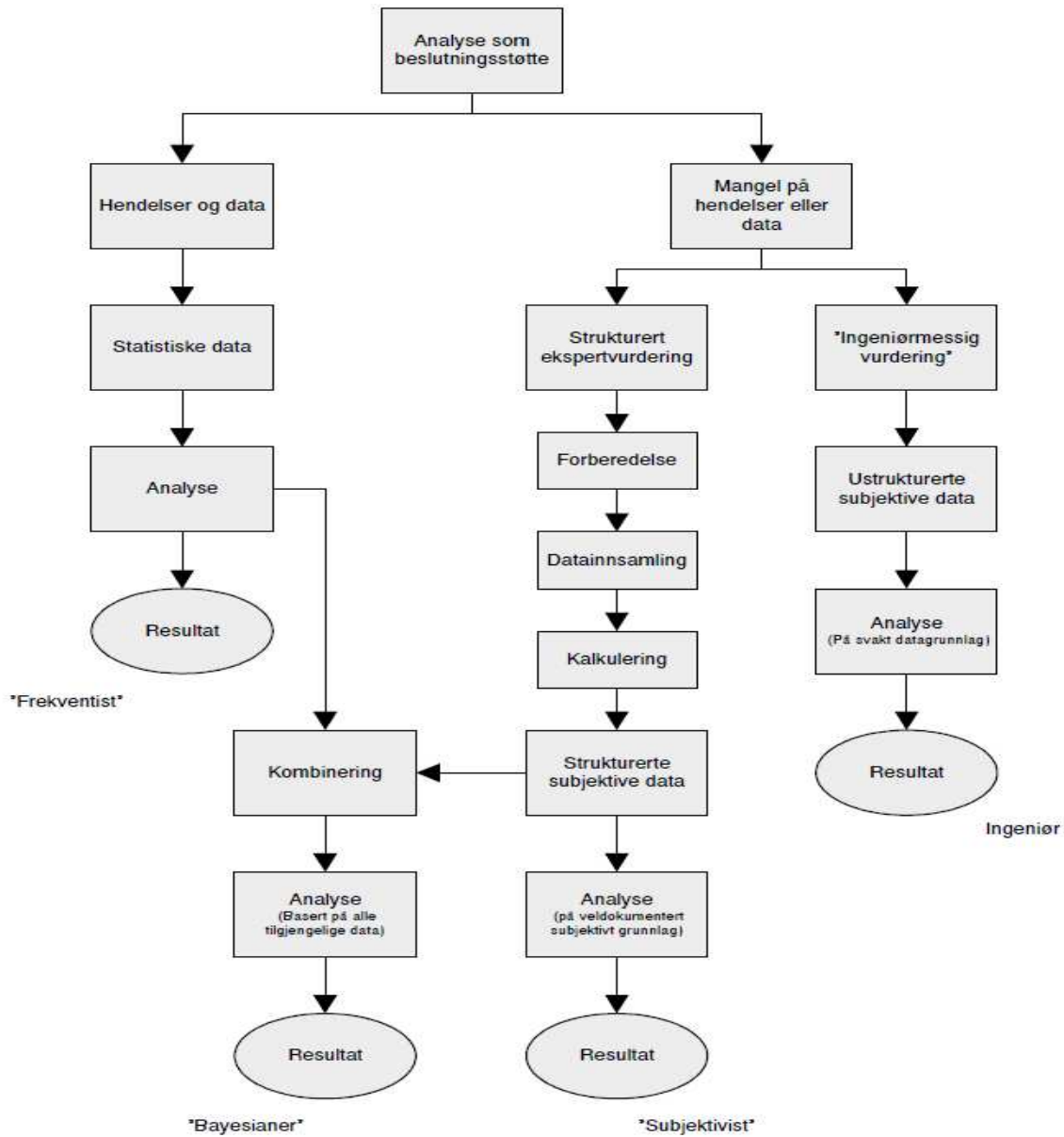
¹⁴ Ressursbruk og redusert usikkerhet er en vurdering gjort av observasjoner, det foreligger noe skalamessig datagrunnlag som underbygger de reelle forskjellene.

Usikkerheten beskrevet ovenfor gjelder utfallet av kontraktmessige spesifikasjoner som ikke fanges opp tidsnok eller at man tolker mottatt informasjon utilstrekkelig. Dersom endringsbehovet er identifisert og man fastslår at omfanget er ukjent så står man ovenfor en ny type usikkerhet. I tidlig fase er man ofte bundet til korte svarfrister, i tillegg har man ikke ressurser til full detaljevaluering av hver enkelt endringstilfelle da mengden av tilbud er større enn antall prosjekter som settes i gang. For å unngå overraskelser på de tilbud som realiseres må derfor alle kostnader evalueres så riktig som mulig. Man er raskt over i en fase hvor det ikke er full informasjon når estimatet må utføres. Et godt hjelpemiddel er oversikten over alle aktivitetene som samstemmer i budsjett og kostestimat. Det er først og fremst i mengden usikkerheten ligger, enten i timer for timebetalt arbeid eller kostnader for innkjøpte tjenester. Det kan også oppstå varianter av aktiviteter som ikke ligger inne i standard oppsett som feks omarbeiding. I et møte med prosjektet ble det formulert slik at kosten for en spesifikk endring skulle hverken være for høy eller for lav, den skulle være akkurat det en regnet med det ble. Selve endringsarbeidet haade oppstart 2 mnd i ettekant av kostnadsestimering, man visste grovt hva som skulle endres men erfaringsmessig vokser omfanget pga kompleksitet. Siden det ikke er et komplett produkt tenderer kostestimatet til å bli relativt grov;

- Engineering (timer x rate)
- Fabrikasjon (kost)
- Komponenter (kost)
- Dokumentasjon (timer x rate)

Timer for engineering og dokumentasjon kan kontrolleres opp mot tidligere lignende endringsjobber og sammenlignes med standard jobber. Man får da $\Delta(t) = [\text{endringsjobb}(t) - \text{standardjobb}(t)]$ for både engineering og dokumentproduksjon. Kritiske komponenter utenom standard kan sammenlignes med andre spesialkomponenter fra tidligere prosjekter dersom disse finnes, eventuelt kan det forespørres på skissegrunnlag. Metoden som benyttes er svært forenklet, engineeringstid kan innhentes ved å spørre en eller flere design ingeniører hva de tror de vil bruke. Dokumentasjonsarbeid blir tillagt en andel timer og kritiske komponenter kan være delvis basert på historiske innkjøpspriser på tilsvarende eller innhentet fra leverandør basert på preliminært grunnlag.

(Drevland, Austeng, & Torp, 2005) tar for seg usikkerhet og estimering og fremsiller ulike alternativer for fremskaffelse av inngangsdata. I sin rapport skiller de mellom metoder eller kombinasjoner av disse som benyttes. De mest troverdige og etterprøvbare er ekspertvurderinger eller ”frekventistenes” alternativ som ideelt sett baserer seg på at man kun baserer seg på statistiske data i form av mange observerte registreringer på tilsvarende situasjoner. Deretter beskrives ”subjektistenes” tilnærming som baserer seg på systematisk innsamlede subjektive data som er strukturert så de blir så objektive som mulig. Helt i den andre enden av skalaen beskrives den ingeniørmessige vurderingen som baserer seg på tommefingeregler og tilfeldige subjektive data som ikke er strukturert. Denne metoden vil typisk benyttes der det ikke finnes statistiske data å legge til grunn.



Figur 35, Usikkerhet og metoder for inngangsdata (Drevland m.fl 2005)

Summarisk stilles følgende krav til metoder for ekspertvurderinger;

1. Dokumentasjon
2. Objektivitet
3. Empirisk kontroll
4. Kompletthet
5. Enkelthet

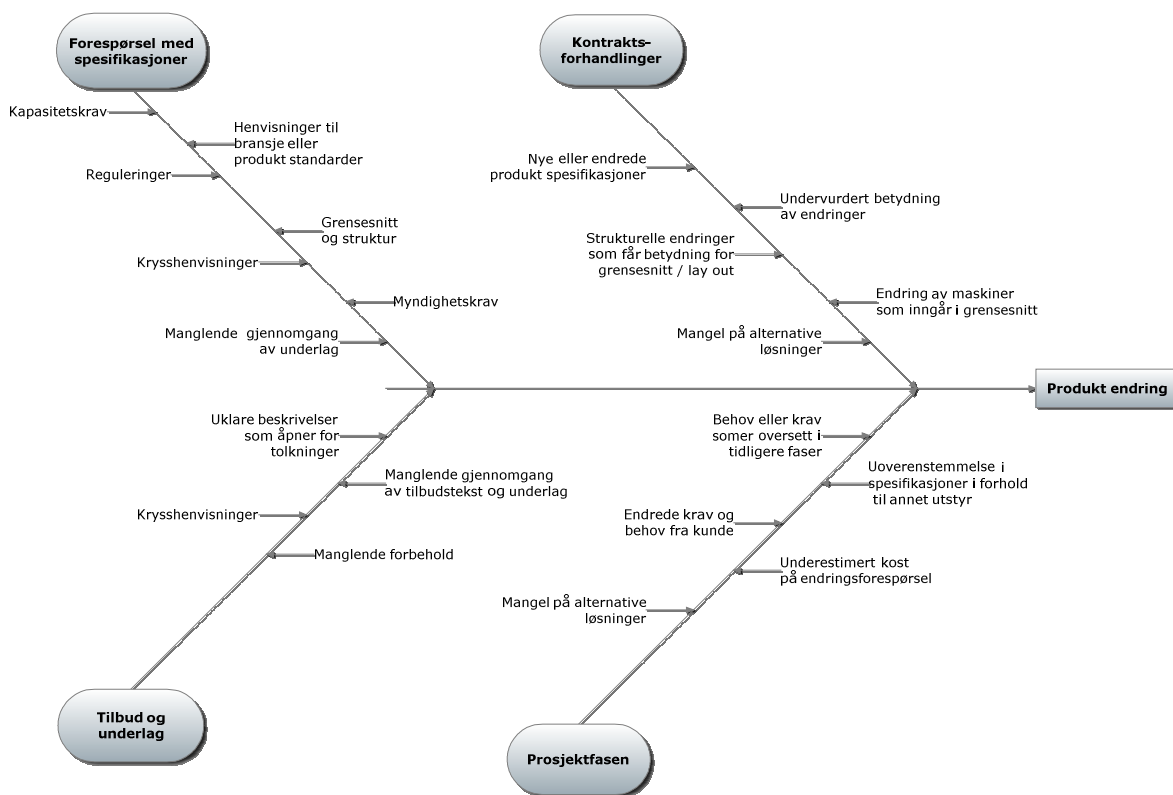
Frekventistenes metode vil kunne tilfredsstillende 1-5, noe også subjektivistens alternative tilnærming kan gjøre. Ingeniørmetoden regnes i høyeste grad å tilfredsstillende krav 5, nemlig en enkel metode. Kombineres subjektive data med statistiske data får man Bayesianerens alternativ.

I bedriften er det ikke noen særskilte metoder som er anbefalt eller pålagt å benytte, selv om man er klar over usikkerhet blir det som regel ikke benyttet noen formell metode for kostnadsestimater. Allikevel opptrer ofte ingeniørmotoden i form av et enkelt estimat vurdert av en person. I andre tilfeller samler man derimot inn estimater fra flere personer gjennom en brainstorming eller ved å spørre flere og vurderer svarene objektivt og benytter dataene tilnærmet subjektivist metoden. I en del tilfeller kan man benytte budsjettene fra ferdige prosjekter som er oppdatert med virkelig kost på alle aktiviteter. Man har da en statistisk tilnærming, men historiske data er usikre desto eldre desto større sansynlighet for at det er ulikheter eller mangler i resultatbudsjettet. Et eksempel kan være en maskin som hovedsaklig er produsert i et lavkostland og man skal estimere fabrikasjon som skal utføres i høykostland. Et annet eksempel kan være at de vesentligste designtimer er ført på et søsterprosjekt av enkelthets grunner sett fra designers side. Man står derfor også ovenfor usikkerhet i det statistiske materiale i databasene.

Man står derfor ofte igjen med metoder som brainstorming, funderinger, gjetninger og spekulasjoner utført av en eller flere, med varierende grad av ekspertise og behandler de subjektive dataene mer eller mindre objektivt. I noen tilfeller kontrolleres dette mot historiske data dersom man kjenner lignende tilfeller.

9.9 Oppsummering av endringsårsaker

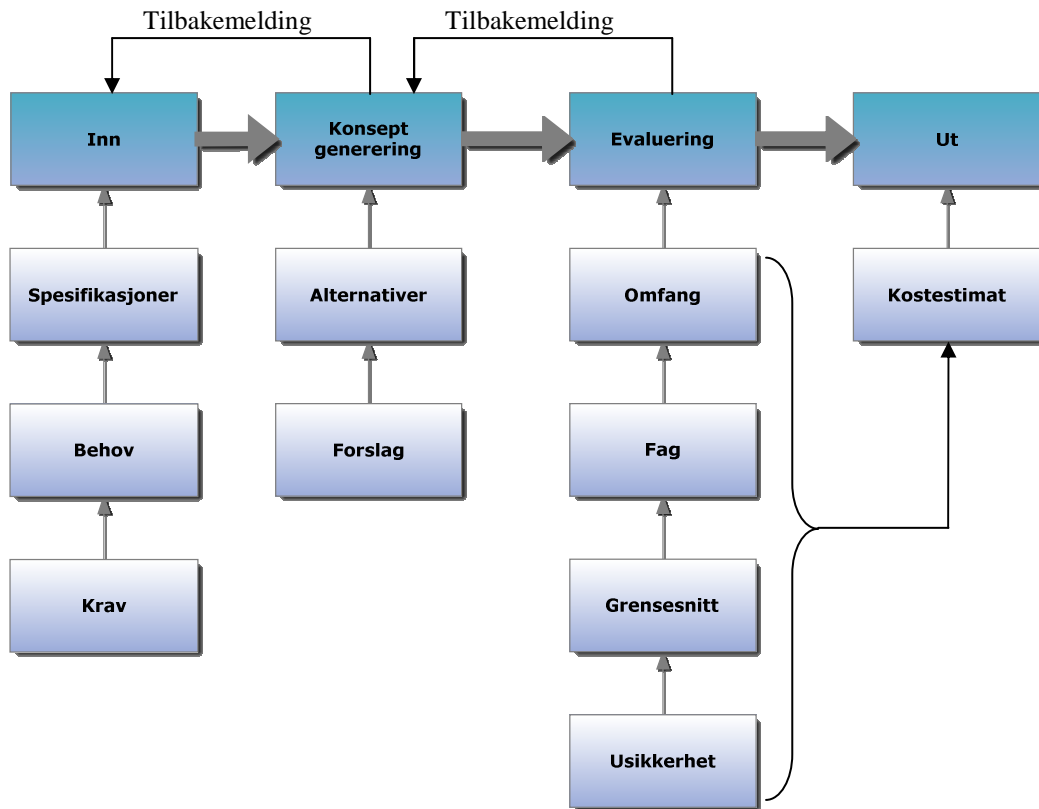
Kimen til produktendringer oppstår som regel i tidlig fase, konsekvensene kan gjerne dukke opp senere. Hvilket omfang endringene får og mulighet til å vurdere alternativer og gi et riktig kostestimater kommer an på hvor tidlig endringsbehovet klarlegges.



Figur 36, Årsak-Virkningsdiagram, produktendringer ¹⁵

¹⁵ Med krysshenvisning menes det at et krav eller behov er skrevet et sted det ikke forventes, feks under "Software" kan det stå spesifikasjoner som har betydning for design av Roughneck.

9.10 Oppsummering av produktendringer og kostestimat



Figur 37, Konseptevaluering

Inngangsdata;

Disse kommer via salg eller prosjekt og er generert av kundens behov, krav eller spesifikasjoner i tilbuds- eller prosjektfasen. Produktavdeling kan påvirke dersom de blir involvert ved slik at kunde kan korrigere sine krav. Hvilken funksjon skal endringen oppfylle, betyr det kapasitetsøkning eller at den skal operere utover sine akser, evt hva skal maskinen håndtere og hvor og hvordan skal dette håndteres.

Konseptgenerering;

Forslag til løsning legges frem, dersom mulig involveres flere i denne fasen så man får bredde og varierende grad av erfaring og ekspertise.

Evaluering;

Forslagene filtreres ned ved å grov vurdere omfanget av kostnader, tilgjengelig tid, design kapasitet, funksjon og sikkerhet. Som hjelpemiddel kan feks Pugh's metode benyttes eller en modifisert utgave av denne.

Kostestimat;

1. Baseres på evaluering av design, hvor omfanget gjennomgås med innvirkning på fag og indre og ytre grensesnitt.
2. Baseres på eller kontrolleres mot tidligere utførte lignende arbeid ved å benytte oppdaterte budsjettdata fra tidligere prosjekt. Her finnes det usikkerhet med hensyn på rett timeføring ved design, innkjøp med endringer, splittning av innkjøpsordre etc.

Dersom flere enheter til samme kunde kan engangskost fordeles på disse. Kan endringen bli en positiv salgsattributt og generelt innføres som en forbedring eller som et tilvalg, så kan det vurderes om noe av kostnadene kan diskonteres over på fremtidige salg.

9.11 Design evaluering og estimering

De forhåndsdefinerte aktivitetene er relativt mange, men innenfor hver kategori likevel ikke veldig detaljert. For eksempel er mekanisk design bare en aktivitet, selv om den kan brytes ned i mange sub-aktiviteter. Med en oversikt ser man lettere sammenhengene og vil være bedre stilt til å vurdere omfang både til planlegging av ressursbruk og til kalkyleformål. En ordinær måte å tilnærme seg omfanget av en endring kan i dag være å kontakte en designer for å be om et time estimat. Dette blir en subjektiv vurdering, og kan være preget av nettopp det designeren forbinder med sin del av jobben. Slike anslag har vist seg svært sjelden å være overestimert.

Årsakene kan være mange, men ved samtaler har det vist seg at det ikke har blitt tatt hensyn til relasjonene mellom fag, og hva det kan føre med seg av tilleggsarbeid. Selv en liten elektrokomponent kan føre til dager med mekanisk design for innfesting, finne plass til og feste kabler og beskytte både kabel og komponent. Det er mulig man har en tendens til å forenkle bildet i øyeblikket. Videre skal arbeidet koordineres mellom fagene, tilbakemeldinger fra disse kan gi nye endringer. Ettersom arbeidet tar til vil man oppdage ting som har blitt oversett, som gjør den påtenkte løsningen ikke lenger til noen god løsning. Dette betyr ny endring og prosessen gjentar seg med koordinering, kanskje ny styrkeberegning og ny tilpasning av komponenter og forbrukte timer gir lite av seg.

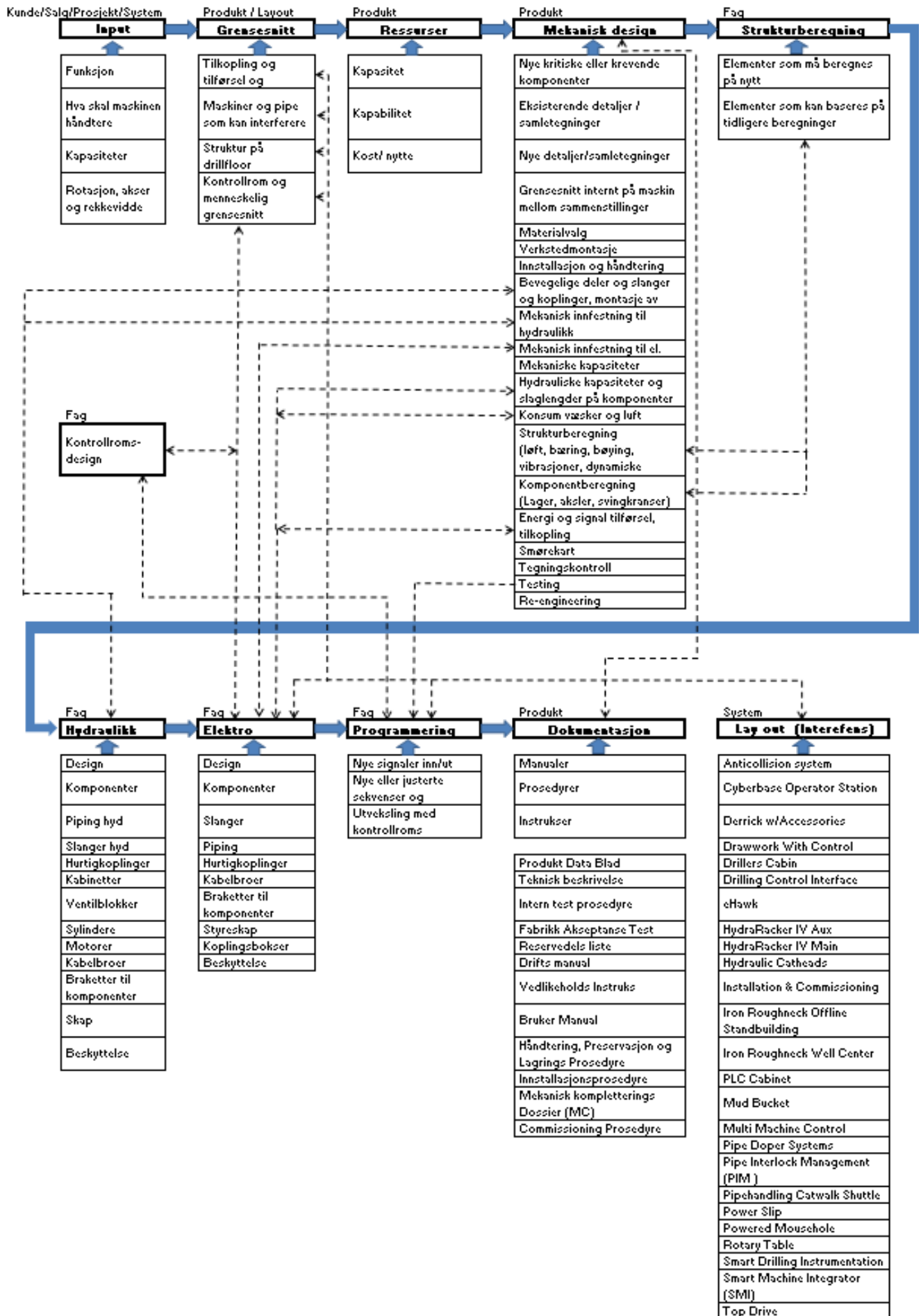
Oversikten over eget arbeid kan til tider være begrenset, like så kan man overse de andre fags belastning som også kommer inn som forbrukte timer i budsjettet etterhvert som det oppdateres. Endringer gir også grunnlag for endring i produktdokumentasjonen, i en del tilfeller kan det berøre alle dokumentene. Dokumentene kan igjen kreve at det blir laget illustrasjoner, så selv om dokumentasjon er en egen aktivitet forskjellig fra design så kan det foreksempel bli behov for et nytt smøreskjema som krever en modell med referanser til alle smørepunkt. Ved en endring vil det produseres mange tegninger i forskjellige nivåer, alle tegninger skal kontrolleres og godkjennes. Dette er også tidkrevende og lett og overse da det utføres når man er ”ferdig”. En tegningskontroll betyr også ofte at den kommer tilbake for justering.

Fra (Drevland, Austeng, & Torp, 2005) blir ingeniørmetoden (beskrevet som å i beste fall tilfredsstill et av fem krav til ekspertvurderinger. I dette tilfellet blir det hentet inn en subjektiv vurdering som skal danne grunnlag for å estimere en kompleks endring med alle fag involvert. Det kravet som tilfredsstilles er enkelthet, det benyttes ingen metodisk analyse for å få inn alternative vinklinger slik at et estimat kan utføres med en viss grad av objektivitet.

I dette tilfellet er det mulig å forutsi med stor sannsynlighet at det har skjedd en underestimering nettopp fordi omfanget ikke er belyst og gjennomgått. *Figur 39, Design evaluering og estimatgrunnlag*, gir en grov oversikt over hvilke aktiviteter og sub aktiviteter som kan genereres ved en produktendring, samt hvilken innvirkning de har på hverandre når det gjelder designvurdering.



Figur 38, Estimering med ingeniørmetoden(Drevland m/fl. 2005)



Figur 39, Design evaluering og estimatgrunnlag

To av årsakene til at det ikke innføres flere detaljerte aktiviteter i bedriftens data system er 1) Det ville være for krevende for den enkelte å føre timer og for byggeverksted å rapportere fremdrift. 2) Rapporter ville bli svært store og oppfølgingsarbeidet komplisert. Imidlertid burde subaktivitene vurderes å innføres ved designevaluering og ved kostnadsestimering.

9.12 Detaljert mekanisk design

Produktet er sammensatt av totalt cirka 35 sammenstillinger og 305 unike (637 totalt) detaljtegninger hvorav 26 av disse er sveisesammenstillinger med over 250 nye detaljer. De 35 sammenstillingstegningene inneholder 435 unike komponenter eller 2050 i antall. Dermed er det av interesse å kartlegge omfanget av nytt design og innvirkning på eksisterende ved endringer.

En sammenstillingstegning vil gjennomsnittlig bestå av 18 detaljtegninger hvor 9 av disse er unike. I tillegg vil den gjennomsnittlig inneholde 58 komponenter hvor 12 er unike. Dersom noen av detaljtegningene er sveisesammenstillinger så vil disse i snitt bestå av 10 nye detaljer.

| | Sammenstilling | Detaljer | Herav sveise sammenstillinger | Detaljer i sveisesammenstilling | Komponenter |
|---------------|----------------|----------|-------------------------------|---------------------------------|-------------|
| Unike | 1 | 9 | 0,75 | 7,5 | 12 |
| Totalt | | 18 | 1,5 | 15 | 58 |

Tabell 6, Detaljert mekanisk design

Basert på gjennomsnittstall kan man skaffe seg et inntrykk av hva nye sammenstilling kan generere, eventuelt hvor mye som kan berøres dersom det oppstår en designmessig konflikt mellom sammenstillingene. Allikevel varierer omfanget slik at det ikke ville egne seg å basere seg på gjennomsnittsdata foruten det skulle helt eller delvis designes en ny maskin. Statistiske fordelings-teknikker kunne nok vært benyttet dersom det var et visst antall sammenstillinger som skulle nydesignes eller endres. For å tilnærme seg omfanget kan gjennomsnittsoversikten brukes som en "normal" for sammenligning ved at man gjorde en faktisk vurdering av;

- Antall sammenstillinger
 - Antall detaljer i sammenstillinger
- Antall sveisesammenstillinger, antall deler i disse samt vekt og kompleksitet
- Antall komponenter
 - Behov for design og spesifisering av nye kritiske komponenter

Dersom man får dette inn i en tabellarisk form bør det gi muligheter til å estimere timer for hoveddesignet forutsatt at grovvurderingen er gjort først slik at man har tatt hensyn til avhengighet og innvirkning fra de andre fag og disipliner som elektro, hydraulikk, konfigurasjon og layout . Skal man ha læring og nytte av dette må estimatet etterkalkuleres og faktorene justeres ved avvik.

9.13 Koordinering

Ved endringer med involvering og avhengigheter fra flere fag vil det oppstå et behov for koordinering dersom endringen skal gjennomføres effektivt både kostnadmessig og innen fastsatte tidsrammer.

Koordineringen kan deles opp i komponenter (Malone & Crowston, 1990):

| Koordinerings komponenter | Assosierte koordinerings prosesser |
|---------------------------|------------------------------------|
| Mål | Identifiser mål |
| Aktiviteter | Knytt mål til aktiviteter |
| Aktører | Velg aktører og tildel aktiviteter |
| Avhengigheter | Lede og styre avhengighetene |

Figur 40, Koordinerings komponenter

En enkel definisjon av koordinering beskrives som ”kunsten å lede avhengigheter mellom aktiviteter med hesyn å oppnå et mål”¹⁶. Sett i sammenheng med produktendringer vil det først og fremst være koordinering innenfor produktavdelingen, med innkjøpsavdelingen, styrkeberegning, elektro og hydraulikkavdelingen. Mekanisk, hydraulisk og elektro design gjøres separat i sine avdelinger, og det er behov for oppdateringer og oppfølging i forhold til det mekaniske designet. Kreves styrkeberegning, så må også denne aktiviteten samkjøres med mekanisk design. Fabrikasjonsverksted vil ha behov for en egen gjennomgang før oppstart og etterhvert vil det være behov for ekstra produksjonsoppfølging og testing. Aktivitetene er relativt selvgående for standard produkter, men krever utøvende koordinering desto mer omfattende endringene er. Disse aktivitetene er beskrevet i *Figur 7, Koordineringsbehov og arbeidsflyt ved endringer*, normalt under prosjektet vil det være utstyrsansvarlig som vil ha koordineringsrollen men det kan også være designingeniøren som får tildelt denne rollen.

9.14 Læringsperspektivet og målbarhet

Læringen i produktavdelingen er et av kriteriene for en god endringshåndtering. Erfaringsoverføring er viktig slik at informasjon om suksess og fallgruber deles og tas med av de involverte i det fremstidige arbeidet med evaluering, kostnadsestimering, design og kontroll. Utenfor produktgruppen vil det være enda mindre kunnskap om kostnads konsekvenser av produktendringer. Dermed er det også et behov for å gi tilbakemelding spesielt til de tidlig involverte som salg, layout og prosjekt. Dette kan gjøres via flere kanaler, en av disse er avvikssystemet hvor man registrerer en QIR (Quality Improvement Request), ut fra avvikets innhold og prosjekt tilhørighet vil denne sendes videre for respons fra de involverte. For å kunne gi en god beskrivelse av avviket vil det fordre at endringens kostnader er godt dokumentert ved at man har skilt ut både time- og innkjøpskostnader på egne aktiviteter i kostkontroll systemet. En annen måte kunne være å sende rundt en spesifikk rapport på endringene med kostresultat. Formålet med erfaringsoverføringen må være økt produktmargin eller unngå redusert margin som konsekvens av undervurdering av omfang. Formålet kan oppnås ved å øke bevisstheten om kompleksitet i produktet, sammenhenger mellom fag samt konsekvenser for grensesnitt. Målbarheten vil ligge i avviket på produktmarginen som skyldes endringene. Innen balansert målstyring (Kaplan & Norton, *Balanced Scorecard, translating strategy into action*, 1996) vil dette inngå i det *interne forretningsprosess perspektivet og lærings- og vekst perspektivet*. I begrepet interne forretningsprosesser legges aktiviteter som produktutvikling, produkt design, fabrikasjon og service. Håndteringen av disse aktivitetene kan da

¹⁶ Sitat fra Malone m.fl. 1990

måles både på kost og tid, men også parametere som feil og re-engineering kan være med i en slik måling. Lærings og vekst perspektivet forklares med hvordan de ansattes kapabilitet er i overenstemmelse med bedriftens behov sett i lys av de faktorene som er mest kritisk for nåværende og fremtidig suksess. Disse perspektivene er to av totalt fire i Kaplan & Nortons bok;

| Perspektiv | Generiske mål |
|-----------------|---|
| Finansiell | ROI og EVA ¹⁷ (finansielle nøkkeltall) |
| Kunde | Kundetilfredshet, kundestabilitet, kundevekst, markedsandel, kundelønnsomhet |
| Intern | Kvalitet, responstid, kost, nye produktinnovasjoner, ettermarked og service |
| Læring og vekst | Ansatte tilfredshet, Tilgjengelighet på informasjonssystemer, kapabilitet, motivasjon, deltakelse, innjustering |

Tabell 7, Perspektiver, balansert målstyring (Kaplan & Norton)

Det er viktig å se prosessen i lys av alle perspektivene, slik at man unngår sub-optimalisering eller glemmer helheten i et prosjekt eller tilbud. Selv om enkelte produkter overskrider estimert kost kan det være at prosjektet i sin helhet er en suksess både finansielt og målt med hensyn på kundetilfredshet. Det betyr ikke nødvendigvis at kunden blir mer tilfreds fordi endringskostnader ikke blir presentert, snarere tvert i mot. Føler man at kostnadene er vanskelig å presentere eller kunde vil reagere på endringskost, vil det sansynligvis være til hjelp å kunne vise omfanget av endringen.

9.15 Læringseffekten, kunnskaps- og erfaringsbehov

Innen teknologi industrien vil bedrifter være avhengig av kompetanseheving og læring for å være i stand til å utvikle og innovere. Man innser behovet for erfaringoverføring av hendelser som man kan lære av og gjøre bedre neste gang. Hvordan en produktendring blir håndtert, er avhengig av læringsnivået ikke bare i produktavdelingen. Dersom salgsavdelingen ikke får informasjon om kost konsekvenser av mangler i tilbudet, vil det samme kunne skje igjen. Dersom prosjektlederen har i minne prosjekter levert med god totalmargin selv etter å ha gitt kunden mange endringer uten- eller med underestimert kostnads kompensering og ikke er informert om at standard estimatene er oppdatert så vil dette kunne gjenta seg også når estimatene har økt følsomhet for overskridelser. Lay-out (system) gruppen kommer med tekniske løsninger i form av å konfigurere utstyr til en innstallasjon. De er mindre aktive i slutfasen og ikke direkte involvert i budsjetter og kostnadsoverskridelser for produktene. Dermed kan det kombinert med manglende erfaring være en kime til generering av løsninger og endringer som ikke er kostnadsmessig optimale. I produktavdelingen vil man kunne møte de samme problemstillingene som en konsekvens av kombinasjonen av relativt liten erfaring, oppdateringsmekanismer som ikke er formalisert eller ikke brukes etter intensjonen, samt mangel på- eller ikke benyttelse av rutiner som gjør at rett kompetanse er involvert i de fasene hvor man har påvirkningskraft. Ved å kombinere tekniske løsninger avveid mot kost og nytte samt å finne alternativer som løsninger kan veies i mot. Det kreves både kunnskap og erfaring for å kunne estimere kosten på grunnlag av historiske data og objektiv vurdering av gode subjektive data hentet inn fra både produktgruppen, fagavdelinger og støtteavdelinger som innkjøp, prosjekt, produksjonsoppfølging og ettermarked.

¹⁷ ROI: Return On Investment, EVA: Economic Value Added

10 VALIDITET OG RELIABILITET

Reliabilitet

Teknikkene for datainnsamling er forklart under metodekapittelet og er todelt mellom innsamling og bearbeiding av kvantitative og kvalitative data. De kvantitative data foreligger i form av uttak og bearbeiding av rapporter fra bedriftens datasystemer og er fullt etterprøvbare ved at de kan reproduseres. De kvalitative data er innhentet gjennom deltakelse i bedriftens gjøremål og baserer seg på en mest mulig objektiv vurdering av subjektive data innhentet gjennom samtaler og møter. De subjektive data kan inneholde elementer av den enkeltes personlige meninger og deres uttalelser kan være påvirket av andres meninger. Forøvrig er det ikke brukt strukturte intervjuetnikker, den kvalitative datainnsamling er basert på observasjoner i reelle sammenhenger. Analysen av de kvalitative data er foretatt av en person, hvilket kan prege vurderinger, vinklinger og vektlegging av hva som presenteres i den empiriske delen og analysen av denne.

Pålitelighet

De kvantitative data er basert på bedriftens database og er avhengig av at det som ligger inne ikke inneholder feil eller mangler. Imidlertid inngår dette i bedriftens økonomisystem samt følges opp av kontrollere slik at sansynligheten for feil i rådata er liten. Imidlertid kan det i analysearbeidet forekomme tekniske feil eller misforståelser selv om det er lagt vekt på god kontroll av tallmaterialet. De kvalitative kildene er ansatte i bedriften og måten observasjonene er gjort på skal ikke ha kunnet gi insentiver til å farge uttalelser og utsagn anderledes enn i en ellers ordinær sammenheng. Noen hendelser som er beskrevet kan etterprøves kvantitativt. Observasjoner av generelle oppfatninger som ikke kan etterprøves kvantitativt vil derimot bestå som en generell oppfatning inntil den faktisk blir etterprøvet. Andre eksterne kilder som er brukt fra artikler og bøker er referert i teksten.

11 KONKLUSJON

Fra teoretisk synspunkt gir endringer læring og kompleksitet og grad av involverte eksterne og interne fag gir mulighet til økning av kompetanse gitt at det passer den enkeltes læringspotensiale. Dette er en immateriell verdiøkning i bedriften gitt at ressursene som mottar læringen beholdes over tid, samtidig som det kan utgjøre et suksesskriterie for effektiv endringshåndtering ved at man er mobilisert. For å få til en god kostnadshåndtering, er bevissthet om hva som genererer kostnadene en kunnskap som kommer i tillegg til kapabiliteten til å løse problemer effektivt. Kostnadsgrunnlaget er spredt over fagavdelingene og nettopp skillet mellom avdelingene sammen med bevisstgjøring kan være med på å maskere de slik at de ikke vises før alle virkelige kostnader er registrert. Type endringer og utfallet av disse kan påvirkes ved optimal utnyttelse av kompetanse. Desto tidligere fase rett kompetanse kommer inn desto større sannsynlighet for at man kan velge de beste løsningene. Hver fase i et prosjekts forløp har sine unike muligheter og det starter ved forespørsel. Hvem som deltar og hvem de deltar sammen med kan få betydning for at nødvendige endringer og konfigurasjoner blir valgt hensiktsmessig. Erfaring utgjør endel av kompetansen det viser seg at vekstperioder endrer strukturen og fortynner mengden av læring, noe som kan påvirke kostnads estimering og kostnadsforløpet til en endring. Turn over kan være uungåelig og føre til tap av kompetanse og erfaring i en produktavdeling, på en annen side kan noe utskiftning påvirke positivt. Likeså er informasjonsflyt viktig, beslutninger tas på et sted i en gitt tidsperiode mens konsekvenser oppstår et annet sted på et senere tidspunkt og i en annen fase av prosjektet. Prosjektformen og størrelsen på bedriften kan føre til at problemer som kunne vært forutsett ved endringer får anledning til å repetere seg. Basisen for denne artikkelen er kostnader ved produktendringer og det viser seg at bildet ofte er mer komplekst enn hva det kan se ut til i første øyekast. Avansert teknologi, maskiner som fungerer som samarbeidende roboter på et lite område gjør at den minste endring kan få uforutsigbare konsekvenser. Har man ikke forutsett disse eller tatt høyde for usikkerheten i kostnadsestimatet vil kostnadene med å løse de uforutsette utfordringene bidra negativt på produktresultatet. Ved balansert og riktig bruk av ekspertise og kompetanse i bedriften vil man både lettere kunne beregne usikkerhet, forutse konsekvenser og løse problemer på en mest mulig kostnadseffektiv måte når de oppstår. Et kostestimat vil alltid ha et element av usikkerhet og dermed ingen garanti for at man unngår begrenset inntjening på en endring. Har man et system som belyser de fleste variable parameter vil man få mere riktige anslag slik at trenden i snitt balanserer om den reelle kosten. Løsningen er hverken å legge seg for lavt for å sikre seg at ikke kunde skal reagere eller å legge høyeste anslag til grunn for å ta høyde for all usikkerhet. En riktig kostnad gir også kunden et best mulig vurderingsgrunnlag der det finnes flere alternativer. Presenterer man ingen- eller en for lav kostnad for en foreslått endring vil denne lettere aksepteres uten at det nødvendigvis er den beste løsningen. Gjennom et prosjekt vil for lave kostanslag også gi kunden forventninger som kan generere flere endringer. Slik sett kan riktige kostanslag hjelpe kunden til å vurdere mere kritisk nødvendigheten av tiltaket og eventuelt alternativene.

Vi ser videre at håndtering av endringer og estimering krever både erfaring og rett kunnskap, for å øke kunnskapene må det i tillegg være en værende oppgraderingsmekanisme for tilbakemeldinger. Det kan også med god sikkerhet fastslås at i perioder fortynnes læringsnivået på grunn av høy turnover og bemanningsøkning med uerfarent personell på grunn av knapphet i høykonjunkturperioder. Alle produkter har egne kalkyler eller kostestimat, men de er basert på standard produkter. Det er ikke funnet egne formaliserte verktøy for endringskalkyler som fanger opp avhengigheten mellom fag eller metoder for behandling av usikkerhet på produkt estimat nivå. Evaluering av løsninger og generering av alternativer er vanlig når endringen introduserer nye elementer. Imidlertid er dette mere vanlig å utføre når designfasen har startet og sjeldent i estimatsammenheng. Dermed er det potensiale for å utvikle, forbedre, formalisere eller ta i bruk eksisterende- teknikker og metoder både for kostnadsestimering samt generering og evaluering av alternativer og for erfaringsoverføring.

12 REFERANSER

- Adler, M. D., & Posner, E. A. (2001). *Cost-Benefit Analysis: Legal, Economic, and Philosophical Perspectives*. Chicago: The university of Chicago Press.
- Andersen, B., & Fagerhaug, T. (2006). *Root Cause Analysis*. Milwaukee: ASQ Quality Press.
- Andersson, D. R., Sweeney, D. J., & Williams, T. A. (1998). *Management Science*. St. Paul, MN: West publishing company.
- Atkinson, R. (1999). Project Management: cost, time and quality, two best guesses and a phenomenon, its time to accept other success criteria. *International Journal of Project Management*, Vol 17, No 6 , 337-342.
- Aune, A. (2008). *Kvalitetsdrevet Ledelse Kvalitetsstyrte bedrifter*. Oslo: Gyldendal Forlag.
- Aven, T., & Vinnem, J. E. (2007). *Risk Management*. London: Springer Verlag.
- Balasubramanian, P. R., Wyner, G. M., & Joglekar, N. (2002). The Role of Coordination and Architecture in Supporting ASP Business Models. *35th Annual Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS'02)-Volume 3, 2002* (s. 10). Big Island: IEEE Computer Society .
- Barney, J. B. (2011). *Gaining and Sustaining Competitive Advantage*. New Jersey: Pearson Education, Inc.
- Barney, J. B., & Hesterly, W. S. (2008). *Strategic Management and Competitive Advantage*. New Jersey: Pearson education, Inc.
- Bryde, D. J. (2005). Methods for Managing Different Perspectives og Project Success. *British Journal of Management*, Vol. 16 , 119-131.
- Chin, K.-S., & Wong, T. N. (1996). Knowledge-based evaluation for the conceptual design development of injection molding parts. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, Vol. 9, No. 4 , 359-376.
- Clausing, D. (1994). *Total Quality Development, a step-by-step guide to world class engineering*. New York: ASME Press.
- Coase, R. H. (1988). *The Firm the Market and the Law*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Coase, R. H. (1937). The Nature of the Firm. *Economica, New series Vol 4* , 386-405.
- Cohen, M. D., & Sproull, L. S. (1996). *Organizational Learning*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications Inc.
- Cooper, R., & Kaplan, R. S. (1998). *The Design of Cost Management Systems*. Upper Saddle River NJ: Prentice Hall.
- Crowston, K. (1997). A coordination Theory Approach to Organizational Process design. *Organization Science*, Vol. 8, No. 2(Mar.- Apr., 1997) , 157-175.
- Drevland, F., Austeng, K., & Torp, O. (2005). *Usikkerhetsanalyse- Modellering, estimering og beregning*. Institutt for Bygg, Anlegg og Transport, NTNU, Norges teknisk- naturvitenskaplige universitet. Trondheim: Consept- Programmet.
- Engelstad, P. H. (1971). Sosio-teknisk analyse i prosess industrien ved "variasjonsmatrise"-metoden. I P. G. Herbst, *Demokratiseringsprosessen i arbeidslivet, sosiotekniske undersøkelser* (ss. 125-143). Oslo: Universitetsforlaget.
- Gadde, L.-E., Håkansson, H., & Persson, G. (2010). *Supply Network Strategies*. West Sussex: John Wiley & Sons Ltd.
- Godø, H. (2008). *Innovasjonsledelse, Teknologiutvikling fra idè til forretningsplanlegging*. Trondheim: Tapir Akademisk Forlag.
- Gonzalez, J. J. (2010). *Causal Structure and Dynamic Behavior Feedback and Feedback Structures* . Universitetet i Agder.
- Gonzalez, J. J. (2010). Introduction to Causal Loop Diagrams. Universitetet i Agder.
- Gonzalez, J. J. (2010). Introduction to Modeling and Simulation with Stock-and-Flow Diagrams. Universitetet i Agder.

- Grabher, G. (1993). Rediscovering the social in the economics of interfirm relations. I G. Grabher, *The Embedded Firm. On the Socioeconomics of Interfirm Relations* (ss. 1-33). London and New York: Routledge, pp.
- Grant, R. M. (1996). Toward a Knowledge-Based Theory of the Firm. *Strategic Management Journal* , 109-122.
- Harmon, P. (2007). *Business Process Change*. Burlington, MA: Elsevier.
- Harrington, J. H., Esseling, E. K., & van Nimegen, H. (1997). *Business Process Improvement Workbook*. New York: McGraw-Hill books.
- Hauptman, O., & Hirji, K. K. (1999). Managing integration and coordination in cross-functional teams: an international study of concurrent engineering product development. *R & D Management* 29, 2, 1999 , 179-191.
- Hobday, M. (2000). The project-based organisation: an ideal form for managing. *Science and Technology Policy Research (SPRU)* , 871-893.
- Hoegl, M., Weinkauff, K., & Gemuden, H. G. (2004). Interteam Coordination, Project Commitment, and Teamwork in Multiteam R&D Projects: A longitudinal Study. *Organizational Science, Vol. 15, No. 1, Jan-Feb 2004* , 38-55.
- Horngren, C. T., Datar, S. M., Foster, G., Rajan, M., & Ittner, C. (2009). *Cost Accounting, a managerial emphasis*. New Jersey: Pearson Prentice Hall.
- Huchzermeier, A., & Loch, C. H. (2001). Project Management Under Risk: Using the Real Options Approach to Evaluate Flexibility in R&D. *Management Science, Vol. 47, No. 1* , 85-101.
- Hull, E., Jackson, K., & Jeremy, D. (2011). *Requirements engineering*. London: Springer-Verlag.
- Håkansson, H., & Johansson, J. (2001). *Business Network Learning*. Oxford: Elsevier Science, Inc.
- Isaksen, A., & Kalsaas, B. T. (2009). Suppliers and Strategies for Upgrading in Global Production Networks: The Case of a Supplier to the Global Automotive Industry in a High-cost Location. *European Planning Studies, Volume 17, Issue 4* , 569 - 585 .
- Isaksen, A., Karlsen, A., & Sæther, B. (2008). *Innovasjoner i Norske næringer, et geografisk perspektiv*. Bergen: Fagbokforlaget AS.
- Jha, K. N., & Iyer, K. C. (2005). Critical determinants of project coordination. *International journal of project management* 24 (2006) , 314-322.
- Joglekar, N. R., Yassine, A. A., Eppinger, S. D., & Whitney, D. E. (2001). Performance of Coupled Product Development Activities with a Deadline. *Management Science, Vol. 47, No. 12, December 2001* , 1605-1620.
- Johannessen, A., Tufte, P. A., & Christoffersen, L. (2010). *Introduksjon til Samfunnsvitenskapelig metode*. Oslo: Abstrakt Forlag.
- Johnson, R., & Bhattacharyya, G. (1987). *Statistics*. New York: John Wiley & Sons.
- Jones, D., & Womack, J. (2009). *Seeing the Whole*. Cambridge: Lean Enterprise Institute.
- Kalsaas, B. T. (2010, Høst). Forelesninger. *IND501* . Universitetet i Agder.
- Kalsaas, B. T. (2009). *Ledelse av verdikjeder*. Trondheim: Tapir forlag.
- Kaplan, R. S., & Atkinson, A. A. (1989). *Advanced Management Accounting*. New Jersey: Prentice-Hall, Inc.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (1996). *Balanced Scorecard, translating strategy into action*. Boston: Harvard Business School Press.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. P. (2001). *Strategy Focused Organisation*. Boston: Harvard Business School Press.
- Kaplan, R. S., & Norton, D. S. (2004). *Strategy Maps, converting intangible assets into tangible outcomes*. Boston: Harvard Business School Press.
- Karlsen, J. T., & Gottschalk, P. (2009). *Prosjektledelse fra initiering til gevinsrealisering*. Oslo: Universitetsforlaget.
- Karlsson, C. (2009). *Researching Operations Management*. New York: Routledge.
- Kettinger, W. J., Teng, J. C., & Subashish, G. (1997). Business Process Change: A Study of Methodologies, Techniques, and Tools. *MIS Quarterly, Vol. 21, No. 1* , 55-80.

- Kirkwood, C. W. (2011, 02 23). *System Dynamics Resource Page*. Hentet 02 23, 2011 fra Arizona State University: <http://www.public.asu.edu/~kirkwood/sysdyn/SysThink.pdf>
- Kompendium i Verdikjeder og logistikk*. (2009). Grimstad: Universitetet i Agder.
- Kraljic, P. (1983). Purchasing must become supply management. *Harvard business review* , 109-117.
- Leonard-Barton, D. (1992). Core Capabilities and Core Rigidities: A Paradox in New Product Development. *Strategic Management Journal, summer 1992* , 111-125.
- Levin, M., & Rolfsen, M. (2004). *Arbeid i team, Læring og utvikling i team*. Bergen: Fagbokforlaget AS.
- Liu, X. (., & Wyner, G. M. (2009). Coordination Analysis: A Method for Deriving Use Cases from Process Dependencies. *DESRIST '09 Proceedings of the 4th International Conference on Design Science Research in Information Systems and Technology* (s. 11). New York: ACM.
- Lyneis, J. M., & Ford, D. N. (2007). System dynamics applied to project management: a survey, assessment, and directions for future research. *System Dynamics Review Vol.23, No 2/3* , 157-189.
- Madison, D. (2005). *Process Mapping, Process Improvement and Process Management*. Chico, CA: Paton Press LLC.
- Malone, T. W., & Crowston, K. (1990). What is coordination theory and how can it help design cooperative work systems? *CSCW '90 Proceedings of the 1990 ACM conference on Computer-supported cooperative work* (ss. 357-370). New York, NY: ACM.
- Markus, H. R., & Kitayama, S. (1991). Culture and the Self: Implications for Cognition, Emotion, and Motivation. *Psychological Review, 1991, Vol. 98, No. 2* , 224-253.
- Maslow, A. H. (1987). *Motivation and Personality*. New York: Harper Collins Publishers Inc.
- McNair, J. C., Silvi, R., & Polutnik, L. (2001). Cost management and value creation: the missing link. *European Accounting Review; May2001, Vol. 10 Issue 1* , 33-50.
- Moingeon, B., & Edmondson, A. (1998). *Organizational Learning and Competitive Advantage*. Thousand Oaks, CA: SAGE Publications.
- Mota, B. P., Viana, D. D., & Isatto, E. L. (2010). Simulating the last planner with systems dynamics. *Proceedings IGLC-18, Technion, Haifa, Israel* , 487-496.
- Munns, A. K., & Bjeirmi, B. F. (1996). The role of project management in achieving project success. *International Journal of Project Management, Vol. 14, No. 2* , 81-87.
- Niazi, A., Dai, J. S., Balabani, S., & Seneviratne, L. (2006). Product Cost Estimation: Technique Classification and Methodology Review. *Journal of Manufacturing Science and Engineering, Volume 128, Number 2* , 563-575.
- O'Brien, W. j., Fischer, M. A., & Jucker, J. V. (1995). An economic view of project coordination. *Construction Management and Economics* , 393-400.
- Porter, M. E. (1998). *Competitive Advantage*. New York: The Free Press.
- Porter, M. E. (1998). *Competitive Strategy*. New York: The Free Press.
- Porter, M. E. (2008). *On Competition*. Harvard: Harvard Business Press.
- Puhlmann, F. (2006). Why do we actually need the Pi-Calculus for Business Process Management. *Proceedings of the 9th International Conference on Business Process Technology Group*.
- Qian, Y., Fang, Y., Jaatun, M. G., Johnsen, S. O., & Gonzalez, J. J. (2010). Managing emerging information security risks during transitions to Integrated Operations. *43rd Hawaii International Conference on System Sciences. 43rd*. Koloa, Kauai: IEEE Computer Society.
- Skalak, S. C. (2002). *Implementing Concurrent Engineering in Small Companies*. New York: Marcel Dekker, Inc.
- Skivik, H. M. (2009). *Relasjonell Ledelse, å lære lederskap i praksis*. Oslo: Gyldendal Akademisk.
- Solberg, S. L., & Danielsen, A. A. (1992). *Teknologiledelse, markedsorientert bruk av teknologi*. Oslo: TANO A.S.
- Staub-French, S., Fischer, M., Kunz, J., & Paulson, B. (2003). A generic feature-driven activity-based cost estimation process. *Advanced Engineering Informatics, Volume 17, Issue 1* , 23-39 .

- Stene, M. (2003). *Vitenskapelig forfatterskap*. Kolle Forlag.
- Sterman, J. D. (2001). *Business dynamics: systems thinking and modelling for a complex world*. Boston: Irwin McGraw-Hill.
- Sterman, J. D., Henderson, R., Beinbocker, E. D., & Newman, L. I. (2007). Getting Big Too Fast: Strategic Dynamics with Increasing Returns and Bounded Rationality. *MANAGEMENT SCIENCE*, Vol. 53, No. 4, April 2007 , 683-696.
- Sveen, F. O., Rich, E., & Jager, M. (2007). Overcoming organizational challenges to secure knowledge management. *Information Systems Frontiers ISSN: 1387-3326 Vol: 9 (5) , 481 - 492 .*
- Sveen, F. O., Rich, E., Torres, J. M., Hernantes, J., & Gonzalez, J. J. (2010). A group Model Building approach for identifying Simulation Scenarios in Critical Infrastructure. *Hawaii International Conference on System Sciences* (ss. 1-10). Koloa, Kauai: IEEE Computer Society Digital Library .
- Svein Linge Solberg, A. A. (1992). *Teknologi Ledelse*. Oslo: Tano.
- Tamminen, S. V., Rao, A. R., Scanlan, J. P., Reed, P. A., & Keane, A. J. (2007). A Knowledge-based system for cost modelling of aircraft gas turbines. *Journal of engineering design*, Vol. 20, No. 3, June 2009 , 289-305.
- Thompson, J. D., & Bates, F. L. (1957). Technology, Organization, and Administration. *Administrative Science Quarterly*, Vol. 2, No. 3 (Dec., 1957) , 325-343.
- Ullman, D. G. (2010). *The Mechanical Design Process*. New York: McGraw-Hill.
- Ventana System, I. (Copyright 1996-2010 Ventana Systems, Inc.). *Vensim*. Hentet 22, 2011 fra www.vensim.com: <http://www.vensim.com/>
- Weil, H. B. (2007). *Application of System Dynamics to Corporate Strategy: An Evolution of Issues and Frameworks*. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology.
- Wikipedia. (2010, 10 28). *Wikipedia*. Hentet 05 9, 2011 fra <http://no.wikipedia.org/wiki/>: <http://no.wikipedia.org/wiki/Kompetanse>
- Williamson, D., Jenkins, W., Cooke, P., & Moreton, K. M. (2009). *Strategic Management and Business Analysis*. Burlington, MA: Elsevier.
- Williamson, O. E. (1975). *Markets and Hierarchies*. New York: The Free Press.
- Williamson, O. E. (1985). *The Economic Institutions of Capitalism*. New York: The Free Press.
- Wilson, P. F., Dell, L. D., & Anderson, G. F. (1993). *Root Cause Analysis*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press.
- Womack, J. P., & Jones, D. T. (2003). *Lean Thinking, banish waste and create wealth in your cooperation*. New York: Free Press.
- Yassine, A., & Braha, D. (2003). Complex Concurrent Engineering and the Design Structure Matrix Method. *Concurrent Engineering* , Volume 11 Number 3 September 2003 , 165-176.
- Yin, R. K. (2009). *Case Study Research*. Thousand Oaks CA: SAGE Inc.

13 TABELLER

| | |
|--|----|
| Tabell 1, Utstyr som kan interferere med Roughneck | 16 |
| Tabell 2, Dokumentasjonskostnader | 17 |
| Tabell 3, Standard produkt dokumentasjon | 18 |
| Tabell 4, Kostnadsfokusering | 23 |
| Tabell 5, Sveisesammenstillinger | 31 |
| Tabell 6, Detaljert mekanisk design..... | 57 |
| Tabell 7, Perspektiver, balansert målstyring (Kaplan & Norton) | 59 |

14 FIGURER

| | |
|---|----|
| Figur 1, Informasjonsflyt- forenklet modell | 8 |
| Figur 2, Prosjekt organisering i forhold til produkt | 10 |
| Figur 3, Produkt gruppe organisering | 11 |
| Figur 4, Prosessflyt for produkt i prosjekt | 12 |
| Figur 5, Prosjekt og organisasjons prosess i tidlig fase | 13 |
| Figur 6, Aktiviteter og involverte etter igangsetting av prosjekt | 14 |
| Figur 7, Koordineringsbehov og arbeidsflyt ved endringer | 19 |
| Figur 8, Typisk standard kostnadsfordeling på utvalgte parametere | 22 |
| Figur 9, Endring og rotårsak | 26 |
| Figur 10, Oppdatering av kostestimat og budsjett (Vensim) | 27 |
| Figur 11, Fordeling av ansatte etter 5 år | 28 |
| Figur 12, Design Ingeniørers erfaring i produktavdeling | 29 |
| Figur 13, Tegningshieraki | 30 |
| Figur 14, Typisk tegningsstruktur for sammensatt produkt | 30 |
| Figur 15, Elektro tegningsoversikt | 33 |
| Figur 16, Tegnings og komponentoversikt, komplett | 34 |
| Figur 17, Endringsloop i forhold til fag | 35 |
| Figur 18, Læringskurve | 37 |
| Figur 19, Turnover (Vensim) | 38 |
| Figur 20, Turnover og kapabilitet (Vensim) | 39 |
| Figur 21, Kjernekapabilitet- fire dimensjoner | 40 |
| Figur 22, Ressursbalanse | 41 |
| Figur 23, Beslutninger i konsept design (modifisert fra Chin & Wong 1996) | 42 |
| Figur 24, Beslutningsmatrise basert på Pugh`s metode | 43 |
| Figur 25, Eksempel på beslutningsmatrise av Pugh`s | 43 |
| Figur 26, Design elementer (Ullman 2010) | 44 |
| Figur 27, Transaksjonskostnader (Williamson 1975) | 46 |
| Figur 28, Organisatoriske rammeverksfeil (Williamson, 1975) | 46 |
| Figur 29, Kunde- leverandør relasjoner | 47 |
| Figur 30, Porters generelle verdikjede | 48 |
| Figur 31, Porters verdikjede med utvalgte aktiviteter | 48 |
| Figur 32, Porter- tre generelle strategier | 49 |
| Figur 33, Endringskostnader og usikkerhet (Solberg m.fl. 1992) | 50 |
| Figur 34, Endringskostnader og reduksjon av usikkerhet, modifisert av Solberg m.fl 1992 | 50 |
| Figur 35, Usikkerhet og metoder for inngangsdata (Drevland m.fl 2005) | 52 |
| Figur 36, Årsak-Virkningsdiagram, produktendringer | 53 |
| Figur 37, Konseptevaluering | 54 |
| Figur 38, Estimering med ingeniørmetoden(Drevland m/fl. 2005) | 55 |
| Figur 39, Design evaluering og estimatgrunnlag | 56 |
| Figur 40, Koordinerings komponenter | 58 |