



Universitetet
i Stavanger

DET TEKNISK-NATURVITENSKAPELIGE FAKULTET

MASTEROPPGAVE

| | |
|--|--|
| Studieprogram/spesialisering: Industriell økonomi / Kontraktsadministrasjon | Vårsemesteret, 2012 Konfidensiell |
| Forfatter: Svein Grude | (signatur forfatter) |
| Fagansvarlig: Frank Asche | |
| Veiledere: Frank Asche (Universitetet i Stavanger) og Frank Lind (Aker Solutions) | |
| Tittel på masteroppgaven: Estimering i Eldfisk II modifikasjonen – en studie av timeavvik | |
| Engelsk tittel: Estimation on Eldfisk II modification – a study on man hour deviation | |
| Studiepoeng: 30 | |
| Emneord: Estimering Prosjektstyring Statistikk | Sidetall: 99 + vedlegg/annet: 30 Stavanger, 1. Juni 2012 dato/år |



Universitetet
i Stavanger

Masteroppgave i Industriell Økonomi

”Estimering i Eldfisk II Modifikasjonen, en studie av timeavvik”

Svein Grude

Juni 2012



AkerSolutions™

Forord

Denne oppgaven er skrevet som en avslutning på mitt toårige masterstudium i Industriell Økonomi ved Universitetet i Stavanger. Masteroppgaven er en avsluttende obligatorisk oppgave på 30 studiepoeng og er utført i siste semester.

Oppgaven er gjennomført i samarbeid med Aker Solutions MMO AS i Stavanger, som sammen med undertegnede høsten 2011 ble enige om å utføre en studie av estimeringsarbeidet på Eldfisk II modifikasjonen.

Tiden med å skrive masteroppgave har vært en utfordrende, men samtidig en lærerik periode. Mye av tiden er blitt brukt på å analysere datasettet som ble tilgjengelig, som gjorde det mulig å utføre en grundig statistisk analyse. Det at datasettet representerer ekte data fra reelle aktiviteter, gjorde oppgaven spesielt interessant.

Jeg ønsker å takke mine to veiledere, Frank Asche og Frank Lind. Veileder ved Universitetet i Stavanger, Frank Asche, har bidratt med konstruktive tips, innspill og råd gjennom hele våren og har vært tilgjengelig når jeg har ønsket kontakt. Veileder ved Aker Solutions, Frank Lind, viste tidlig interesse for en mulig oppgave hos Aker Solutions og sørget for at gjennomføringen av oppgaveskrivingen skulle skje så smertefritt som mulig. Lind sørget også for at jeg fikk kontakt med de rette personene i en tidlig fase av oppgaveskrivingen.

I tillegg ønsker jeg å takke Steinar Teigen, Narve Steine, Thomas Jahnsen, Torgeir Aarlott, Arvid Jensen og Henrik Selmer, fra ulike avdelinger i Aker Solutions som har stilt sin tid til disposisjon når jeg har hatt spørsmål. Det rettes også en takk til resten av de ansatte i Aker Solutions som har tatt imot meg med hyggelig tone, stilt kontorplass til disposisjon og har bidratt til et lærerikt semester.

Stavanger, juni 2012

Svein Grude

Sammendrag

Aker Solutions MMO AS inngikk våren 2011 en kontrakt med ConocoPhillips Scandinavia AS om opprustning av plattformene på Eldfiskområdet. Kontrakten er en del av de større opprustningene som skjer på Ekofisk- og Eldfiskområdet, som skal fornye feltenes levetid med minst 40 nye år.

Opgaven har som hovedmål å analysere estimeringsarbeidet på Eldfisk II modifikasjonskontrakten ved å se på avvik mellom estimerte og forbrukte timer på fullførte aktiviteter. Som datagrunnlag for å analysere timeavviket er det innhentet data fra flere kategorier av arbeid, flere disipliner og aktiviteter med ulikt antall endringer. Totalt er det 850 aktiviteter som utgjør datagrunnlaget for den empiriske analysen. Disse analyseres med ulike innfallsvinkler for å avklare tendenser i estimeringen.

Ved studie av utfallet av estimeringen, er det i teorien et mål om at estimatene skal være forventningsrette. At estimatene er forventningsrette betyr at negative og positive avvik utjevner hverandre i det lange løp, slik at totalt avvik mellom estimerte og forbrukte timer går mot null. Forventningsrette estimater fører til best ressursutnyttelse og lønnsomhet for Aker Solutions, og er derfor et mål for estimeringsavdelingen.

Hovedfunnet i oppgaven er at det er en tendens av underestimering på timeantall på aktivitetene. Underestimering fører til at man planlegger å bruke mindre timer enn det som faktisk blir brukt. Dette kan føre til forsinkelse av gjennomføringen, at man ikke oppnår milepæler og at man ikke oppnår et vellykket prosjekt.

Det blir utført en hypotesetest hvorvidt det er forskjell i avviket på aktiviteter med endringer og aktiviteter uten endringer. Den viser at det relative timeavviket er størst i aktiviteter som ikke inneholder endringer, som vil si at aktiviteter med endringer har et lavere relativt avvik. Dette viser at endringsstyringen hos Aker Solutions fører til mer forventningsrette estimater. Allikevel er det et stykke igjen før endringsstyringen er optimal og at man oppnår en forklaringsgrad på hele avviket.

En viktig grunn til å studere avvik i prosjekter for Aker Solutions er at petroleumskontrakter som inngås, inneholder stor usikkerhet siden de inngås på et tidlig stadium. Kontrakten vil på dette tidspunktet ha en lav detaljeringsgrad av omfanget. Derfor vil en database med erfaringstall, gode prosedyrer og god håndtering av usikkerhet være nødvendig for at en skal kunne oppnå mer forventningsrette estimater i det lange løp. Dette vil sammen med god prosjektstyring, klare ansvarsforhold, god kommunikasjon og tydelige mål sørge for at Aker Solutions oppnår flere vellykkede prosjekter.

Innhold

| | |
|--|-----|
| Forord | I |
| Sammendrag | II |
| Innhold | IV |
| Figurer | VI |
| Tabeller | VII |
| 1 Innledning | 1 |
| 1.1 Avgrensninger | 3 |
| 1.2 Begrepsforklaring | 3 |
| 2 Bakgrunn | 5 |
| 2.1 Aker Solutions | 5 |
| 2.2 Eldfisk | 6 |
| 2.3 Eldfisk II Modifikasjonskontrakten | 7 |
| 2.4 Oppsummering | 8 |
| 3 Teori | 9 |
| 3.1 Prosjekt og prosjektstyring | 9 |
| 3.1.1 Prosjektstyring | 11 |
| 3.2 Endringer | 12 |
| 3.2.1 Ulike typer endringer | 13 |
| 3.2.2 Årsaker til endring | 14 |
| 3.2.3 Negative konsekvenser av endringer | 15 |
| 3.2.4 Vederlaget ved endringer | 15 |
| 3.3 Estimering | 16 |
| 3.3.1 Estimat og dets hensikt | 17 |
| 3.3.2 Analytisk og syntetisk estimat | 19 |
| 3.3.3 Statistiske metoder ved estimering | 20 |
| 3.4 Kostnads- og tidsstyring | 24 |
| 3.5 Oppsummering | 27 |
| 4 Aker Solutions MMO AS | 28 |
| 4.1 Prosjektstyringsverktøyet PEM | 28 |
| 4.2 PEM – Eldfisk II Modifikasjonen | 29 |
| 4.2.1 Feasibility and Concept | 30 |
| 4.3 Estimering i Eldfisk II Modifikasjonen | 33 |
| 4.3.1 Erfaringstall | 36 |
| 4.4 Endringsstyring i Eldfisk II Modifikasjonen | 37 |
| 4.5 Oppsummering | 39 |
| 5 Data | 40 |
| 5.1 Oppsummering | 43 |
| 6 Metode | 44 |
| 6.1 Analyse av avviket | 44 |
| 6.1.1 Absolutt avvik | 44 |

| | | |
|---------|---|----|
| 6.1.2 | Relativt avvik | 45 |
| 6.2 | Statistiske analyser | 47 |
| 6.2.1 | Intervallanalyse | 47 |
| 6.2.2 | Hypotesetest om forventningsretthet i hele utvalget | 48 |
| 6.2.3 | Analyse av forskjell i utvalgene med og uten endringer | 49 |
| 6.2.4 | Relativ empirisk analyse av flere enn to grupper | 50 |
| 6.2.5 | Normalplott | 51 |
| 6.3 | Regresjonsanalyse | 52 |
| 6.3.1 | Dummyvariabler (binære forklaringsvariable) | 52 |
| 6.3.1.1 | Dummyfellen | 53 |
| 6.3.2 | Utelatte variabler | 54 |
| 6.3.3 | Hypotesetesting | 54 |
| 6.3.4 | Bakover utvelgelse | 56 |
| 6.3.5 | Forklaringsgraden R^2 | 57 |
| 6.4 | Oppsummering | 57 |
| 7 | Resultat | 58 |
| 7.1 | Avviksanalyser | 58 |
| 7.1.1 | Totalanalyse med og uten ekstremverdier | 58 |
| 7.1.1.1 | Totalanalyse over utfall av estimeringen | 61 |
| 7.1.1.2 | Total intervallanalyse timeantall | 61 |
| 7.1.2 | Totalanalyse aktiviteter med og uten endringer | 62 |
| 7.1.2.1 | Totalanalyse med/uten endringer med utfall av estimeringen | 66 |
| 7.1.2.2 | Total intervallanalyse med/uten endringer | 67 |
| 7.1.3 | Spredningsdiagrammer | 67 |
| 7.1.4 | Analyse av avviksforskjeller i forhold til antall endringer | 69 |
| 7.1.5 | Analyse av forskjell i estimeringen i ulike kategorier | 71 |
| 7.1.6 | Analyse av forskjell i estimeringen i ulike disipliner | 74 |
| 7.2 | Regresjonsanalyse | 77 |
| 7.3 | Oppsummering | 81 |
| 8 | Konklusjon | 82 |
| 9 | Forslag til videre studier | 86 |
| | Referanser | 87 |
| | Vedlegg | 91 |

Figurer

| | |
|--|----|
| Figur 2.1: Aker Solutions forretningsområder (AKSO 2012a)..... | 5 |
| Figur 2.2: Eldfiskfeltet (PTIL 2010) | 7 |
| Figur 2.3: Incentivskjema for målbudsjett på timeantall (AKSO 2011c) | 8 |
| Figur 3.1: De ulike fasene i et prosjekt (Gardiner 2005) | 9 |
| Figur 3.2: Forventningsrett estimator (Bårdsen & Nymoen 2011) | 17 |
| Figur 3.3: Forventet sluttkostnad i forhold til prosjekteringstrinn (Rolstadås 2006)..... | 18 |
| Figur 3.4: Trinn i analytisk kostnadsestimering (Rolstadås 2006)..... | 20 |
| Figur 3.5: Skjev fordeling, betafordeling (Hetland 1998)..... | 21 |
| Figur 3.6: Symmetrisk fordeling (Rolstadås 2006)..... | 22 |
| Figur 3.7: Kumulativ fordelingsfunksjon (Hetland 1998) | 22 |
| Figur 3.8: Forhold mellom tilgjengelig informasjon og nøyaktighet på estimatet (Twomey 2011)..... | 24 |
| Figur 3.9: Sammenheng mellom begrepene inntjent, planlagt og faktisk verdi (Rolstadås 2006)..... | 25 |
| Figur 3.10: Eksempelnettverk ved bruk av CPM..... | 26 |
| Figur 4.1: De ulike plan og nivåer i PEM (AKSO 2004)..... | 28 |
| Figur 4.2: Fasene i strategisk nivå i PEM (AKSO 2004)..... | 29 |
| Figur 4.3: Modifikasjonsprosessen med milepæler (AKSO 2003)..... | 30 |
| Figur 4.4: De fire stegene i <i>Feasibility & Concept</i> fasen med milepæler (AKSO 2011a)..... | 30 |
| Figur 4.5: Prosessflytdiagram for estimering, fase 1D (AKSO 2011b)..... | 32 |
| Figur 4.6: Prosessflyt for estimering (Lind 2011)..... | 33 |
| Figur 4.7: Resultat fra Monte Carlo-simulering av størrelse på contingency (Erga 2012)..... | 35 |
| Figur 4.8: Prosessflyt for endringshåndtering ifølge prosedyre P-004 (vedlegg B) | 38 |
| Figur 6.1: Normalplott med god (venstre figur) og dårlig tilnærming (høyre figur) til normalfordeling..... | 51 |
| Figur 6.2: Forventningsskjev estimator (Bårdsen & Nymoen 2011)..... | 54 |
| Figur 7.1: Oversikt over totale timeestimat, forbrukte timer og totalt avvik | 58 |
| Figur 7.2: Oversikt over utfallet av estimeringen i hele utvalget..... | 61 |
| Figur 7.3: Oversikt over antall estimat som er innenfor det definerte konfidensintervallet ... | 62 |
| Figur 7.4: Oversikt over totalt estimerte og forbrukte timer på aktiviteter med/uten endringer | 62 |
| Figur 7.5: Oversikt over utfall av estimeringen med/uten endringer | 66 |
| Figur 7.6: Intervallanalyse med/uten endringer med 95 % og 99 % konfidensintervall..... | 67 |
| Figur 7.7: Hele utvalget med og uten ekstremverdier med normalfordeling | 68 |
| Figur 7.8: Aktiviteter uten og med endring med normalfordeling..... | 68 |
| Figur 7.9: Oversikt over utfall av estimeringen basert på antall endringer..... | 69 |
| Figur 7.10: Intervallanalyse av antall endringer..... | 71 |
| Figur 7.11: Oversikt over utfall av estimeringen basert på kategori..... | 72 |
| Figur 7.12: Intervallanalyse av de ulike kategoriene | 74 |
| Figur 7.13: Oversikt over utfall av estimeringen basert på disiplin | 75 |
| Figur 7.14: Intervallanalyse av de ulike disiplinene | 76 |
| Figur 8.1: Forbrukte timer, utfall av estimeringen på hele utvalget..... | 82 |
| Figur 8.2: Gjennomsnittlige verdier i hele utvalget | 83 |

Tabeller

| | |
|--|----|
| Tabell 4.1: Eksempel på typiske vektpåslag, <i>allowance</i> (Selmer 2012) | 34 |
| Tabell 4.2: Eksempel på timeestimat (Hatlestad & Hatinoor 2011) | 36 |
| Tabell 4.3: Eksempel på kostnadsestimat (Hatlestad & Hatinoor 2011) | 36 |
| Tabell 5.1: Oversikt over aktiviteter | 40 |
| Tabell 5.2: Kategorikode og navn | 41 |
| Tabell 5.3: Forholdet mellom aktiviteter og antall endringer | 41 |
| Tabell 5.4: Oversikt over disipliner og antall aktiviteter | 42 |
| Tabell 6.1: Eksempel på analyse av et utvalg | 46 |
| Tabell 6.2: Eksempel på intervallanalyse | 47 |
| Tabell 6.3: Kritiske verdier for ensidig og tosidig test (Kvaløy & Tjelmeland 2000) | 50 |
| Tabell 6.4: Kritiske verdier for Kruskal-Wallis testen (Kvaløy & Tjelmeland 2000) | 51 |
| Tabell 6.5: Utskrift fra en regresjonsmodell | 54 |
| Tabell 6.6: Regresjonsstatistikk | 57 |
| Tabell 7.1: Resultat av analysen av hele utvalget med ekstremverdier | 59 |
| Tabell 7.2: Resultat av analysen av hele utvalget uten ekstremverdier | 60 |
| Tabell 7.3: Resultat av analysen av utvalget med og uten endringer med ekstremverdier | 63 |
| Tabell 7.4: Resultat av analysen av utvalget med og uten endringer uten ekstremverdier | 64 |
| Tabell 7.5: Konfidensintervall basert på relative avvik med og uten ekstremverdier | 65 |
| Tabell 7.6: Konfidensintervall basert på absolutte avvik med og uten ekstremverdier | 65 |
| Tabell 7.7: Resultat av analysen av utvalget med inndeling etter antall endringer | 69 |
| Tabell 7.8: Antall endringer, resultat fra Kruskal-Wallis test | 70 |
| Tabell 7.9: Resultat av analysen av utvalget med inndeling på kategori | 72 |
| Tabell 7.10: Kategorier, resultat fra Kruskal Wallis test | 73 |
| Tabell 7.11: Resultat av analysen av utvalget med inndeling i disipliner | 74 |
| Tabell 7.12: Disipliner, resultat fra Kruskal-Wallis test | 76 |
| Tabell 7.13: Regresjonsmodell med alle variable inkludert | 78 |
| Tabell 7.14: Regresjonsstatistikk for komplett modell | 79 |
| Tabell 7.15: Oversikt over utførte F-tester med resultater | 79 |
| Tabell 7.16: Endelig regresjonsmodell med utelatte variabler | 80 |
| Tabell 7.17: Regresjonsstatistikk for endelig regresjonsmodell | 81 |

1 Innledning

Formålet med denne hovedoppgaven er å se om det eksisterer et systematisk avvik i estimeringen hos Aker Solutions MMO AS, heretter AKSO MMO, på Eldfisk II modifikasjonen. Dette skal utføres ved å sammenligne estimert timeantall med faktisk forbrukte, samt å studere hvordan estimeringsprosessen utføres. Det studeres spesielt med fokus på aktiviteter med endringstimer.

Analysen bygger på data fra Eldfisk II modifikasjonskontrakten som ble inngått våren 2011 mellom AKSO MMO og ConocoPhillips Skandinavia AS, heretter COPSAS. Grunnlaget for problemstillingen er at AKSO MMO har uttrykt at de ønsker å få belyst hvordan de eventuelle avvikene mellom estimerte timer og forbrukte timer er på Eldfisk II kontrakten i forhold til endringer. Endringer er en stor utfordring på denne kontrakten grunnet en stor mengde endringer i forhold til opprinnelig arbeidsomfang.

Innenfor estimering er det ideelle at estimatene er forventningsrette, fordi dette gir best ressursutnyttelse og lønnsomhet for bedriften som utfører prosjektene. Forventningsretthet vil si at de positive og negative avvikene utjevner hverandre i det lange løp, og at det totale avviket går mot null.

COPSAS har antydnet at AKSO MMO overestimerer timeantall i forhold til hva som faktisk blir brukt på endringsaktiviteter. Dette for å kunne heve målbudsjett på timer som er basis for kontrakten. Kontrakten kompenseres på fast timetall på 862 629 pluss de godkjente timene på endringene. Derfor mener COPSAS at AKSO MMO bevisst overestimerer for å heve dette taket. Ved overstigning av timetallet må AKSO betale 20 % av kostnadene ved overskridelsen.

På bakgrunn av COPSAS sine antydninger er avdelingsleder for estimering, Frank Lind og businessmanager på Eldfisk II modifikasjonen, Arvid Jensen, interessert i svar på om det virkelig er forskjell mellom estimering av aktiviteter med endringer og aktiviteter uten endringer. Dette leder frem til en hypotesetest om hvorvidt det er forskjell i avvikene ved

aktiviteter med og uten endringer, samt en hypotesetest om hvorvidt utvalget kan tolkes som forventningsrett eller ikke.

Etter en gjennomgang av rutinene i estimeringsavdelingen og ved å ha sett på det omfattende datasettet kommer det frem flere spørsmål som kan underbygge problemstillingen:

- Undersøkelse av hvordan AKSO MMO kommer frem til time- og kostnadsestimatene
- Hvilken sammenheng er det mellom estimerte timer og forbrukte timer?
- Estimeres det med ulikt avvik i de ulike kategoriene av aktiviteter?
- Estimeres det med ulikt avvik i de ulike disiplinene?
- Er det forskjell i avviket i estimeringen dess flere endringer en aktivitet inneholder?

Datasettet som ble tilgjengelig for å kunne besvare de overnevnte spørsmål, hypoteser og oppgavens problemstilling er bearbeidet over lengre tid. Datasettet består av alle aktiviteter som er påbegynt på Eldfisk II modifikasjonskontrakten, før avgrensninger ble gjort som førte til at det gjensto 850 fullførte aktiviteter. Dette gjorde det mulig å sammenligne de estimerte verdiene med forbrukte verdier. Hvor dataene kommer fra, og hvordan de er hentet ut blir grundigere forklart i kapittel 5, samt vedlegg D og E.

Opgavens problemstilling besvares ved hjelp av teori om prosjektstyring, ved bruk av statistiske analyser og regresjonsanalyse. Det blir vist hvordan AKSO MMO styrer sine prosjekter i henhold til generell teori om prosjektledelse, og hvilke prosedyrer og prosesser som utføres for å komme frem til time- og kostnadsestimater. De empiriske analysene utføres for å avklare tendenser i datasettet, som viser hvordan utfallet av estimeringen blir i praksis.

Opgavens oppbygning er å besvare på spørsmålene og hypotesene gjennom kapittel 2 til 8. Kapittel 2 tar for seg bakgrunnen for oppgaven, samt informasjon om Eldfiskfeltet og kontrakten. Teorien for oppgaven blir gjennomgått i kapittel 3, før kapittel 4 tar for seg teorien sett i lys av AKSO MMO sine prosedyrer og prosesser. I kapittel 5 forklares dataene som danner grunnlag for den empiriske analysen, før kapittel 6 viser metoden som benyttes. Kapittel 7 tar for seg resultatene av den empiriske analysen, etterfulgt av konklusjonen på oppgavens problemstilling i kapittel 8.

1.1 Avgrensninger

I oppgaven er det gjort følgende avgrensninger for å få dannet et best mulig inntrykk av forholdet mellom estimering av aktiviteter med og uten endringer:

- En aktivitet betraktes som et prosjekt, der sluttestimater tolkes som estimater som ville blitt sendt ut i et tilbud for prosjektet. En aktivitet er en aktivitet hos en disiplin, som kan være timer med elektriker offshore. Det kan ikke være kombinasjon av flere disiplinaktiviteter.
- I analysen er det kun sett på aktiviteter som ferdig utført. Dette for å kunne sammenligne de estimerte timene med de faktisk forbrukte timene på aktivitetene. Dersom ikke fullførte aktiviteter hadde blitt inkludert, ville usikkerheten i analysen økt.
- En aktivitet som har en eller flere endringer tolkes som en endringsaktivitet, mens en aktivitet som ikke inneholder endring(er) tolkes som en vanlig aktivitet.
- Det som er inkludert i de estimerte timene er alle de estimerte timene med eventuelle endringer, enten de er godkjent av oppdragsgiver eller ei. Disse estimerte timene blir sammenlignet med de faktisk forbrukte timene på aktiviteten og danner grunnlaget for analysen. Estimater kan derfor inneholde estimater ved baseline 1, endret ved baseline 2 og deretter endret ved eventuelle endringer.
- Grunnet et lite antall interne endringer blir det ikke skilt mellom interne og eksterne endringer i analysen. Derfor blir det bare sett på endringer og ikke videre spaltet opp i interne og eksterne endringer.

1.2 Begrepsforklaring

Forklaringer av ord og uttrykk som er benyttet i oppgaven blir forklart under.

| | |
|----------|-------------------------------|
| AKSO | Aker Solutions AS |
| AKSO MMO | Aker Solutions MMO AS |
| AOE | Anmodning Om Endring |
| CN | Change Notification |
| COPSAS | ConocoPhillips Skandinavia AS |
| CPI | Cost Performance Index |
| CPM | Critical Path Method |
| CV | Cost Variance |

| | |
|------|---|
| DVO | Disputed Variation Order |
| EPC | Engineering, Procurement and Construction |
| EPCI | Engineering, Procurement, Construction and Installation |
| EVA | Earned Value Analysis |
| FV | Faktisk Verdi |
| GEM | Greater Ekofisk Modification |
| HSE | Health, Safety, Environment |
| HVAC | Heating, Ventilation and Air Conditioning |
| IV | Inntjent Verdi |
| MEL | Material Equipment List |
| MMO | Maintenance, Modifications and Operations |
| MTO | Material TakeOff list |
| PEM | Project Execution Model |
| PERT | Program Evaluation and Review Technique |
| PV | Planlagt Verdi |
| SPI | Schedule Performance Index |
| SSR | Sum of Squared Regression |
| SV | Schedule Variance |
| VO | Variation Order |
| VOR | Variation Order Request |

2 Bakgrunn

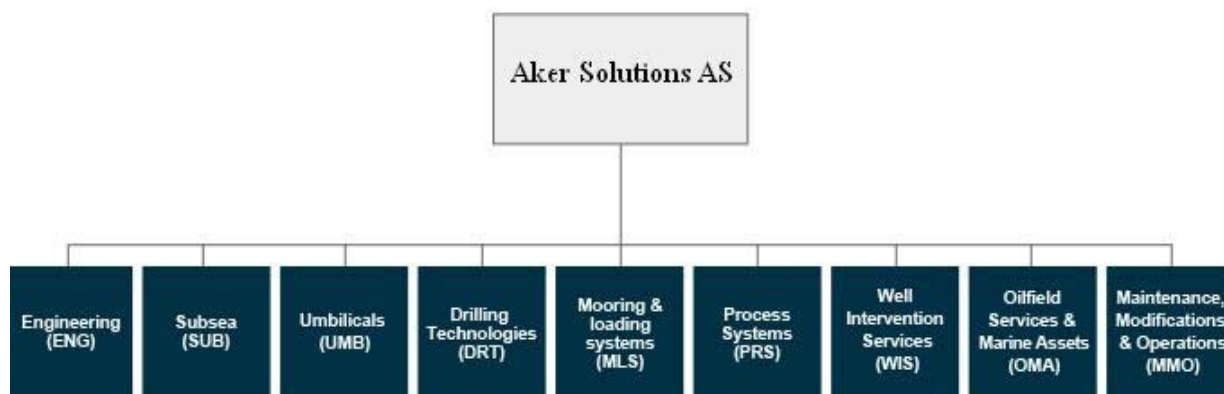
Det presenteres her informasjon om Aker Solutions som oppgaven er skrevet hos, området prosjektet omfatter og tilslutt generell informasjon om kontrakten som danner grunnlaget for problemstillingen.

2.1 Aker Solutions

Aker Solutions AS, heretter AKSO, er eid av Aker Solutions ASA som er en ledende global tilbyder av ingeniør-, teknologi-, produkt- og serviceløsninger til olje- og gassnæringen. Historikken til selskapet strekker seg helt tilbake til 1842 ved etableringen av Aker Mekaniske Verksted og til 1853 ved etableringen av Kværner Brug. I 2002 ble disse to selskapene slått sammen til Aker Kværner som i 2008 byttet navn til Aker Solutions.

I dag består firmaet av en rekke selskaper som alle bruker merkenavnet Aker Solutions, deriblant AKSO MMO, på Strømsteinen i Stavanger. Selskapet har om lag 18 400 ansatte i over 30 ulike land og omlag 4 700 av disse jobber innen forretningsområdet MMO. AKSO hadde i 2011 en omsetning på 36,5 milliarder norske kroner. Visjonen deres er: ”Our vision is to be the preferred partner for solutions in the oil and gas industry through living our values.” (AKSO 2012a; AKSO 2012b; AKSO 2012d).

Figur 2.1 viser de ulike forretningsområdene AKSO driver innen, og AKSO MMO på Strømsteinen opererer innen segmentet *Maintenance, Modifications & Operations* (MMO).



Figur 2.1: Aker Solutions forretningsområder (AKSO 2012a)

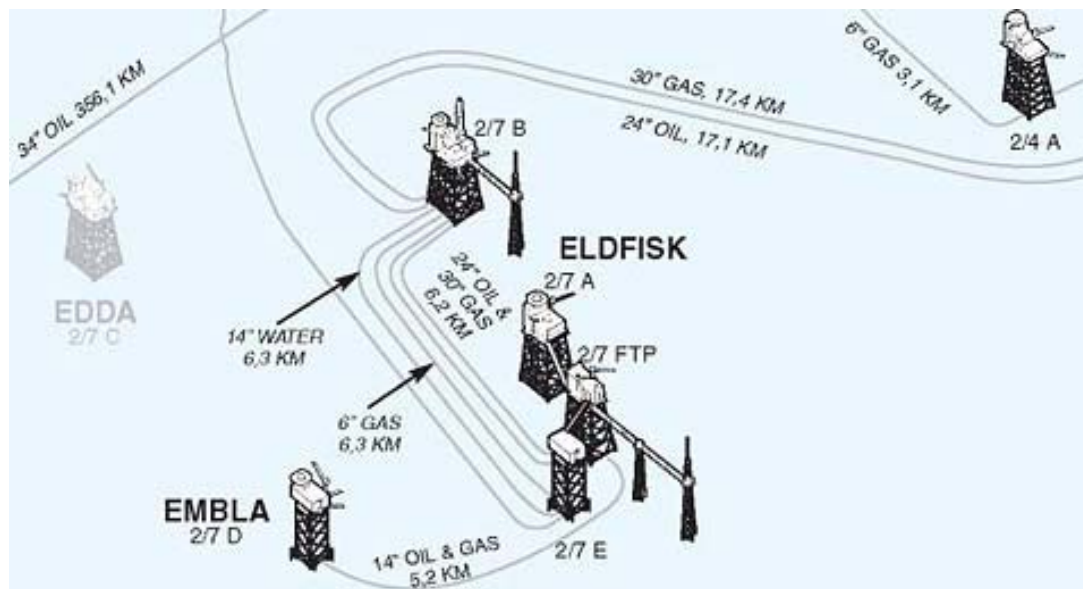
AKSO MMO på Strømsteinen er eid av AKSO og er hovedkvarteret for forretningsområdet MMO i Norge, med distriktskontor i Bergen, Kristiansund og Trondheim. AKSO MMO er en totalleverandør av EPC feltutviklingstjenester for olje- og gassindustrien. Selskapet er en tilbyder av front end studier, teknologi for dypvannsboring, produksjonssystemer for olje og gass på havbunnen, brønntjenester, feltutbygging med nye plattformer, samt forlengelse av levetiden til et felt gjennom vedlikehold, modifikasjoner og drift. AKSO MMO driver også med fjerning og avvikling av felt. Selskapet dekker alle de tekniske disiplinene, innkjøp, materialadministrasjon og prosjektledelse (AKSO 2012a; AKSO 2012b).

AKSO MMO er markedsledende i Nordsjøen med en markedsandel på 35-40 % på norsk sektor og 12-15 % på britisk sektor. De har mer enn 36 pågående prosjekter på installasjoner offshore på norsk kontinentalsokkel, samt fasiliteter på land på Mongstad og Aukra. Markedet i Norge er i vekst, og AKSO MMO er godt posisjonert med sin lange erfaring innen bransjen. I 2011 var de totale investeringene på norsk kontinentalsokkel på 146,3 milliarder kroner og i 2012 forventes rekordinvesteringer på 186 milliarder kroner. Mange av disse investeringene er i det såkalte brunfelt markedet, som omfatter tie-ins, oppgradering av boreinnretninger, produksjon fra brønner med lavt trykk og oppgraderinger som kreves fra et HSE perspektiv. ”Dette er et marked med muligheter for AKSO MMO med deres kjernekompetanse, samt tilpasningsdyktige organisasjon”, sier Stian Vemmestad, AKSO MMO sin president for vedlikehold, modifikasjoner og drift (AKSO 2012c; SSB 2012).

2.2 Eldfisk

Eldfiskfeltet har vært i produksjon siden 1970 og fortsatt er ressurspotensialet stort. Feltet besto opprinnelig av tre innretninger, Eldfisk 2/7A (EldA), Eldfisk 2/7B (EldB) og Eldfisk 2/7FTP (EldF). EldB er en kombinert bore-, brønnhode- og prosessinnretning, mens EldA og EldF er en brønnhode- og prosessinnretning. EldA har også borefasiliteter og er koblet sammen med EldF med en bro. I 1999 kom Eldfisk 2/7E (EldE) og det bygges nå to nye plattformer Eldfisk 2/7S (EldS) og Eldfisk 2/7N (EldN) som skal installeres i henholdsvis 2014 og 2020. EldE er en innretning for vanninjeksjon, og den leverer også injeksjonsvann til Ekofiskfeltet gjennom en rørledning fra Eldfisk til Ekofisk K. Eldfiskfeltet ligger sør for Ekofisk komplekset på den norske kontinentalsokkelen, og sør for Eldfiskfeltet ligger Eldfisk 2/7D (Embla) som er tilkopledd EldF (NPD 2010; PTIL 2010).

AKSO ble i 2011 tildelt flere kontrakter på Eldfiskfeltet. Målet med disse kontraktene er å forlenge levetiden til Eldfiskfeltet. Kontraktene omfatter modifikasjoner av alle de eksisterende plattformene, EldA, EldB, EldF og Embla som følge av installeringen av den nye EldS plattformen (DN 2011).



Figur 2.2: Eldfiskfeltet (PTIL 2010)

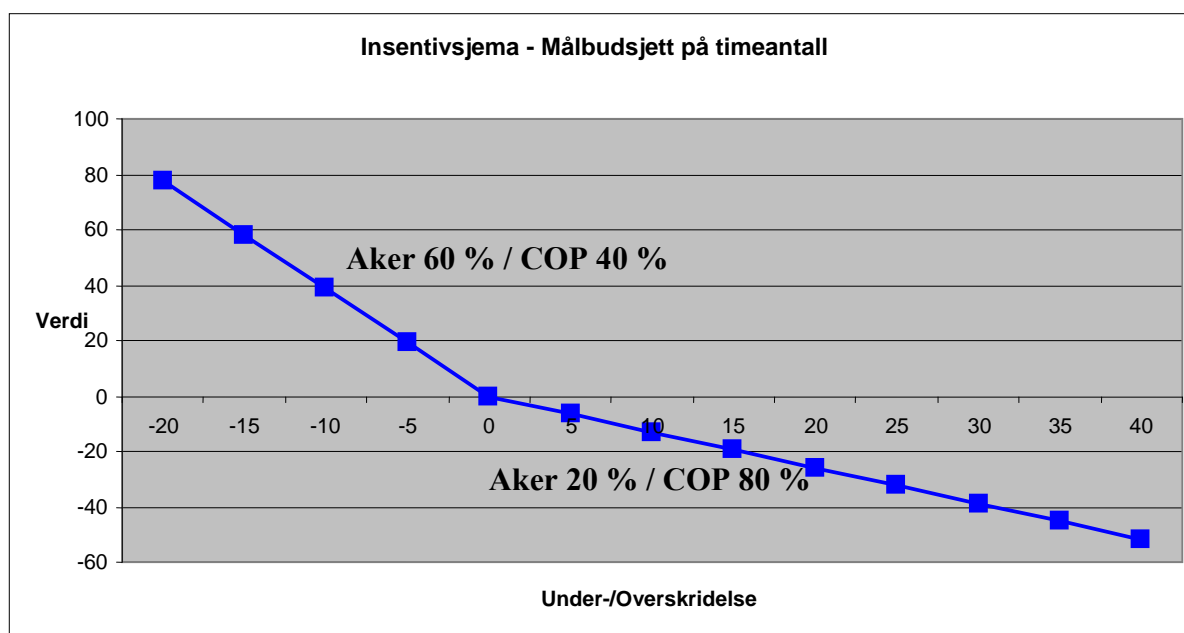
COPSAS er operatøren på Eldfiskfeltet og ønsker med utbyggingene å øke utvinningsgraden på feltet fra 22 til 28,5 prosent. Utbyggingen er en del av en stor opprustning av Ekofisk og Eldfisk. Det skal til sammen bores 86 nye brønner på de to feltene, og en har beregnet de totale investeringene til 65 milliarder norske kroner (DN 2011).

2.3 Eldfisk II Modifikasjonskontrakten

Kontrakten mellom AKSO MMO og COPSAS ble signert i mars 2011 og omfatter offshore modifikasjonsprosjekter for opprustning av Ekofisk- og Eldfiskområdet. Den er en del av det som blir kalt *Greater Ekofisk Modification* (GEM). Varigheten på kontrakten er beregnet fra 23.3.2011 til 31.12.2015. Pr. mars 2012 var det 400 personer onshore og 70 personer offshore på kontrakten (Tunge 2012).

Kontraktens totale verdi pr. februar 2012 var på 1,836 milliarder norske kroner. Den betraktes som en del av en samarbeidskontrakt bestående av flere kontrakter på GEM. AKSO MMO er tildelt flere av disse for å utnytte synergieffekter som kostnadsreduksjoner, effektive

grensesnitt mellom *Greenfield* og *Brownfield* og for at toppledelsen får et helhetlig fokus (Tunge 2012; AKSO 2011c).



Figur 2.3: Incentivskjema for målbudsjett på timeantall (AKSO 2011c)

Kompensasjonsformatet på kontrakten er en målbudsjettskontrakt med timeantall på onshore timer for ledelse, administrasjon og ingeniørtjenester samt for offshore installasjon. For onshore arbeid utført i fabrikkasjon i Egersund blir det kompensert i henhold til normer for vekt på utstyret. Incentivskjemaet for målbudsjettskontrakten er vist i figur 2.3. Den viser at dersom det blir brukt over det fastsatte antall timer som er inkludert godkjente endringstimer, vil AKSO MMO måtte betale 20 % av overskridelsen. Dette betyr at på timene som benyttes over målbudsjettssatsen får AKSO MMO betalt som ved regningsarbeid, med 80 % av vanlig pris. Ved underskridelse, som vil si at AKSO MMO bruker mindre timer enn målbudsjettssatsen, får de betalt for 60 % av besparelsen på antall timer (AKSO 2011c).

2.4 Oppsummering

Kontrakten på Eldfisk II modifikasjonen er en av de største kontraktene AKSO MMO har for øyeblikket og inkluderer også muligheten for nye kontrakter på GEM. Derfor er en vellykket gjennomføring av prosjektet viktig for AKSO MMO. Et vellykket prosjekt er enklere å oppnå ved å ha forventningsrette estimater. Gode estimater kan føre til at nok ressurser blir allokert og gjør det enklere å følge opp arbeidsplanene som er laget. Derfor vil nøyaktige estimater være en premiss for en vellykket gjennomføring av prosjektet.

3 Teori

I dette kapitlet vil teorien som er grunnlaget for oppgaven bli gjennomgått. Først blir det forklart hva et prosjekt er og deretter går det gjennom generell prosjektteori. Hovedtyngden av kapitlet går mer detaljert inn i prosjektteori, med å se nærmere på områdene endringer, estimering og tids- og kostnadsstyring.

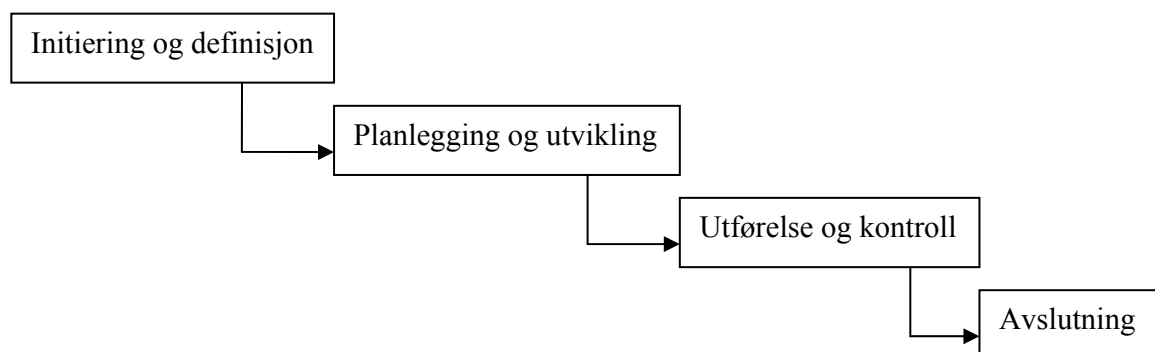
3.1 Prosjekt og prosjektstyring

Prosjektarbeid har blitt en vanlig måte å løse bestemte oppgaver på, både i undervisningsformål og i næringslivet. Oppgavene i et prosjekt kan variere både i størrelse, omfang, tid og kostnad. Det kan være alt fra å bygge et enkelt postkassestativ, til bygging av en avansert plattform i Nordsjøen. Til tross for at det er stor variasjon i de ulike prosjektene, er det noen karakteristiske trekk ved et prosjekt (Andersen 2005):

- Utførelsen av en bestemt arbeidsoppgave
- Tidsavgrenset (ofte kalt temporært)
- Iverksatt av en annen organisasjon
- Mennesker med ulik fagbakgrunn skal jobbe tett sammen
- Utsatt for usikkerhet knyttet til forhold både innenfor og utenfor prosjektet
- Skal levere resultater (ofte kalt leveranser)
- Har begrenset med ressurser

Ut fra de karakteristiske trekkene ved et prosjekt, kan et prosjekt defineres som:

”Et tiltak som har karakter av et engangsforetagende med et gitt mål og avgrenset omfang og som gjennomføres innenfor en tids- og kostnadsramme.” (Kilde, Marøy og Rolstadås 1997).



Figur 3.1: De ulike fasene i et prosjekt (Gardiner 2005)

Et prosjekt består av ulike faser som til sammen blir kalt for prosjektets livssyklus, se figur 3.1. Hver fase i prosjektets livssyklus er markert med fullføringen av en milepæl, rapport eller et produkt. Ved å dele et prosjekt opp i ulike faser er det mulig å definere hva som skal være ferdig når hver fase er fullført og dermed lettere ha kontroll over prosjektets fremdrift. De ulike fasene i et prosjekt er (Gardiner 2005):

- Initiering og definisjon
- Planlegging og utvikling
- Utførelse og kontroll
- Avslutning

Initiering og definisjon:

Startfasen til et prosjekt definerer produktene og tjenestene som prosjektet skal levere. Aktiviteter for å definere omfanget til prosjektet blir utført, for å tydeliggjøre hva som er inkludert og hva som ikke er inkludert i prosjektet. Denne fasen inneholder også en studie av gjennomførbarheten til prosjektet (Gardiner 2005).

Planlegging og utvikling:

Denne fasen består av planleggingsaktiviteter som danner basis for prosjektkontrollen som utføres i fasen *Utførelse og kontroll*. Planer som utføres i denne fasen kan være: arbeidsplaner og tidslinjer, ressursplaner, kvalitetsplaner, HMS-planer, risikoplaner, innkjøpsplaner og budsjetter. Disse dokumentene vil være viktige for å adressere mulige problemområder på et tidlig stadium, og for å ha muligheten til å sette inn tiltak som forhindrer at det oppstår problemer (Gardiner 2005).

Utførelse og kontroll:

I utførelsesfasen blir produktet utviklet og forbruket av ressurser er på sitt største. Det ferdige produktet blir bygget og det er ofte i denne fasen at oppdragsgiver forstår hvilket sluttresultat han virkelig vil ha. Derfor er det i denne fasen at de fleste endringene i prosjektet blir registrert. Utførelsen blir kontrollert ved hjelp av planene som foreligger fra forrige fase (Gardiner 2005).

Avslutning:

Prosjektet avsluttes formelt ved at alle regninger blir betalt, dokumentasjon blir fullført, oppdragsgiver godkjenner produktet og produktet leveres til kunden. Ressursene som har vært knyttet til prosjektet blir frigjort og prosjektet blir erklært fullført (Gardiner 2005).

3.1.1 Prosjektstyring

For at et prosjekt skal fullføres tilfredsstillende er det viktig med god styring og oppfølging, særlig knyttet til håndtering av endringer. Ved dårlig prosjektstyring, kan endringer føre til større utfordringer enn dersom en hadde god kontroll over prosjektet. Endringer fører til at planene som var lagt må endres, og kan føre til forsinkelser og kostnadsoverskridelser. Derfor er god dokumentasjon av endringer en viktig forutsetning for å kunne gjennomføre endringen på en tilfredsstillende måte. Endringer og utfordringer som er knyttet til endringer vil bli nærmere gjennomgått i avsnitt 3.2.

Det er prosjektlederen sitt ansvar å kartlegge ulike situasjoner som kan oppstå, og som kan føre til prosjektet ikke oppnår den suksess det var tiltenkt (Hetland 1998). Ved hjelp av verktøy for å fange opp disse situasjonene, kan prosjektlederen se hva som er kritiske aktiviteter. I tillegg kan det fanges opp hvor en må være ekstra forberedt i forhold til risiko ved prosjektutførelsen. Her kan det så settes inn ekstra ressurser for å motvirke at uønskede situasjoner oppstår. En metode for å adressere slike kritiske aktiviteter er CPM, som blir gjennomgått i avsnitt 3.4.

Suksessfaktorer for et prosjekt blir hyppig nevnt i litteraturen. Morris og Pinto (2004) nevner ti kritiske suksessfaktorer:

1. Prosjektets misjon: Tidlig klarhet i prosjektets mål og hva som skal oppnås, definere klare ansvarsforhold
2. Støtte fra toppledelsen: Vilje fra toppledelsen til å sette av de rette ressursene som er nødvendig for prosjektets suksess
3. Tidsplanlegging: Utarbeidelse av en detaljert spesifisering av de enkelte trinnene som er krevd for prosjektgjennomføringen
4. Konsultasjon med klienten: Lytte og å ha god kommunikasjon med alle de involverte partene
5. Personell: Rekruttering, valg og trening av det nødvendige personellet for prosjektteamet
6. Tekniske oppgaver: Tilgjengelighet av nødvendig teknologi og ekspertise for å oppnå de spesifikke tekniske stegene i planen

7. Arbeid med klienten: Arbeidet med å selge det ferdige produktet til dens målgruppe
8. Overvåkning og tilbakemelding: Overvåkning av fremdrift og kritiske faktorer i hver fase for tidlig identifisering av eventuelle problemområder
9. Kommunikasjon: Utvikling av nettverk med nødvendige data som kan kommuniseres til alle involverte i de ulike fasene av prosjektgjennomføringen
10. Feilsøking: Evnen til å håndtere uforutsette hendelser og avvik fra planen

I tillegg til å se på suksessfaktorer vil det også være interessant med hva som regnes som et mislykket prosjekt (Hatlestad & Hatinoor 2011). Dette kan være prosjekter som blir gjennomført, men som har varierende grad av avvik mellom estimatet for tid, kostnad og kvalitet mot de faktiske verdier av samme faktor. I denne sammenheng vil det være naturlig å se på to innfallsvinkler for årsaker til slike avvik (Hatlestad & Hatinoor 2011):

- Svake planer og estimater, men vellykket gjennomføring
- Gode planer og estimater, men svak/uheldig gjennomføring

Basert på disse innfallsvinklene vil det være en mengde årsaker som kan sørge for at prosjektet ikke lykkes i den grad som var tiltenkt. Ved å mislykkes i en eller flere av suksessfaktorene nevnt over, kan en havne i kategorien for et mislykket prosjekt. Noe som ofte kan være årsaken til mislykkede prosjekter, er endringer og dårlig håndtering av disse. Det vil derfor videre gjennomgås hva en endring er, for å øke forståelsen av hvorfor håndtering og styring av endringer er viktig.

3.2 Endringer

”En endring er et avvik fra planlagt gjennomføring som enten skyldes ønske fra kunde, feil på dokumentasjon, feil på eget arbeid, feil fra underleverandører eller lignende.” (AKSO 2008). Endringer vil oppstå i alle prosjekter der man ikke klarer å spesifisere en fullstendig kontrakt på forhånd, noe som er utfordrende i petroleumskontrakter siden de inngås på et tidlig stadium der spesifikasjonene ikke er fullstendige. Omfanget og kompleksiteten til en endring kan variere fra ubetydelig til en endring som vil forsinke og øke kostnaden til prosjektet betydelig. Det vil ofte være et diskusjonstema å avgjøre om endringen er inkludert i den opprinnelige pris, eller om man står overfor en endringsordre. Dette avgjøres ved hjelp av tolkning av kontraktens dokumenter.

Kontrakten er grunnlaget for de ytelser leverandøren har forpliktet seg til å utføre til den avtalte pris. Det må derfor skilles mellom endringer som omfattes av kontrakten og endringer som går utover kontrakten. Det førstnevnte vil være en endring som leverandøren ikke vil få betalt noe ekstra for å utføre, mens det sistnevnte vil være en endring som faktureres ved en endringsordre. Dette kan være grunnlag for opportunistisk atferd hos de ulike partene. Opportunistisk atferd hos leverandør vil være å fremme flere endringsordrer enn det reelt er grunnlag for, eller at det kreves dekket ekstrakostnader som ikke er reelle. Tilsvarende atferd hos oppdragsgivers side, vil være å betegne endringer som funksjonsforbedring og ikke funksjonsendring og dermed nekte å betale for endringsordren (Osmundsen 1999).

3.2.1 Ulike typer endringer

Endringer kan deles inn i tre hovedkategorier (Askheim, Gisvold og Tapper 1983):

- Endringer i arbeidsomfang
- Endringer med hensyn til kvalitet
- Endringer i arbeidsmetode

Endringer i arbeidsomfang:

Dette er endringer i dimensjoner og volum på utstyrskomponenter, herunder endringer som består i at utstyr og komponenter bringes inn i tillegg til, eller i stedet for det som inngår i den opprinnelige oppgave over arbeidet. Eksempel på dette kan være å øke sengekapasiteten på en plattform fra 150 i opprinnelig omfang, til 200 (Askheim, Gisvold og Tapper 1983).

Endringer med hensyn til kvalitet:

Dette er endringer som følger av at det kommer ny teknologi, slik at det oppstår nye og endrede spesifikasjoner på materialer eller utstyrskomponenter. Det vil ofte være av oppdragsgivers interesse å bruke nyeste teknologi i utbyggingen, noe som vil føre frem til denne typen endring (Askheim, Gisvold og Tapper 1983).

Endringer i arbeidsmetode:

Dette er endringer som besluttet med hensyn til byggverkstedets produksjonsopplegg og plan for gjennomføringen av byggeoppdraget. Endringer i arbeidsmetode kan også være et resultat av at oppdragsgiver forlanger bruk av nye arbeidsmetoder og dette kan sådan også påvirke kvaliteten på arbeidet (Askheim, Gisvold og Tapper 1983).

Disse tre kategoriene vil ha en glidende overgang. En endring kan havne i en av kategoriene eller i samtlige, avhengig av endringens art og omfang (Askheim, Gisvold og Tapper 1983). Endringer kan også deles inn i følgende type, alt etter hvem som initierer endringen (AKSO 2008; Vågseter 1997):

- Intern endring
- Ekstern endring

Intern endring:

Interne endringer er initiert av leverandøren. Dette kan være tilpasning av produksjonen til leverandørens forhold og er i utgangspunktet en del av kontrakten. Leverandøren vil ikke få betalt ekstra for arbeidet (AKSO 2008; Vågseter 1997).

Ekstern endring:

Eksterne endringer er initiert av oppdragsgiver. Det kan være at oppdragsgiver ønsker å endre på kontraktsgjenstandens omfang, karakter, kvalitet, art eller utførelse av arbeidet på den. Endringer som er eksterne er et tillegg til kontraktens arbeidsomfang, og vil bli fakturert som en endringsordre (AKSO 2008; Vågseter 1997).

3.2.2 Årsaker til endring

Hovedårsaken til endringer i prosjekter, er beslutningskriteriene som oljeselskapene legger til grunn for utbyggingsprosjektene på sokkelen. Selskapene legger til grunn en filosofi som går ut på å gjennomføre prosjektene med maksimalt fokus på fremdrift, slik at produksjonen på feltet kan starte opp så tidlig som mulig. Dette fører til at de ulike fasene av prosjektet gjennomføres med stor grad av overlapping, og i noen tilfeller er kun 25 % av kontraktens omfang spesifisert ved tildeling av kontrakt. Ved å utføre prosjekter på denne måten har oppdragsgiver bevisst valgt den profitable løsningen foran den ideelle, og har dermed akseptert at det vil bli endringer underveis (Askheim, Gisvold og Tapper 1983).

Andre forhold, som kontinuerlig teknologisk utvikling, taler også for endringer. Ny teknologi gjør at metoder og produkter endres og dette vil oppdragsgiver ofte at skal være med i utbyggingen. Offentlige regelverk som virksomheten er omgitt av, som sikkerhetsforskrifter, er under stadig revisjon. Det foreligger ofte krav om at byggeobjektet skal tilfredsstillе disse ved levering. Oppsplitting av en kontrakt til flere mindre kontrakter kan også føre til at en

forsinkelse hos et verksted, kan føre til forsinkelser eller endringer hos de resterende verkstedene (Askheim, Gisvold og Tapper 1983).

3.2.3 Negative konsekvenser av endringer

Ifølge Clark og Lorenzoni (1997) er de vanligste negative konsekvensene av endringer:

- Forsinkelser på fremdriftsplan og endring av fokus fra fremdrift til endring
- Ingeniørene mister interesse for å følge kostnad og fremdrift ettersom oppdragsgiver ikke vet hva han vil ha
- Mange små endringer kan være mer nedbrytende for prosjektet enn noen få store, fordi administrasjonen av hver enkelt endring må gjennomføres
- Endringer vil ha stor påvirkning på prosjekter offshore, fordi endringer på land kan forsinke tidsvinduer knyttet til vær offshore og endringer gjort offshore vil overskride budsjett grunnet høy lønnskostnad.

I tillegg kan endringer medføre et mer anstrengt forhold mellom prosjektets interessenter. Det kan for eksempel være at det benyttes komponenter som ikke er pålitelige nok. Dette kan føre til en diskusjon om komponenten var godt nok spesifisert i kontraktsdokumentene eller ikke, som kan utløse en endringsordre. Kontroll på endringene er derfor en forutsetning for suksess i prosjektet (Whittaker 1995; Rolstadås 2006).

3.2.4 Vederlaget ved endringer

Ved endringsarbeid blir leverandøren pålagt til å utføre mer, mindre, annet, raskere eller langsommere arbeid enn definert i den opprinnelige kontrakten, noe som bør reflekteres i hans vederlagskrav (Kaasen 1995). Vederlagskravene til leverandør vil være avhengige av kompensasjonsformatet på kontrakten (Askheim, Gisvold og Tapper 1983).

Ved regningsarbeid får leverandør betalt for den faktiske kostnaden for å produsere byggeobjektet. Whittaker (1995) hevder at det ikke er krav om endringsordre når dette kompensasjonsformatet benyttes i og med at det bare blir fakturert flere timer. Problemer kan oppstå når påslaget til dekning av indirekte kostnader er angitt som et fast beløp, (honorarkontrakt).

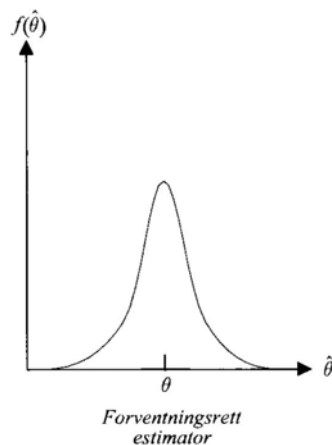
Fastpriskontraktene utføres med en fast pris som arbeidet skal utføres til. Endringer på denne typen kontrakter kan føre til diskusjon hvorvidt endringen er dekket i kontrakten eller kan faktureres som endringsordre. Whittaker (1995) hevder at det er uunngåelig å unngå endringer med fastpriskontrakter, selv om den er basert på gode arbeidsbeskrivelser.

Kontrakten på Eldfisk II modifikasjonen er en målbudsjettskontrakt, det vil si en fastpriskontrakt med insentiver. Målbudsjettet er basert på timeantall med en gitt timesats, og godkjente endringer vil føre til at taket for målbudsjettet økes. Dersom målbudsjettssatsen overskrides, må AKSO MMO betale 20 % av kostnaden pr. time arbeid selv. Det vil si at kompensasjonen blir som ved regningsarbeid med 80 % av vanlig pris på timene over målbudsjettssatsen. Blir utfallet at det benyttes mindre timer enn det som er estimert, får AKSO MMO kompensert for 60 % av timesatsen på de resterende timene. Uavhengig av hvilket prisformat som benyttes, vil god styring, oppfølging og dokumentasjon av endringene være nyttig for å kunne bevise at man har eventuelle krav på kompensasjon (AKSO 2011c).

3.3 Estimering

Et estimat er et anslag for hva vi tror noe vil koste, eller hvor lang tid som brukes på å fullføre en bestemt oppgave (Hetland 1998). Estimater kan være basert på faglig skjønn eller være beregnet ved hjelp av ulike estimeringsmetoder. Alle estimater vil være forbundet med en viss grad av usikkerhet, siden vi skal forutsi en ukjent verdi. Estimering handler om å forutsi denne ukjente verdien, før utfallet er kjent. Dette kan gjøres ved hjelp av statistikk, som er et verktøy som kan benyttes for å estimere disse verdiene. Statistikken benytter tall fra fortiden til å forutsi fremtidige verdier. Innen statistisk teori er det ønskelig at estimatene skal være forventningsrette. Dette er også ønskelig i praksis, ettersom det da vil bli allokert tilstrekkelig med ressurser til prosjektene i det lange løp. Forventningsretthet er definert til å være (Bårdsen & Nymoen 2011, s. 88):

”En estimator $\hat{\theta}$ er forventningsrett for θ hvis middelveien til $\hat{\theta}$, eller den forventede verdien, er lik den sanne verdien: $E(\hat{\theta}) = \theta$.”



Figur 3.2: Forventningsrett estimator (Bårdsen & Nymoen 2011)

Estimatoren er forventningsrett dersom estimatet i det lange løp konvergerer mot den faktiske verdien, som vil si at det ikke er avvik mellom estimerte timer og faktisk forbrukte timer (Helbæk 2011). Dette er begrunnet i *store talls lov*, som sier at gjennomsnittet i et tilfeldig utvalg fra en tallrekkefølge er tilnærmet lik gjennomsnittet i hele tallrekkefølgen.

3.3.1 Estimat og dets hensikt

Et estimat består av to forhold (Rolstadås 2006, s. 195):

- Estimatet er en tilnærmet beregning
- Estimatet er beheftet med en viss usikkerhet

Hovedhensikten med et kostnadsestimat er å utgjøre en basis eller referanse for kostnadsoppfølgingen. Dette vil si å påse at de anvendte ressurser holdes innenfor de rammer som legges til grunn for evalueringen av prosjektet (Rolstadås 2006). Hetland (1998) påpeker at kvantifisering av usikkerhet og vurdering av konsekvenser ved uheldige utfall, er en sentral problemstilling ved estimering.

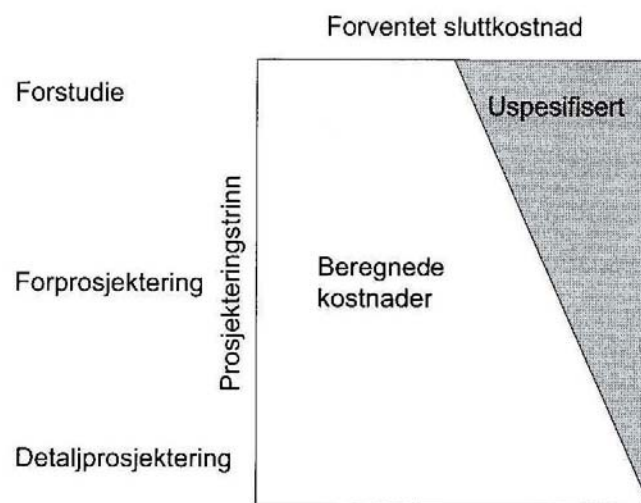
Prosjektene utvikler seg over flere faser og trinn og derfor gjennomføres planleggingen i tre etapper (Rolstadås 2006; Clark & Lorenzoni 1997):

- Forstudie (Screening)
- Forprosjektering (Budget)
- Detaljprosjektering (Definitive)

Forstudie (Screening) er et grovestimat med hensikt på å avklare om prosjektet er lønnsomt og det er derfor knyttet stor usikkerhet til estimatet. Den store usikkerheten skyldes at ved en grov gjennomgang av prosjektet vil alltid ett eller annet bli oversett. Det andre nivået kalles *Forprosjektering (Budget)* og her blir flere uforutsette forhold avklart, noe som øker nøyaktigheten på estimatet. Siste nivå er *Detaljprosjektering (Definitive)* som er basert på innhentede priser og som gir et mer riktig bilde av kostnadene (Rolstadås 2006).

Usikkerheten ved et estimat blir ofte forsøkt dekket med en form for reserve. Det skilles mellom to former for reserver i prosjekter (Rolstadås 2006):

- Uspesifisert (allowance)
- Uforutsett (contingency)



Figur 3.3: Forventet sluttkostnad i forhold til prosjekteringstrinn (Rolstadås 2006)

Uspesifisert representerer kostnadene for ting vi ut fra erfaring vet vil komme etter hvert som prosjektet skrider frem, se figur 3.3. Derfor kan en si at det som er uspesifisert, er knyttet til usikkerheten i estimatet. Denne usikkerheten angir også forhold som ikke er avdekket. Uforutsett skal dekke opp vesentlige endringer i prosjektets forutsetninger. Posten for uspesifisert forventes brukt opp i løpet av prosjektgjennomføringen, mens uforutsettposten ikke forventes oppbrukt (Rolstadås 2006).

Eksempler på det som uspesifisertposten skal dekke (Rolstadås 2006, s. 200):

- Designendringer som ikke berører prosjektomfanget vesentlig
- Terminendringer innen rammen av hovedtidsplanen

- Prisendringer innen de rammebetingelser som er benyttet
- Endringer i arbeidsutførelse innenfor fastlagt bygge- og kontraksstrategi
- Estimeringsfeil

Eksempler på det som uforutsettposten skal dekke (Rolstadås 2006, s.200):

- Vesentlige designendringer
- Vesentlige endringer av milepæler i hovedtidsplanen
- Vesentlige endringer av bygge- og kontraktstrategi
- Vesentlig endrede markedsforhold

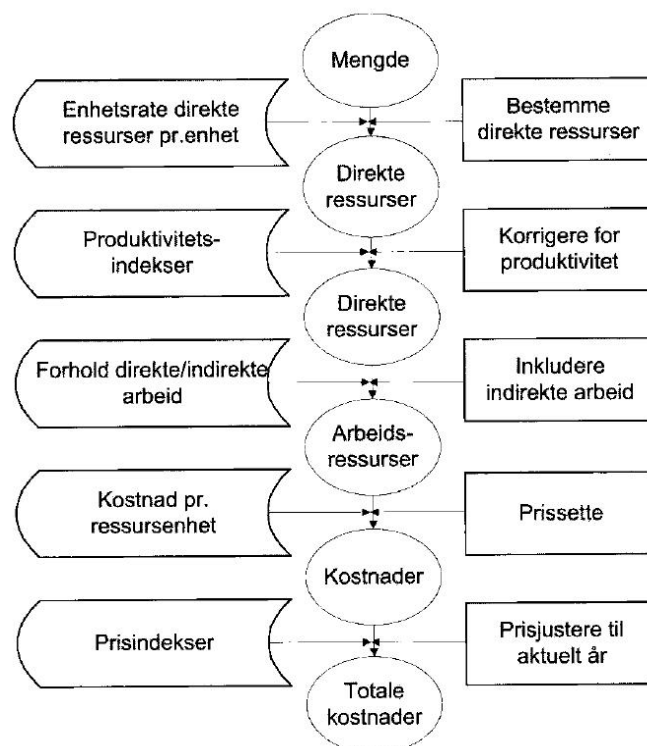
3.3.2 Analytisk og syntetisk estimat

Teorien skiller mellom to måter å estimere kostnader på (Whittaker 1995; Rolstadås 2006):

- Syntetisk estimat
- Analytisk estimat

Rolstadås (2006, s. 215) forklarer de ulike metodene slik: ”*Analytiske metoder* søker å estimere forbruket av innsatsfaktorer ved å bryte det totale systemet ned i delsystemer og studere relasjoner mellom disse.”. ”*Syntetiske metoder* søker å fastlegge kostnadene for et totalt system ut fra visse karakteristiske egenskaper ved systemet.”. Han påpeker at de syntetiske metodene lett kan anvendes for å fremskaffe de tidlige grovestimatene, mens analytisk fremgangsmåte benyttes oftere ved oppsett av mer detaljerte estimat. Det er vanlig praksis å kombinere disse to metodene. I figur 3.4 vises en beskrivelse av de enkelte trinnene i analytisk kostnadsestimering (Rolstadås 2006).

Den syntetiske metoden kan deles inn i relasjonsestimering og faktorestimering. Relasjonsestimering tar utgangspunktet i at vi har erfaring fra tilsvarende prosjekter og korrigerer med det aktuelle tilfellet. Faktorestimering er basert på at andelen av kostnader forblir uforandret. Det vil si at dersom kostnadene for en kategori er kjent, kan de andre regnes ut ved hjelp av forholdstall (Rolstadås 2006).



Figur 3.4: Trinn i analytisk kostnadsestimering (Rolstadås 2006)

3.3.3 Statistiske metoder ved estimering

Mulige metoder ved estimering av forventet timebruk (Hatlestad & Hatinoor 2011):

- Estimering basert på erfaringstall
- Estimering basert på en prøve av tidsbruk (forsøk)

Å utføre en prøve vil i mange tilfeller være svært tidkrevende, og derfor benyttes estimering basert på erfaringstall i de fleste tilfeller. Det krever derimot at selskapet har en god database til å lagre erfaringstall i og at de faktisk benyttes. Ved estimering ved hjelp av erfaringstall benyttes sannsynlighetsfordelinger for å komme frem til et estimat for det gjeldende arbeidet, ved analytiske metoder. Hetland (1998) gir et eksempel på statistiske beregninger ved hjelp av en betafordeling, som også angir usikkerhetsområdet rundt estimatet. En slik fordeling vil ha forventningsverdi (EV) og standardavvik (σ) og kan uttrykkes slik (Hetland 1998):

$$EV = \frac{a + 4m + b}{6} \quad \sigma = \frac{a + b}{6} \quad (3.1)$$

a = fordelings minimumsverdi

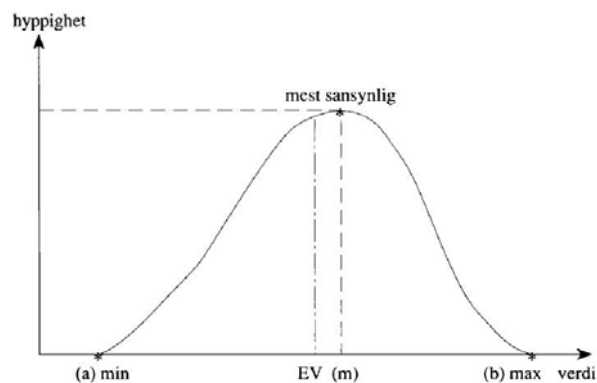
b = fordelings maksimumsverdi

m = fordelings middelverdi

Fordelingens form vil ha noe å si for hvilken verdi en skal benytte som middelvei. Dersom fordelingen er symmetrisk vil middelveien være lik, men er fordelingen usymmetrisk vil middelveien være ulik basert på hvilken estimator som benyttes. De vanligste estimatorene for middelvei er (Hetland 1998):

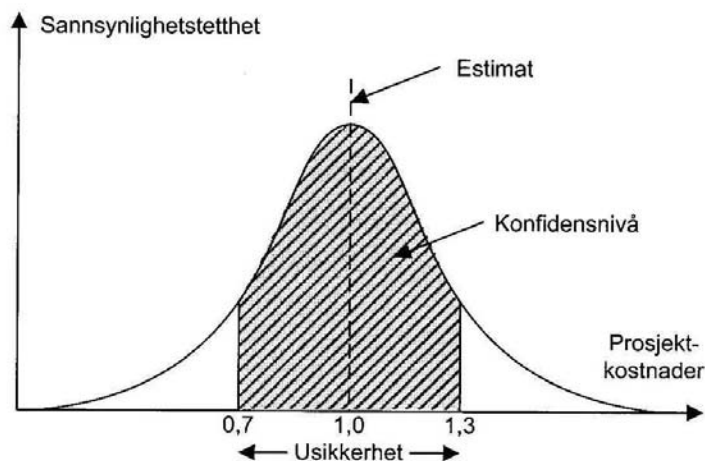
- Mean, som er gjennomsnitt-/forventningsverdi
- Median, som er en verdi der 50 % av verdiene ligger over/under
- Mode, mest sannsynlige verdi

Betafordelingen vil ha form som vist i figur 3.5 og det spesielle her er at den har absolutte minimums- og maksimumspunkter, noe som ikke er tilfellet ved en symmetrisk fordeling. En betafordeling har også en forventningsverdi som ligger til venstre for den mest sannsynlige verdien, grunnet fordelings skjevhet. Median og mean er her den samme, mens mode, ligger over disse (Hetland 1998).



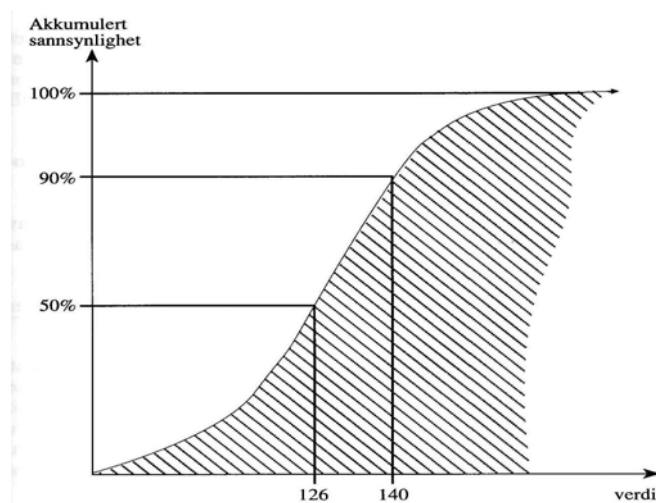
Figur 3.5: Skjev fordeling, betafordeling (Hetland 1998)

Ved en symmetrisk fordeling, eksempelvis normalfordeling, vil det være et symmetrisk usikkerhetsintervall omkring estimatet. I figur 3.6 vises et usikkerhetsintervall på $\pm 30\%$. Da vil et konfidensintervall på 60 %, bety at dersom det estimeres et uendelig antall ganger vil resultatet havne i intervallet i 60 % av tilfellene. Ved hjelp av en normalfordelingstabell vises et usikkerhetsintervall på $\pm \sigma$, som gir konfidensnivå på 68,3 %, $\pm 2\sigma$ gir et konfidensnivå på 95,4 % og $\pm 3\sigma$ gir et konfidensnivå på 99,7 % (Rolstadås 2006; Kvaløy & Tjelmeland 2000).



Figur 3.6: Symmetrisk fordeling (Rolstadås 2006)

Ved estimering av timebruk kan en kumulativ fordelingsfunksjon være til god nytte. Kumulativ fordelingsfunksjon viser sannsynligheten for at kostnadene/timebruken blir mindre enn eller lik x , og kan benyttes til å regne ut sannsynligheten for kostnaden/timebruken blir større enn x . I figur 3.7 vises et tilfelle der det er 90 % sannsynlighet for at det vil ta mindre enn 140 timer å utføre jobben. Tilsvarende vil det bli dersom kostnader skal estimeres (Rolstadås 2006; Hetland 1998).



Figur 3.7: Kumulativ fordelingsfunksjon (Hetland 1998)

Kumulativ fordelingsfunksjon kan benyttes til å besvare to typer spørsmål i forhold til kostnader (Rolstadås 2006, s. 203):

- Hva er sannsynligheten for at en kostnad på x ikke blir overskredet?
- Hvilken kostnadsverdi må velges dersom vi skal være y % sikker på at den ikke blir overskredet?

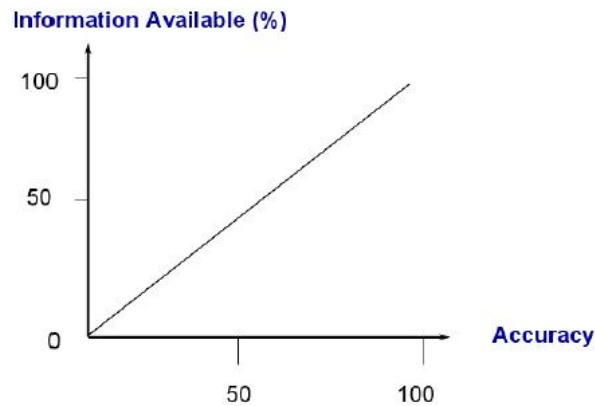
Spørsmålene kan benyttes til å angi størrelsen på uspesifisert (*allowance*) posten i prosjektet. Størrelsen som faktisk oppnås vil følge en statistisk fordeling. Denne er skjev siden det er et enkeltestimert, som kalles basisestimert i oppsettet under. Estimert vil ha større sannsynlighet for overskridelse enn for underskridelse. Dette vil bety at estimert må representere et realistisk mål, med lik sannsynlighet for under-/overskridelse. Derfor må det legges til et usikkerhetsestimert, som vil være den tidligere nevnte posten for uspesifisert (*allowance*) usikkerhet. Oppsett på kostnadsramme for et prosjekt basert på ovennevnte terminologi (Rolstadås 2006, s. 204):

$$\begin{array}{rcl} & \text{Basisestimert} & \\ + & \text{Uspesifisert (allowance)} & \\ = & \text{Referanseestimert} & \\ + & \text{Uforutsett (contingency)} & \\ = & \text{Kostnadsramme} & \end{array}$$

AKSO MMO sin terminologi på uspesifisert og uforutsett er satt i parentes i oppsettet. Kostnadsramme blir estimert som sendes ut til kunde og som i noen tilfeller blir referert til som sluttestimert. Dette estimert benyttes ved den empiriske analysen i kapittel 7.

Twomey (2011) påpeker at nøyaktige data er et fundament for et godt kostnadsestimert. Dette utdypes med at bedre informasjon og flere erfaringstall gir i det lange løp mer nøyaktige estimert for estimeringsavdelingen. Et godt estimert vil alltid være målet for estimeringsavdelingen, uavhengig av hvordan prosjektet kompenseres. Dette fordi estimertene ikke bare gir et anslag på økonomien i prosjektet, men også på ressursallokeringen. Ut fra disse estimertene blir fremdriftsplaner og budsjetter laget. Avvik fra disse estimertene vil føre til utfordringer knyttet til planene (Twomey 2011).

Overestimert vil føre til at prosjektet blir tildelt flere ressurser i form av personell og økonomi i forhold til det som er nødvendig. Dette vil føre til at man unngår et underskudd på ressurser i prosjektet. En for stor allokering av ressurser på et prosjekt, kan gjøre at man ikke har nok ressurser tilgjengelig til andre, eller nye prosjekter. Derfor kan overestimert føre til tap av fremtidige prosjekter, samt at organisasjonen blir mer ineffektiv ettersom flere ressurser er allokert enn det som faktisk er nødvendig.



Figur 3.8: Forhold mellom tilgjengelig informasjon og nøyaktighet på estimatet (Twomey 2011)

Ved underestimering vil ikke nok ressurser være allokert i form av personell og økonomi. Dette kan føre til forsinkelser, for lav bemanning, fordyrende innkjøp, dårlig økonomi eller lav kvalitet på leveransen. Lav bemanning kan føre til at man må benytte seg av overtidarbeid, som igjen er en fordyrende bruk av timer på personell. Dette påpeker viktigheten av nøyaktige estimat uavhengig av kompensasjonsformatet på kontrakten.

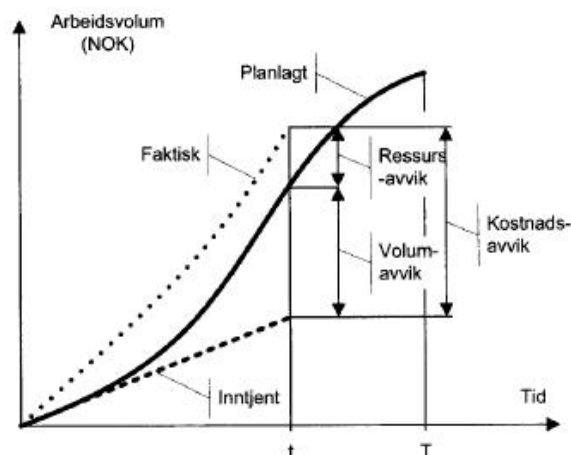
3.4 Kostnads- og tidsstyring

For at et prosjekt skal ende opp med et tilfredsstillende resultat, må inntektene som genereres av prosjektet være større enn kostnadene. Dette betyr at økte besparelser på kostnadssiden alltid vil være ren fortjeneste for et selskap og kan bidra til et enda mer profitabelt prosjekt. Fokuset på kontroll av tids- og kostnadsbruk er stort innenfor prosjektledelsesfaget og er en nødvendighet for at økonomien i prosjektet skal kunne ende opp i positiv retning. Det finnes flere ulike teknikker for tids- og kostnadskontroll innenfor fagområdet prosjektledelse, hvor en av de vanligste teknikkene er *Earned Value Analysis* (EVA), inntjent verdianalyse.

Prinsippet bak EVA er forklart som en sammenligning av faktisk utført verdi (inntjent verdi) med planlagt fremdrift og faktiske kostnader (Gardiner 2005). Dette gjør at man ser om man ligger foran, i forhold til, eller på etterskudd med planen. Teknikken er en grov analyse av prosjektets fremdrift og kan enkelt kommuniseres til oppdragsgiver. Rolstadås (2006) og Gardiner (2005) definerer følgende tre variabler for bruk i EVA:

- Inntjent verdi (IV): Verdien av arbeidet som er utført i forhold til det som var budsjettert.

- Planlagt verdi (PV): Verdien av arbeidet som var planlagt utført. Summen av alle PV vil gi estimatet for hele prosjektet.
- Faktisk verdi (FV): Faktisk kostnad av arbeidet som er utført.



Figur 3.9: Sammenheng mellom begrepene inntjent, planlagt og faktisk verdi (Rolstadås 2006)

Figur 3.9 viser sammenhengen mellom inntjent, planlagt og faktisk verdi. Disse tre variablene benyttes av prosjektledere til å beregne varianser og ytelsesindikatorer som er viktige for prosjektkontroll. Der det oppdages avvik kan det settes inn ekstra overvåking for å komme tilbake til planen. Noen av disse variansene og ytelsesindikatorerne er (Gardiner 2005):

- SV – Schedule Variance. Absolutt fremdriftsavvik = $IV - PV$. Positiv verdi vil si at man ligger foran planen, mens negativ verdi vil si at man ligger bak.
- CV – Cost Variance. Absolutt kostnadsavvik = $IV - FV$. Et positivt avvik indikerer at faktisk kostnad er lavere enn budsjettert kostnad, mens et negativt avvik indikerer overskridelse i forhold til budsjettet.
- SPI – Schedule Performance Index. Relativt fremdriftsavvik = IV / PV . Verdi større enn 1 vil si at man ligger foran planen, mens verdi mindre enn en vil si at man ligger bak.
- CPI – Cost Performance Index. Relativt kostnadsavvik = IV / FV . Verdi større enn 1 vil si at kostnadene er lavere en budsjettert, mens verdi mindre enn en vil si at kostnadene er større en budsjettert.

Kostnadsavvik blir definert som et mål på produktivitet og viser hvor godt estimeringsnormen blir fulgt. Høy produktivitet (>1) vil si at det benyttes mindre ressurser

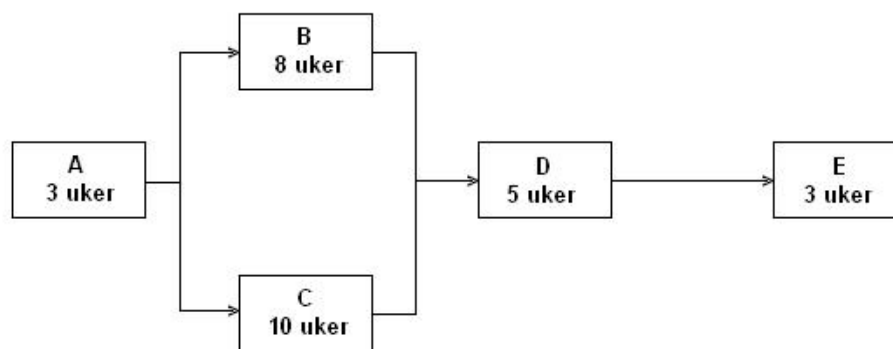
enn det som var planlagt, mens lav produktivitet (<1) vil si at det benyttes mer ressurser enn det som er planlagt. Produktivitet er vist på figur 3.9 som forholdet mellom kurven for inntjent og faktisk verdi. Ved et tidspunkt t , vil avvik i produktivitet medføre et kostnadsavvik som er sammensatt av et volumavvik og et ressursavvik. Volumavviket uttrykker mengden i arbeidsvolum som avviker fra planen som er satt opp, mens ressursavviket viser faktisk ressursforbruk sammenlignet med planlagt ressursforbruk (Rolstadås 2006).

Det er viktig å ha kontroll på fremdriftsavviket, for å tidlig identifisere hvor langt man har kommet i forhold til planen. Et forsinket prosjekt fører ofte til overskridelser av budsjett og derfor vil et avvik i fremdrift ofte gi avvik i kostnader. Det er derfor viktig å ikke se på disse verdiene isolert sett, men benytte seg av flere indikatorer for å få et bilde av helheten til prosjektet. Kontroll på fremdrift kan utføres med å benytte ulike metodikker, en av de vanligste metoder er *Critical Path Method* (CPM). Rolstadås (2006) påpeker at for å gjennomføre en beregning av et nettverk med denne metoden må følgende være kjent:

- Hvilke aktiviteter som inngår
- Avhengighetene mellom de ulike aktivitetene
- Varigheten til de ulike aktivitetene

Det kan i tillegg være gitt når start- og sluttdatoen for prosjektet skal være, men det forutsettes ofte at prosjektet starter i tidspunkt 0. For hver aktivitet beregnes tidligste og seneste hendelsestidspunkt. Da vil nettverksplanleggingen gjøre at man kan (Rolstadås 2006):

- Bestemme sluttdatoen til prosjektet
- Se hvilke aktiviteter som direkte påvirker prosjektets varighet(kritiske aktiviteter)



Figur 3.10: Eksempelnettverk ved bruk av CPM

Figur 3.10 viser et nettverk som beregnet med CPM og viser at den totale varigheten til prosjektet er 21 uker ($3 + 10 + 5 + 3$). Den viser at aktivitet D er avhengig av at både aktivitet B og C er ferdig utført for å kunne starte, og derfor vil aktivitet B kunne tillate seg å ha 2 uker med slakk uten at det påvirker prosjektets varighet. Aktivitetene A, C, D og E er kritiske aktiviteter som med å bli forsinket vil forsinke hele prosjektets varighet.

CPM har som fordel at den er enkel å regne ut, og på samme måte som EVA, er den enkel å kommunisere og forstå for oppdragsgiver. Rolstadås (2006) påpeker at ulempen med CPM er at den antar at varigheten til aktivitetene er deterministiske, noe som i virkeligheten er urealistisk. Varigheten til en aktivitet er i høy grad usikker, og derfor bør varigheten uttrykkes som en statistisk fordeling. Dette kan gjøres ved hjelp av andre teknikker som blant annet *Program Evaluation and Review Technique* (PERT) (Rolstadås 2006).

3.5 Oppsummering

Prosjektstyring er et tverrfaglig emne som krever kompetanse innenfor flere fagområder og krever at man både har teknisk og kommersiell forståelse. Gode prosesser for å styre, følge opp og for å gjennomføre prosjekter er nødvendig for å oppnå suksess i prosjekter. Dette kombinert med en forståelse for endringer, estimeringsarbeid og metoder for kostnads- og tidskontroll kan sikre vellykkede og profitable prosjekter.

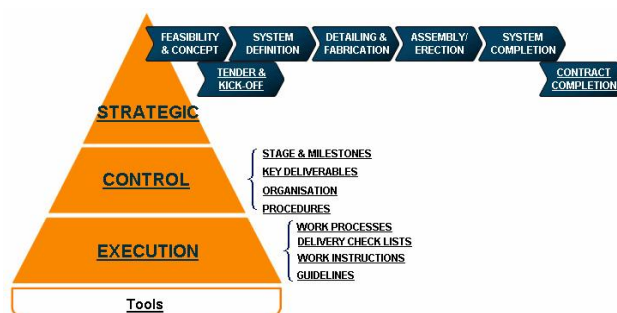
4 Aker Solutions MMO AS

Formålet med dette kapittelet er å belyse hvordan AKSO MMO håndterer store prosjekter som skal gjennomføres med tilfredsstillende resultater til sine oppdragsgivere. Først forklares prosjektstyringsverktøyet PEM som AKSO MMO benytter som rammeverk for å gjennomføre prosjekter. Deretter går det videre inn på detaljnivå for hvordan estimering og endringsstyring blir håndtert i praksis hos AKSO MMO. Kapittelet baserer seg i stor grad på AKSO (2004) og fra deltakelse på e-læringskurs (AKSO 2012e). Avsnittene om PEM viser hvordan AKSO MMO styrer prosjekter i henhold til de teoretiske emnene som ble gjennomgått i kapittel 3.

4.1 Prosjektstyringsverktøyet PEM

AKSO MMO benytter seg av et overordnet prosjektstyringsverktøy som kalles *Project Execution Modell* (PEM). Dette er basert på over 30 års erfaring fra olje- og gassindustrien fra bransjens mest utfordrende prosjekter. Målet med PEM er å forbedre utførelsen av prosjektene, styre risiko, samt å sikre forutsigbarhet i operasjoner ved bruk av en standard- og gjennomsiiktig metodikk for prosjektgjennomføring. Modellen skal sikre at prosjektene blir utført komplett, sikkert, kostnadseffektivt og at de kan leveres til kundene til avtalt tid, med rett kvalitet og innenfor budsjett. PEM skal føre til bedre kommunikasjon og bedre informasjonsflyt. I tillegg kan PEM gi tidlig identifikasjon og overvåkning av risikofaktorer, og skal sikre kvaliteten på produktet som blir levert.

PEM benyttes i alle fasene til et prosjekt, fra prosjektering, til produksjon og oppfølging. Modellen gir en definert struktur og tilnærming for gjennomføring av prosjektene. Den danner et tankesett for de prosjektansatte fra første dag og gjennom alle fasene i prosjektet.



Figur 4.1: De ulike plan og nivåer i PEM (AKSO 2004)

PEM er delt inn i tre plan, *strategisk-*, *kontroll-* og *gjennomføringsplan* som vist i figur 4.1, hvor hvert plan har ulike faser. Det strategiske nivået består av fasene vist i figur 4.2. Kontrollplanet inneholder et sett av steg for hver fase, og hvert steg har definerte mål, med fokus på koordinering og avhengigheter mellom de ulike disiplinene. Gjennomføringsplanet inneholder arbeidsprosesser for ledelsen og disiplinene med flytdiagrammer og beskrivelser av de ulike aktivitetene. Fasene i figur 4.2 viser den praktiske anvendelsen av modellen til Gardiner 2005 gjennomgått i avsnitt 3.1. Hver fase i strategisk nivå avsluttes med en milepæl som er en essensiell del av PEM, og skal sørge for at en bestemt del av produktet er levert til en gitt tidsfrist. Dette skal sikre kontinuitet i prosjektet og definerer en overgang fra en aktivitet til en annen.

4.2 PEM – Eldfisk II Modifikasjonen

For alle prosjekter i AKSO MMO lages det prosesskart som inneholder beskrivelser for hvordan prosedyrene skal gjennomføres. Eldfisk II modifikasjonen sine faser og milepæler vises i figur 4.2 og figur 4.3, der hver fase har en eller flere underkategorier med oppgaver som skal være fullførte, og milepæler som skal være nådd før en fase er fullført. De fem fasene i strategisk nivå i PEM er *Feasibility & Concept*, *System Definition*, *Detailing & Fabrication*, *Assembly/Erection* og *System Completion*.

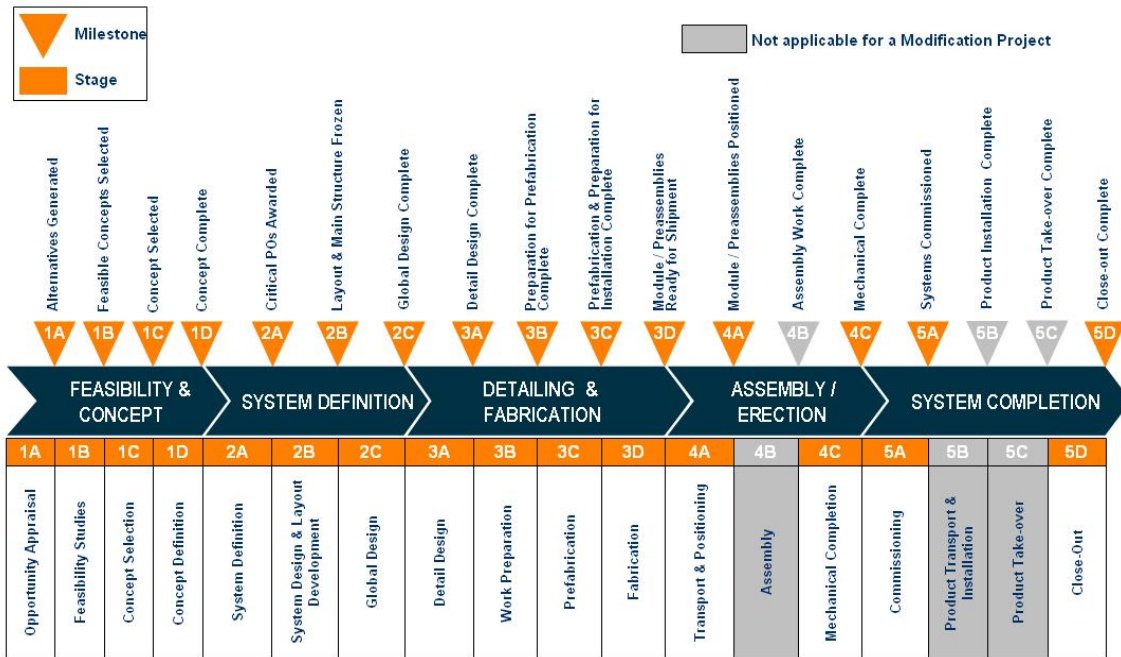


Figur 4.2: Fasene i strategisk nivå i PEM (AKSO 2004)

Innholdet i *Feasibility & Concept* vil bli gjennomgått detaljert i avsnitt 4.2.1. I *System Definition* fasen fullføres tegningene, og detaljene om konseptet og designet blir fryst. I *Detailing & Fabrication* fasen skal detaljdesignet fullføres, fabrikkasjonsdokumentasjon utformes, prefabrikasjon og preinstallasjon blir ferdigstilt. Utstyret er på dette tidspunktet klart til transport for mekanisk ferdigstilling offshore. Hovedmålet med neste fase *Assembly/Erection* er å transportere og installere modulen inkludert alle dens komponenter. I den siste fasen *System Completion* er modulen ferdig installert, produktet er overtatt av kunde og prosjektet kan formelt avsluttes.

4.2.1 Feasibility and Concept

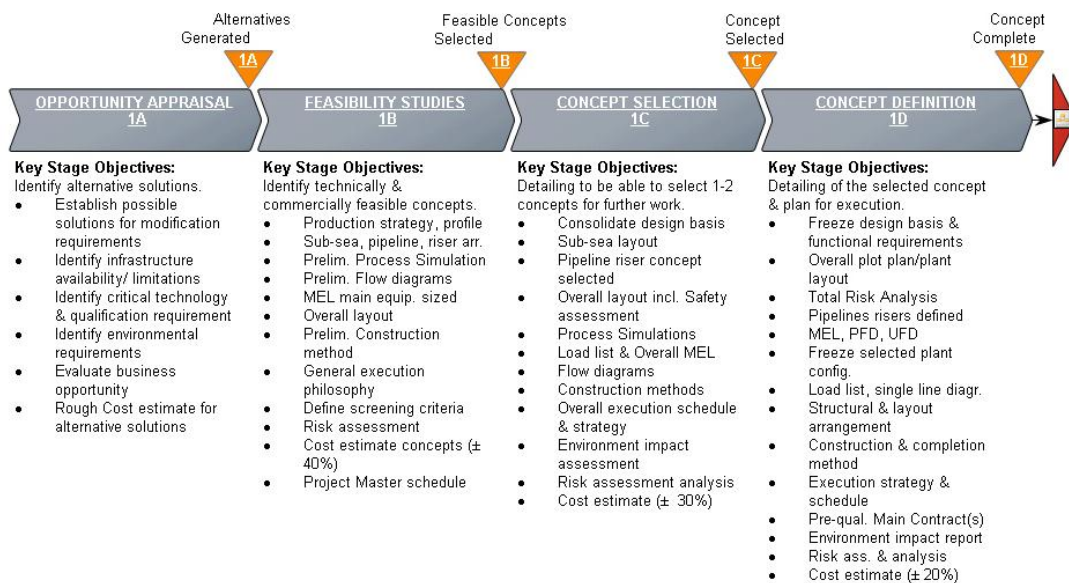
Feasibility and Concept inneholder fire milepæler, *Alternative Generated*, *Feasible Concepts Selected*, *Concept Selected*, *Concept Complete* og *Concept Complete* som vist i figur 4.3.



Figur 4.3: Modifikasjonsprosessen med milepæler (AKSO 2003)

For å nå milepælene innen *Feasibility and Concept* er det definert ulike arbeidsoppgaver og fremgangsmåter som må gjennomføres. Disse beskrives nærmere i steg 1A, 1B, 1C og 1D, vist i figur 4.4 for Eldfisk II modifikasjonen.

Feasibility & Concept - Eldfisk II Modifications



Figur 4.4: De fire stegene i *Feasibility & Concept* fasen med milepæler (AKSO 2011a)

Steg 1A *Opportunity Appraisal* har som mål å etablere mulige løsninger for modifikasjonen. Disse løsningene skal danne grunnlag for beslutninger som oppdragsgiver skal ta angående hvordan prosjektet skal kunne gjennomføres. Det blir sett på mulig teknologi som skal benyttes, hvilke forretningsmuligheter som eksisterer, vurdering av HSE blir utført og et grovt kostnadsestimat blir beregnet. Basisen for studiene gjort i steg 1A er begrenset til å utforme et forenklet system og å se på de generelle retningslinjene til oppdragsgiver.

Milepælen for steg 1A er oppnådd når de ulike løsningene er kartlagt, begrensningene og omfanget av oppdraget er identifisert og en overordnet plan for prosjektet er etablert.

Steg 1B *Feasibility Studies* identifiserer gjennomførbare konsept som kan gi fordeler for prosjektutviklingen. Her vurderes gjennomførbarheten ved de ulike tekniske løsningene som ble foreslått i forrige fase. Videre skal arbeidet i denne fasen være basert på informasjon fra oppdragsgiver som tekniske mål, utviklingsstrategi, produksjonsprofil og begrensning i infrastrukturen. Basert på informasjonen skal et kostnadsestimat med $\pm 40\%$ avvik være etablert.

Milepælen for steg 1B er oppnådd når de ulike gjennomførbare konseptene for oppdraget er etablert.

Steg 1C *Concept Selection* har som mål å utvikle de mest lovende konseptene fra forrige steg til et teknisk og økonomisk nivå, slik at det kan velges mellom de ulike konseptene. Alternativer og forbedringer innenfor hvert av de ulike konseptene blir utviklet i nært samarbeid med oppdragsgiver. Det rettes spesiell oppmerksomhet til helheten av designet til systemet, både med tanke på nye og endrede fasiliteter og innvirkning på eksisterende infrastruktur. HSE og risikoanalyser blir utført for å verifisere løsningen og kostnadsavvik på $\pm 30\%$ er etablert.

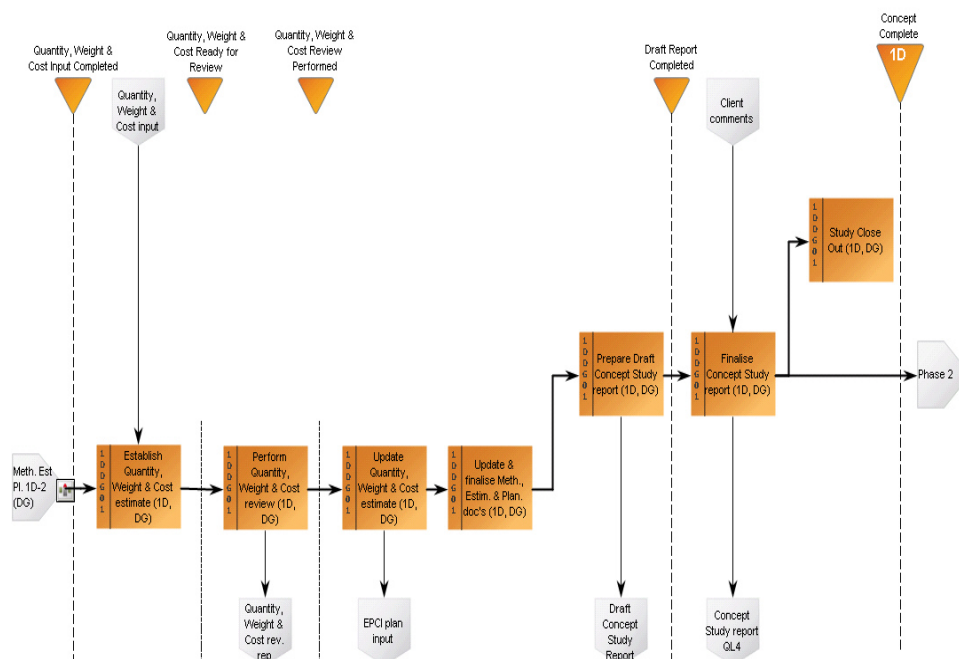
Milepælen for steg 1C er oppnådd når studien av de ulike konseptene er utført og beslutning om valgt konsept er tatt.

Det siste steget 1D *Concept Definition* har som mål å utvikle et godt og konsekvent grunnlag for gjennomføringen av prosjektet. Steget skal definere begreper og interne grensesnitt for å

sikre en effektiv start på *System Definition* fasen. Utgangspunktet for dette steget er konseptrapporten i steg 1C, og de funksjonelle krav til konseptet skal frys. Kostnadsestimat med avvik på $\pm 20\%$ etableres.

Milepælen for steg 1D er oppnådd når konseptet er detaljert og en plan for utføring foreligger.

Hovedmålet med kostnadsdelen av studiet er å beregne de totale investeringskostnadene for en standard EPCI kontrakt. Kostnadsrapporten skal dekke de totale investeringene med en nøyaktighet innenfor $\pm 20\%$ med et konfidensnivå på 80% ved milepælen for steg 1D. Det vil si at i studiefasen treffer de på estimatene i 8 av 10 studier i det lange løp.

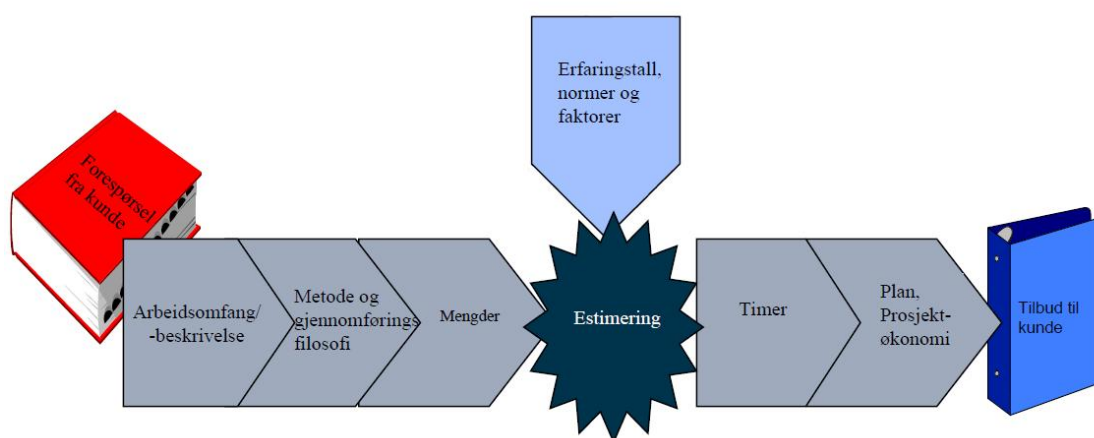


Figur 4.5: Prosessflytdiagram for estimering, fase 1D (AKSO 2011b)

I figur 4.5 vises prosessflyten i studiefasen for estimeringen, denne gjelder også ved estimering av aktiviteter som skjer senere i prosjektets forløp, for eksempel ved gjennomføringsfasen ved estimering av endringer. Denne vil bli gjennomgått i detalj i avsnitt 4.3.

4.3 Estimering i Eldfisk II Modifikasjonen

Avsnittet er basert på samtaler med Henrik Selmer som er disiplinleder for *Feasibility & Concept* og på hans presentasjon om estimering Selmer (2011). Eldfisk II modifikasjonen har ingen spesifikke prosedyrer innen estimering og derfor vil avsnittet ta for seg *Feasibility & Concept* sine generelle prosedyrer for estimering (se vedlegg A). Prosedyrene forklarer hvordan disiplinene og estimeringsavdelingen kommer frem til sine estimater for timer og kostnader. Studiene som utføres i *Feasibility & Concept* kan gjennomføres før kontraktene blir inngått, men det utføres også studier på vegne av prosjektene i løpet av kontraktgjennomføringen.



Figur 4.6: Prosessflyt for estimering (Lind 2011)

Prosessflyten ved estimering er vist i figur 4.6 og starter med en beskrivelse av arbeidsomfanget. Prosjektbeskrivelsen blir splittet opp i arbeidspakker som blir sendt over til de ulike disiplinene, som danner grunnlag for estimeringen. Disiplinavdelingene beregner deretter sine estimater for vekt og mengde for oppdraget basert på arbeidsbeskrivelser, MTO'er, MEL'er og skisser over arbeidet. Disse estimatene blir beregnet pr. disiplin og ender opp med et vekt-/mengdeestimat som ilegges et *allowance* påslag. *Allowance* påslaget ble i avsnitt 3.3.1 definert som uspesifisert usikkerhet og er et påslag for det som en etter erfaring vet vil komme, men som ikke lar seg spesifisere.

Uspesifisert usikkerhet (*allowance*) blir lagt til estimatet er på grunn av ufullstendigheten i tegninger, dokumenter og skisser. Den skal inkludere enheter som disiplinen vet vil komme, men som de ikke har tilgjengelig informasjon om eller tegninger av når studien blir utført. *Allowance* skal likevel ikke dekke økning i vekt som er forårsaket av store designendringer

eller endringer i arbeidsomfang. Den skal uttrykkes som en prosentsats eller som en spesifisert vekt.

Allowance kan deles inn i to typer, kjent og ukjent. Kjent *allowance* skal dekke bolter, muttere, pakninger, små ventiler, rørsystemer med små dimensjoner og isolasjon, og blir basert på erfaring fra tidligere prosjekter. Ukjent *allowance* skal være estimert som et prosentpåslag på MEL’er og MTO’er, og skal dekke ekstra koblinger, ekstra flensforbindelser, omlegging av rørgater, endring i prosess og uidentifiserte linjer for spesialenheter. Tabell 4.1 viser typiske påslag for *allowance* etter hvilket steg av *Feasibility & Concept* man er i. Fra steg B til D vises det at *allowance* synker når nøyaktigheten på estimatet øker. Det viser også at i klasse D, som har det mest detaljerte estimatet, varierer *allowance* mellom 10 og 30 %.

Tabell 4.1: Eksempel på typiske vektpåslag, *allowance* (Selmer 2012)

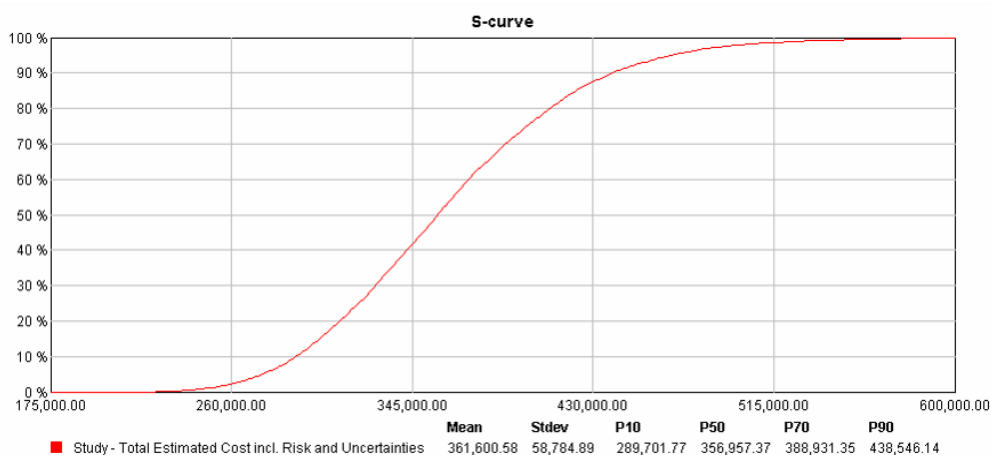
| Disiplin | Allowance (%) | | |
|----------------------|---------------|----------|----------|
| | Klasse B | Klasse C | Klasse D |
| Equipment | 20 | 15 | 10 |
| Architectural | 40 | 30 | 20 |
| Electrical | 50 | 40 | 30 |
| HVAC | 40 | 30 | 20 |
| Instrument ex valves | 50 | 40 | 30 |
| Instrument valves | 30 | 20 | 15 |
| Piping ex valves | 40 | 30 | 20 |
| Piping valves | 30 | 20 | 15 |
| Safety | 40 | 30 | 20 |
| Structural | 40 | 30 | 25 |

Mengde-/vektestimater blir deretter sendt fra disiplinene og over til en estimator i estimeringsavdelingen. Estimeringsavdelingen benytter seg av normsett som et hjelpemiddel ved estimering. Normsettene inneholder timer pr. mengde/enhet/stk for tilbudsfasen og kroner pr. kg for *Feasibility & Concept*, og benyttes når timene/kostnadene knyttet til aktiviteter skal estimeres. Et eksempel på tall fra normsett kan være 4 timer pr. tonn stål behandlet, et estimat for to timer med behandlet stål blir da 8 timer. Basert på normsettet og mengde-/vektestimater fremkommer et estimat av timeforbruk. Normsettet er basert på erfaringstall fra tidligere prosjekter. Viktigheten av erfaringstall for AKSO MMO vil bli gjennomgått i avsnitt 4.3.1. Nøkkeltall i estimatet som fremkommer ved bruk av normsettet, timer pr. tonn eller kroner pr. kilo, blir kontrollert mot tilsvarende prosjekter som er utført tidligere for å kvalitetssikre estimatet.

Videre benyttes timeestimatet som grunnlag for å komme frem til et kostnadsestimat. Et estimat for kostnadene på prosjektet baserer seg på innkjøps-/anskaffelseskostnader og timekostnadene, og beregnes ved hjelp av å multiplisere time- og vektestimatet med en rate. Ratene varierer etter hva slags arbeid det er og hvilken disiplin som utfører arbeidet. Et oppdatert kostnadsestimat blir da beregnet som summen av timekostnaden og innkjøpskostnaden. Det oppdaterte kostnadsestimatet blir så tillagt en *contingency* for å håndtere både uforutsett og uspesifisert usikkerhet. *Contingency* ble nevnt i avsnitt 3.3.1 som uforutsett usikkerhet og er en faktor som kun skal bli tillagt til kostnadsestimatet. Usikkerhet som skal dekkes av *contingency* i AKSO MMO er (Selmer 2011):

- Usikkerhet knyttet til rater og normer
- Usikkerhet knyttet til de tekniske løsningene
- Endringer i løsninger som er valgt innenfor det gitte scopet
- Usikkerhet knyttet til kompleksitet, markedsendringer og organisatoriske endringer

Størrelsen på *contingency* varierer fra prosjekt til prosjekt. Den blir enten satt på bakgrunn av erfaringstall eller ved bruk av en Monte Carlo-simulering, for å finne det optimale nivå. Hovedregelen er å benytte simulering i steg 1C og 1D, som baserer seg på inndata fra et risikoregister, samt samtaler med de tekniske disiplinene. Resultatet av en slik simulering kan vises i en S-kurve og det er ofte estimatet for p50 (50 % kvartilet) som blir benyttet som *contingency*.



Figur 4.7: Resultat fra Monte Carlo-simulering av størrelse på *contingency* (Erga 2012)

Estimatet som fremkommer med tillagt *contingency* er det endelige kostnadsestimatet. Tabell 4.2 og 4.3 viser hvordan man kommer frem til time- og kostnadsestimat, basert på

forklaringen gitt i de foregående avsnittene. Det er det vurderte timeestimatet som i denne oppgaven blir benyttet som sammenligningsgrunnlag mot de forbrukte timene.

Tabell 4.2: Eksempel på timeestimat (Hatlestad & Hatinoor 2011)

| Avdeling: | Hva: | Enhet: | Forklaring: |
|----------------|----------------------------|---------------------|---|
| Disiplin | Studieestimat | 1 000 kg | Basert på tegninger, MTO, MEL, etc |
| Disiplin | Allowance | 15 % | <i>Allowance</i> varierer mellom 10 og 30 % |
| Disiplin | Mengde-/vektestimater | 1 150 kg | Studieestimat + allowance |
| Est.avd | Normsett | 20 t / kg | Variere med type arbeid |
| Est.avd | Vurdert timeestimat | 23 000 timer | Mengde-/vektestimater * normsett |

Tabell 4.3: Eksempel på kostnadsestimat (Hatlestad & Hatinoor 2011)

| Avdeling: | Hva: | Enhet: | Forklaring: |
|----------------|--------------------------------|--------------------------|--|
| Est.avd | Vurdert timeestimat | 23 000 | Mengde-/vektestimater * normsett |
| Est.avd | Timekostnader | 500 valuta / t | Variabel timekostnad basert på arbeid |
| Est.avd | Innkjøpskostnader | 1 000 valuta / kg | Variabel material/innkjøpskostnad |
| Est.avd | Oppdatert kostnadsestimat | 12 650 000 valuta | (Timekost * valuta) + (Innkjøpskost. * valuta) |
| Est.avd | Contingency | 30 % | Resultat fra Monte Carlo simulering |
| Est.avd | Vurdert kostnadsestimat | 16 445 000 valuta | Contingency * kostnadsestimat |

4.3.1 Erfaringstall

Ved utarbeidelsen av gode estimater for timer og kostnader, er vektestimater med oppdaterte erfaringstall en viktig del. Estimater som er basert på erfaringstall ble i avsnitt 3.3.2, forklart som relasjonsestimater. Å ha tilgang til en database med erfaringstall sørger for at utfordringer og erfaringer fra tidligere prosjekter kan benyttes ved estimeringen av nye prosjekter/aktiviteter. Flere erfaringstall i denne databasen vil øke korrektheten av estimatene og kan sørge for at forventningsrette estimater kan oppnås over tid, som vil være målet fra AKSO MMO sin side. Erfaringstallene og de planlagte mengdene danner grunnlaget for estimatene for timer og kostnader knyttet til prosjektet.

Lind (2011) hevder at ved å ha en ensartet måte å innhente erfaringstall på, oppnår AKSO MMO:

- En større sikkerhet for at timeestimatene til planleggerne er riktig
- Økt sikkerhet for korrekt prising av nye tilbud, som kan føre til at AKSO MMO vinner nye oppdrag

Mest mulig korrekte estimater er viktig for å dekke inn kostnadene knyttet til prosjektet, men er også viktig for å allokere ressursene innad i organisasjonen på en effektiv måte. Lind (2011) peker på at erfaringstall fører til bedre estimater som øker troverdigheten overfor kunden, noe som kan føre til at nye oppdrag blir tildelt til AKSO MMO. Gode estimater fører også til at bedre budsjetter og gjennomføringsplaner blir etablert og sørger for at fremdriften i prosjektet kan måles på en bedre måte. Dette er viktig for at kritiske aktiviteter skal bli oppdaget og kunne håndteres på en god måte, og kan utføres ved bruk av teknikker som CPM (avsnitt 3.4). I tillegg kan erfaringer og læring fra tidligere prosjekter bli ført videre til nye prosjekter ved bruk av erfaringstall.

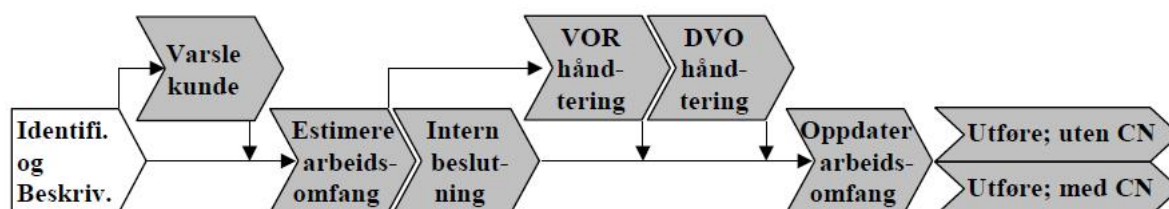
Erfaringstallene fra endringsaktiviteter kan sørge for at estimatene som utarbeides ved endringshåndtering blir mer korrekte. Ved endringshåndtering er det større utfordringer ved utføringen av aktivitetene og derfor kan estimatene være mer usikre enn ved vanlige aktiviteter. Derfor er erfaringstall som viser sammenhengen mellom planlagte timer og faktisk forbrukte timer på aktivitetene en viktig erfaring å ta med seg i det videre arbeidet med estimering. Lind (2011) påpeker at bruken av erfaringstall gjør det mulig å sammenligne effektivitet mellom de ulike prosjektene og å synliggjøre fokusområder for ledelsen.

4.4 Endringsstyring i Eldfisk II Modifikasjonen

Endringsstyringsprosessen i AKSO MMO har en generell prosedyre som benyttes på de fleste prosjekter som kalles P-004 (se vedlegg B). Prosedyren blir benyttet på Eldfisk II modifikasjonen, men det er i tillegg laget et spesifikt flytskjema ved dette prosjektet (se vedlegg C).

Endringsprosessen starter ved at en endring blir identifisert og beskrevet, noe som danner grunnlag for et endringsforslag. Et fokusområde i avdelingene i AKSO MMO er å identifisere endringer på et tidlig stadium, slik at en eventuell effekt av endringen på arbeidsomfanget blir oppdaget tidlig. Endringsprosessen kan også startes med at oppdragsgiver kommer med et endringsforslag til AKSO MMO. Dersom et forslag om endring blir fremsatt, vil det bli utført en intern vurdering for å avgjøre om endringsforslaget er nødvendig. Det må deretter avklares om endringen er dekket av kontrakten eller ikke.

Dersom endringen er dekket av kontrakten, varsles oppdragsgiver om endringen som er identifisert og beskrivelsen av omfanget på endringen. Omfanget blir så estimert internt hos AKSO MMO. Er endringen en intern endring (se avsnitt 3.2.1) og innenfor opprinnelig scope vil den implementeres direkte siden den ikke vil påvirke kompenseringen av kontrakten.



Figur 4.8: Prosessflyt for endringshåndtering ifølge prosedyre P-004 (vedlegg B)

Endringen kan også være ekstern, som vil si at det er oppdragsgiver som påkrevder en endring. Dersom den påkrevde endringen er utenfor scope, vil AKSO MMO estimere omfanget av endringen og sende over en AOE for godkjenning. En AOE er et detaljert forslag til en kontraktsmessig endring, og i prosessflyten i figur 4.8 vises den ved *Variation Order Request* (VOR). AOE skal inneholde en arbeidsbeskrivelse av det som skal gjøres, plan for når endringen skal implementeres og hvilke konsekvenser endringen vil ha for kontraktsprisen og gjennomføringsplanen. Svaret fra oppdragsgiver vil da enten være en *Variation Order* (VO) eller en *Disputed Variation Order* (DVO). En VO er en godkjent variasjonsordre fra oppdragsgiver og endringen kan da utføres. Dersom en DVO blir mottatt fra oppdragsgiver er det uenighet om en eller flere av følgende faktorer:

- Nødvendigheten av endringen
- Om endringen er omfattet av kontrakten eller ikke
- Hvordan endringen skal kompenseres

Problemer kan oppstå når oppdragsgiver svarer med en DVO på en endring som allerede er utført eller som det er nødvendig at skal utføres for at den videre modifikasjonen skal gå uten problemer. Da kan saken om endringsordre sendes over til en ekstern ekspert for vurdering av om leverandør eller oppdragsgiver har rett i sitt krav. Den eksterne eksperten vil da avgjøre om endringen er omfattet av kontrakten eller ikke, og om hvordan endringen eventuelt skal kompenseres. Dersom eksperten er enig i AKSO MMO sitt krav, vil DVO endre status til en VO. Dersom eksperten er uenig vil AKSO MMO ta kostnaden for endringen og den blir

klassifisert som intern endring. Er endringen ikke utført enda og blir avslått, blir den klassifisert som en avslått endringsordre og blir ikke gjennomført. Dersom endringen skal gjennomføres blir planer og budsjetter knyttet til de berørte aktivitetene oppdatert med endringsinformasjonen og endringen blir gjennomført. Prosessen slutter med at det tas en beslutning om endringen skal utføres med eller uten *Change Notification* (CN). En endringsnotis (CN) er et disiplinspesifikt innspill til jobbsetting som inneholder fabrikkasjonsunderlag for implementering av den godkjente endringen. Endringsnotisen blir kun utgitt når endringen påvirker tidligere frigjorte fabrikkasjonsunderlag.

Ved bruk av endringer oppdateres estimatene for timer på aktiviteten, for å reflektere det nye omfanget. Det nye estimatet vil da inneholde opprinnelig estimat, samt et påslag eller fratrekk for de endringer som er godkjent. Endringsaktiviteter som blir brukt i beregninger senere i oppgaven består av slike estimater.

4.5 Oppsummering

Ved gjennomføringen av et prosjekt fra studie til fullført er PEM en viktig modell. Denne benyttes aktivt i AKSO MMO, og inneholder prosedyrer og prosesser for effektiv prosjektgjennomføring. PEM har også tydelige milepæler for hva som skal være oppnådd i de ulike fasene av et prosjekt.

PEM inneholder også prosedyrene for estimeringsavdelingen. Estimaten som utarbeides starter med at disiplinene estimerer vekt-/mengde av aktiviteten, før det ilegges et påslag for usikkerhet (*allowance*), på vekt-/mengdeestimatet. Dette estimatet sendes over til estimeringsavdelingen som konverterer estimatet til time- og kostnadsestimater. Usikkerhet i estimeringsavdelingen håndteres ved *contingency*, og legges til kostnadsestimatet.

5 Data

Dataene som danner grunnlag for analysen er aktiviteter i prosjektet Eldfisk II modifikasjonen. Aktivitetene som er tatt med i analysen er kun fullførte aktiviteter, det vil si at aktiviteten er 100 % utført. Dette ble valgt for å kunne sammenligne estimerte timer på en aktivitet med forbrukte timer på aktiviteten og for å redusere usikkerheten knyttet til selve analysen. En alternativ løsning dersom datagrunnlaget hadde vært dårligere, kunne vært å inkludere delvis utførte aktiviteter. Delvis utførte aktiviteter ville ført til økt usikkerhet og ble derfor utelukket siden det var tilstrekkelig med data for fullførte aktiviteter.

Dataene ble hentet ut av planstyringsverktøyet Safran Project 3.5 som utskrift til et Excel dokument (se vedlegg D). Planstyringsverktøyet inneholder informasjon om alle timene som blir forbrukt på aktivitetene på et prosjekt og benyttes aktivt av planleggerne på prosjektene til AKSO MMO. Disse timene ble satt i system med estimerte antall timer på de samme aktivitetene. Deretter ble avgrensninger gjennomført ved å utelukke delvis utførte aktiviteter og førte til at 850 fullførte aktiviteter gjensto (se vedlegg E). Både fullførte og delvis utførte aktiviteter utgjør den totale populasjonen, hvor de 850 aktivitetene er et utvalg av den totale populasjonen. Denne populasjonen øker for hver dag ettersom nye aktiviteter blir påbegynt og fullført desto lenger prosjektet har pågått. Utvalgets totale antall aktiviteter er videre delt inn i aktiviteter med og uten endringer som vist i tabell 5.1.

Tabell 5.1: Oversikt over aktiviteter

| | |
|----------------------------------|------------|
| Aktiviteter uten endringer | 540 |
| Aktiviteter med endringer | 310 |
| Totalt antall aktiviteter | 850 |

De 850 aktivitetene er representative for arbeidspakker som fullføres i starten av prosjektet, men er ikke representative for arbeidspakker som fullføres sent i prosjektførsløpet. Aktivitetene som fullføres sent i prosjektførsløpet er ofte kritiske aktiviteter (se avsnitt 3.4) som er utfordrende og krever flere ressurser enn planlagt. Det kan også være arbeidspakker som er startet tidlig i prosjektet, som er forsinket og som derfor ikke fullføres på planlagt tid. Disse aktivitetene kan derfor forsinke hele prosjektgjennomføringen. Dette gjør at utvalget av de første aktivitetene ikke er representative for hele utvalget, som inkluderer alle aktiviteter.

Det er også hentet ut aktiviteter fra flere ulike disipliner og ulike kategorier av arbeid, noe som fører til at dataene vil være konsistente for å gi et generelt inntrykk av estimering. I analysen vil disse deles opp på flere måter for å kunne analysere dypere eventuelle forskjeller i estimeringen. Aktivitetene er delt inn i ulike kategorier som er vist i tabell 5.2 med antall aktiviteter, men ved sammenligning av kategorier er *Indirekte offshore timer* utelukket grunnet lavt antall aktiviteter. *Indirekte offshore timer* er også utelatt ved utførelsen av regresjonsanalysen. Dette fører til at regresjonsanalysen og analysen av de ulike kategoriene har 846 aktiviteter i datagrunnlag.

Tabell 5.2: Kategorikode og navn

| Kategorinavn: | Kategorikode: | Antall aktiviteter: |
|----------------------------------|---------------|---------------------|
| Ledelse og administrasjon | D | 29 |
| Engineering | K | 692 |
| Fabrikasjon | L | 89 |
| Offshore | Q | 36 |
| Indirekte offshore timer | T | 4 |
| Totalt antall aktiviteter | | 850 |

Fra hver aktivitet hentes følgende informasjon fra datagrunnlaget i Excel: kategorikode, disiplin, antall endringer, estimerte timer og forbrukte timer (se vedlegg E). Estimerte timer vil på endringsaktiviteter være estimert timeantall på opprinnelig aktivitet pluss estimert timeantall på endringsaktivitet. Det er ikke mulig i systemene til AKSO MMO å isolere timene på en endring som selvstendige timer, for deretter å sammenligne endringer mot hverandre. Derfor kan ikke aktivitetene med endring tolkes som rene endringsaktiviteter med kun endringstimer. I analysen blir aktiviteter som inneholder endringer, sett på som endringsaktiviteter, mens aktiviteter som ikke inneholder endringer, blir sett på som ordinære aktiviteter.

Tabell 5.3: Forholdet mellom aktiviteter og antall endringer

| | |
|--|------------|
| Aktiviteter uten endring | 540 |
| Aktiviteter med en endring | 195 |
| Aktiviteter med to endringer | 74 |
| Aktiviteter med tre endringer | 26 |
| Aktiviteter med flere enn tre endringer | 15 |
| Totalt antall endringsaktiviteter | 310 |
| Totalt antall aktiviteter | 850 |

Aktiviteter med endringer er delt inn i grupper etter hvor mange endringer de inneholder, noe som er gjort for å kunne studere om avviket er ulikt ved ulikt antall endringer. Antallet av hver aktivitet er vist i tabell 5.3. Verdiene som er oppgitt er registrert på samtlige av de 850 aktivitetene som er benyttet som datagrunnlag. Ved sammenligning av avvikene med hensyn til antall endringer er gruppen *med flere enn tre endringer* utelatt, grunnet lavt antall aktiviteter. Derfor er det totalt 835 aktiviteter i datagrunnlaget som benyttes ved sammenligning av antall endringer på aktivitetene i avsnitt 7.1.4.

En aktivitet er her definert som et stykke arbeid utført av en disiplin som kan knyttes opp som en selvstendig oppgave. Et eksempel på dette kan være å trekke opp en 10 meter lang elektrokabel offshore. Da vil aktiviteten inneholde timeantallet disiplinen *Electrical* benytter for å trekke opp den aktuelle kabelen. Dersom jobben krever at flere disipliner inkluderes vil de være selvstendige aktiviteter. Dette fører til at oppgaven med å trekke elektrokabel offshore kan ha både flere aktiviteter og disipliner knyttet til seg.

Tabell 5.4: Oversikt over disipliner og antall aktiviteter

| Disiplinnavn: | Antall aktiviteter |
|--|--------------------|
| Architectural | 58 |
| Electrical | 86 |
| Construction method | 19 |
| HVAC | 31 |
| Instrument | 116 |
| Piping & Layout | 123 |
| Materials Technology | 19 |
| Structural | 42 |
| Process | 35 |
| Mechanical | 41 |
| Safety & Environment | 60 |
| Telecommunication | 57 |
| Surface treatment | 22 |
| Structural incl. Steel outfitting | 70 |
| Andre disipliner | 71 |
| Totalt antall aktiviteter | 850 |

Disiplinene fordelt med antall aktiviteter er vist i tabell 5.4. Ved analyse av forskjell i estimeringen i de ulike disiplinene er det de fem disiplinene som har uthevet skrift som er plukket ut. Grunnen for at det er disse disiplinene som er plukket ut, er at det er de disiplinene med flest aktiviteter knyttet til seg. For resten av analysene er aktiviteter fra alle de ulike disiplinene representert.

5.1 Oppsummering

Det totale utvalget av aktiviteter består av 850 aktiviteter, som i analysen vil bli delt inn i ulike utvalg. Utvalget vil bli delt inn i forhold til hvilken kategori og hvilken disiplin de tilhører for å studere avvik basert på kategori og disiplin. Datagrunnlaget deles også opp med hensyn til antall endringer aktiviteten inneholder.

6 Metode

Det er ved valg av analysetype hovedsakelig to typer en kan velge mellom:

- Kvantitativ metode
- Kvalitativ metode

Forskjellen mellom disse to er at de kvalitative metodene forsøker å fange opp meninger og opplevelser som ikke lar seg tallfeste, mens kvantitative metoder former informasjon om til tall som kan beregnes på og sammenlignes (Dalland 2007). Det ble i denne oppgaven valgt en kvantitativ metode på grunn av det store datamaterialet som var tilgjengelig. Kvantitativ metode har fordelen av at den omdanner informasjon til målbare enheter som vi kan gjøre regneoperasjoner på, for deretter å kunne utføre en statistisk analyse (Dalland 2007).

6.1 Analyse av avviket

Analysen som presenteres vil være beregnet med både absolutte avvik og relative avvik. Ved å se på relativt avvik vil ikke aktiviteter med høyt timeantall dominere utvalget, siden avviket isoleres relativt i hver aktivitet. Dette vil i praksis si at ved relativ avviksanalyse vil 5 timer underestimert på 15 timer forbrukt være det samme som 500 timer underestimert på 1500 timer forbrukt. Begge tilfellene vil gi 50 % underestimert. En ulempe med relative avviksanalyser er at absolutte timer er grunnlag for inntjening og derfor bør ikke aktiviteter med samme relative avvik, men med ulikt timeantall likestilles.

Ved en absolutt avviksanalyse, der antallet timer teller, vil utvalget bli dominert av de store aktivitetene. Det kan for AKSO MMO være viktig å se på både relativt og absolutt avvik i dette tilfellet, spesielt siden kontrakten som her studeres blir kompensert på målbudsjett med timeantall. Absolutte timeavvik vil gi informasjon om antallet timer som er i avvik og derfor er en aktivitet med mange timer viktigere enn en aktivitet med få timer. Basert på diskusjonen vil det i den videre analysen bli tatt hensyn til både relative og absolutte avvik.

6.1.1 Absolutt avvik

Absolutt avvik er definert som differansen mellom det som var estimert og det som ble brukt:

Absolutt avvik = Estimerte timer – Forbrukte timer.

Ved å definere absolutt avvik slik, vil følgende tolkning gjelde:

- Avvik større enn 0 vil si overestimering (estimat > faktisk)
- Avvik mindre enn 0 vil si underestimering (estimat < faktisk)
- Avviket er nøyaktig 0, ingen avvik (estimat = faktisk)

6.1.2 Relativt avvik

Relativt avvik kan beregnes på to ulike måter, $\frac{\text{Avvik}}{\text{Estimerte timer}}$ eller $\frac{\text{Avvik}}{\text{Forbrukte timer}}$.

Det førstnevnte vil gi AKSO MMO avvik fra det estimerte, som er et avvik fra noe de kan forholde seg til ved estimeringstidspunktet, mens det sistnevnte vil være avvik fra forbrukte timer. Forbrukte timer er ved estimeringstidspunktet en ukjent størrelse for estimatoren og derfor vil det være mer hensiktsmessig å beregne relativt avvik med hensyn til estimatet. Det vil ikke si at estimatet er en kjent størrelse, den er usikker når en estimerer, men er det beste estimatoren har før aktiviteten settes i gang. Derfor defineres relativt avvik av formelen:

$$\text{Relativt avvik} = \frac{\text{Avvik}}{\text{Estimerte timer}} \quad (6.1)$$

Ved å definere relativt avvik slik, vil følgende tolkning gjelde:

- Avvik større enn 0 % vil si overestimering (estimat > faktisk)
- Avvik mindre enn 0 % vil si underestimering (estimat < faktisk)
- Avviket er nøyaktig 0 %, ingen avvik (estimat = faktisk)

Det må tas hensyn til at ved å se på maks % vis over- og underestimering vil det alltid gi større utslag ved underestimering enn ved overestimering i prosent ved å definere avvik slik. Et eksempel på det vil være dersom vi har forbrukt 15 timer på en aktivitet, men estimerer med 10 timer i første tilfelle og 20 timer i andre tilfelle. Avviket er på 5 timer i begge tilfellene, men ved underestimering i første tilfelle vil vi få et prosentvis avvik på $5/10 = 50\%$ og ved overestimering i andre tilfelle vil vi få et prosentvis avvik på $5/20 = 25\%$. Dette vil også være med å påvirke gjennomsnittlig % vis avvik i retning underestimering og derfor er det utført analyse ved bruk av både % vis gjennomsnittlig avvik med og uten ekstremverdier.

Tabell 6.1 viser oppsummeringen som blir utført på alle utvalgene som analyseres før det går dypere inn på enkeltpunkter. Summen av estimatene i utvalget vises under sum estimerte timer. Forbrukte timer er de faktisk forbrukte timene på de samme aktivitetene. Sum avvik er summen av alle de absolutte avvikene. Gjennomsnittlig estimert og forbrukt i absolutte tall blir forskjellig avhengig av hvilke ekstremverdier som fjernes, relative eller absolutte. Derfor er disse verdiene beregnet med bakgrunn i absolutte tall og uten absolutte ekstremverdier. Dette betyr at i utvalget med og uten endringer vil gjennomsnittlig estimert og forbrukt være beregnet av de absolutte timeavvikene der ekstremverdier i form av absolutt timeavvik er fjernet. Det samme gjelder for hele utvalget når ekstremverdier fjernes. I de andre analysene er ikke ekstremverdier fjernet, og da vil disse verdiene være sammenfallende.

Tabell 6.1: Eksempel på analyse av et utvalg

| | Hele utvalget |
|----------------------------|---------------|
| Sum estimerte timer: | 184 367 |
| Sum forbrukte timer: | 209 842 |
| Sum avvik: | -25 475 |
| Avviksfaktor | 1,138 |
| Median % vis avvik | -1,88 % |
| Gj.snitt % vis avvik | -49,78 % |
| Maks % vis overestimering | 98,39 % |
| Maks % vis underestimering | -4 250,00 % |
| Gj.snitt estimert | 217 |
| Gj.snitt forbrukt | 247 |
| Gj.snitt avvik | -30 |
| Konklusjon | Underestimert |

Avviksfaktor er definert som en utgave av relativt fremdriftsavvik (se avsnitt 3.4):

$$\text{Avviksfaktor} = \frac{\text{Forbrukte timer}}{\text{Estimerte timer}} \quad (6.2)$$

Tolkningen av avviksfaktor blir da:

- Større enn 1, vil si underestimering (estimat < faktisk)
- Mindre enn 1, vil si overestimering (estimat > faktisk)
- Nøyaktig 1, ingen avvik (estimat = faktisk)

Avviksfaktoren er definert slik fordi dette er noe estimatoren kan forholde seg til ved estimeringstidspunktet som tidligere nevnt i avsnitt 6.1.2. Faktoren vil gi et svar på hvor mye

estimatene kunne blitt økt med ved underestimering og hvor mye estimatet kunne blitt redusert med ved overestimering med utgangspunkt i estimatet.

Det er utført analyser for å avdekke om det er forskjeller i estimeringen i de ulike disiplinene, ved ulike kategorier og ved ulikt antall endringer på aktivitetene. Dersom utvalget skal være forventningsrett skal de negative avvikene utjevnes med de positive avvikene i det lange løp, når antall aktiviteter går mot uendelig.

6.2 Statistiske analyser

Det vil i de neste avsnittene bli gjennomgått hvilke statistiske analyser som er utført i oppgaven og hvordan de utføres.

6.2.1 Intervallanalyse

Intervallanalyse ble benyttet for å beskrive hvor mange av avvikene som er innenfor et \pm standardavvik. Dette vil belyse hvordan dataene er fordelt i henhold til et ønsket gjennomsnittlig avvik på null. Intervallanalysen er utført med både 95 % og 99 % konfidensintervall og disse vil ha kritiske verdier som vist i tabell 6.3. Konfidensintervallet er definert som (Auestad 2011a):

$$[\bar{X} - t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{n}}, \bar{X} + t_{\alpha/2} \sqrt{\frac{S^2}{n}}] = (1 - \alpha) \cdot 100\% \quad (6.3)$$

Det ønskelige gjennomsnittet er null dersom utvalget skal være forventningsrett, og derfor velges $\bar{X} = 0$. Siden antall observasjoner i dette tilfellet er stort, er det likegyldig om det antas normalfordeling eller t-fordeling.

Tabell 6.2: Eksempel på intervallanalyse

| Intervallanalyse | | |
|----------------------|-------|----------|
| | Avvik | Innenfor |
| | 25 % | 0 |
| | -10 % | 1 |
| | 50 % | 0 |
| | -25 % | 0 |
| | -5 % | 1 |
| | 7 % | 1 |
| | . | . |
| | . | . |
| Antall | | 50 |
| Totalt antall | | 200 |
| Andel | | 25 % |

Tabell 6.2 viser et eksempel på en intervallanalyse, og viser at 25 % av avvikene er innenfor intervallet, noe som tyder på at hovedtyngden av avvikene (75 %) er utenfor konfidensintervallet.

6.2.2 Hypotesetest om forventningsrettet i hele utvalget

Basert på hele utvalget av observasjoner sammenlignes de estimerte timene med de forbrukte timene. Dette blir en sammenligning av to utvalg med samme antall observasjoner, og da kan sammenligningen utføres ved hjelp av parplanen. En forutsetning for å benytte parplanen er at observasjonene er gjeldende på samme enhet. Estimerte og forbrukte timer er gjeldende på samme aktivitet og derfor kan parplanen brukes. Modellen som benyttes er (Auestad 2011a):

Differansene D_1, \dots, D_n er uavhengig, identisk, fordelt der $D_i = X_i - Y_i$. X_i er observasjon nummer i , i utvalg X og tilsvarende er Y_i observasjon nummer i , i utvalg Y.

Formelen for å finne t-verdi, som benyttes ved utregning av konfidensintervall og ved utførelsen av tester er (Auestad 2011a):

$$T = \frac{\bar{D} - \mu_D}{\sqrt{\frac{S_D^2}{n}}} \sim t(n-1) \quad (6.4)$$

Der μ_D er forventet differanse og S_D^2 er standardavviket til den forventede differansen. \bar{D} er gjennomsnittet av differansene.

Statistisk kan følgende hypotesetest da fremstilles:

$$H_0 : \mu_D = 0 \quad \text{mot} \quad H_1 : \mu_D \neq 0$$

H_0 : Forventet differanse mellom de to utvalgene er 0

H_1 : Forventet differanse mellom de to utvalgene er ulik 0

Tilsvarende kan en også teste mindre enn eller/og større enn forventningsverdi for differansen. Nullhypotesen forkastes dersom null ikke er en del av intervallet og det er da grunnlag til å påstå alternativhypotesen, ellers beholdes nullhypotesen.

6.2.3 Analyse av forskjell i utvalgene med og uten endringer

Ved analyse av forskjell mellom to utvalg med ulikt antall observasjoner sammenlignes forskjellen mellom de to forventningene (Auestad 2011a). Dette benyttes i oppgaven for å sammenligne timene til aktiviteter med og uten endringer. Følgende variable blir definert:

n_x = Antall aktiviteter uten endringer

n_y = Antall aktiviteter med endringer

\bar{x} = Gjennomsnitt avvik i % aktiviteter uten endringer

\bar{y} = Gjennomsnitt avvik i % aktiviteter med endringer

Siden antall aktiviteter uten endringer (n_x) og med endringer (n_y) er store kan det antas at formel 6.5 er tilnærmet standard normalfordelt med forventning null og varians lik en (Auestad 2011a). Det som menes med stort her er at antall aktiviteter i hvert utvalg er større enn 30. Derfor følger det av *sentralgrenseteoremet* at det ikke trengs normalantakelse eller antakelse om at variansen er lik. Formelen for å finne t-verdi, som benyttes ved utregning av konfidensintervall og ved utførelsen av tester er (Auestad 2011a):

$$T = \frac{\bar{X} - \bar{Y} - (\mu_x - \mu_y)}{\sqrt{\frac{S_X^2}{n_x} + \frac{S_Y^2}{n_y}}} \sim t(n-2) \quad (6.5)$$

Statistisk kan følgende hypotesetest fremstilles:

$$H_0: \mu_x - \mu_y = 0 \quad \text{mot} \quad H_1: \mu_x - \mu_y \neq 0$$

H_0 : Gjennomsnittlig avvik i aktiviteter med og uten endringer er lik.

H_1 : Gjennomsnittlig avvik i aktiviteter med og uten endringer er ulik.

Tilsvarende kan det også testes for mindre enn og større enn for henholdsvis forventningsverdi for x og forventningsverdi for y. Ved slike hypotesetester kan nullhypotesen forkastes dersom null er en del av intervallet, ellers beholdes nullhypotesen. De kritiske verdiene som gjelder ved utførelsen av disse testene er vist i tabell 6.3.

Tabell 6.3: Kritiske verdier for ensidig og tosidig test (Kvaløy & Tjelmeland 2000)

| Ensidig test | |
|------------------|----------------|
| Signifikansnivå: | Kritisk verdi: |
| 5 % | 1,645 |
| 1 % | 2,326 |

| Tosidig test | |
|------------------|----------------|
| Signifikansnivå: | Kritisk verdi: |
| 5 % | 1,960 |
| 1 % | 2,576 |

6.2.4 Relativ empirisk analyse av flere enn to grupper

Ved undersøkelse av om det er ulikt avvik mellom aktiviteter uten endringer, aktiviteter med *en*, *to* eller *tre endringer* blir det utført en enveis ANOVA test. Samme test kan benyttes for å se om det er forskjell i estimeringen av ulike kategorier og ulike avdelinger. Enveis ANOVA er ifølge Helbæk (2011) gunstig å benytte når en skal sammenligne tre eller flere forventningsverdier. Auestad (2011a) påpeker at i enveis ANOVA er det en faktor som varierer, og at en deretter sammenligner om forventningsverdiene er ulik i gruppene.

Antakelsene som gjelder for enveis ANOVA er (Helbæk 2011):

- Observasjonene innen for gruppe i er uavhengige
- Observasjonene er normalfordelte med forventning μ_i
- Gruppene har samme forventede standardavvik

Dersom antakelsen om normalfordeling ikke kan gjøres gjeldende vil det kunne utføres en Kruskal-Wallis test. Kruskal-Wallis testen krever ikke at observasjonene er normalfordelte, men stiller krav om at dataene er uavhengige av hverandre. Estimatene hos AKSO MMO kan antas som uavhengige av hverandre. Kruskal-Wallis test og vanlig ANOVA benyttes for å teste hypotesen om det er lik forventningsverdi i de ulike gruppene mot at minst en av forventningsverdiene er ulike. Matematisk kan denne uttrykkes slik (Walpole et al. 2007):

$$H_0 : \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 \quad \text{mot} \quad H_1 : \text{minst en } \mu_i \text{ ulik } 0$$

Ved utførelse av Kruskal-Wallis test benyttes formelen (Walpole et al. 2007):

$$h = \frac{12}{n(n+1)} \sum_{i=1}^k \frac{r_i^2}{n_i} - 3(n+1) \quad (6.6)$$

Der r_i er definert som summen i observasjonsgruppe i , n_i er antall observasjoner i gruppe i . h er tilnærmet kjikvadratfordelt med $k - 1$ grader av frihet når H_0 er sann og hver observasjonsgruppe inneholder minst 5 observasjoner (Walpole et al. 2007). Dersom h faller i det kritiske området $H > \chi_{\alpha}^2$ med $v = k - 1$ grader av frihet, forkast H_0 på signifikansnivå α , ellers behold nullhypotesen. Kritiske verdier for forkastning for Kruskal-Wallis testen er vist i tabell 6.4.

Tabell 6.4: Kritiske verdier for Kruskal-Wallis testen (Kvaløy & Tjelmeland 2000)

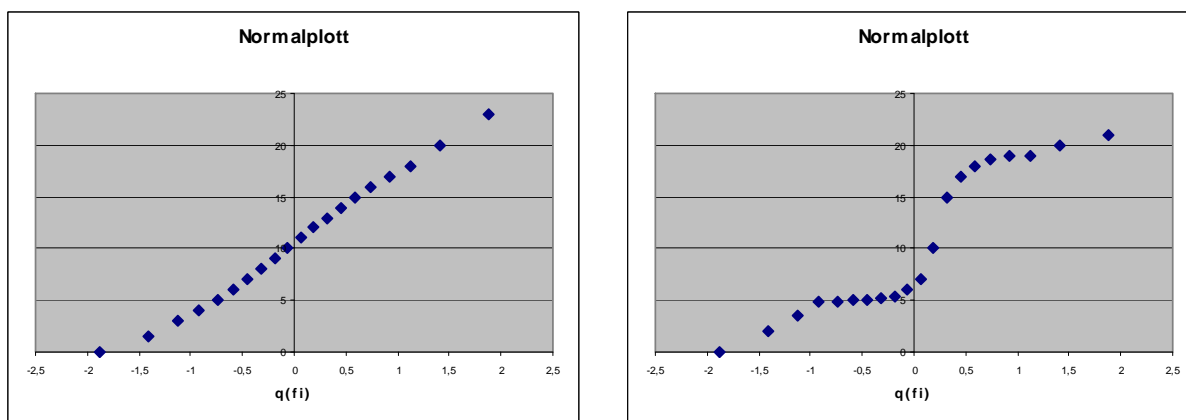
| Signifikansnivå | Grader av frihet | |
|-----------------|------------------|--------|
| | 3 | 4 |
| 5 % | 7,815 | 9,488 |
| 1 % | 11,345 | 13,277 |

6.2.5 Normalplott

For å undersøke om det er rimelig å anta at observasjonene kommer fra en normalfordeling benyttes normalplott. Plottet vil vise dataene langs en rett linje dersom normalantakelse er rimelig (Auestad 2011a). Figur 6.1 viser et eksempel av to ulike normalplott. Observasjonene plottes sortert på y-aksen, mens på x-aksen plottes resultatet av formelen (Auestad 2011a):

$$q(f_i) = 4.91 \cdot [\hat{F}^{0.14}(x_i) - \{1 - \hat{F}(x_i)\}^{0.14}] \quad (6.7)$$

Der $\hat{F}^{0.14}(x_i)$ er estimert ved $\frac{i - 3/8}{n + 1/4}$. i er observasjonsnummer og n er antall observasjoner.



Figur 6.1: Normalplott med god (venstre figur) og dårlig tilnærming (høyre figur) til normalfordeling

6.3 Regresjonsanalyse

Avsnittet vil forklare teorien som benyttes for å gjennomføre regresjonsanalysen i de etterfølgende kapitlene og er i hovedsak basert på bøkene Bårdsen og Nymoen (2011) og Helbæk (2011).

Regresjonsanalyse er et verktøy som benyttes for å tallfeste sammenhenger mellom en avhengig variabel (responsvariabel Y_i) og en eller flere uavhengige variabler (forklaringsvariabler X_i). En modell med en uavhengig variabel kalles for enkel regresjonsmodell, mens en modell med flere uavhengige variabler kalles for multipl regressjonsmodell. Matematisk fremstilles modellene slik:

Enkel regresjonsmodell: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \varepsilon_i$

Multipl regressjonsmodell: $Y_i = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \varepsilon_i$

I motsetning til stigningstallene $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ så har ikke alltid β_0 en tolkning. Det vil allikevel være fornuftig å inkludere et slikt ledd, for å få et best mulig estimat av koeffisienten vi er interessert i. Ved å ha med konstantleddet justeres regresjonslinjen slik at den ikke trenger å gå gjennom origo.

Antakelsene som gjelder for regresjonsanalysen er at regressorene x er uavhengige av hverandre og ukorrelet med støyleddet ε . Måleusikkerheten er uttrykt ved støyleddet ε som er uavhengig identisk fordelt. I tillegg antas måleusikkerheten å være *homoskedastisk*, som vil si at variansen er den samme for alle y -verdiene og uavhengig av x -verdiene.

6.3.1 Dummyvariabler (binære forklaringsvariable)

Forklaringsvariablene kan normalt sett variere langs en kontinuerlig skala og da vil regresjonskoeffisienten være den deriverte til variabelen. Det finnes allikevel unntak fra dette, hvor det vanligste er dummyvariabler. Dummyvariabler er variabler som kun kan ha verdiene 0 eller 1. Disse variablene kan ikke tolkes som en derivert, men heller som et skifte i konstantleddet til modellen. Dersom dummyvariabelen er 1 vil dette føre til et skifte i konstantleddet, men dersom denne er 0 er ikke variabelen av betydning for modellen.

Matematisk kan dette vises slik:

$$Y_i = \beta_0 + \lambda D_i + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \varepsilon_i \quad i = 1, 2, \dots, n \quad (6.8)$$

Der D_i er dummyvariabelen, β_0 er konstantleddet og λ er en korrigerende faktor av konstantleddet dersom dummyvariabelen er 1. Det innebærer at dersom dummyvariabelen er 1, vil konstantleddet bli $\beta_0 + \lambda$. Ved basiskategorier der alle dummyvariablene er 0, blir konstantleddet β_0 .

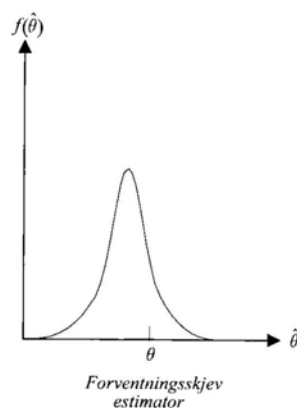
6.3.1.1 Dummyfellen

Et problem som kan oppstå ved bruk av dummyvariabler er *dummyfellen*. *Dummyfellen* oppstår dersom det introduseres like mange dummyvariabler som det er variabler. En slik situasjon fører til perfekt kollinearitet eller perfekt multikollinearitet mellom variablene. Kollinearitet betyr at det er et eksakt lineært forhold mellom variablene. Problemet med kollinearitet kan unngås ved å utelate en dummyvariabel. Derfor unngås *dummyfellen* med å kun inkludere $m - 1$ dummyvariabler, der m er totalt antall variable i gruppen av variable (Rickertsen 2010). Konstantleddet i modellen representerer da basiskategorien, den som er utelatt fra modellen, og den oppnås ved å sette alle dummyvariablene lik null. Dersom modellen inneholder flere grupper av variabler unngås *dummyfellen* med å utelate en variabel i hver gruppe. Et eksempel på problemet med kollinearitet er (Rickertsen 2010):

$$Y_i = \beta_0 + \beta_1 D_{1i} + \beta_2 D_{2i} + \mu_i \quad (6.9)$$

$$\text{Der } D_{1i} = \begin{cases} 0 = \text{kvinne} \\ 1 = \text{mann} \end{cases} \text{ og } D_{2i} = \begin{cases} 0 = \text{mann} \\ 1 = \text{kvinne} \end{cases}$$

Her vises det at modellen ikke kan estimeres på grunn av perfekt kollinearitet, som vil si at variabelen er en funksjon av den andre. Da vil summen av D_{1i} og D_{2i} alltid være lik 1. Dette problemet fører til forventningsskjevheter som vist i figur 6.2 og kan unngås ved å ta ut en variabel i hver gruppe av dummyvariabler (Rickertsen 2010).



Figur 6.2: Forventningsskjev estimator (Bårdsen & Nymoen 2011)

6.3.2 Utelatte variabler

Relevante variabler som blir utelatt fra modellen kalles for utelatte variabler. Ved utelukkelse av variabler står en overfor risiko for at en faktor som påvirker den avhengige variabelen og som er korrelert med de uavhengige variablene ikke blir inkludert i regresjonsmodellen, noe som leder til forventningsskjevhet. Dette er også kjent som utelatt variabel skjevhet. Fenomenet oppstår generelt sett når det er en viss grad av korrelasjon mellom X_{1i} og X_{2i} . Derfor er det ikke nødvendigvis en løsning på multikollinearitet å kaste ut en variabel, siden dette kan gi skjeve estimater på de gjenværende koeffisientene. Kollinearitet er hovedsaklig et dataproblem og dersom en har av teoretiske eller ut fra kunnskap god grunn til å tro at X_i skal være med i utvalget bør det heller arbeides for å øke utvalget. Økning av utvalget med observasjoner som inneholder separat variasjon i de to regressorene vil minske problemet med kollinearitet.

6.3.3 Hypotesetesting

Beregning av konfidensintervall og t-tester for regresjonskoeffisientene i en enkel eller multipel regresjonsmodell gjennomføres på tilsvarende måte som for en vanlig analyse av et utvalg. En t-test og konfidensintervall for tre forklaringsvariable er vist i tabellen under:

Tabell 6.5: Utskrift fra en regresjonsmodell

| | Koeffisient | Standard feil | t-verdi | p-verdi | Nedre 95 % | Øvre 95 % |
|--------------|-------------|---------------|---------|---------|------------|-----------|
| Konstantledd | -5,7 | 7,8 | -0,7 | 0,5 | -20,9 | 9,6 |
| β_1 | 1,1 | 0,0 | 77,2 | 0,0 | 1,1 | 1,1 |
| β_2 | -105,6 | 22,3 | -4,7 | 0,0 | -149,4 | -61,8 |
| β_3 | 146,0 | 28,1 | 0,5 | 0,72 | -100 | 201,2 |

For å teste om variablene er signifikante utføres hypotesetest ved t-verdier eller ved utregning av konfidensintervall. En vanlig hypotesetest vil da være:

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad \text{mot} \quad H_1 : \beta_i \neq 0$$

Ved å se på variablene β_1 og β_2 vises det at en t-test vil gi forkast nullhypotesen, påstå alternativhypotesen. At variabelen er ulik 0, vil si at den har betydning for modellen. Konfidensintervallet gir forkastning av nullhypotesen dersom hele intervallet enten er under eller over 0, noe som er tilfellet for de to første variablene. P-verdien i disse testene gir også forkast ved alle fornuftige nivåer av signifikans. Variabelen β_3 gir i tabell 6.5 motsatt konklusjon ettersom 0 er en del av konfidensintervallet, p-verdien er høy og t-verdien er lav. Alle disse verdiene ville isolert sett gitt behold nullhypotesen, dataene gir ikke grunnlag for å forkaste nullhypotesen.

Ved testing av om hele modellen med flere parametere har en betydning, benyttes en F-test. Modellen kan samlet sett ha betydning selv om ikke alle koeffisientene i modellen er av betydning. Hypotesetesten ved F-test blir som følger:

$$H_0 : \beta_i = 0 \quad \text{mot} \quad H_1 : \text{minst en } \beta_i \neq 0$$

Forkaster da H_0 dersom (Auestad 2011a):

$$F = \frac{\frac{SSR}{\sigma^2} / k}{\frac{SSE}{\sigma^2} / n - k - 1} = \frac{SSR / k}{SSE / n - k - 1} = \frac{MSR}{MSE} \geq f_{\alpha, k, n-k-1} \quad (6.10)$$

Det er også ønskelig å kunne teste om grupper av variabler har effekt på responsvariabelen. Nullhypotesen vil da bli at gruppen(e) av variabler ikke har en effekt på responsvariabelen, mens alternativhypotesen er at variablene har en effekt. Hypotesetest ved F-test blir da (Wooldridge 2006):

$$H_0 : \beta_j = 0 \quad \text{mot} \quad H_1 : \text{minst en } \beta_j \neq 0$$

Som utføres for $j = 2, \dots, n_j$ der n_j er antall element i gruppe j . Testene kan også utføres med å utelukke flere grupper av variable samtidig, noe som vil bli utført og vist i avsnitt 7.2. H_0 forkastes dersom (Wooldridge 2006):

$$F = \frac{(R^2_{unrestricted} - R^2_{restricted}) / q}{(1 - R^2_{unrestricted}) / (n - k_{unrestricted} - 1)} \geq f_{\alpha, q, n-k-1} \quad (6.11)$$

Der variablene er definert som:

$$R^2_{restricted} = R^2 \text{ for regresjonen med restriksjon}$$

$$R^2_{unrestricted} = R^2 \text{ for regresjonen uten restriksjon}$$

q = antall restriksjoner under nullhypotesen

$k_{unrestricted}$ = antall forklaringsvariabler i regresjonen uten restriksjon

Modellen med restriksjoner har alltid færre variabler enn modellen uten restriksjon, som vil si at noen variable er fjernet fra modellen. Det er vanlig å begynne med å teste om hele modellen er av betydning, for deretter å gå inn på om grupper av variablene er av betydning og å tilslutt teste om koeffisientene er av betydning. Dette kan gjøres ved flere ulike prosedyrer, men det er metoden bakover utvelgelse som vil bli gjennomgått.

6.3.4 Bakover utvelgelse

En metode for å velge hvilke variable som bidrar til modellen og hvilke som ikke bidrar til å forbedre modellen er bakover utvelgelse. Auestad (2011b) forklarer bakover utvelgelse ved at man starter med en modell med alle forklaringsvariable og fjerner så en og en variabel inntil alle de gjenværende variablene bidrar signifikant til modellen. Kriteriet man tar utgangspunkt i når signifikans skal måles er reduksjon i *Sum of Squared Regression* (SSR), som er summen av de kvadrerte regresjonene. I hvert steg fjernes den av de gjenværende variablene som bidrar minst til modellen i form av å redusere SSR minst når den tas ut. Slik fortsetter man til det ikke er noen variable som gir en ikke-signifikant reduksjon av SSR. Om variabelen i det j -te skritt bidrar minst til modellen og skal fjernes avgjøres ved (Auestad 2011b):

$$F = \frac{SSR(\beta_j | \beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{j-1})}{S^2} < f_{\alpha, 1, n-j} \quad (6.12)$$

Der $SSR(\beta_j | \beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{j-1}) = SSR(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_j) - SSR(\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_{j-1})$ er reduksjon i SSR ved å fjerne variabelen fra modellen. S^2 er beregnet fra modellen hvor variabelen er tatt med. Dette fortsetter man med helt til ingen nye variable minsker SSR så mye at $F < f_{\alpha, 1, n-j}$ og dermed tas ikke flere variable ut av modellen (Auestad 2011b).

6.3.5 Forklaringsgraden R^2

Auestad (2011a) forklarer at R^2 er et uttrykk på hvor stor del av den totale variasjonen i den uavhengige variabelen regresjonen forklarer. R^2 er et mål på godheten til modellen og vil alltid være et tall mellom 0 og 1. I tabell 6.6 vises en utskrift fra en regresjonsmodell med R^2 . Utskriften viser at R^2 er på 0,8823, noe som vil si at regresjonen forklarer 88,23 % av den totale variasjonen i modellen.

Tabell 6.6: Regresjonsstatistikk

| Regresjonsstatistikk | |
|----------------------|--------|
| R^2 | 0,8823 |
| Standard feil | 174,95 |
| Observasjoner | 846 |

6.4 Oppsummering

Kvantitativ metode ble valgt som analysemetode på grunnlag av mengden data som var tilgjengelig. Det vil bli utført analyser med hensyn til både relative avvik og absolutte avvik. Utvalgene med aktiviteter med og uten endringer, og hele utvalget vil bli analysert med og uten ekstremverdier. Avvikene i de ulike utvalgene analyseres ved hjelp av en rekke ulike statistiske analyser; sammenligning ved hjelp av parplanen, forskjell i forventninger, ved hjelp av Kruskal-Wallis test og tilslutt regresjonsanalyse. Fokuset for de statistiske analysene vil være å avdekke tendensene i dataene.

7 Resultat

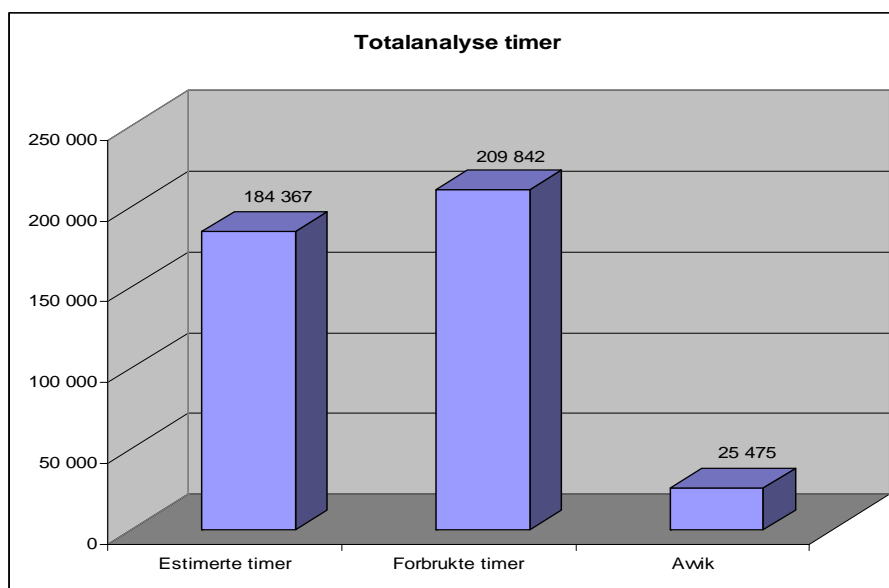
Her vil resultatene fra de ulike analysene bli presentert basert på det totale utvalget av aktiviteter. Først blir det gjennomgått en analyse av hele utvalget med og uten ekstremverdier, før utvalget deles inn i ulike deler for en dypere analyse av avvik. Tilslutt vil det bli utført en regresjonsanalyse. Dette danner grunnlag for å besvare spørsmålene som ble stilt i innledningen.

7.1 Avviksanalyser

Resultatene av de ulike avviksanalysene som ble presentert i analysekapittelet følger i de neste avsnittene.

7.1.1 Totalanalyse med og uten ekstremverdier

Oversikt over hele utvalget med totalt estimerte timer, forbrukte timer og avvik er vist i figur 7.1. Absolutt avvik mellom estimerte og forbrukte timer er på -25 475 timer, noe som tyder på at det totalt i hele utvalget er underestimering av timeantall.



Figur 7.1: Oversikt over totale timeestimat, forbrukte timer og totalt avvik

Det er estimert med for lite timer i forhold til det som blir forbrukt, noe som fører til en avviksfaktor på 1,138. Det vil si at estimatene kunne vært pålagt et påslag for usikkerhet (se avsnitt 3.3.1) på 13,8 % for at et mer forventningsrett estimat skulle blitt oppnådd. Påslaget for usikkerhet blir i AKSO MMO lagt på vekt- og kostnadsestimatene, og derfor må

usikkerhet direkte på timer justeres ved endringsordre. Estimertene tilsvarer 87,9 % av de forbrukte timene som benyttes på aktivitetene. Dette kan skyldes at AKSO MMO ikke klarer å forutse alle utfordringene som vil oppstå på aktivitetene og ender opp med et estimat som er lavere enn faktisk utfall. Gjennomsnittlig estimerte timer pr. aktivitet er 217 timer, med et gjennomsnittlig avvik på -30 timer fra det gjennomsnittlig forbrukte antall timer.

Tabell 7.1: Resultat av analysen av hele utvalget med ekstremverdier

| | Hele utvalget |
|----------------------------|-----------------|
| Sum estimerte timer: | 184 367 |
| Sum forbrukte timer: | 209 842 |
| Sum avvik: | -25 475 |
| Avviksfaktor | 1,138 |
| Median % vis avvik | -1,88 % |
| Gj.snitt % vis avvik | -49,78 % |
| Maks % vis overestimering | 98,39 % |
| Maks % vis underestimering | -4 250,00 % |
| Gj.snitt estimert | 217 |
| Gj.snitt forbrukt | 247 |
| Gj.snitt avvik | -30 |
| T-verdi | -4,635* |
| Konklusjon | Underestimering |

Stjerne (*) indikerer at t-verdien er i forkastningsområdet ved både 1 % og 5 % signifikansnivå

For å se om det er forskjell mellom estimerte og forbrukte timer på hele utvalget, utføres en hypotesetest. Testen vil gi svar på om det er forskjell mellom de to utvalgene, eller om de kan tolkes som like. Dersom de kan tolkes som like, kan de tolkes som om de er forventningsrett. Testen utføres ved hjelp av parplanen (avsnitt 6.2.2):

H_0 : Estimerte timer på Eldfisk II prosjektet kan tolkes som forventningsrett

H_1 : Estimerte timer på Eldfisk II prosjektet er over/underestimert

Tabell 7.1 viser at t-verdien er på **-4,635***, noe som ved en tosidig test gir tolkningen forkast nullhypotesen, påstå alternativhypotesen (**-4,635*** < -1,645 og **-4,635*** < -2,326). Det betyr at dataene gir grunnlag til å hevde at aktivitetene enten blir under- eller overestimert uavhengig av om signifikansnivået er 5 % eller 1 %. Siden begge t-verdiene er negative, tyder dette på at aktivitetene på Eldfisk II modifikasjonen blir underestimert. Ved en ensidig test om det blir underestimert, er t-verdien den samme og resultatet (**-4,635*** < -1,96 og **-4,635*** < -2,576) blir forkast nullhypotesen, påstå alternativhypotesen. Konklusjonen av testen gjelder uavhengig om 5 % eller 1 % signifikansnivå er valgt, og betyr at samlet sett er det grunnlag

til å hevde at aktivitetene på Eldfisk II modifikasjonen blir underestimert i forhold til det som virkelig blir brukt.

Basert på det vesentlige avviket mellom gjennomsnittlig % vis avvik og median % vis avvik i tabell 7.1, vises det i tabell 7.2 en analyse av utvalget uten ekstremverdier. Det er da fjernet fem ekstremverdier i øvre og nedre ende av utvalget og tabell 7.2 viser en reduksjon i de relative verdiene. Gjennomsnittlig avvik er redusert fra -49,78 % til -34,48 %, maks % vis overestimering er redusert fra 98,39 % til 92,45 % og maks % vis underestimering er redusert fra -4 250,00 % til -1 168,75 %. Dette viser at ekstremverdiene påvirker utvalget, som vises ved reduksjoner i disse verdiene. Allikevel er avviksfaktoren omtrent lik som den var når utvalget inneholdt ekstremverdier, 1,138 før og 1,135 etter. Forholdet mellom gjennomsnittlig forbrukte og estimerte timer er redusert fra -30,0 til -26,9 timer. Dette tyder på at ekstremverdiene påvirker utvalget, men også at utvalget inneholder flere aktiviteter med store avvik. Ekstremverdier er verdier der estimatene har et uvanlig stort avvik fra de forbrukte timene, og mange ekstremverdier kan tyde på dårlig praksis i estimeringsavdelingen.

Tabell 7.2: Resultat av analysen av hele utvalget uten ekstremverdier

| | Hele utvalget |
|----------------------------|-----------------|
| Sum estimerte timer: | 183 056 |
| Sum forbrukte timer: | 207 703 |
| Sum avvik: | -24 648 |
| Avviksfaktor | 1,135 |
| Median % vis avvik | -1,88 % |
| Gj.snitt % vis avvik | -34,48 % |
| Maks % vis overestimering | 92,45 % |
| Maks % vis underestimering | -1 168,75 % |
| Gj.snitt estimert | 204,8 |
| Gj.snitt forbrukt | 231,7 |
| Gj.snitt avvik | -26,9 |
| T-verdi | -4,618** |
| Konklusjon | Underestimering |

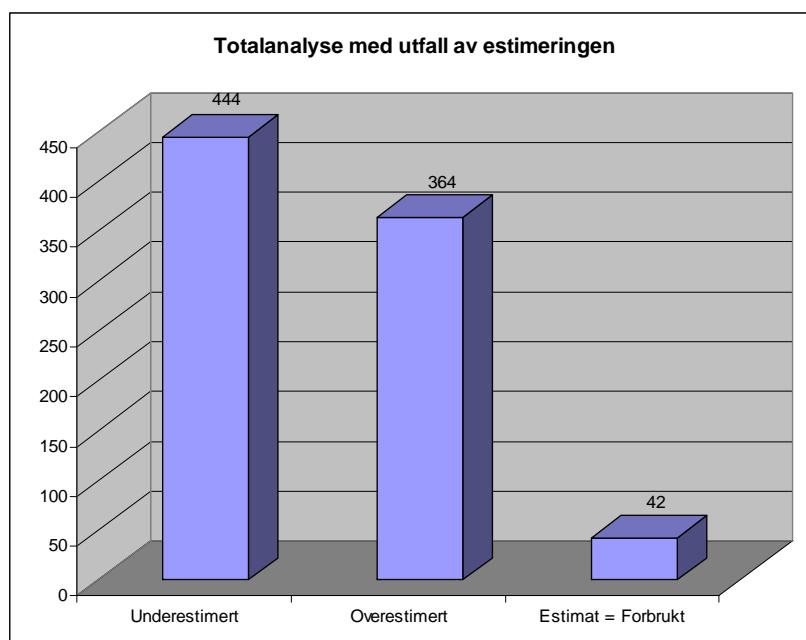
Stjerne (**) indikerer at t-verdien er i forkastningsområdet ved både 1 % og 5 % signifikansnivå

Testene som er utført har samme konklusjon når disse ekstremverdiene er tatt bort, som vises ved at t-verdien (**-4,618****) omtrent ikke er påvirket. Grunnen til at de relative avvikstallene blir endret, i motsetning til absolutte avvik, tyder i dette tilfellet på at ekstremverdiene i relative verdier er aktiviteter med lavt timeantall. Aktiviteter med lavt timeantall vil gi store

relative/prosentvise utslag, men små utslag i absolutte verdier i utvalget. Derfor vil ikke fjerning av ekstremverdier påvirke avviksfaktor og sum avvik i noen stor grad. Konklusjonen av hele utvalget blir uendret ved å ta bort fem ekstremverdier i øvre og nedre ende av utvalget og derfor er tendensen at aktivitetene på Eldfisk II modifikasjonen blir underestimert.

7.1.1.1 Totalanalyse over utfall av estimeringen

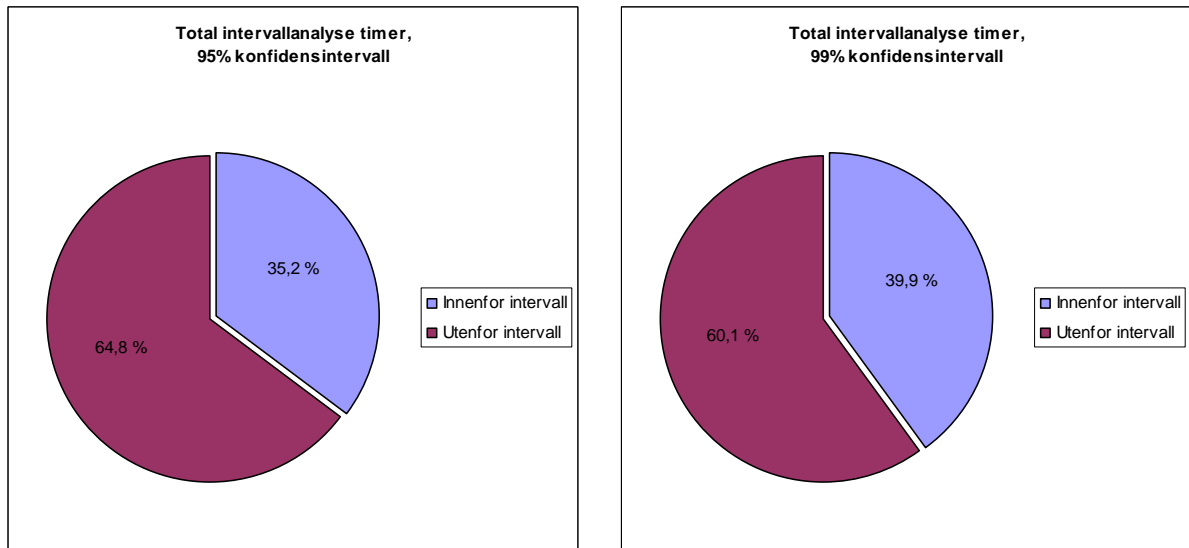
En oversikt over hvordan estimatene endte opp i forhold til forbrukte timer er vist i figur 7.2 for hele utvalget av aktiviteter. Denne viser at 364 av aktivitetene er overestimert, 444 er underestimert og 42 er estimert likt det som er forbrukt. Omregnet til prosent er 52,2 % av aktivitetene underestimert, som vil si at mer en hver andre aktivitet på dette prosjektet blir underestimert.



Figur 7.2: Oversikt over utfallet av estimeringen i hele utvalget

7.1.1.2 Total intervallanalyse timeantall

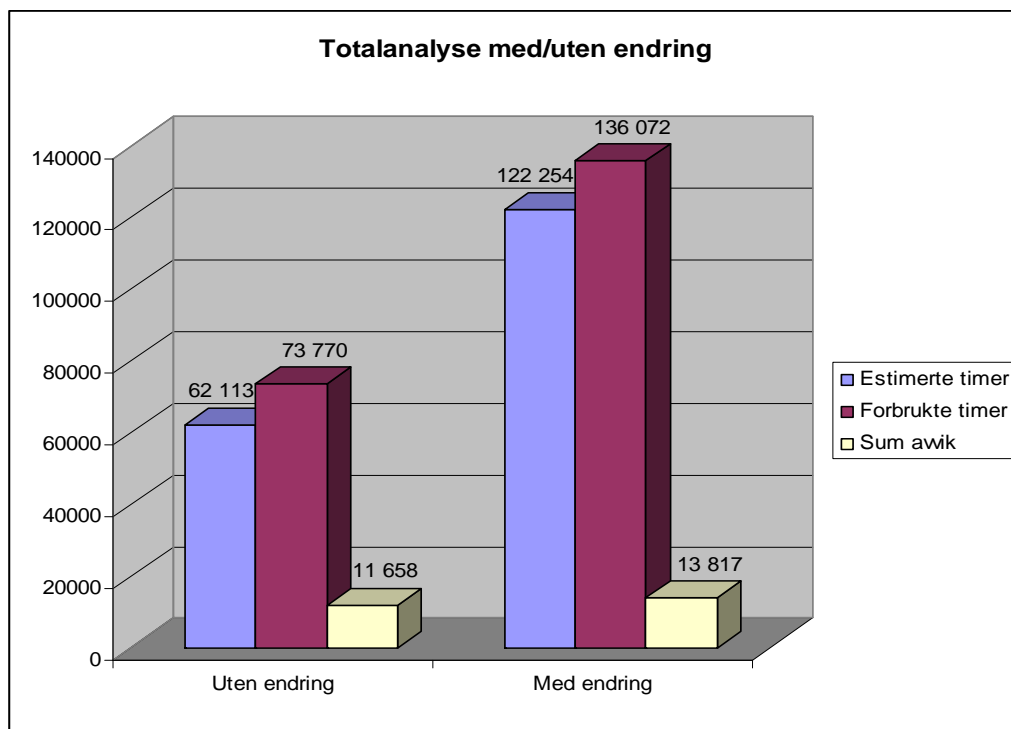
Figur 7.3 viser at 35,2 % av aktivitetene befinner seg innenfor et 95 % konfidensintervall. Et 95 % konfidensintervall blir [-0.179, 0.179], som vil si at estimerer med et avvik innenfor $\pm 17,9$ % blir tolket som innenfor intervallet. Hovedtyngden av estimatene (64,8 %), har et avvik som er større enn 17,9 % i underestimering eller overestimering. Tilsvarende er 39,9 % av aktivitetene innenfor et 99 % konfidensintervall som blir [-0.234, 0.234]. I dette intervallet har 60,1 % av aktivitetene et avvik som er større enn $\pm 23,4$ %. Basert på intervallene antydes en tendens til at de relative avvikene er vesentlige på dette prosjektet.



Figur 7.3: Oversikt over antall estimat som er innenfor det definerte konfidensintervallet

7.1.2 Totalanalyse aktiviteter med og uten endringer

En oversikt over totalt antall estimerte og forbrukte timer på aktiviteter med og uten endringer er vist i figur 7.4. Både utvalget med aktiviteter med og uten endringer er underestimert. Det totale absolute avviket på aktiviteter uten endringer er på –11 658 timer, mens det totale absolute avviket på aktiviteter med endringer er på –13 817 timer.



Figur 7.4: Oversikt over totalt estimerte og forbrukte timer på aktiviteter med/uten endringer

Figur 7.4 viser at både aktiviteter med og uten endringer er estimert med for lite timer i forhold til det som faktisk er forbrukt. Dette gir en avviksfaktor på aktiviteter uten endring på 1,188 og aktiviteter med endring på 1,113. Igjen viser det at estimatene kunne vært pålagt et ekstra påslag for usikkerhet på 18,8 % på aktiviteter uten endringer, mens på aktiviteter med endringer kunne påslaget vært på 11,3 %. Estimatenes tilsvarende på aktiviteter uten endring 84,2 % av de forbrukte timene, mens på aktiviteter med endring tilsvarende estimatene 89,8 %. Det at aktiviteter med endring har estimater som dekker mer av forbrukte timer enn aktiviteter uten endring, viser at endringsstyringen fører til bedre estimater hos AKSO MMO. Allikevel er det et stykke igjen før en oppnår en forklaringsgrad på 100 % av de forbrukte timene, noe som kan oppnås med mer ressurser til endringsstyring. Dette er også påpekt i studien til Vågseter (1997), at mer ressurser til endringsstyring ville ført til bedre resultater i prosjektene til AKSO MMO.

Oppsummering av utvalget basert på aktiviteter uten og med endring er vist i tabell 7.3. Underestimering blir også her antydning ved å se på prosentvis over- og underestimering i de to utvalgene. Gjennomsnittlig estimerte timer og forbrukte timer viser ved aktiviteter i begge utvalgene en tendens til underestimering. Det må som forklart i avsnitt 6.1.2 vises forsiktighet ved sammenligning av prosentvis over- og underestimering i dette tilfellet.

Tabell 7.3: Resultat av analysen av utvalget med og uten endringer med ekstremverdier

| | Uten endring | Med endring |
|----------------------------|-----------------|-----------------|
| Sum estimerte timer: | 62 113 | 122 254 |
| Sum forbrukte timer: | 73 770 | 136 072 |
| Sum avvik | -11 658 | -13 817 |
| Avviksfaktor | 1,188 | 1,113 |
| Median % vis avvik | -1,88 % | -1,92 % |
| Gj.snitt % vis avvik | -53,70 % | -42,96 % |
| Maks % vis overestimering | 95,00 % | 98,39 % |
| Maks % vis underestimering | -4250,00 % | -4005,00 % |
| Gj.snitt estimert | 115,0 | 394,4 |
| Gj.snitt forbrukt | 136,6 | 438,9 |
| Gj.snitt avvik | -21,6 | -44,6 |
| Konklusjon | Underestimering | Underestimering |

Basert på at det er så stort avvik mellom gjennomsnittlig % vis avvik og median % vis avvik vil det være hensiktsmessig å utføre en analyse med hele utvalget samt en analyse der ekstremverdiene er tatt bort. Ekstremverdiene som her påpekes er maks % vis underestimering som er -4 250 % for aktivitetene uten endring og -4 005 % for aktivitetene

med endring. Derfor tas det bort fem ekstremverdier i øvre og nedre ende av utvalget. Endring i gjennomsnittlig % vis avvik som følge av fjerning av fem ekstremverdier på øvre og nedre side av utvalget er vist i tabell 7.4. Det er allikevel viktig at det ikke blir fjernet for mange ekstremverdier ettersom de har en informasjonsverdi for analysen, de er reelle aktiviteter som avviker stort fra det faktiske utfallet. Sammenlignes verdiene uten ekstremverdier som vist i tabell 7.4 med tallene fra tabell 7.3 med ekstremverdier vises en betydelig reduksjon i gjennomsnittlig % vis avvik. Maks % vis underestimering er blitt redusert fra -4 250,00 % til -897,50 % for aktiviteter uten endring og for aktiviteter med endring er det redusert fra -4 005,00 % til -400,00 %. Dette viser at utvalgene er preget av ekstremverdier som trekker opp gjennomsnittet. Gjennomsnittlig avvik er redusert fra -21,6 til -15,0 i utvalget uten endring, mens det i utvalget med endring er redusert fra -44,6 til -38,6. Som i analysen med hele utvalget er også her endringen i de absolutte verdiene liten, mens endringene i relative verdier er stor. Dette viser at de store avvikene skjer på aktiviteter med lavt timeantall, som ikke påvirker absolutte verdier i stor grad, men som påvirker de relative verdiene.

Tabell 7.4: Resultat av analysen av utvalget med og uten endringer uten ekstremverdier

| | Uten endring | Med endring |
|----------------------------|---------------------|--------------------|
| Sum estimert: | 61 501 | 120 880 |
| Sum forbrukt: | 72 229 | 134 512 |
| Sum avvik: | -10 729 | -13 632 |
| Andel avvik | 1,174 | 1,113 |
| Median % vis avvik | -1,88 % | -1,92 % |
| Gj.snitt % vis avvik | -35,84 % | -18,57 % |
| Maks % vis overestimering | 90,60 % | 78,96 % |
| Maks % vis underestimering | -897,50 % | -400,00 % |
| Gj.snitt estimert | 106,7 | 365,9 |
| Gj.snitt forbrukt | 121,7 | 404,4 |
| Gj.snitt avvik | -15,0 | -38,6 |
| Konklusjon | Underestimering | Underestimering |

Det er utledet et 95 % og 99 % konfidensintervall i tilfellet med gjennomsnittsverdier med og uten ekstremverdier. Det utføres derfor følgende hypotesetest:

H_0 : Estimering av aktiviteter med og uten endringer har likt avvik

H_1 : Estimering av aktiviteter med og uten endringer har ulikt avvik

Tabell 7.5 viser 95 % og 99 % konfidensintervall for utvalget med relative verdier med og uten ekstremverdier. Tre av tilfellene gir behold nullhypotesen, dataene gir ikke grunnlag til å hevde at estimeringen av aktiviteter med og uten endringer har ulikt avvik. Dette er begrunnet med at 0 er en del av konfidensintervallene. Ved 95 % konfidensintervall uten ekstremverdier (*) er ikke 0 en del av intervallet, noe som gir resultatet forkast nullhypotesen, påstå alternativhypotesen. Dette viser at det er statistisk grunnlag for å hevde at aktiviteter uten endring med et gjennomsnittlig % vis avvik på -35,84 % er større enn for aktiviteter med endring som har -18,57 % i gjennomsnittlig % vis avvik, fra tabell 7.4. Resultatene støtter opp om oppgavens tidligere funn med at estimatene hos AKSO MMO har mindre avvik når aktiviteter inneholder endringer enn når de ikke inneholder endringer.

Tabell 7.5: Konfidensintervall basert på relative avvik med og uten ekstremverdier

| Med ekstremverdier | | Uten ekstremverdier | |
|-------------------------|---------|--------------------------|---------|
| 95 % konfidensintervall | | 95 % konfidensintervall* | |
| Nedre grense | -0,4777 | Nedre grense | -0,3081 |
| Øvre grense | 0,2629 | Øvre grense | -0,0372 |
| 99 % konfidensintervall | | 99 % konfidensintervall | |
| Nedre grense | -0,5941 | Nedre grense | -0,3506 |
| Øvre grense | 0,3793 | Øvre grense | 0,0054 |

Stjerne (*) indikerer at hele konfidensintervallet er i forkastningsområdet

Tabell 7.6 viser de samme konfidensintervallene, men denne gangen er de beregnet med bakgrunn i absolutte tall, der ekstremverdiene i form av absolutt timeavvik er luket ut med de fem øverste og fem nederste verdiene. Absolutte verdier med og uten ekstremverdier gir samme konklusjon som relative verdier med og uten ekstremverdier. Tre av tilfellene gir behold nullhypotesen, mens tilfellet uten ekstremverdier og med 95 % konfidensintervall tyder på at det er forskjell i estimeringen i de to tilfellene.

Tabell 7.6: Konfidensintervall basert på absolutte avvik med og uten ekstremverdier

| Med ekstremverdier | | Uten ekstremverdier | |
|-------------------------|--------|---------------------------|-------|
| 95 % konfidensintervall | | 95 % konfidensintervall** | |
| Nedre grense | -7,25 | Nedre grense | 2,20 |
| Øvre grense | 53,22 | Øvre grense | 44,90 |
| 99 % konfidensintervall | | 99 % konfidensintervall | |
| Nedre grense | -16,75 | Nedre grense | -4,51 |
| Øvre grense | 62,72 | Øvre grense | 51,61 |

Stjerne (**) indikerer at hele konfidensintervallet er i forkastningsområdet

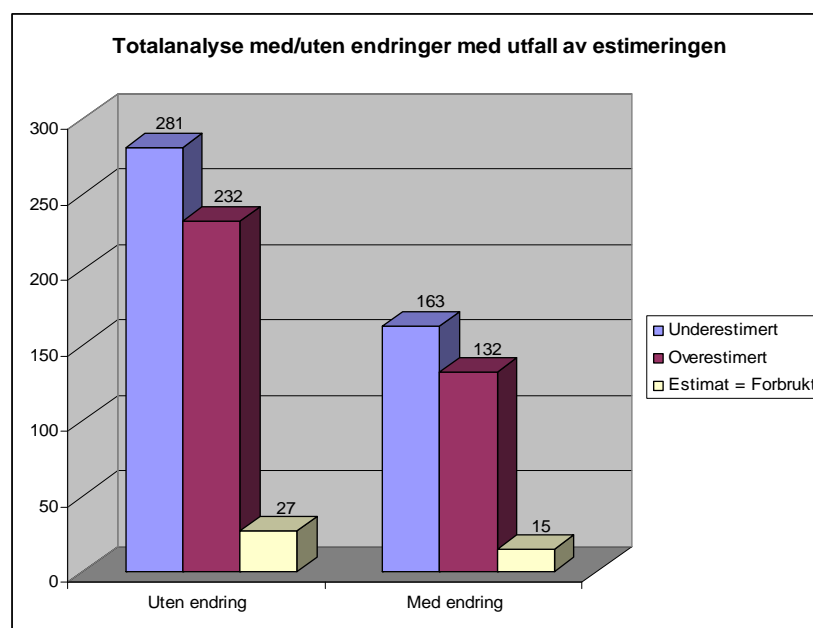
Tolkningen av intervallet med absolutte verdier blir ikke den samme som tolkningen av intervallet med relative verdier. Gjennomsnittlig timeavvik i utvalget uten endringer er -15,0

timer, mens det i utvalget med endringer er -38,6 timer. Siden 0 ikke er en del av intervallet (**) i tabell 7.6 blir tolkningen at det er grunnlag til å hevde at det er forskjell i absolutt timeavvik i de to utvalgene, og at det absolutte timeavviket er størst i utvalget med endringer.

Dette er motsatt konklusjon av testen med relative timeavvik, men det skyldes at gjennomsnittlig estimert timeantall er 106,7 timer i utvalget uten endring, mens det er 365,9 timer i utvalget med endring. Dette gjør at relativt avvik vil bli større i utvalget uten endring enn i utvalget med endring ved samme avvik i absolutte timer. Derfor bør det ikke legges for stor vekt på absolutte verdier i analysen av konfidensintervallene. Uavhengig av om testene beregnes med absolutte eller relative tall er det underestimering i utvalgene med og uten endring selv om ekstremverdier er utelatt eller ikke.

7.1.2.1 Totalanalyse med/uten endringer med utfall av estimeringen

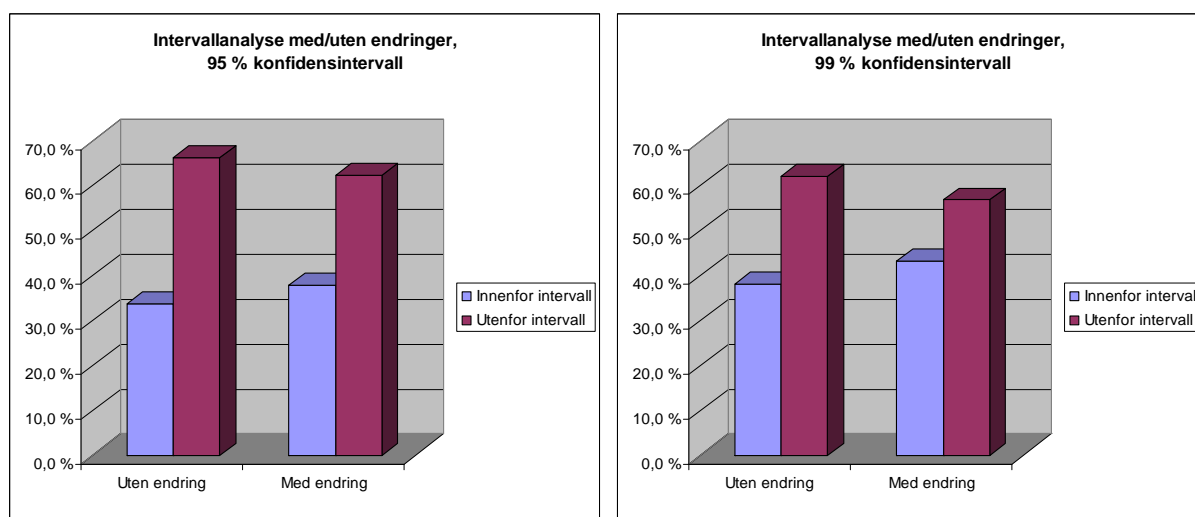
En oversikt over utfallet av estimeringen i utvalget inndelt med aktiviteter med og uten endring er vist i figur 7.5. I utvalget uten endring er 281 aktiviteter underestimert, mens i utvalget med endring er 163 aktiviteter underestimert. Prosentvis blir dette henholdsvis 52,0 % og 52,6 %. Dette viser igjen at mer enn hver andre aktivitet er underestimert, og at de underestimerte aktivitetene er jevnt fordelt i de to utvalgene, siden denne var 52,2 % i totalanalysen av hele utvalget (se avsnitt 7.1.1.1). Aktiviteter med endring blir videre delt opp i antall endringer i avsnitt 7.1.4.



Figur 7.5: Oversikt over utfall av estimeringen med/uten endringer

7.1.2.2 Total intervallanalyse med/uten endringer

Figur 7.6 viser at tendensen er lik ved både 95 % og 99 % konfidensintervall med at det blir mindre avvik i aktiviteter som inneholder endringer enn de som ikke inneholder endringer. Dette viser at prosessen for endringsstyring sørger for bedre estimater, men at prosessen ikke er optimal siden det fortsatt er mange estimater som er utenfor intervallet. Ved et 95 % konfidensintervall er 66,3 % av aktivitetene uten endring et avvik som er større enn $\pm 17,9$ %. Med endring er 62,3 % av aktivitetene utenfor det samme intervallet. Ved 99 % konfidensintervall med avvik på $\pm 23,4$ % er disse tallene 62,0 % og 56,8 % for henholdsvis aktiviteter uten endringer og aktiviteter med endringer. Dette viser at uavhengig av om det velges et 95 % eller 99 % konfidensintervall, er mer enn hver andre aktivitet utenfor intervallet, noe betyr at det eksisterer et betydelig avvik.

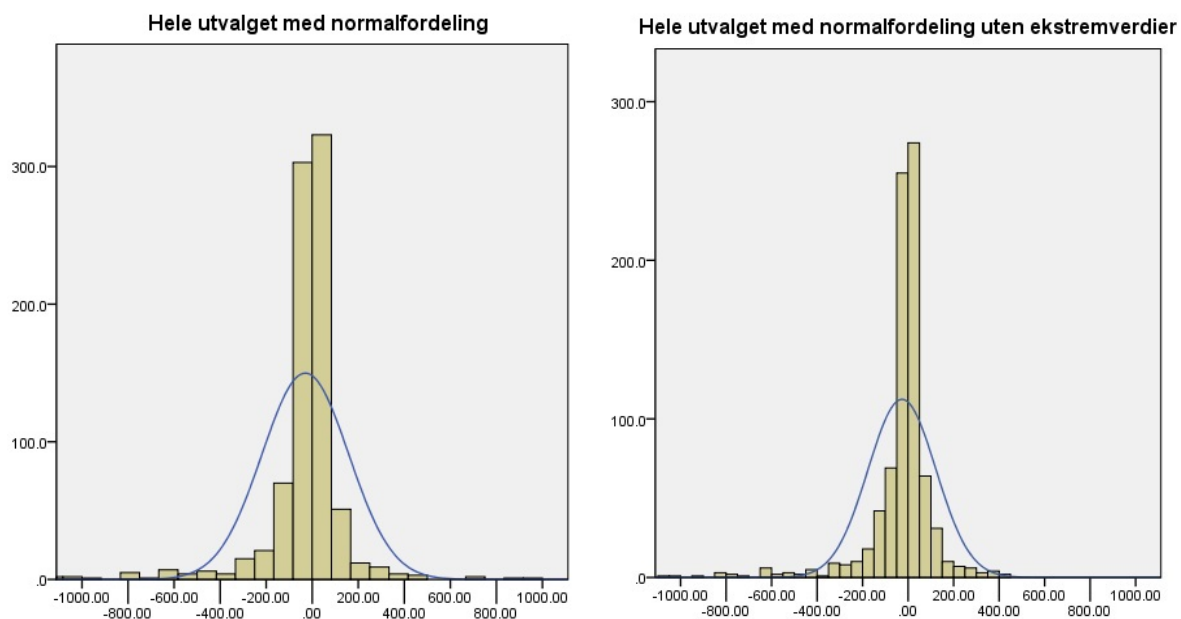


Figur 7.6: Intervallanalyse med/uten endringer med 95 % og 99 % konfidensintervall

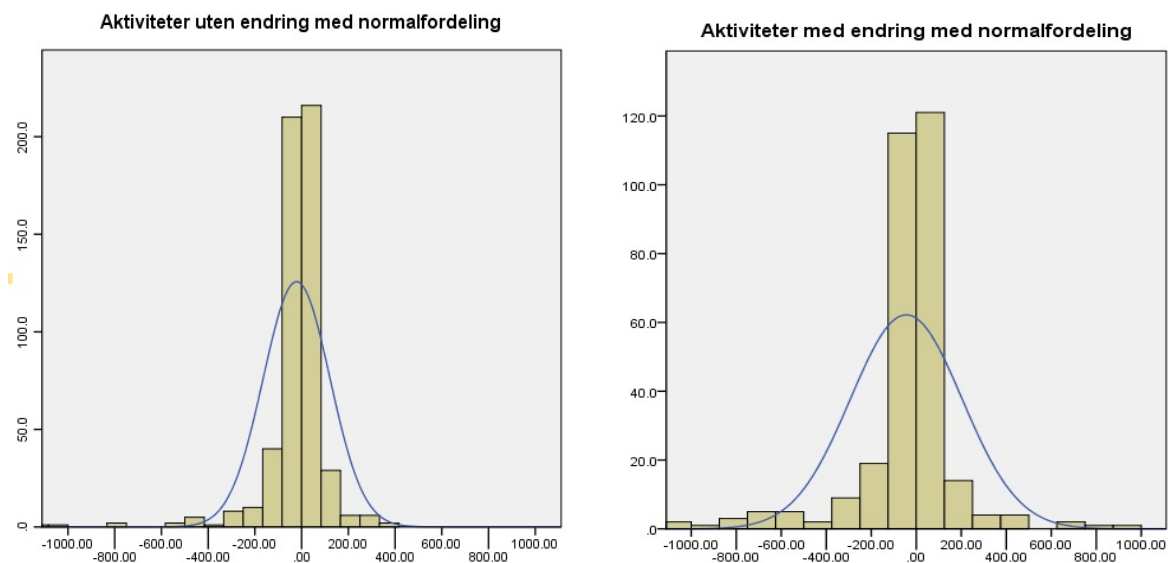
7.1.3 Spredningsdiagrammer

I figur 7.7 vises spredningsdiagram av dataene for hele utvalget med og uten ekstremverdier. I tillegg er det i figur 7.8 laget spredningsdiagram av dataene med endringer og uten endringer. Diagrammene er laget for å grafisk vise fordelingen av dataene. Inkludert i disse diagrammene er en normalfordelingskurve for å vise sammenhengen med normalfordelingen. Avvikene er i diagrammene i timer og ikke i prosenter. Plottene indikerer en større spredning i dataene til aktiviteter med endring kontra aktiviteter uten endring. Det indikeres også i alle fire plottene at toppen på normalfordelingskurven ligger på negativ side av x-aksen. Dette antyder som resultatene i resten av analysen at det på hele utvalget er en tendens til underestimering av timeantall. Dersom utvalgene skulle blitt ansett som forventningsrette ville normalfordelingskurven i diagrammene hatt en synlig topp rundt skjæringspunktet med

y-aksen. Diagrammene viser at det fortsatt er et stykke igjen før dette er tilfellet hos AKSO MMO.



Figur 7.7: Hele utvalget med og uten ekstremverdier med normalfordeling



Figur 7.8: Aktiviteter uten og med endring med normalfordeling

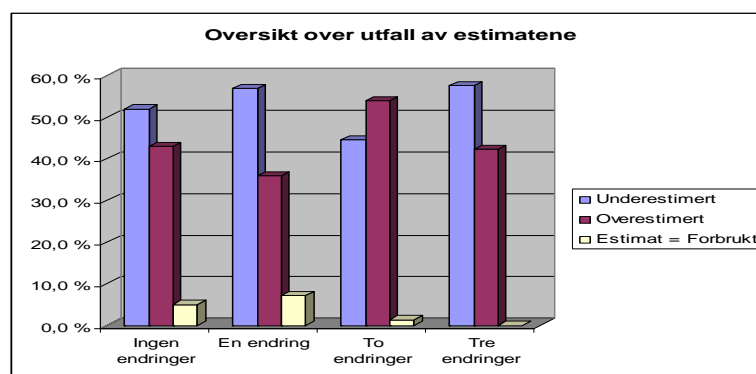
7.1.4 Analyse av avviksforskjeller i forhold til antall endringer

Utvalget analyseres her med hensyn til antall endringer som er knyttet til aktiviteten, noe som gir underestimering i alle grupper, som vist i tabell 7.7. Avviksfaktoren er over 1 på alle gruppene som er et tegn på underestimering, og aktiviteter med to endringer har den laveste avviksfaktor på 1,098. Dette vil si at alle estimatene kunne ha blitt økt med minst 9,8 % for at et mer forventningsrett estimat skulle blitt oppnådd. Resultatene antyder også en tendens til at ekstremverdiene påvirker utvalget uten endringer (-4 250 %) og med to endringer (-4 005 %) ettersom det er en vesentlig forskjell mellom gjennomsnittlig % vis avvik og median % vis avvik.

Tabell 7.7: Resultat av analysen av utvalget med inndeling etter antall endringer

| | Uten endring | En endring | To endringer | Tre endringer |
|----------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Sum estimerte timer: | 62 113 | 73 783 | 25 712 | 12 909 |
| Sum forbrukte timer: | 73 770 | 84 332 | 28 227 | 14 274 |
| Sum avvik: | -11 658 | -10 549 | -2515 | -1 365 |
| Avviksfaktor | 1,188 | 1,143 | 1,098 | 1,106 |
| Median % vis avvik | -1,9 % | -4,0 % | 7,6 % | -14,9 % |
| Gj.snitt % vis avvik | -53,7 % | -34,4 % | -81,6 % | -26,8 % |
| Maks % vis overestimering | 95,0 % | 98,4 % | 87,5 % | 73,2 % |
| Maks % vis underestimering | -4250,0 % | -1 168,8 % | -4 005,0 % | -297,3 % |
| Gj.snitt estimert | 115 | 378 | 347 | 497 |
| Gj.snitt forbrukt | 137 | 432 | 381 | 549 |
| Konklusjon | Underestimering | Underestimering | Underestimering | Underestimering |

Tendensen i figur 7.9 viser at ved *ingen, en* eller *tre endringer* er over 50 % av estimatene underestimert, mens ved *to endringer* er over 50 % av estimatene overestimert. Selv om det er flere avvik som er overestimert i utvalget med to endringer er totalen i det samme utvalget at det er underestimert, dette fordi timeavviket på underestimeringen er større enn timeavviket på overestimeringen. Figur 7.9 viser hvor mange av estimatene som er over- eller underestimert.



Figur 7.9: Oversikt over utfall av estimeringen basert på antall endringer

Normalplott for aktiviteter med en endring og med tre endringer er vist i vedlegg F. Plottene antyder at tilnærmingen til normalfordelingen ikke er god. Derfor utføres det en Kruskal-Wallis test, som ikke krever normalantakelse (Walpole et al. 2007). Testen som utføres skal besvare om det er statistisk grunnlag til å hevde at det er forskjell i estimeringen avhengig av hvor mange endringer aktiviteten inneholder. Utvalget inneholder følgende grupper:

- Aktiviteter uten endringer
- Aktiviteter med en endring
- Aktiviteter med to endringer
- Aktiviteter med tre endringer

Hypotesetesten blir som følger:

H_0 : Avvikene i estimeringen er like i forhold til antall endringer på aktivitetene

H_1 : Avvikene er ulike avhengig av antall endringer på aktivitetene

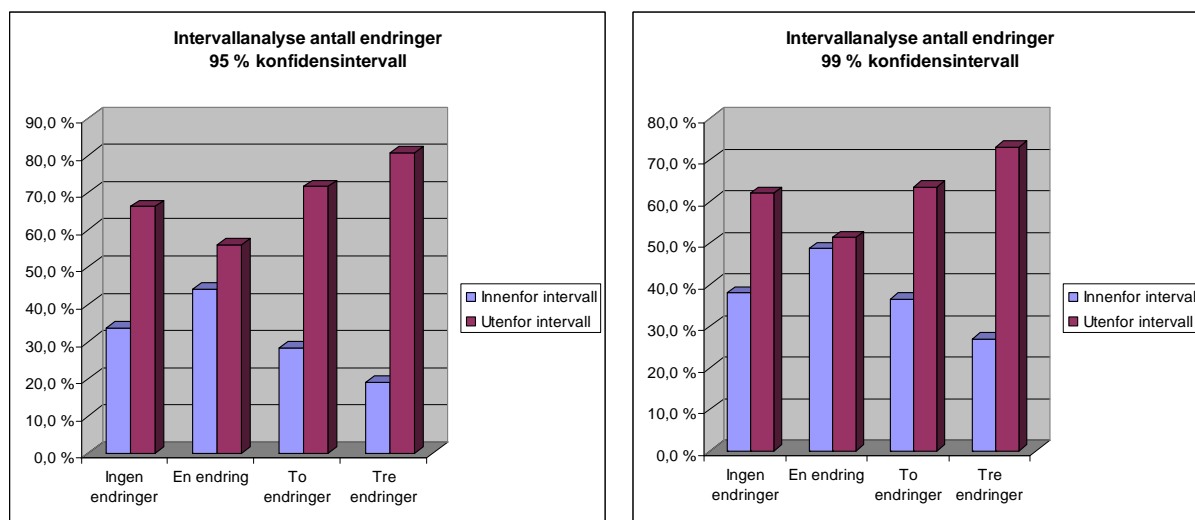
Tabell 7.8: Antall endringer, resultat fra Kruskal-Wallis test

| Grupper | n | Rank sum | Mean rank |
|-------------------------|------|-----------|-----------|
| Ingen endringer | 540 | 230 781,5 | 427,4 |
| En endring | 195 | 73 075,5 | 374,8 |
| To endringer | 74 | 34 782,5 | 470,0 |
| Tre endringer | 26 | 10 390,5 | 399,6 |
| Totalt | 835 | | |
| Kruskal-Wallis h | 10,7 | | |

Kruskal-Wallis $h(10,7)$ viser at nullhypotesen kan forkastes ved 5 % signifikansnivå ($10,7 > 7,815$), mens ved 1 % signifikansnivå kan den beholdes ($10,7 < 11,345$). I dette tilfellet tyder det på at det ikke er like signifikant forskjell mellom de ulike gruppene med observasjoner. Det kan derfor hevdes statistisk ved 5 % signifikansnivå at det er forskjell mellom estimeringen avhengig av antall endringer, men dette kan ikke hevdes ved 1 % signifikansnivå.

Intervallanalysen i figur 7.10 viser en forklarende faktor på hvorfor aktiviteter med *to endringer* har underestimert som utfall av hele utvalget selv om over 50 % av estimatene er overestimert. Ved et 95 % konfidensintervall faller omtrent 70 % av estimatene utenfor et intervall på $\pm 17,9$ %, mens det ved et 99 % konfidensintervall er over 60 % av estimatene utenfor et intervall på $\pm 23,4$ %. Intervallanalysen viser en tendens til økende avvik til flere

endringer som skjer på en aktivitet uavhengig av hvilket signifikansnivå som velges. Dette vises av figur 7.10 med økningen som skjer fra *en* til *to* til *tre* endringer.



Figur 7.10: Intervallanalyse av antall endringer

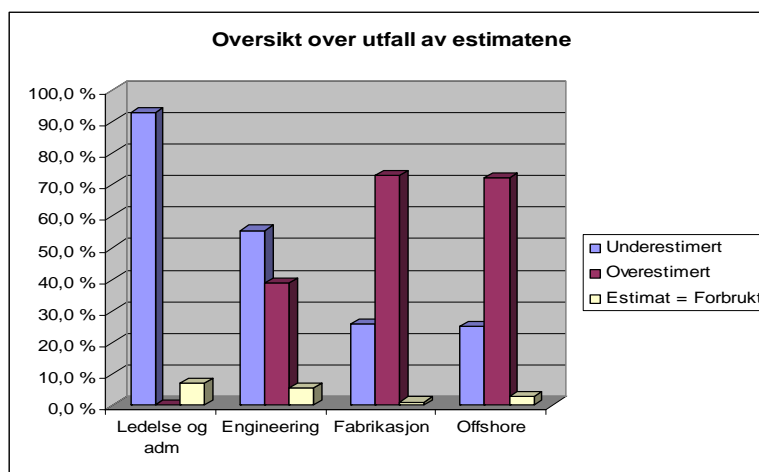
7.1.5 Analyse av forskjell i estimeringen i ulike kategorier

Utvalget analyseres i dette avsnittet med hensyn på de ulike kategoriene, og en oppsummering av resultatene er vist i tabell 7.9. Dataene antyder en tendens til at det blir underestimert i kategoriene *ledelse og administrasjon* og *engineering*, som vises ved at sum avvik, median % vis avvik og gjennomsnitt % vis avvik er negative. Avviksfaktoren er i disse kategoriene henholdsvis 1,108 og 1,255. Det betyr at det er en stor underestimering i *engineering*, ved at estimatene kunne vært pålagt 25,5 % for at mer forventningsrette estimat skulle blitt oppnådd. I kategoriene *fabrikasjon* og *offshore* er avviksfaktoren under 1, gjennomsnittlig % vis avvik og median % vis avvik er positive tall. Gjennomsnittlig estimert er større enn gjennomsnittlig forbrukt. Alle disse faktorene viser en tendens til at det blir overestimert i kategoriene *fabrikasjon* og *offshore*. Et annet trekk i tabell 7.9 er at ekstremverdier preger utvalget spesielt for *engineering* siden det er stor forskjell mellom median % vis avvik (-4,8 %) og gjennomsnittlig avvik (-63,6 %).

Tabell 7.9: Resultat av analysen av utvalget med inndeling på kategori

| | Ledelse og adm. | Engineering | Fabrikasjon | Offshore |
|----------------------------|-----------------|-----------------|----------------|----------------|
| Sum estimerte timer: | 38 727 | 105 229 | 30 754 | 7 538 |
| Sum forbrukte timer: | 42 915 | 132 048 | 28 334 | 5 081 |
| Sum avvik: | -4 188 | -26 819 | 2 420 | 2 457 |
| Avviksfaktor | 1,108 | 1,255 | 0,921 | 0,674 |
| Median % vis avvik | -8,7 % | -4,8 % | 18,8 % | 34,4 % |
| Gj.snitt % vis avvik | -11,5 % | -63,6 % | 13,5 % | 19,7 % |
| Maks % vis overestimering | 0,0 % | 94,1 % | 95,0 % | 98,4 % |
| Maks % vis underestimering | -77,0 % | -4 250,0 % | -178,2 % | -224,4 % |
| Gj.snitt estimert | 1 335 | 152 | 346 | 209 |
| Gj.snitt forbrukt | 1 480 | 191 | 318 | 141 |
| Konklusjon | Underestimering | Underestimering | Overestimering | Overestimering |

Figur 7.11 viser utfallet av estimeringen i de ulike kategoriene og støtter opp om tendensen som er uttrykt i gjennomsnittsberegningen som er vist i tabell 7.9 med underestimering i de to første kategoriene, men med overestimering i de to siste kategoriene.



Figur 7.11: Oversikt over utfall av estimeringen basert på kategori

Normalplott av to kategorier er vist i vedlegg F. Plottene antyder at observasjonene ikke kan antas å komme fra en normalfordeling, ettersom de avviker sterkt fra en rett linje. Derfor utføres en Kruskal-Wallis test som ikke krever normalantakelse (Walpole et al. 2007). Grunnlaget for denne analysen er både aktiviteter med og uten endringer. Testen utføres for å se om det er statistisk grunnlag til å hevde at det er forskjell i estimeringen i kategoriene:

- Ledelse og administrasjon
- Engineering
- Fabrikasjon
- Offshore

Basert på diskusjonen over utføres da en Kruskal-Wallis test med følgende hypotese:

H_0 : Det er ikke forskjell i avvikene i estimeringen i de ulike kategoriene

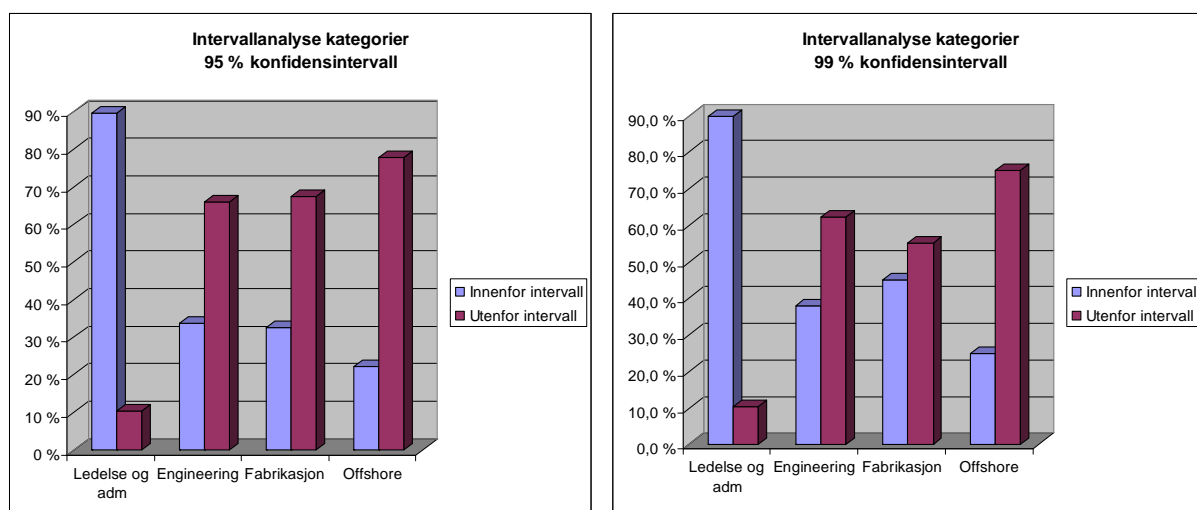
H_1 : Det er forskjell i avvikene i estimeringen i de ulike kategoriene

Tabell 7.10: Kategorier, resultat fra Kruskal Wallis test

| Grupper | n | Rank sum | Mean rank |
|-------------------------|------|----------|-----------|
| Ledelse og adm | 29 | 4782 | 164,9 |
| Engineering | 692 | 281282 | 406,5 |
| Fabrikasjon | 89 | 51455 | 578,2 |
| Offshore | 36 | 20762 | 576,7 |
| Totalt | 846 | | |
| Kruskal-Wallis h | 85,6 | | |

Resultatene fra Kruskal-Wallis testen er vist i tabell 7.10. Konklusjonen vi kan trekke ut fra denne testen er at resultatet er i forkastningsområdet for nullhypotesen ($85,6 > 7,815$ og $85,6 > 11,345$) og at dataene derfor gir grunnlag til å hevde at det er forskjell i avvikene i estimeringen i de ulike kategoriene. Basert på tabell 7.9, figur 7.11 og Kruskal-Wallis testen av utvalget er det grunnlag til å hevde at estimeringen i *ledelse og administrasjon* og *engineering* er ulik fra estimeringen i *fabrikasjon* og *offshore*. Resultatet fra Kruskal-Wallis testen er gjeldende uavhengig om vi velger 5 % eller 1 % signifikansnivå.

Intervallanalysen i figur 7.12 viser at *ledelse og administrasjon* har omtrent 90 % av estimatene innenfor et 95 % konfidensintervall med et avvik på $\pm 17,9$ % og det samme gjelder innenfor et 99 % konfidensintervall med et avvik på $\pm 23,4$ %. Ved de tre andre kategoriene inneholder 60 % av alle estimatene et avvik som er større enn $\pm 17,9$ % ved 5 % signifikansnivå. Den største forskjellen mellom de to konfidensintervallene er ved kategorien *fabrikasjon* som reduseres med over 10 % når signifikansnivået reduseres til 1 %.



Figur 7.12: Intervallanalyse av de ulike kategoriene

7.1.6 Analyse av forskjell i estimeringen i ulike disipliner

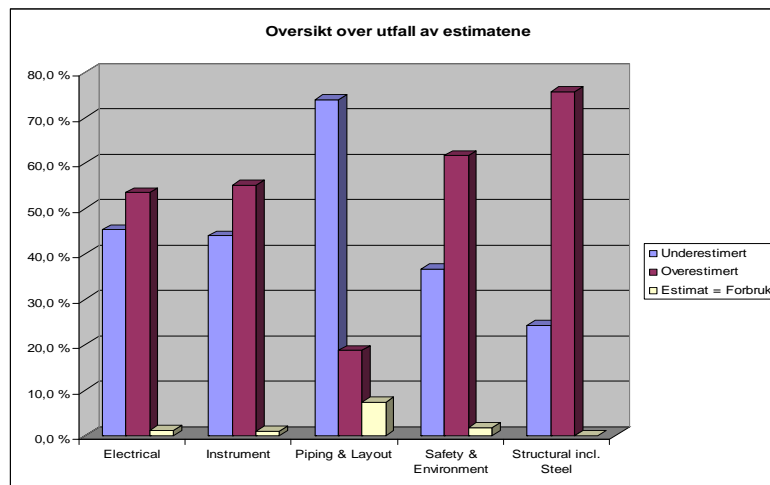
Her presenteres analysen som er utført ved forskjell i avvikene i estimeringen i de ulike disiplinene på prosjektet. Det er fjorten disipliner som har nok aktiviteter til at det gir mening å utføre en statistisk analyse, se tabell 5.4. Av disse ble de fem med flest aktiviteter plukket ut for en dypere analyse. En oppsummering av resultatene fra analysen over disiplinvis tall er vist i tabell 7.11.

Tabell 7.11: Resultat av analysen av utvalget med inndeling i disipliner

| | Electrical | Instrument | Piping & Layout | Safety & Envir. | Struct.incl. Steel |
|----------------------------|------------|------------|-----------------|-----------------|--------------------|
| Sum estimerte timer: | 7560 | 21968 | 21007 | 5338 | 27139 |
| Sum forbrukte timer: | 7309 | 20710 | 33567 | 5441 | 22102 |
| Sum avvik: | 251,3 | 1258,4 | -12560,2 | -103,5 | 5036,6 |
| Avviksfaktor | 0,967 | 0,943 | 1,598 | 1,019 | 0,814 |
| Median % vis avvik | 1,8 % | 5,8 % | -38,8 % | 5,3 % | 20,6 % |
| Gj.snitt % vis avvik | 5,1 % | -22,8 % | -189,3 % | -2,7 % | 18,1 % |
| Maks % vis overestimering | 87,5 % | 87,5 % | 87,3 % | 87,0 % | 94,6 % |
| Maks % vis underestimering | -138,6 % | -755,8 % | -4250,0 % | -229,1 % | -224,4 % |
| Gj.snitt estimert | 87,9 | 189,4 | 170,8 | 89,0 | 387,7 |
| Gj.snitt forbrukt | 85,0 | 178,5 | 272,9 | 90,7 | 315,7 |
| Konklusjon | Overest. | Overest. | Underest. | Underest. | Overest. |

Resultatene viser at disiplinene *Electrical*, *Instrument* og *Structural incl. Steel* har en overestimering av timeantall. Det er tydelig at ekstremverdier påvirker utvalget, som vises ved differansen mellom median % vis avvik og gjennomsnittlig % vis avvik. Spesielt på disiplinen *Piping & Layout* er det en vesentlig underestimering med median % vis avvik på

-38,8 %. Avviksfaktoren er her på 1,598 som vil si at estimatene kunne vært lagt på 59,8 % for at mer forventningsrette estimater skulle blitt oppnådd.



Figur 7.13: Oversikt over utfall av estimeringen basert på disiplin

Figur 7.13 viser at det er stor forskjell i utfallet av estimeringen i de ulike disiplinene. I *Piping & Layout* er over 70 % av estimatene underestimert, mens i disiplinen *Structural incl. Steel outfitting* er over 70 % av estimatene overestimert. Dette tyder på at det er en vesentlig forskjell i estimeringen i de ulike disiplinene, som kan tyde på at det eksisterer ulik praksis ved estimering. Videre skal det testes om denne tendensen kan påvises statistisk.

Normalplott er vist i vedlegg F for disiplinene *Safety & Environment* og *Instrument*. Plottene avviker fra å være en rett linje og derfor er det ikke rimelig å anta at dataene kommer fra en normalfordeling. Det blir derfor utført en Kruskal-Wallis test som ikke krever normalantakelse, for å teste om det statistisk kan hevdes at det er forskjell mellom avvikene i estimeringen i disiplinene (Walpole et al. 2007):

- Electrical
- Instrument
- Piping & Layout
- Safety & Environment
- Structural incl. Steel outfitting

Hypotesen som skal testes med en Kruskal-Wallis test er:

H_0 : Det er ikke forskjell i avvikene i estimeringen i de ulike disiplinene

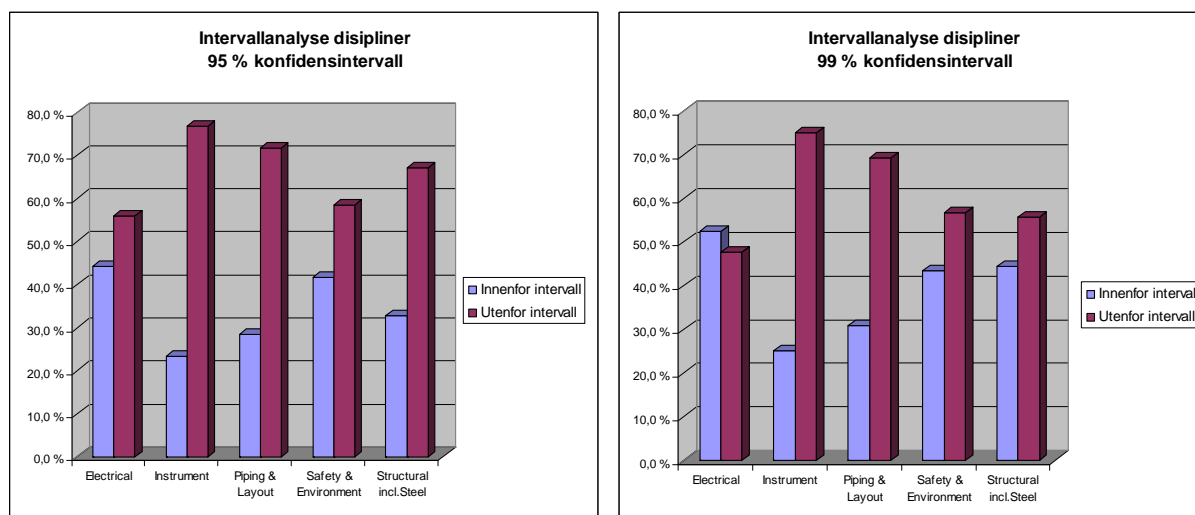
H_1 : Det er forskjell i avvikene i estimeringen i de ulike disiplinene

Resultatene fra Kruskal-Wallis testen er vist i tabell 7.12 og uavhengig av signifikansnivå som velges blir utfallet forkast nullhypotesen, påstå alternativhypotesen ($80,35 > 9,488$ og $80,35 > 13,277$). Dataene gir tydelig grunnlag til å hevde at det er forskjell i avvikene i de ulike disiplinene.

Tabell 7.12: Disipliner, resultat fra Kruskal-Wallis test

| Grupper | n | Rank sum | Mean rank |
|-----------------------------------|-------|----------|-----------|
| Electrical | 86 | 20852 | 242,5 |
| Instrument | 116 | 28800 | 248,3 |
| Piping & Layout | 123 | 17971 | 146,1 |
| Safety & Environment | 60 | 14287 | 2388,1 |
| Structural incl. Steel outfitting | 70 | 21831 | 311,9 |
| Totalt | 455 | | |
| Kruskal-Wallis h | 80,35 | | |

Intervallanalysen i figur 7.14 viser at over 50 % av alle aktivitetene i disiplinene estimeres utenfor et intervall på $\pm 17,9$ %, ved 5 % signifikansnivå. Dette viser at hovedtyngden av aktiviteter har stort avvik og er langt fra å være forventningsrette. Disiplinen *Instrument* utmerker seg spesielt med å ha over 70 % av alle estimatene utenfor konfidensintervallet, uavhengig av hvilket signifikansnivå som velges. AKSO MMO har derfor et forbedringspotensial i alle disiplinene som er undersøkt i denne analysen for å forbedre forventningsrettheten av estimatene.



Figur 7.14: Intervallanalyse av de ulike disiplinene

7.2 Regresjonsanalyse

Sammenhengen mellom de ulike uavhengige variablene og responsvariabelen forbrukte timer kan vises ved å utføre en regresjonsanalyse med F-test på hvilke grupper som er signifikante. Modellen som inneholder signifikante grupper vil så bli diskutert med hensyn til betydningen av de ulike variablene. I modellen ble det innført en vanlig forklaringsvariabel på estimerte timer. Videre ble det innført dummyvariabler på kategoriene i tabell 5.2 unntatt *indirekte offshore timer*, antall endringer som vist i tabell 5.3 unntatt *flere enn tre endringer* og disiplinene i tabell 5.4 unntatt gruppen *andre disipliner*. Grunnen til at *indirekte offshore timer*, *flere enn tre endringer*, og *andre disipliner* ble utelukket var fordi det var så få data i disse kategoriene at de ikke vil gi noe bidrag til analysen. Det ble ikke utført test ved om *estimerte timer* kan utelukkes, dette vil være unødvendig ettersom det vil være en signifikant positiv korrelasjon mellom estimerte og forbrukte timer.

Regresjonsanalysen ble utført ved bruk av prosedyren baklengs utvelgelse ved å starte med en modell med alle restriksjonene inkludert, for deretter å teste betydningen av å utelukke grupper av restriksjoner fra modellen. Det utelukkes grupper av dummyvariabler som ikke bidrar til at modellen blir signifikant bedre. Ved en signifikant bedring av modellen gir testen(e) behold gruppen(e) av dummyvariabler, variablene gir et signifikant bidrag til forklaringsgraden R^2 .

Det er i analysen utelatt følgende variable for å unngå problemet med *dummyfellen* (se avsnitt 6.3.1.1):

- Antall endringer: *Ingen endringer*
- Kategori: *Fabrikasjon*
- Disiplin: *Surface Treatment*

Dette betyr at ved å sette alle dummyvariablene lik null oppnår man basiskategoriene som er de som ble utelukket fra modellen, som er vist i punktlisten over. Den generelle modellen gir følgende regresjonsformel:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Estimerte timer} + \sum_{i=2}^4 \gamma_i \cdot D_{\text{Endringer}} + \sum_{j=2}^4 \lambda_j \cdot D_{\text{Kategori}} + \sum_{k=2}^{13} \mu_k \cdot D_{\text{Disiplin}} \quad (7.1)$$

Der variablene er definert som:

$D_{Endringer}$ er dummyvariabelen til endringsantall i

γ_i er konstantleddet til endringsantall i

$D_{Kategori}$ er dummyvariabelen til kategori j

λ_j er konstantleddet til kategori j

$D_{Disiplin}$ er dummyvariabelen til disiplin k

μ_k er konstantleddet til disiplin k

Tabell 7.13: Regresjonsmodell med alle variable inkludert

| | Koeffisient | Standard feil | t-verdi | p-verdi | Nedre 95 % | Øvre 95 % |
|-----------------------------------|-------------|---------------|---------|---------|------------|-----------|
| Konstantledd | -1,55 | 31,69 | -0,05 | 0,96 | -63,75 | 60,65 |
| Estimerte timer | 1,10 | 0,02 | 64,40 | 0,00 | 1,06 | 1,14 |
| En endring | 19,05 | 16,75 | 1,14 | 0,26 | -13,83 | 51,93 |
| To endringer | 32,07 | 24,11 | 1,33 | 0,18 | -15,25 | 79,39 |
| Tre endringer | 11,04 | 36,97 | 0,30 | 0,77 | -61,52 | 83,60 |
| Ledelse og adm | -1,05 | 49,17 | -0,02 | 0,98 | -97,56 | 95,46 |
| Engineering | 8,76 | 36,85 | 0,24 | 0,81 | -63,57 | 81,09 |
| Offshore | -66,64 | 37,71 | -1,77 | 0,08 | -140,66 | 7,38 |
| Architectural | -21,87 | 33,46 | -0,65 | 0,51 | -87,55 | 43,81 |
| Electrical | -14,22 | 30,31 | -0,47 | 0,64 | -73,71 | 45,27 |
| HVAC | 21,21 | 40,10 | 0,53 | 0,60 | -57,50 | 99,92 |
| Instrument | -39,12 | 29,73 | -1,32 | 0,19 | -97,47 | 19,23 |
| Piping & Layout | 69,58 | 29,56 | 2,35 | 0,02 | 11,56 | 127,60 |
| Materials technology | 10,54 | 47,33 | 0,22 | 0,82 | -82,36 | 103,44 |
| Structural | 129,29 | 3,49 | 3,49 | 0,00 | 122,44 | 136,14 |
| Process | 52,20 | 1,34 | 1,34 | 0,18 | 49,57 | 54,83 |
| Mechanical | 12,16 | 0,34 | 0,34 | 0,74 | 11,49 | 12,83 |
| Safety & Environment | -16,00 | 33,59 | -0,48 | 0,63 | -81,93 | 49,93 |
| Telecommunication | -20,55 | 33,64 | -0,61 | 0,54 | -86,58 | 45,48 |
| Structural incl. Steel outfitting | -113,62 | 34,05 | -3,34 | 0,00 | -180,45 | -46,79 |

Resultatene fra en regresjonsmodell med alle variable inkludert er vist i tabell 7.13. Denne modellen er utgangspunktet for prosedyren som er utført for å redusere antall variable i regresjonsmodellen. Tabell 7.14 viser tilhørende regresjonsstatistikk til den komplette modellen. Den komplette regresjonsmodellen har en R^2 på 0,8823 som betyr at modellen forklarer 88,23 % av variasjonen i dataene.

Tabell 7.14: Regresjonsstatistikk for komplett modell

| Regresjonsstatistikk | |
|----------------------|--------|
| R^2 | 0,8823 |
| Standard feil | 175,13 |
| Observasjoner | 846 |

I henhold til teori om bakover utvelgelse (avsnitt 6.3.4) vil det utelukkes variabler som ikke bidrar til at modellen blir bedre. Godheten til modellen blir i disse utvelgelsene vurdert ut fra forklaringsgraden R^2 , se avsnitt 6.3.5. F-tester for at forskjellige grupper av variabler kan utelates er vist i tabell 7.15. Der sees det på hvilke variabler som ikke bidrar statistisk til bedring av modellen.

Tabell 7.15: Oversikt over utførte F-tester med resultater

| H_0 | F-test | F-verdi | p-verdi |
|--|------------|---------|---------|
| $\gamma_i = 0 \forall i$ | F(3, 826) | 0,81 | 0,49 |
| $\gamma_i = 0, \lambda_j = 0 \forall i, j$ | F(6, 826) | 1,08 | 0,38 |
| $\gamma_i = 0, \mu_k = 0 \forall i, k$ | F(15, 826) | 4,60* | 0,00 |
| $\lambda_j = 0, \forall j$ | F(3, 826) | 1,72 | 0,16 |
| $\lambda_j = 0, \mu_k = 0 \forall j, k$ | F(15, 826) | 6,61* | 0,00 |
| $\mu_k = 0 \forall k$ | F(12, 826) | 5,03* | 0,00 |
| $\gamma_i = 0, \lambda_j = 0, \mu_k = 0 \forall i, j, k$ | F(18, 826) | 5,55* | 0,00 |

Stjerne (*) indikerer at disse er signifikant ved 5 % signifikansnivå.

Tabell 7.15 viser resultatene fra F-testene, og F-verdiene som er markert med stjerne viser hvilke tester som gir beslutningen om at gruppene som er tatt ut av modellen er av betydning. Den beste modellen er den som inneholder færrest variable, der de resterende variablene er av betydning (Bårdsen & Nymoen 2011). I dette tilfellet blir det modellen som inneholder dummyvariabler på disipliner, og som har utelatt gruppene med dummyvariabler på kategori og antall endringer. Regresjonsresultatene fra den reduserte regresjonsmodellen er vist i tabell 7.16.

Tabell 7.16: Endelig regresjonsmodell med utelatte variabler

| | Koeffisient | Standard feil | t-verdi | p-verdi | Nedre 95 % | Øvre 95 % |
|-----------------------------------|-------------|---------------|---------|---------|------------|-----------|
| Konstantledd | 6,24 | 18,32 | 0,34 | 0,73 | -29,73 | 42,20 |
| Estimerte timer | 1,10 | 0,01 | 73,77 | 0,00* | 1,07 | 1,13 |
| Architectural | -15,97 | 29,03 | -0,55 | 0,58 | -72,96 | 41,01 |
| Electrical | -17,96 | 25,99 | -0,69 | 0,49 | -68,98 | 33,05 |
| HVAC | 27,79 | 36,19 | 0,77 | 0,44 | -43,25 | 98,84 |
| Instrument | -36,05 | 23,83 | -1,51 | 0,13 | -82,82 | 10,71 |
| Piping & Layout | 78,77 | 23,56 | 3,34 | 0,00* | 32,53 | 125,02 |
| Materials technology | 11,36 | 44,09 | 0,26 | 0,80 | -75,17 | 97,89 |
| Structural | 134,54 | 31,88 | 4,22 | 0,00* | 71,97 | 197,12 |
| Process | 62,33 | 34,21 | 1,82 | 0,07 | -4,81 | 129,47 |
| Mechanical | 15,00 | 32,61 | 0,46 | 0,65 | -49,01 | 79,01 |
| Safety & Environment | -13,42 | 28,81 | -0,47 | 0,64 | -69,97 | 43,12 |
| Telecommunication | -16,90 | 29,21 | -0,58 | 0,56 | -74,24 | 40,44 |
| Structural incl. Steel outfitting | -117,02 | 26,92 | -4,35 | 0,00* | -169,85 | -64,19 |

Stjerne (*) indikerer at de er signifikante ved 5 % signifikansnivå

Resultatene fører til følgende regresjonsformel:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 \cdot \text{Estimerte timer} + \sum_{k=2}^{13} \mu_k \cdot D_{\text{Disiplin}} \quad (7.2)$$

Formel 7.2 er en spesiell utgave av den generelle regresjonsformelen 7.1, men her er dummyvariabler for kategoriene og antall endringer er utelatt. Ved å se på konfidensintervall og p-verdier i tabell 7.16 vises det en forskjell i hvor signifikante variablene er i modellen. Regresjonsresultatene viser at estimerte timer som er den eneste vanlige forklaringsvariabelen, har en p-verdi på 0,00 og ved å se på konfidensintervallet er ikke 0 en del av intervallet. Det gir tolkningen at variabelen har statistisk bidrag til modellen. Ved å sette alle dummyvariablene lik 0, vil formelen gjelde for forbrukte timer for disiplinen *Surface Treatment*, som ble utelukket for å unngå dummyfellen.

Estimerte timer ble ikke forsøkt utelatt fordi det er antatt at det er en sterk positiv korrelasjon mellom denne og forbrukte timer. Tabell 7.16 viser at estimerte timer ville blitt tolket med et signifikant bidrag til modellen siden p-verdien er 0,00* og dermed blitt inkludert i modellen. Dette viser at antakelsen om å ikke utelukke estimerte timer var fornuftig. For hver estimerte time blir utfallet 1,10 forbrukt time, noe som viser til de samme resultatene som i totalanalysen av utvalget, nemlig underestimering. Dette betyr at regresjonsmodellen viser et systematisk avvik på 10 % fra de estimerte timene i tillegg til en justering av avviket pr. disiplin. Et eksempel på dette er ved estimering i disiplinen *Piping & Layout*, vil det legges

til 10 % på de estimerte timene, i tillegg til en justering av konstantleddet. Konstantleddet blir da $\beta_0 + \mu_6 = 6,24 + 78,77 = 85,01$.

Resultatene viser at dummyvariablene for *Piping & Layout*, *Structural* og *Structural incl. Steel outfitting* har alle p-verdier som er 0, og konfidensintervall der 0 ikke er en del av intervallet. Dette betyr igjen at det er i disse disiplinene det kan hevdes at det eksisterer et systematisk avvik utover de 10 % som estimerte timer representerer. Disse variablene bidrar mest til å forklare dataene ettersom de er statistisk signifikante. Dummyvariablene for kategoriene *Architectural*, *Electrical*, *HVAC*, *Instrument*, *Materials technology*, *Mechanical*, *Safety & Environment* og *Telecommunication* har alle p-verdier som er større enn 0,10 som betyr at ved alle normale nivåer av signifikansnivå så ville de blitt utelatt fra modellen.

Ved å se på forskjellen i regresjonsstatistikken for den komplette modellen i tabell 7.14 og modellen med utelatte dummyvariabler i tabell 7.17, vises det en nedgang på R^2 fra 88,23 % til 88,13 %. Dette betyr at de uavhengige variablene forklarer 88,13 % av variasjonene i den endelige regresjonsmodellen. Siden det er en så liten nedgang i R^2 tyder dette på at dummyvariablene på kategori og antall endringer ikke gir et ekstra bidrag av betydning til å forklare regresjonsmodellen.

Tabell 7.17: Regresjonsstatistikk for endelig regresjonsmodell

| Regresjonsstatistikk | |
|----------------------|--------|
| R^2 | 0,8813 |
| Standard feil | 175,18 |
| Observasjoner | 846 |

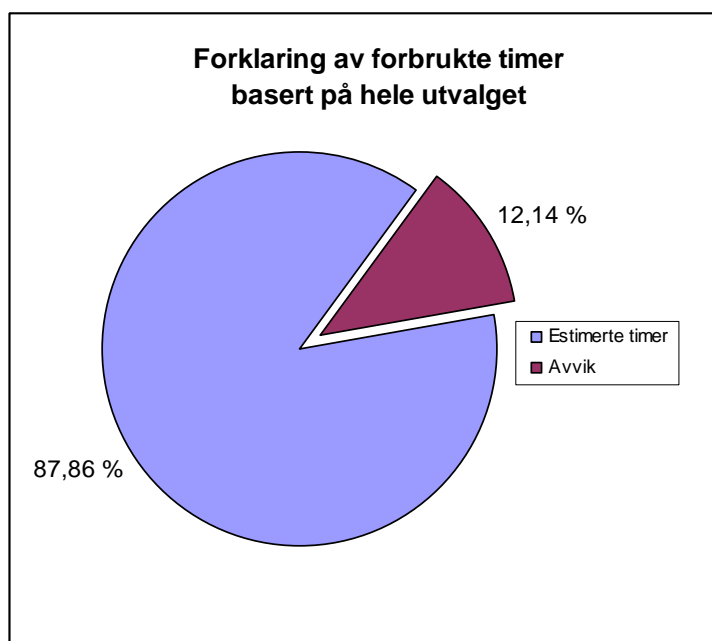
7.3 Oppsummering

I dette kapitlet er resultatene av de ulike analysene gjennomgått. Det vises først resultater fra den totale modellen med alle dataene, med og uten ekstremverdier. Deretter deles utvalgene inn i to utvalg, med aktiviteter med og uten endringer. Disse to utvalgene analyseres også med og uten ekstremverdier. Videre viser resultatene avvikene i lys av inndeling av utvalget basert på kategorier, disipliner og antall endringer. Tilslutt vises det en regresjonsmodell for forbrukte timer på prosjektet, som gir en forklaring av hvilke avvik som kan hevdes å være systematiske og signifikante.

8 Konklusjon

Resultatene fra den empiriske analysen som ble presentert i kapittel 7 danner grunnlaget for konklusjonen i oppgaven. De viser at timene på Eldfisk II modifikasjonskontrakten ikke blir overestimert slik det er antydnet av COPSAS. Resultatene viser derimot at det er en tydelig tendens av underestimering. Hypotesetestene viser også at aktiviteter med endringer er mer forventningsrette enn aktiviteter uten endringer.

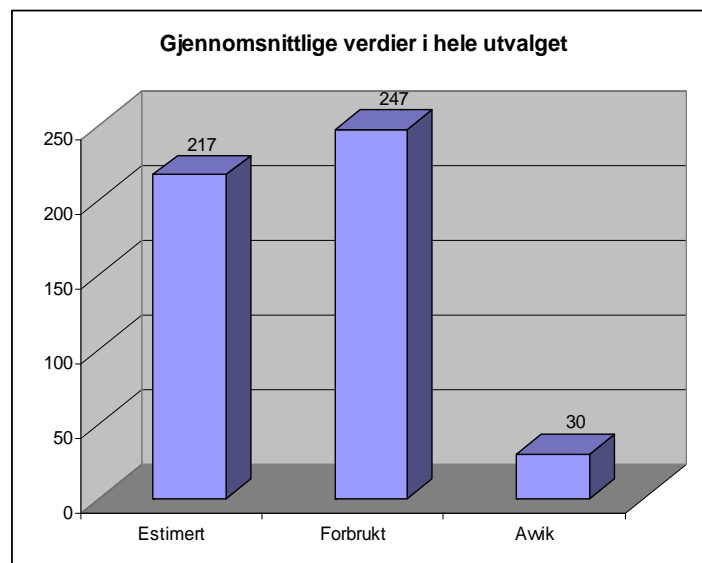
Det er et betydelig avvik mellom estimerte og forbrukte timer i utvalget. De estimerte timene dekker 87,86 % av de forbrukte timene, mens de resterende 12,14 % av de forbrukte timene er avvik (se figur 8.1). Det totale timeavviket for hele utvalget på 850 aktiviteter er -25 475 timer og gjennomsnittlig absolutt timeavvik pr. aktivitet er på -30 timer (se figur 8.2).



Figur 8.1: Forbrukte timer, utfall av estimeringen på hele utvalget

Utvalget viser at det blir underestimert timeantall på denne kontrakten, noe som ble besvart ved utførelsen av en hypotesetest både med og uten ekstremverdier (se avsnitt 7.1.1). Konklusjonen av testen ble den samme både med og uten ekstremverdier, noe som tyder på at det eksisterer mange avvik som er betydelige. Underestimering er en vanlig utfordring på petroleumskontrakter, da leverandør ikke klarer å forutse hele omfanget ved inngåelsen av kontrakt. Kontraktene inngås ved et tidlig stadium når usikkerheten er stor, noe som fører til en lite detaljert beskrivelse av omfanget av kontrakten. Selv om usikkerheten optimalt sett

skal dekkes av *allowance* og *contingency* så har ikke disse vært høye nok til å dekke usikkerheten. Det å estimere usikkerhet er veldig utfordrende, og et viktig bidrag til å kunne håndtere dette er ved bruk av erfaringstall fra tidligere prosjekter. AKSO MMO har over lang tid opparbeidet seg en database med erfaringstall over ulike petroleumsprosjekter som hjelper dem med å estimere usikkerhet. Mange av faktorene som påvirker usikkerhet er utenfor selskapets kontroll og den beste måten å håndtere denne på vil være å ta lærdom og erfaring fra tidligere prosjekter når nye estimater skal beregnes.



Figur 8.2: Gjennomsnittlige verdier i hele utvalget

Tidlig kontraktinngåelse fører også til at endringsordrer benyttes for å kunne justere timeestimatene underveis, når omfanget av aktivitetene er bedre klarlagt. Estimeringsprosessen hos AKSO MMO har ikke usikkerhetspåslag for *allowance* eller *contingency* direkte på timeantall, og derfor må justering av timeestimatene registreres som endringsordre. Avviket mellom estimerte og forbrukte timer er på 18,8 % for aktiviteter uten endring, mens aktiviteter med endring har et avvik på 11,3 %. Det ble også utført en hypotesetest for å besvare om det var statistisk grunnlag til å hevde at det var forskjell i estimeringen i aktiviteter med og uten endringer. Hypotesetesten uten ekstremverdier ga konklusjonen at det relative avviket er størst når aktiviteter er uten endring, som vil si at aktiviteter med endringer har mindre relativt avvik enn aktiviteter uten endring.

Konklusjonen blir derimot motsatt når det sees på absolutt avvik uten ekstremverdier, med at aktiviteter med endring har størst absolutt timeavvik. Grunnen til den motstridende konklusjonen i disse hypotesetestene er begrunnet med at en gjennomsnittlig aktivitet med

endring inneholder mer enn tre ganger så mange timer som en aktivitet uten endring. Dette vil føre til at aktiviteter uten endring får et større utslag i relativt avvik pr. time, enn ved aktiviteter med endring. På grunn av denne svakheten i den absolutte avviksanalysen legges fokuset mest på det relative avviket i hypotesetesten. Den viser at endringsstyringen hos AKSO MMO fører til mer forventningsrette estimater. Dersom endringsstyringen hadde vært optimal ville endringstimene forklart hele avviket og gjort at estimatet pluss endringstimer ble forbrukte timer. Hypotesetestene viste også at ved å inkludere ekstremverdier er det ikke statistisk grunnlag til å hevde at det er forskjell verken i absolutte eller relative avvik.

Det kommer også frem av analysene som er utført at det er store variasjoner i avvikene i de ulike disiplinene. Dette kan tyde på at estimeringen ikke blir utført etter de samme prinsippene i de ulike disiplinene og at metodikken for estimering i disiplin ikke fungerer optimalt. Den samme konklusjonen gjelder også når variasjonene i kategoriene studeres, med at kategoriene *ledelse og administrasjon* og *engineering* blir underestimert, mens *fabrikasjon* og *offshore* blir overestimert.

Videre ble det analysert om det eksisterer et systematisk avvik mellom antall endringer og timeavvik, som viste at det var et slikt avvik ved 5 % signifikansnivå, men ikke ved 1 % signifikansnivå. Intervallanalysen av antall endringer i figur 7.10, viser en økende tendens av relativt timeavvik dess flere endringer aktiviteten inneholdt.

Regresjonsanalysen viste at det er et systematisk avvik på 10 % mellom estimerte og forbrukte timer. Den viste også at det ikke var grunnlag til å hevde at det er systematisk avvik i forhold til antall endringer eller kategori. Den viste derimot at disiplinene *Piping & Layout*, *Structural* og *Structural incl. Steel outfitting* har systematiske avvik, som i en regresjonsmodell fører til en justering av konstantleddet.

Et resultat av underestimering av timeantall over lang tid vil føre til utfordringer for prosjektledelsen og for gjennomføringen av prosjektet. Dette fører til at prosjektet allokeres med for lite ressurser i form av personell, som kan føre til forsinkelse av prosjektet og økte kostnader.

Tilslutt presiseres det at ved store og utfordrende prosjekter som AKSO MMO utfører vil det være viktig med god kommunikasjon mellom alle som estimerer timer, både i disipliner og i estimeringsavdelingen. God kommunikasjon gjennom hele prosjektgjennomføringen sammen med en uniform metodikk å utføre estimering på kan føre til mer forventningsrette estimater hos AKSO MMO. Dersom timeestimatene skal estimeres forventningsrett må alle som deltar på prosjektet jobbe mot det samme målet, opprettholde en god kommunikasjon og sørge for godt samarbeid med klare retningslinjer. Dette kan sørge for å redusere usikkerhet, noe som gir utslag i mindre avvik.

9 Forslag til videre studier

Det presenteres her noen forslag til videre studier som kan bygge videre på denne oppgaven.

1. Utførelse av en studie av Eldfisk II prosjektet med fokus på rene endringsaktiviteter, som er aktiviteter som kun inneholder endringstimer og ikke opprinnelige timer.
2. Studie av hvordan uspesifisert usikkerhet på vekt-/mengdeestimatene håndteres i de ulike disiplinene ved hjelp av *allowance*.
3. Studere disiplinvis avvik over flere prosjekter, for å se om det finnes ulik praksis av estimeringsarbeidet i disiplinene.
4. Fokus på estimatene til de ulike estimatorene i estimeringsavdelingen, er det ulike subkulturer innenfor avdelingen?
5. Utføre en regresjonsanalyse uten ekstremverdier

Referanser

Bøker og internettkilder:

1. AKSO (2012a) *Aker Solutions – About us*, Tilgjengelig fra:
<<http://www.akersolutions.com/en/Utility-menu/About-us1/>>, [Nedlastet 30.1.2012]
2. AKSO (2012b) *Aker Solutions – Company Overview*, Tilgjengelig fra:
<<http://akersolutions.com/en/Global-menu/Investors/Presentations/Company-overview/>>,
[Nedlastet 30.1.2012]
3. AKSO (2012c) *Aker Solutions – Modifications for life*, Tilgjengelig fra:
<<http://www.akersolutions.com/en/Global-menu/Media/Feature-stories/MMO/Modifications-for-life/>>, [Nedlastet 31.1.2012]
4. AKSO (2012d) *Aker Solutions – Annual report 2011*, Tilgjengelig fra:
<http://www.akersolutions.com/Documents/Investors/Annual%20reports/AkerSolutionsAnnualReport_2011_iPDF.pdf>, [Nedlastet 27.4.2012]
5. Andersen, E.S., (2005) *Prosjektledelse – et organisasjonsperspektiv*, 1. utgave, NKI Forlaget, Bekkestua
6. Askheim, L.O., Gisvold, M. og Tapper, J.K., (1983) *Kontrakter i petroleumsvirksomheten*, 2. utgave, Sjørettsfondet, Oslo
7. Auestad, B., (2011a) *Forelesningsnotater i MOT310 Statistiske metoder 1, Del 1, Del 2, Del 4, Del 7, Del 8*, Tilgjengelig fra: <<http://www.ux.uis.no/~auestad/stat-met-1/Forelesningsnotater/>>, [Nedlastet: 27.2.2012]
8. Auestad, B., (2011b) *Løsningsforslag til eksamensoppgavesett høsten 2003*, Tilgjengelig fra: <<http://www.ux.uis.no/~auestad/stat-met-1/Oppgaver.html>>, [Nedlastet 28.2.2012]
9. Bårdsen, G., Nymoen, R., (2011) *Innføring i økonometri*, Fagbokforlaget, Bergen
10. Clark, F.D., Lorenzoni, A.B., (1997) *Applied Cost Engineering*, 3rd edition, Marcel Dekker, New York
11. Dalland, O., (2007) *Metode og oppgaveskriving for studenter*, 4. utgave, Gyldendal Akademisk forlag, Oslo
12. DN (2011) *Millardkontrakt på Eldfisk-feltet*, Tilgjengelig fra:
<<http://www.dn.no/energi/article2109108.ece>>, [Nedlastet 14.3.2012]
13. Gardiner, P.D., (2005) *Project Management – A strategic planning approach*, Palgrave Macmillan, Basingstoke

14. Hatlestad, F., Hatinoor, D., (2011) *Estimering i Tampen V&M – en studie med fokus på timeavvik og Estimering i Tampen V&M – en studie med fokus på kostnadsavvik*, Masteroppgave i Industriell Økonomi, Universitetet i Stavanger
15. Helbæk, M., (2011) *Statistikk, kort og godt*, 3. utgave, Universitetsforlaget, Oslo
16. Hetland, P.W., (1998) *Praktisk prosjektledelse I. Teoretisk Grunnlag*, 2. utgave, Den norske stats oljeselskap a.s og Norsk Forening for Prosjektledelse, Stavanger
17. Kaasen, K., (1995) *Kommentar til NF 92*, Universitetsforlaget, Oslo
18. Kilde, H., Marøy, M., Rolstadås, A., (1997) *PS 2000: Prosjektstyring år 2000- et forskningsprogram innen prosjektledelse*, NTNU, Trondheim
19. Kvaløy, J.T., Tjelmeland, H., (2000) *Tabeller og formler i statistikk*, 2. utgave, Tapir akademisk forlag, Trondheim
20. Morris, P.W.G, Pinto, J.K., (2004) *The wiley guide to managing projects*, Chapter 5: Project Success, John Wiley & Sons, New Jersey s.99-103.
21. NPD (2010) *Eldfisk - Oljedirektoratet*. Tilgjengelig fra: <<http://www.npd.no/Templates/OD/Article.aspx?id=3094>>, [Nedlastet 15.3.2012]
22. Osmundsen, P., (1999) *Kostnadsoverskridelser på sokkelen; noen betraktninger ut i fra kontrakts- og insentivteori*, Beta, Tidsskrift for bedriftsøkonomi, 1/99, 13-28, Tilgjengelig fra: <<https://www.itslearning.com/main.aspx?CourseID=13642>>, [Nedlastet 5.2.2012]
23. PTIL (2010) *Consent to use facilities and pipelines on Eldfisk beyond their original planned lifetime*, <<http://www.ptil.no/news/consent-to-use-facilities-and-pipelines-on-eldfisk-beyond-their-original-planned-lifetime-article6788-79.html>>, [Nedlastet 15.3.2012]
24. Rickertsen, K., Kristofersson, D., (2010) *Kapittel 8 Multiple regresjon og hypotesetesting og Kapittel 9 Regresjon med dummy variabler*, Tilgjengelig fra: <<https://athene.umb.no/emner/pub/ECN201/utdelt/>>, [Nedlastet 12.3.2012]
25. Rolstadås, A., (2006) *Praktisk prosjektstyring*, 4. utgave, Tapir Akademisk Forlag, Trondheim
26. SSB (2012) *Investeringsstatistikk. Olje- og gassvirksomheten, 1. kvartal 2012*. Tilgjengelig fra: <<http://www.ssb.no/oljeinv/>> [Nedlastet 27.4.2012]
27. Twomey, B., (2011) *Cost Estimation for Decommissioning of Offshore Installations*, Tilgjengelig fra: <<http://www.decomworld.com/gomreport/brian-twomey-thanks.php>>, [Nedlastet 9.2.2012]

28. Vågseter, J.A., (1997) *Endringsstyring i ulike prosjekter hos Aker Offshore Partner a.s*, Hovedoppgave Sivilingeniørutdanningen, Høgskolen i Stavanger
29. Walpole, R.E., Myers, R.H., Myers, S.L., Keying, Y., (2007) *Probability & statistics for engineers & scientists*, 8th edition, Pearson Prentice Hall, Upper Saddle River, N.J
30. Whittaker, R., (1995) *Project management in the process industries*, John Wiley & Sons, West Sussex
31. Wooldridge, J.M., (2006) *Introductory econometrics - a modern approach*, 3rd edition, Thomson South-Western, Mason, Ohio

Intranettkilder og presentasjoner:

1. AKSO (2003) *PEM Overview; Phases, stages and milestones*, sist revidert 5.11.2009, Nedlastet fra: <<http://team.eu.enet/sites/PEMD/MOD%20%20Published1/PEM-MOD-S-1.ppt>>, [Nedlastet 9.2.2012]
2. AKSO (2004) *Aker Solutions Project Execution Model - PEM*, sist revidert 24.1.2012, Nedlastet fra: <<http://info.enet/Units/Corporate/OperatingSystem/Operations/Delivery/PEM/Pages/default.aspx>>, [Nedlastet 15.2.2012]
3. AKSO (2008) *Aker Solutions internt dokument om endringer*, Nedlastet fra: <<http://team.eu.enet/sites/BPWRI/News/Endringstyring.doc>>, [Nedlastet 18.4.2012]
4. AKSO (2011a) *Feasibility & Concept - Eldfisk II Modifications*, sist revidert 13.10.2011, Nedlastet fra: <http://qlmhtml.akersolutions.com/qlm/akopas/Pre_Eng_Eldfisk2_BrownfieldMod/BusinessProcessNetwork/4fefb6f2-dcd3-4b4d-aaaf-016e057938a7.htm>, [Nedlastet 16.2.2012]
5. AKSO (2011b) *Cost Estimating Stage ID-3*, sist revidert 12.4.2012, Nedlastet fra: <http://qlmhtml.akersolutions.com/qlm/akopas/MMONS_NOR/WorkModel/d36600e1-4b7b-4ca4-9319-b7d50c0357af.htm>, [Nedlastet 20.2.2012]
6. AKSO (2011c) *Eldfisk II Modifications Information*, Nedlastet fra: <<http://team.eu.enet/sites/PreEngEldfiskII/Internal%20Information%20%20Published/Presentation%20of%20Eldfisk%20II%20modifications.ppt>>, [Nedlastet 14.3.2012]
7. AKSO (2012e) *PEM eLearning course 1 - Overall introduction to PEM og PEM eLearning course 2 - Using PEM in projects*, Tilgjengelig fra: <http://akersolutions.edvantage.net/ETS/index.jsp?context=Home&view=Home_view>, [Nedlastet 26.1.2012]

8. Erga, G., E., (2012) guri.erga.rod@akersolutions.com. *Eksempel accuracy og s-kurve*, Mottatt: 10.4.2012, Eksempel på accuracy og s-kurve.xls, sendt på e-post til svein.grude@akersolutions.com
9. Lind, F., (2011) *Erfaringstall - kremmerånd*, Nedlastet fra:
<http://team.eu.enet/sites/InformasjonforInstallationManagement/Kiel%20tur%202011/Presentasjoner/Erfaringstall_Installasjonsledelse%20_Kiel_2011_rev%202.pdf>,
[Nedlastet 11.4.2012]
10. Selmer, H., (2011) *EPCI Estimate - Presentation of estimating method in studies*.
Presentert for Svein Grude 10.4.2012
11. Selmer, H., (2012) henrik.selmer@akersolutions.com, *Typiske vektpåslag (allowance)*, Mottatt: 10.april 2012. Påslag for allowance i ulike faser og steg i Feasibility & Concept, sendt på e-post til svein.grude@akersolutions.com
12. Tunge, G. I., (2012) gunn.iren.tunge@akersolutions.com, *Presentasjon med informasjon om prosjektet*, Mottatt: 14. mars 2012. Prosjekt status Eldfisk ppt.ppt., sendt på e-post til svein.grude@akersolutions.com

Vedlegg

- A.** Prosedyre P221 – Mengde, vektstyring og rapportering i studie og tilbudsfasen
- B.** Prosedyre P004 – Endringsstyring
- C.** Spesifikt flytskjema for Eldfisk II modifikasjonen
- D.** Eksempel på utskrift i Excel, med data fra Safran Project 3.5
- E.** Datagrunnlaget i Excel
- F.** Normalplott

Vedlegg A:
Prosedyre P221 - Mengde, vektstyring og rapportering i studie og tilbudsfasen

P221 – Mengde, vektstyring og rapportering i studie og tilbudsfasen



Norsk versjon

PROSEDYRE



English version

Intranett inneholder alltid siste revisjon av dokumentet. Tidligere utskrifter kan være ugyldige.

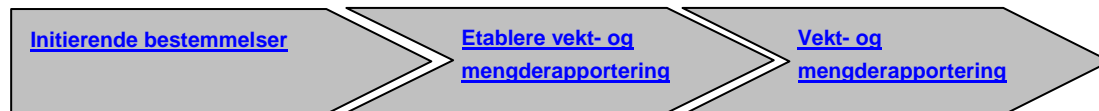
Eier : PEM Quantity & Weight Management Owner

Revisjon : 01.06.2006/ 2

1 BESKRIVELSE

1.1 Flytkart

Mengdeoppmåling og vektkontroll:
(Hver av boksene viser et flytskjema)



1.2 Vedlegg

N/A

2 TILHØRENDE ARBEIDSINSTRUKSER

Ingen

3 KRAVDOKUMENTER

ISO 19901: Kap 5 Vektfilosofi

ISO 19901: Kap 6 Vektrapportering

4 FORMÅL

Formålet med denne prosedyren er å sikre en kontrollert mengde- og vektstyring, å sikre en enhetlig og organisert gjennomføring av mengde- og vektrapporteringen for en studie eller tilbud samt å identifisere kritiske aktiviteter med hensyn på mengdeoppmåling og vektkontroll for både kompensasjons- og vektrapporteringsformål.

- ...

5 OMFANG

Denne prosedyren beskriver hvordan mengde- og vektstyringen og -rapporteringen skal gjennomføres i en studie eller tilbud.

Denne prosedyren gjelder for alle studier og tilbud hvor Bedriften er ansvarlig for mengdestyring og vektkontroll, og som er underlagt følgende forretningsområder:

- Tidligfasestudier
- Nybygg og modifikasjoner
- Feltavvikling

6 DEFINISJONER

For definisjoner henvises til ISO 19901-5. I tillegg kan disse begrepene forekomme:

Rapportert vekt:

Vekt inkludert allowance og rest-estimat (også kalt 100% Vekt Estimat)

Rest-Estimat

Begrep som kan benyttes i stedet for det ISO-en kaller "Weight Contingency"; Estimat for mengder i arbeidsomfanget, men ikke ennå modellert eller dekket av en MTO.

Mengde-/

Vektrapportering

Rapportering av planlagte og virkelig installerte mengder fra disiplinene i henhold til "Prosjekt instruks for mengde- og vektinput" for prosjektet.

Mengdeoppmåling

En oppmålingsmetode som benyttes for å etablere kompensasjon for utført arbeid.

Mengdeoppmålings-
system

Et elektronisk system som brukes til å sortere data for mengdeoppmåling.

Oversettelsesmatrise

En matrise som benyttes for å allokere kontraktuelle normkoder til de enkelte mengdene i prosjektet.

V&M-opdrag

Vedlikeholds- og Modifikasjonsopdrag.

Forkortelser:

| | |
|-----------|--|
| Bedriften | Aker Offshore Partner |
| DWR | Disiplin mengde- og vektinput ansvarlig (Discipline Quantity & Weight Responsible) |
| MTO | Material Take Off (Mengde-/vektavtak) |
| PEM | Prosjektgjennomføringsmodell (Project Execution Model) |
| WCG | Mengde- og vektkontroll gruppe (Quantity & Weight Control Group) i studie/ tilbud |
| WCL | Mengde- og vektkontroll leder (Quantity & Weight Control Lead) i studie/ tilbud. |

7 ANSVAR

Fagleder for Prosjektstyring har ansvar for etablering, vedlikehold og implementering av denne prosedyren.

Studie-/ Tilbudsleder

Studie-/ tilbudslederen har det overordnede ansvaret for mengde- og vektkontrollfunksjonen og skal ved studiens/ tilbudets oppstart:

- Bestemme på hvilket nivå det skal utføres vektkontroll i studien/ tilbudet
- Bestemme på hvilket nivå det skal utføres mengderapportering (forecasting)

Studiets/ Tilbudets Prosjekteringsleder

Prosjekteringslederen har ansvaret for at prosjektspesifikke referanser (koordinatsystem, områdekoder & funksjonsområder) blir definert ved studie/ tilbud oppstart.

Mengde- og vektkontroll leder (WCL)

Mengde- og vektkontroll lederen er ansvarlig for at mengde- og vektstyringen gjennomføres i henhold til denne prosedyre. Mengde- og vektkontroll lederen skal fra studie-/ tilbudsstart gjøre seg kjent med kontrakt og arbeidsomfanget, tidligere studier, design basis og annen relevant informasjon.

WCL er ansvarlig for å:

- Etablere og vedlikeholde vekt- og mengdedatabase
- etablere "Studie-/ tilbudsinstruks for mengde- og vektinput" og evt. "Studie/ Tilbud disiplin mengde- og vektinputformat"
- Utarbeide "Studie/ Tilbud vektrapport"
- Utarbeide "Studie/ Tilbud mengderapport" (Forecast-rapport) som grunnlag for å estimere et evt. prosjekts kostnader.
- Sjekke grenseflater til andre datasystem med hensyn til dataoverføringer
- Planlegge mengde- og vektkontroll-aktiviteter mht. PEM-status.

Disiplinledere

Disiplinlederne har et overordnet ansvar for mengde- og vektinput fra disiplinen. Det skal utnevnes en kompetent person fra disiplinen til å være "Disiplin mengde- og vektinput-ansvarlig".

Disiplin mengde- og vektinput ansvarlig (DWR)

Disiplin mengde- og vektinput ansvarlig er ansvarlig for all mengde- og vektrapportering fra disiplinen. Mengde- og vektrapporteringen skal gjøres i henhold til "Instruks for mengde og vektinput" for Tilbudet/ studien.

8 AVVIKSBEHANDLING

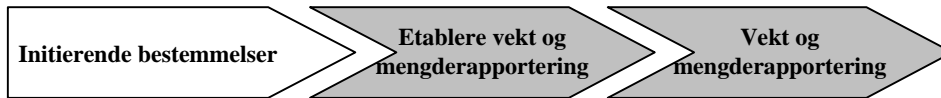
Eventuell prosjektilpasning av denne prosedyren skal godkjennes av prosedyreeier.

Enkeltavvik fra deler av denne prosedyren i prosjekt skal godkjennes av prosjektstyringsleder i prosjektet.

9 REVISJONSKOMMENTAR

Prosedyren er fullstendig omskrevet og oppdatert til nytt format iht. P001

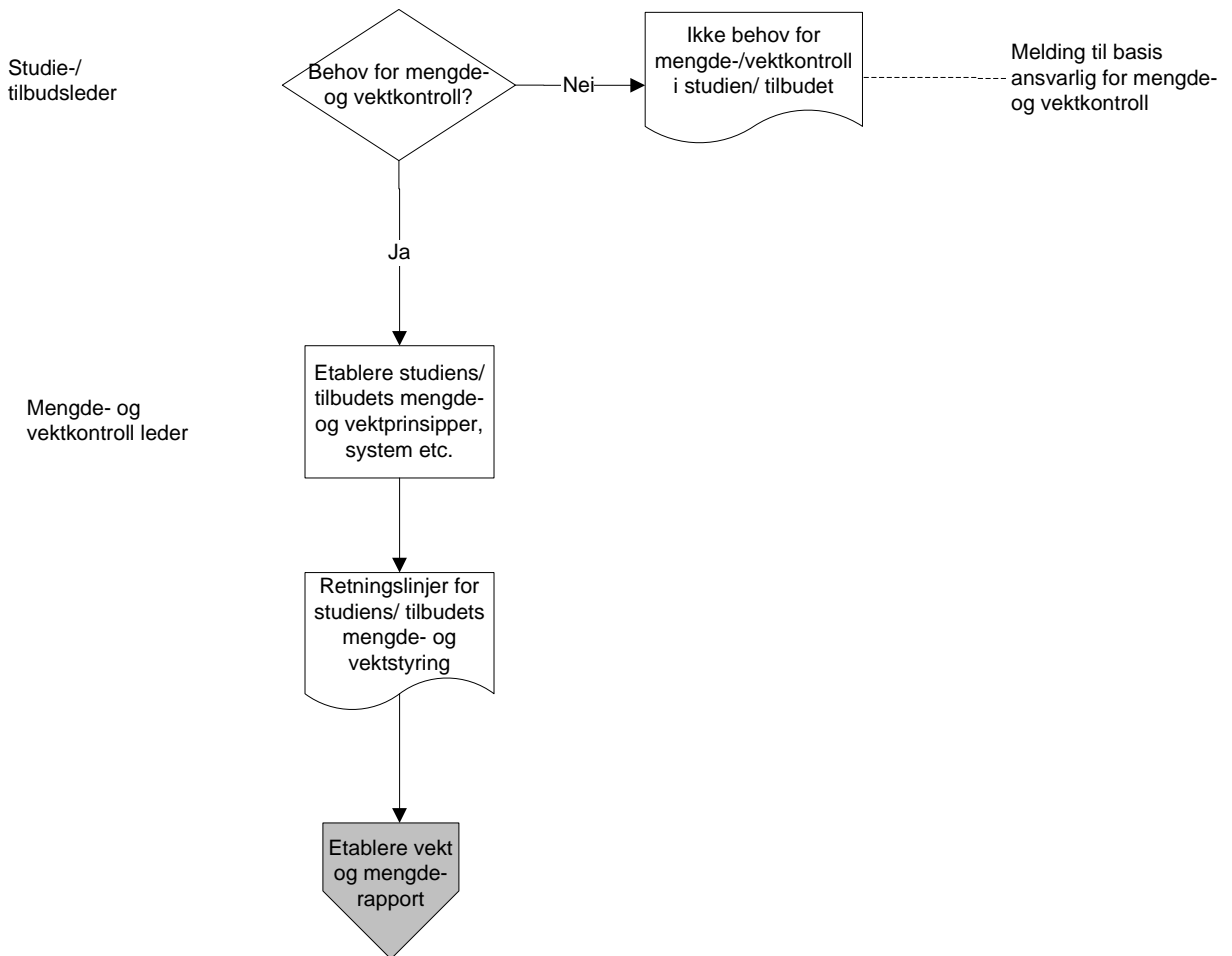
P221 – Mengde, vektstyring og rapportering i, studie og tilbudsfasen



Hvem

Hva

Hvordan



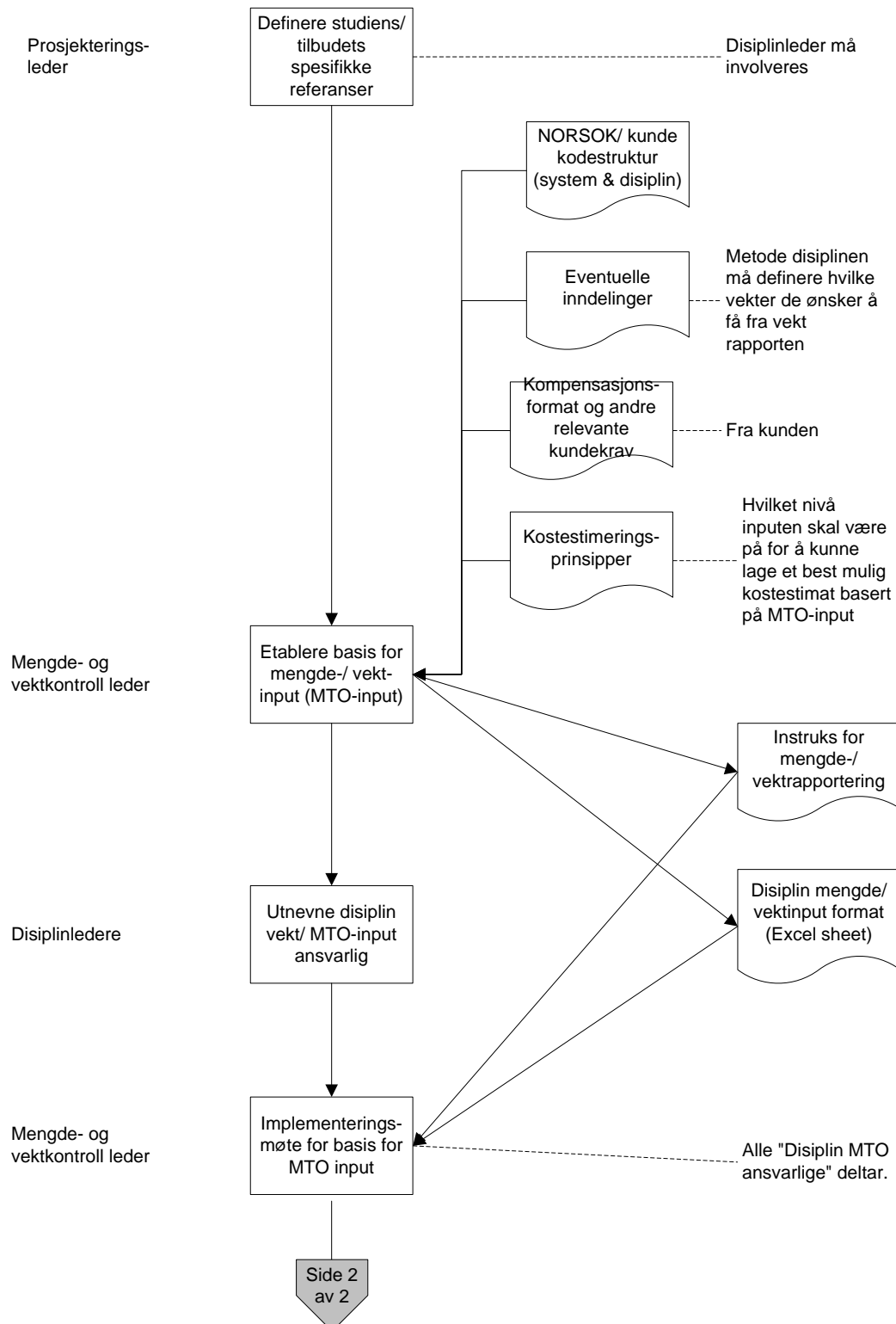
P221 – Mengde, vektstyring og rapportering i, studie og tilbudsfasen



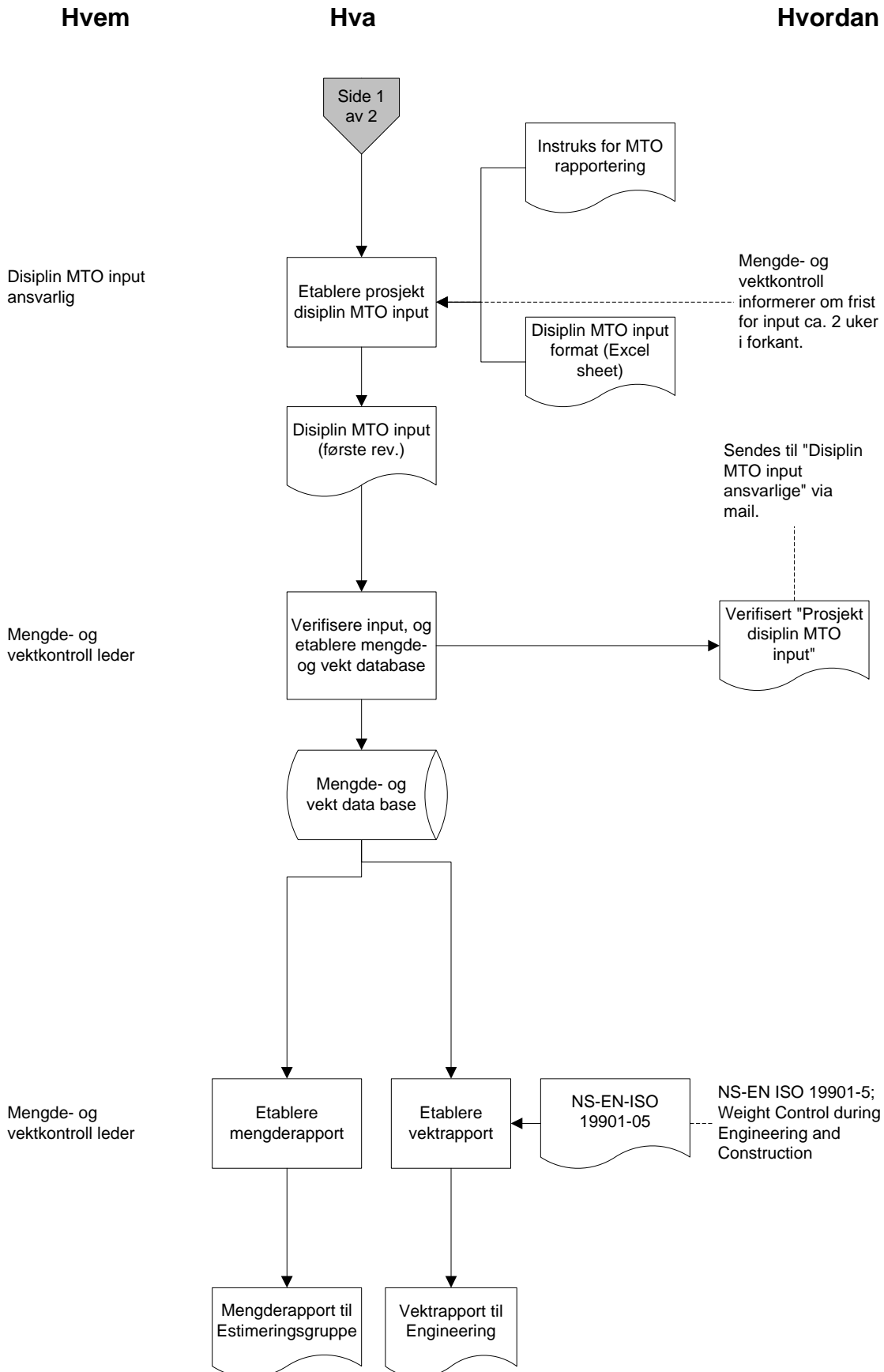
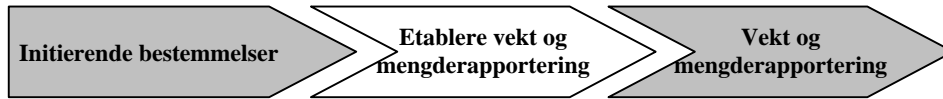
Hvem

Hva

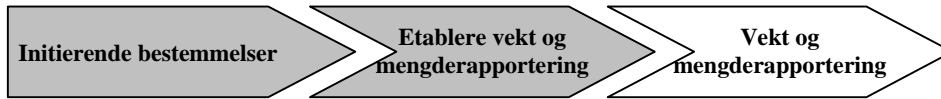
Hvordan



P221 – Mengde, vektstyring og rapportering i studie og tilbudsfasen



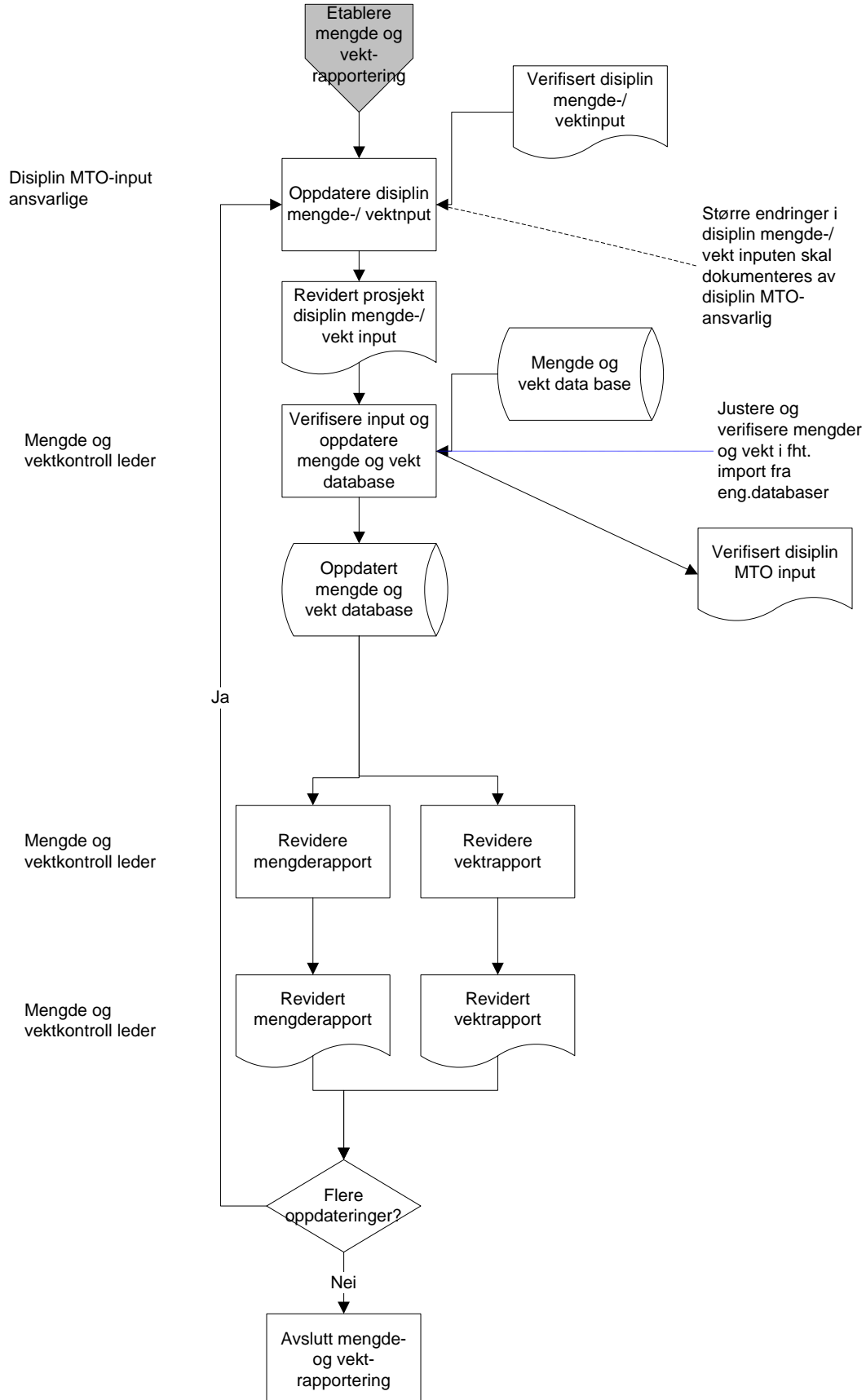
P221 – Mengde, vektstyring og rapportering i, studie og tilbudsfasen



Hvem

Hva

Hvordan



Vedlegg B:
Prosedyre P004 - Endringsstyring

P004 – Endringsstyring



Norsk versjon

PROSEDYRE



English version

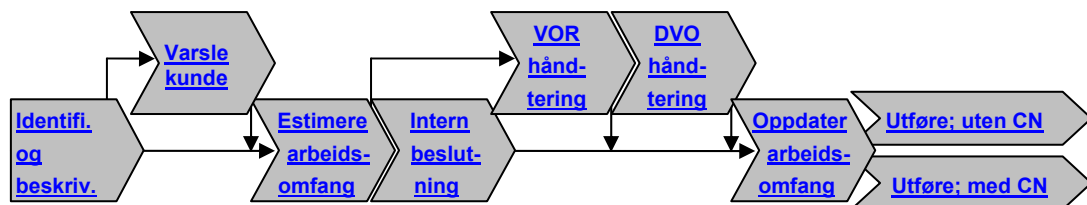
Intranett inneholder alltid siste revisjon av dokumentet. Tidligere utskrifter kan være ugyldige.

Eier : PEM Change Management Owner

Revisjon : 18.11.20010 / 7

1 BESKRIVELSE

1.1 Flytkart



Endringsstyring i prosjekt skal skje i henhold til denne hovedflyten. For oversikt over statusutvikling for VO, CR og CN, ref. vedlegg.

1.2 Vedlegg

[P004 Vedlegg 1](#) Detaljert beskrivelse

[P004 Vedlegg 2](#) Oversikt over statusutvikling for CR, VO og CN

2 TILHØRENDE ARBEIDSINSTRUKSER

Ingen.

3 KRAVDOKUMENTER

ISO 9001:2000 § 7.

NTK 2000 (Norsk Totalkontrakt 2000)

NF 92 (Norsk Fabrikasjonskontrakt 1992)

4 FORMÅL

Formålet med denne prosedyren er å sikre at

- alle prosjekter benytter samme endringsystem
- endringer og årsakene til endringer i prosjektet blir identifisert
- en effektiv beslutnings- og godkjenningsprosess for endringer er på plass
- en multidisiplin evaluering av konsekvensene av endringene utføres, inkludert akselerasjonseffekter
- alle endringer i et prosjekt blir gjenstand for en formell gjennomgang og godkjenning før implementering
- prosjektorganisasjonen fungerer proaktivt i forhold til endringer
- alle endringer vil bli vurdert ut i fra kommersielle og planmessige konsekvenser før de godkjennes
- alle kontraktsmessige endringer blir avklart med kunde før implementering
- godkjente endringer blir implementert

Endringsstyringssystemet er en sentral del av kvalitetssikringssystemet, og endringer av frosset/frigjort informasjon vil ofte utgjøre en betydelig andel av endringene.

5 OMFANG

Denne prosedyren gjelder for alle prosjekter.

Prosedyren omhandler håndtering av alle endringer som påvirker prosjektgjennomføringen og/eller det fysiske prosjekt produkt og/eller kontraktsmessige endringer.

6 DEFINISJONER

| | | |
|-----|----------------------------|--|
| CR | "Change Request" | Endringsforslag. Består av en overordnet beskrivelse samt disiplinvis beskrivelser. |
| CN | "Change Notification" | Disiplinspesifikk input til jobbetting med fabrikasjonsunderlag for implementering av en godkjent endring. CN'er utgis kun når endringer påvirker tidligere frigjort fabrikasjonsunderlag. En disiplin kan utgi flere CN'er knyttet til en CR. Når jobbsettere sitter innenfor egen disiplin kan CN'er utelates. |
| VOR | "Variation Order Request" | Detaljert forslag til en kontraktsmessig endring som sendes kunden for godkjenning. |
| VO | "Variation Order" | Kundens godkjenning av en VOR. |
| DVO | "Disputed Variation Order" | Kundens svar på en VOR når kunden er uenig. Kunden kan være uenig i: |

- at endringen skal gjennomføres
- at det er en kontraktmessig endring
- foreslått kompensasjon for endringen

| | | |
|-----|---------------------------|---|
| SQ | "Site Query" | Avklaringsspørsmål fra prefab. eller "offshore" mot prosjektering. |
| PQ | "Project Query" | Avklaringsspørsmål fra kontraktør mot kunde. |
| PO | "Purchase Order" | Innkjøpsbestilling. |
| PEM | "Project Execution Model" | Prosjektgjennomføringsmodell. |
| | Endring | Ref. kapittel 2.2 i denne prosedyren. |
| | Endringskomité | Prosjektorgan som skal godkjenne alle endringer bortsett fra absolutt nødvendige endringer som skyldes designutvikling. Endringskomitéen har imidlertid myndighet til å stoppe/avvise alle endringer. Endringskomitéen blir utnevnt i prosjektoppstartsfasen av prosjektleder. Endringskoordinator skal alltid være medlem av endringskomitéen. |
| | Ekspert | Uavhengig part utnevnt av prosjektet og kunden i fellesskap. |

7 ANSVAR

PEM Change Management Owner har overordnet ansvar for prosedyren. Andre ansvarsformer er vist i flytkart, ref. kapittel 1.1.

Prosjektleder i prosjektet er ansvarlig for å utnevne medlemmer til endringskomitéen, inkludert endringskoordinator, og gjøre dette kjent i prosjektorganisasjonen.

Endringskoordinator i prosjektet er ansvarlig for å:

- 1) Etablere endringsstyringssystemet i prosjektet;
 - Gjennomgå denne basisprosedyren og om nødvendig lage en prosjektspesifikk revisjon av prosedyren. (Justeringer av prosedyren må avklares med basis, ref. prosedyre P001/P267)
 - Sørg for at endringsstyringsverktøy for prosjektet blir etablert:
 - Hvis en databasebasert endringsmodulen skal benyttes (for eks. i Mips) må det sikres at prosjekttilpassinger gjøres hvis nødvendig
 - Hvis manuell håndtering skal benyttes må nødvendige input formater og endringsregistre etableres.

- Etablere/avtale med kunde formater for Varsling/VOR/VO/DVO og frister for varsel og håndtering av de kontraktmessige endringene.
 - Definere nummereringssystem for:
 - CR'er
 - CN'er hvis CN'er skal benyttes (Basert på CR nummer og med disiplin identifikasjon)
 - VO'er
- 2) Gjøre endringskontrollsystemet kjent i prosjektet;
- Presentere endringsstyringsprosedyren og verktøyet for brukerne i prosjektet.
 - Presentere endringsstyringsprosedyren for kunden
 - Fungere som brukerstøtte for endringsstyringsverktøyet
- 3) Informere endringskomiteen i regelmessige møter om nye identifiserte endringer og status for endringer hvor endringskomiteen er involvert i beslutningsprosessen.

Disiplinleder i mod.prosjekter samt disiplinansvarlige i V&M-prosjekter har delegert myndighet fra henholdsvis prosjekteringsleder og oppdragsleder når det gjelder behandling av endringer som:

- kun påvirker egen disiplin
- ikke medfører revidering av jobbkort
- ikke krever endringer av nivå 4 planer

Øvrige ansvarsforhold er vist i flytkart, ref. kapittel 2.

8 AVVIKSBEHANDLING

Prosjektilpasning av denne prosedyren må avklares med prosedyreeier eller med relevant "Discipline Supervisor".

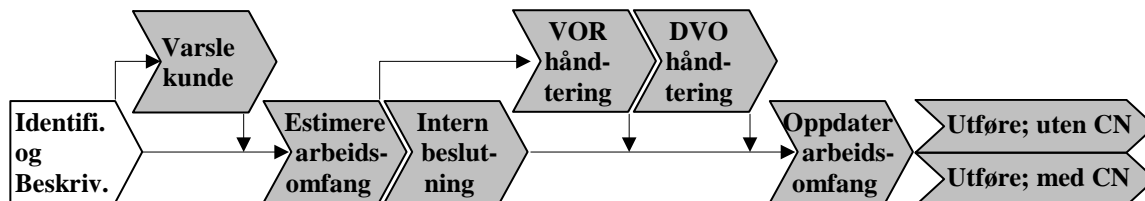
Tillatelse til å avvike fra denne prosedyren må godkjennes av Businessleder i prosjektorganisasjonen.

9 REVISJONSKOMMENTAR

Prosedyren har skiftet eier.

Revidert utgave basert på ny prosedyremal

P004 - Endringsstyring



Hvem

Hva

Hvordan

Alle prosjekt medarbeidere

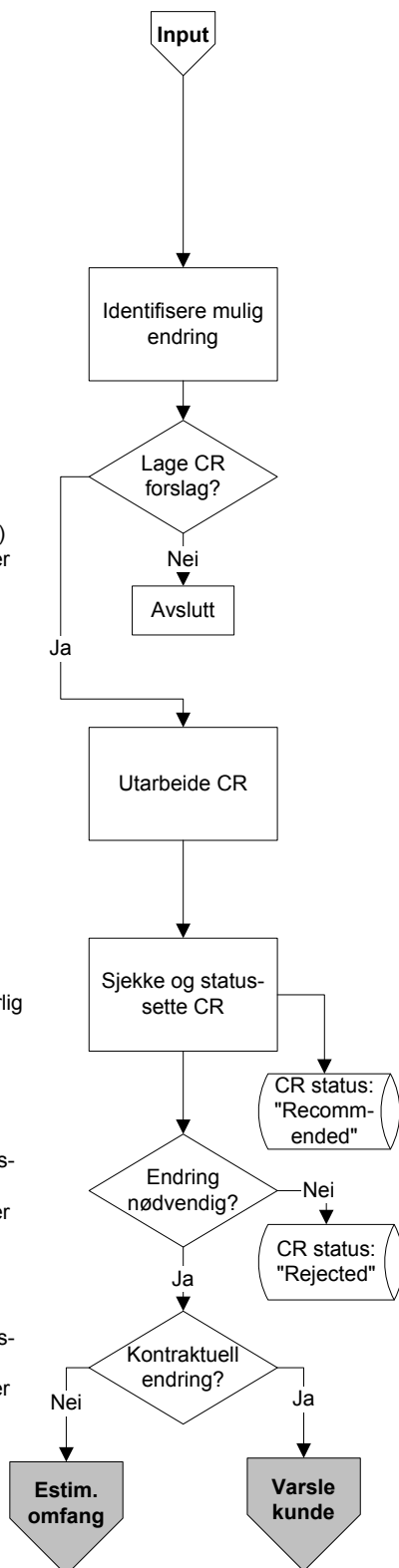
MOD: Nærmeste overordnede (til den som identifiserte mulig endring)
V&M: Oppdragsleder

Disiplin ansvarlig for initierende disiplin

MOD: Disiplinleder
V&M: Disiplinansvarlig

MOD: Prosjekteringsleder
V&M: Oppdragsleder

MOD: Prosjekteringsleder
V&M: Oppdragsleder



- Skrevne instruksjoner fra kunde
- Kundesvar på "Project Queries"
- Kunderevisjoner av designbasisdokumenter
- Endrede myndighetskrav
- Reviderte grensesnitt mot eksterne parter
- Revisjon av PO'er
- Fab./Metodeendring
- Designendringer som resultat av "Site Queries"
- Konseptuelle endringer
- Ny rev. av design tegninger etter S4 (ref. PEM)
- Ny rev. av Fab. Tegninger etter S5 (ref. PEM)
- Endring av nøkkelleveranser etter endelig QL er frigjort
- Endring av frosset og frigjort informasjon
- Endring av milepælsdatoer og aktivitetsplaner

Alle avdelinger/organisasjon enheter har et overordnet ansvar for å identifisere endringer som de selv forårsaker. Dette selv om effekten på eget arbeidsomfang blir uendret, siden endringen kan få store konsekvenser for andre.

For endringer med store konsekvenser må berørte parter varsles snarest mulig.

- Tittel
- Beskrivelse av endring og berørte grensesnitt
- Begrunnelse for endring
- Klassifisering av årsak
- Potensiell VOR?
- Berørte disipliner
- Nødvendig underlag
- Ref. til område/system, dersom relevant

Klassifisere årsak

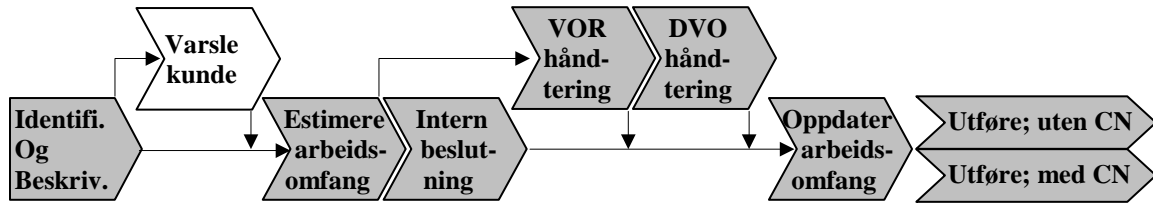
- IF; Grensesnitt andre kontraktører
- AR; Tilleggskrav/scope fra kunde
- SU; Leverandørendring
- DD; Designutvikling
- ER; Feil
- IM; Forbedringsforslag
- OT; Øther

Vurdere evt. sammen med CR- originator om:

- endring er nødvendig
- endring er gunstig for prosjektet

Business leder involveres i tvilstilfeller.

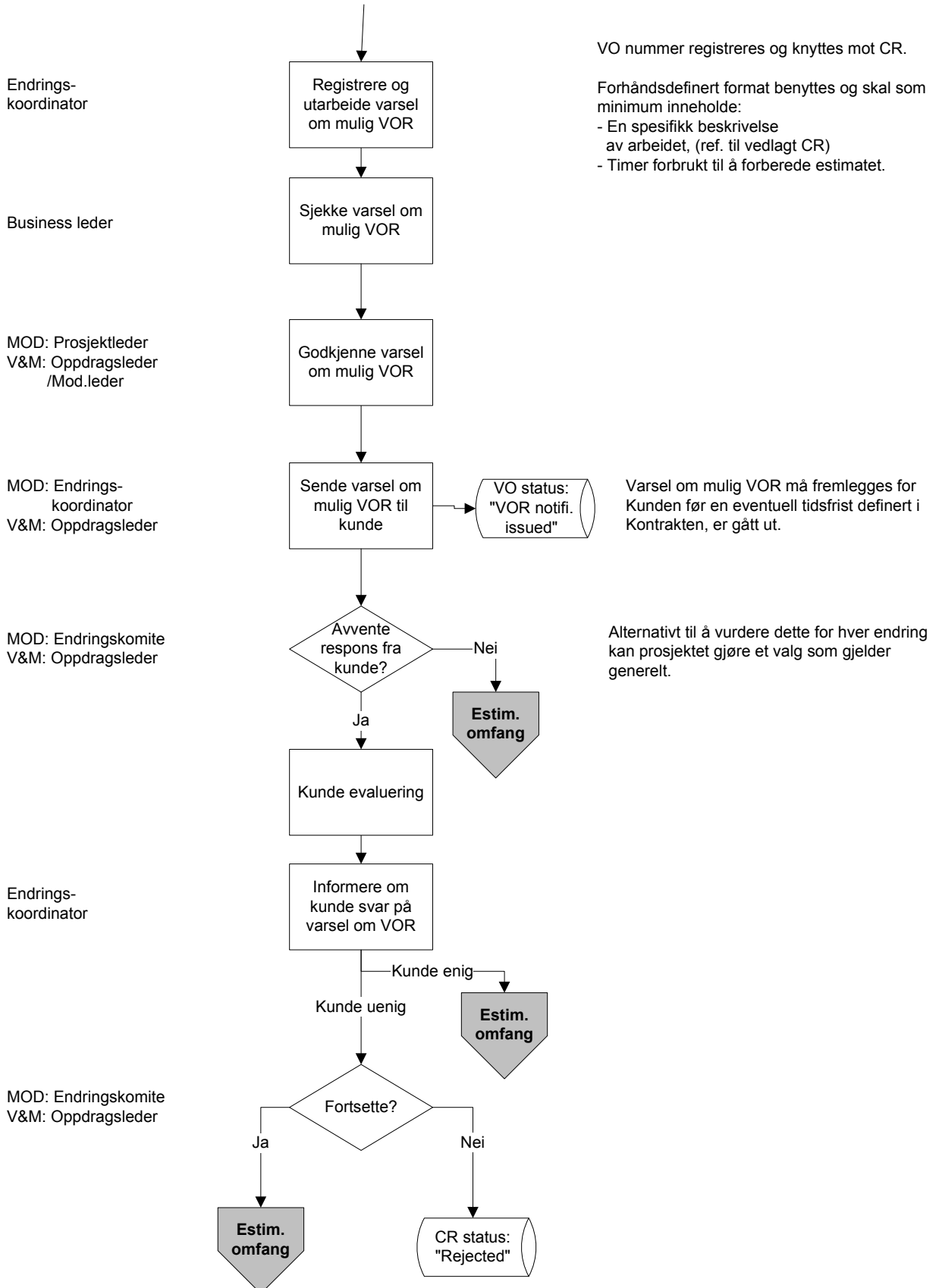
P004 - Endringsstyring



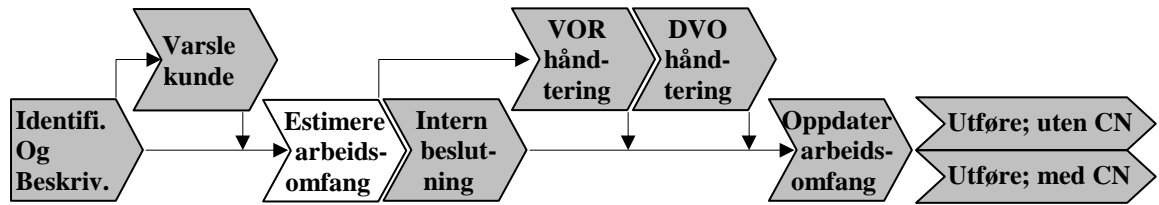
Hvem

Hva

Hvordan



P004 - Endringsstyring

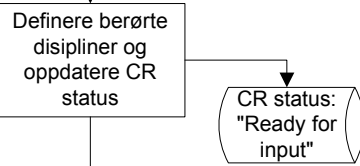


Hvem

Hva

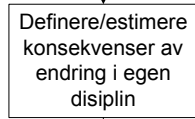
Hvordan

MOD: Prosjekteringsleder
V&M: Oppdragsleder



Sikkerhetsdisiplinen skal involveres i alle endringer som kan påvirke sikkerheten.

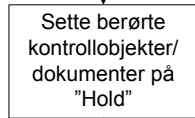
Disiplinansvarlig



Konsekvenser for:
- Dokumenter og jobbkort(eksist. og nye)
- Database info. (3D og registre)
- Timebudsjetter (eng/fab/inst) inkl. timer til å estimere endringen.
- Fremdriftsplaner
- Materialbudsjetter

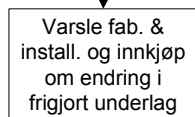
For kontraktuelle endringer må estimatene også detaljeres i henhold til Kontraktens artikler og oppmålingsregler. Dette kan gjøres under "VOR håndteringen".

Disiplinansvarlig



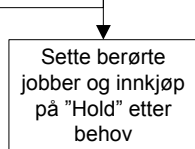
- Berørte kontrollobjekter i status S3 (ref. PEM) eller høyere.
- Berørte dokumenter i endelig status/kvalitetsnivå. CR nummer påføres "Master" kopi for berørte dokumenter.

Disiplinansvarlig



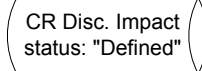
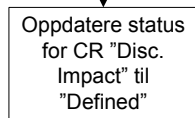
Dersom endringen påvirker frigjort underlag for prefab. og/eller installasjonsjobber og/eller innkjøp skal dette varsles umiddelbart i henhold til avtale rutiner i prosjektet.

Fabrikasjons-koord./ leder & Plassleder / Pakkeansvarlig innkjøper



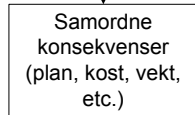
Kun berørte deler settes på "Hold", når dette er formålstjenelig med tanke på kost og fremdrift.

Disiplinansvarlig



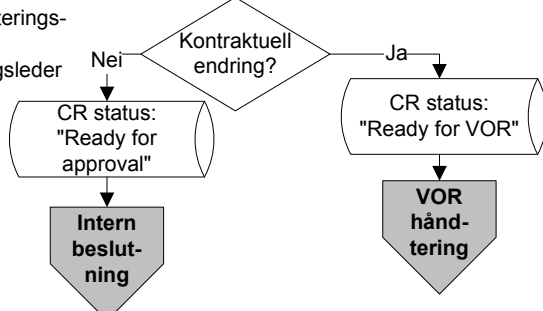
CR "Disc. Impact" skal oppnå status "Defined" senest 2 dager etter at CR ble satt i status "Ready for input".

MOD: Prosjekteringsleder
V&M: Oppdragsleder



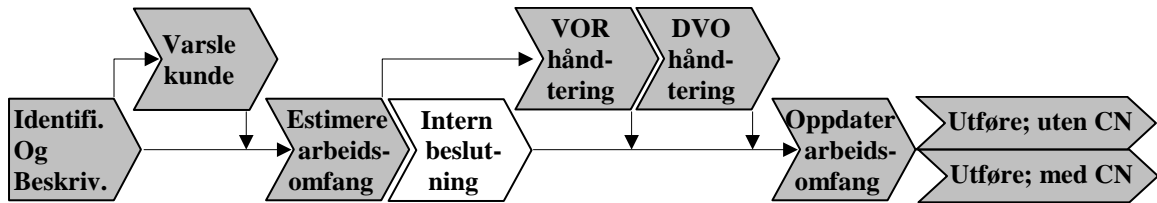
Relevante funksjoner i prosjektorganisasjonen involveres etter behov.

MOD: Prosjekteringsleder
V&M: Oppdragsleder



CR-status oppdateres når alle berørte disipliner har satt CR "Disc. Impact" i status "Defined".

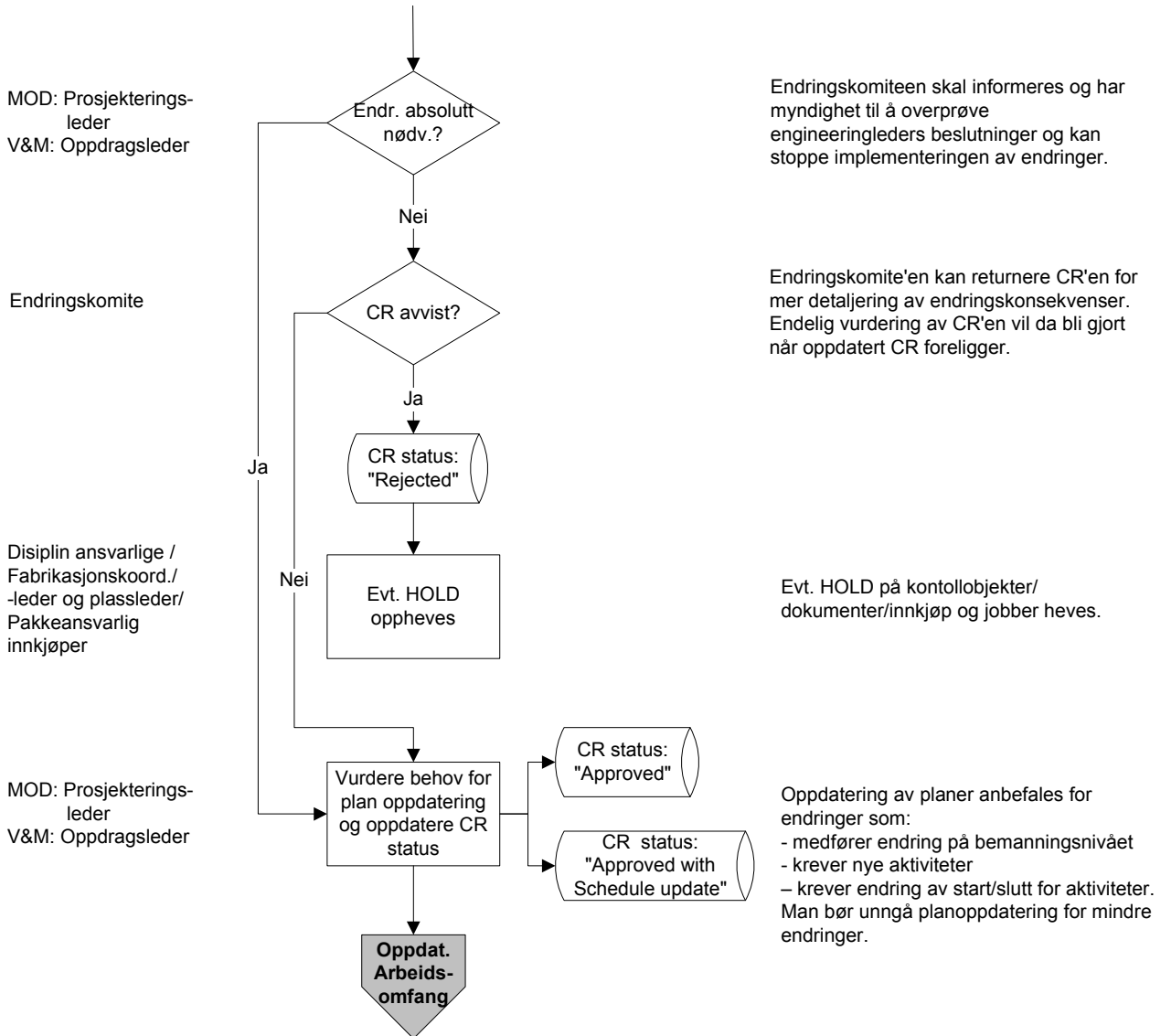
P004 - Endringsstyring



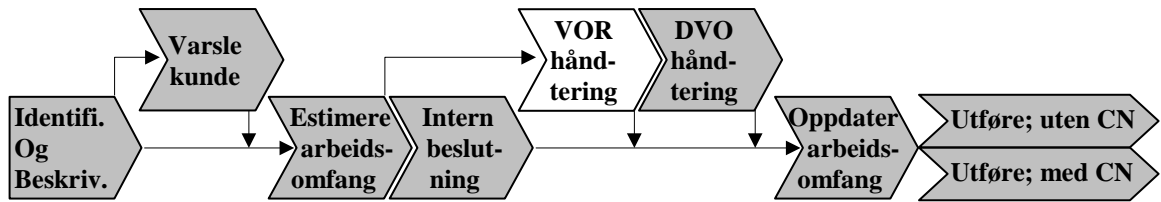
Hvem

Hva

Hvordan



P004 - Endringsstyring



Hvem

Hva

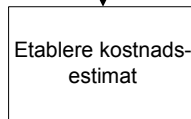
Hvordan

Endrings-
koordinator



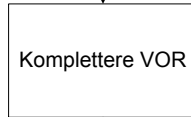
VO nummer registreres og knyttes mot CR, dersom dette ikke allerede er gjort i forbindelse med VOR varsel.

Kostnads
estimator



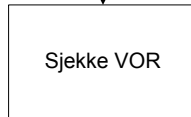
Kostnaden for endringen baseres på avtalte kontraktsnormer og/eller reelle kostnader avhengig av når i prosjektgjennomføringen endringen skal implementeres.

Endrings-
koordinator

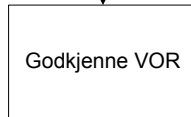


Et forhåndsdefinert format benyttes.
En VOR skal inneholde:
- En arbeidsbeskrivelse av det som skal gjøres
- En plan for når endringen skal implementeres
- Konsekvenser for kontraktspris
- Konsekvenser for gjennomføringsplanen
- Timer brukt for å utarbeide estimatet
Input til VOR'en hentes fra tilhørende CR med status "Ready for VOR".

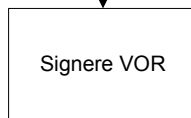
Business leder



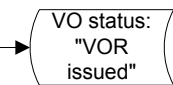
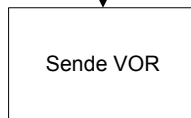
Endringskomite



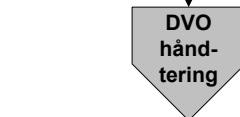
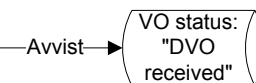
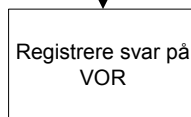
MOD: Prosjektleder
V&M: Mod.leder



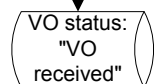
Endrings-
koordinator



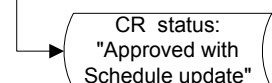
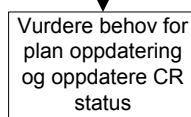
Endrings-
koordinator



Godkjent



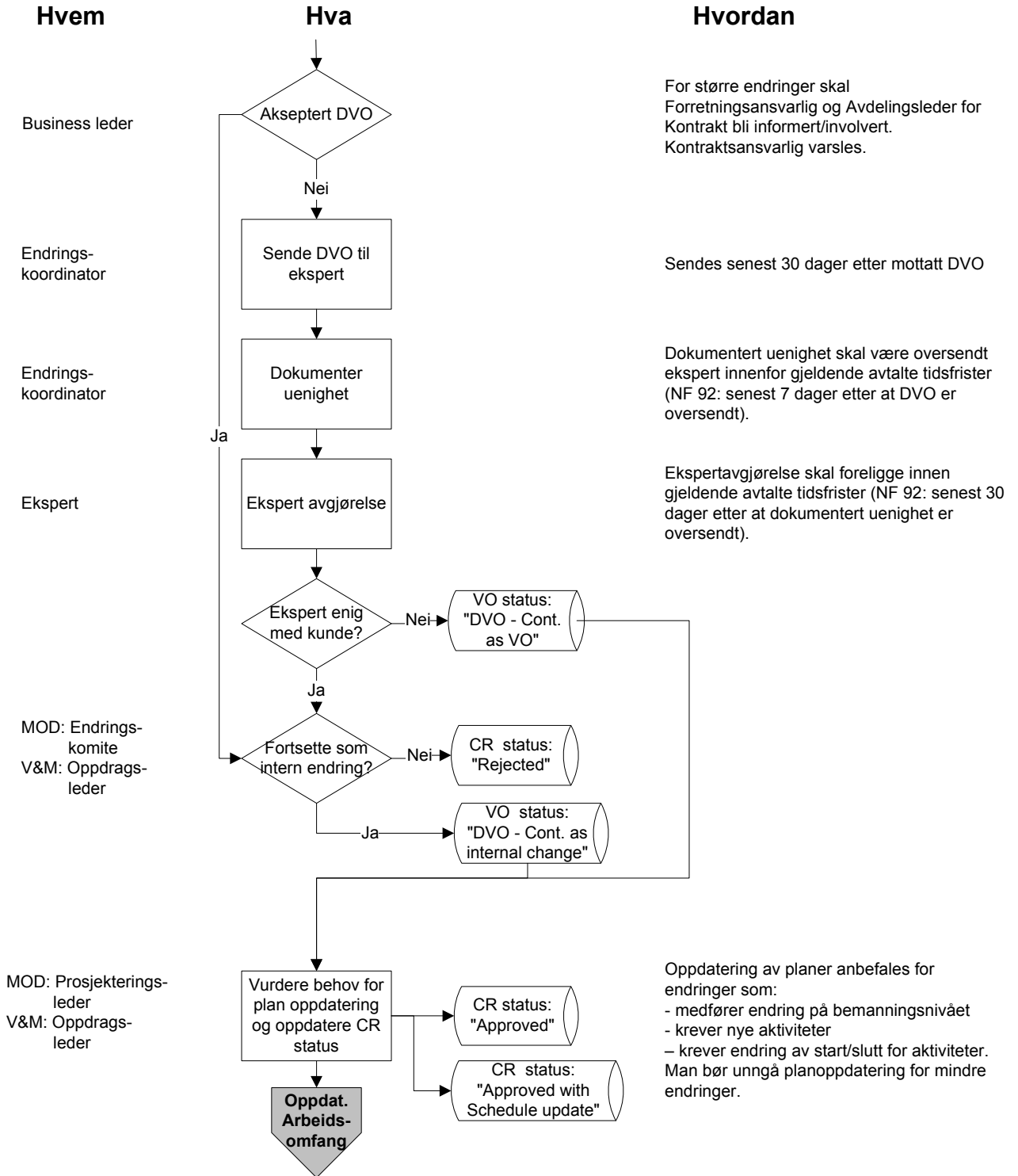
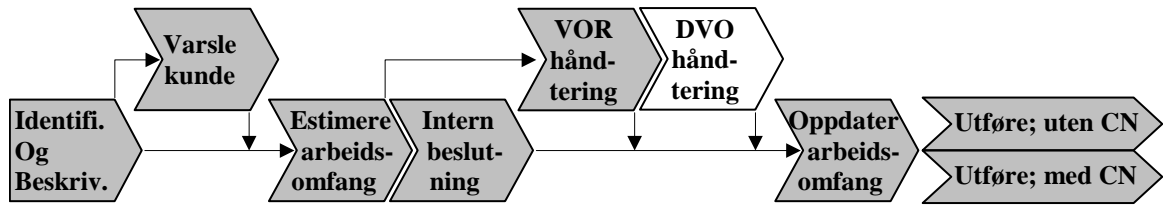
MOD: Prosjekterings-
leder
V&M: Oppdragsleder



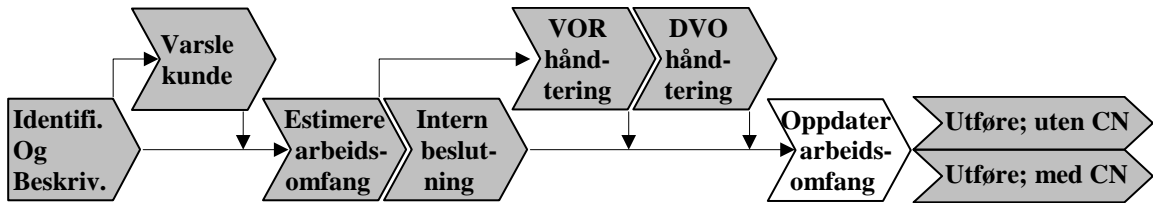
Oppdatering av planer anbefales for endringer som:
- medfører endring på bemanningsnivået
- krever nye aktiviteter
- krever endring av start/slutt for aktiviteter.
Man bør unngå planoppdatering for mindre endringer.



P004 - Endringsstyring



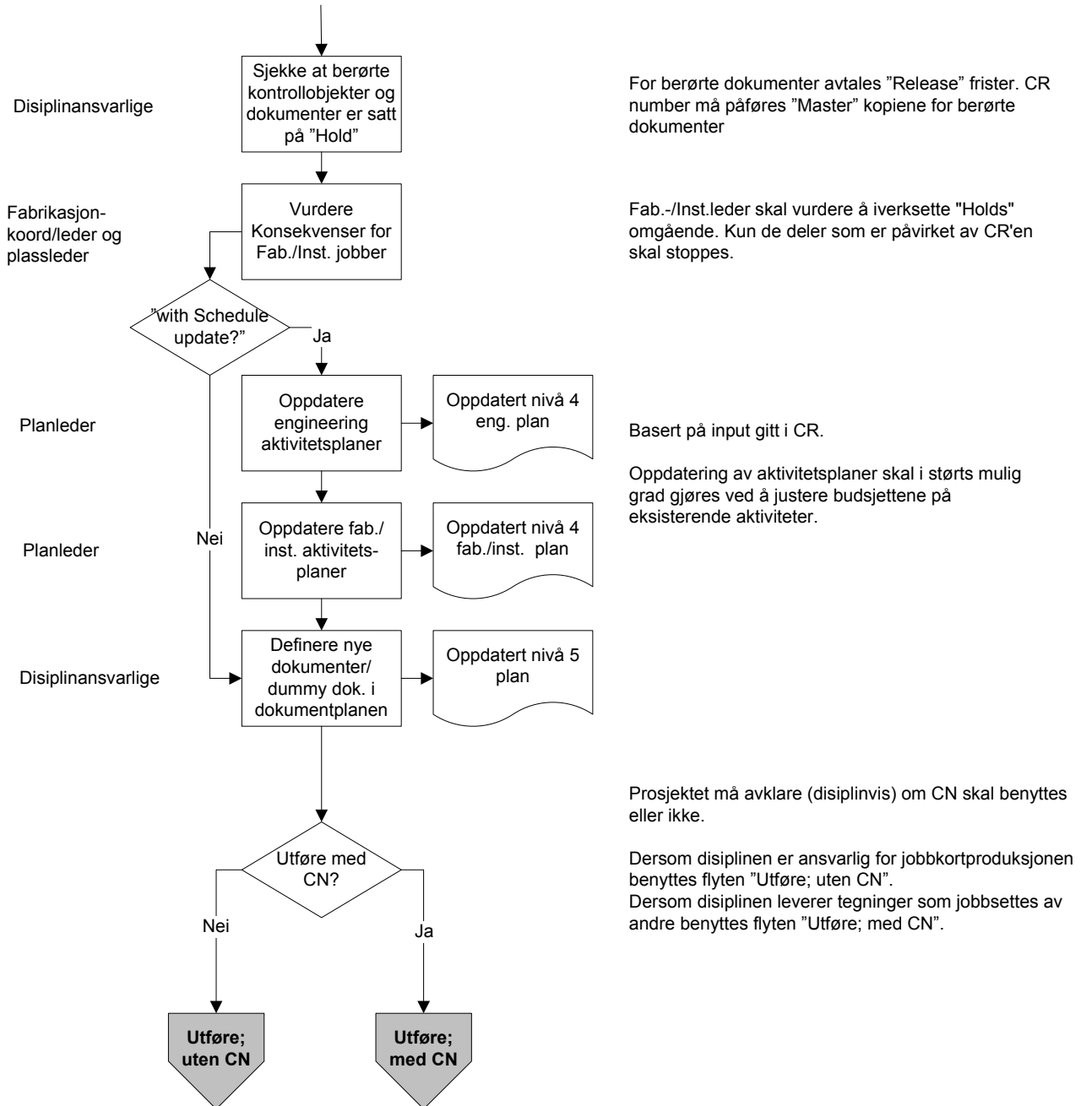
P004 - Endringsstyring



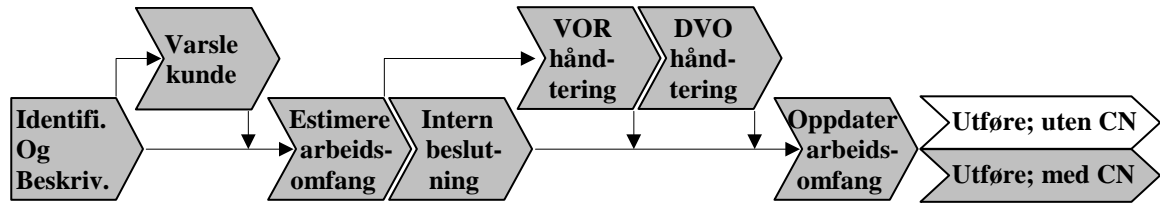
Hvem

Hva

Hvordan



P004 - Endringsstyring



Hvem

Hva

Hvordan

Disiplinansvarlige

Oppdatere berørte kontrolobjekter i 3D modellen og registre

Kontrolobjekter som hadde oppnådd status S3 (ref. PEM) eller høyere, men som ble satt på "Hold" p.g.a. endringen.

Disiplinansvarlige

Oppdatere berørte dokumenter

Dokumenter som hadde oppnådd endelig status/kvalitetsnivå, men som ble satt på "Hold" p.g.a. endringen.

Revisjon av jobbkort?

Oppdaterte dokumenter

Oppdaterte dokument skal være merket med "Note: CR-XXXX implemented" og distribueres via DCC på vanlig måte.

Disiplinansvarlige

Revidere jobbkort

Jobb bør knyttes mot CR.

Disiplinansvarlige

Oppdatere CR "Disc. Impact" status til "Implemented"

CR "Disc. Impact" status: "Implemented"

Når alle berørte dokumenter og jobbkort er oppdatert.

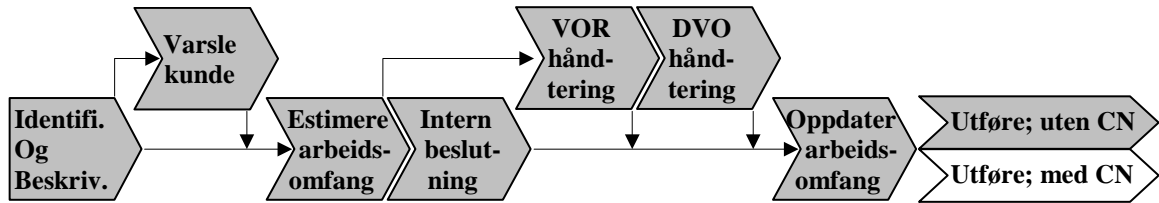
Endrings-koordinator

Oppdatere CR status til "Implemented"

CR status: "Implemented"

Når alle berørte disipliner har satt CR "Disc. Impact" i status "Implemented".

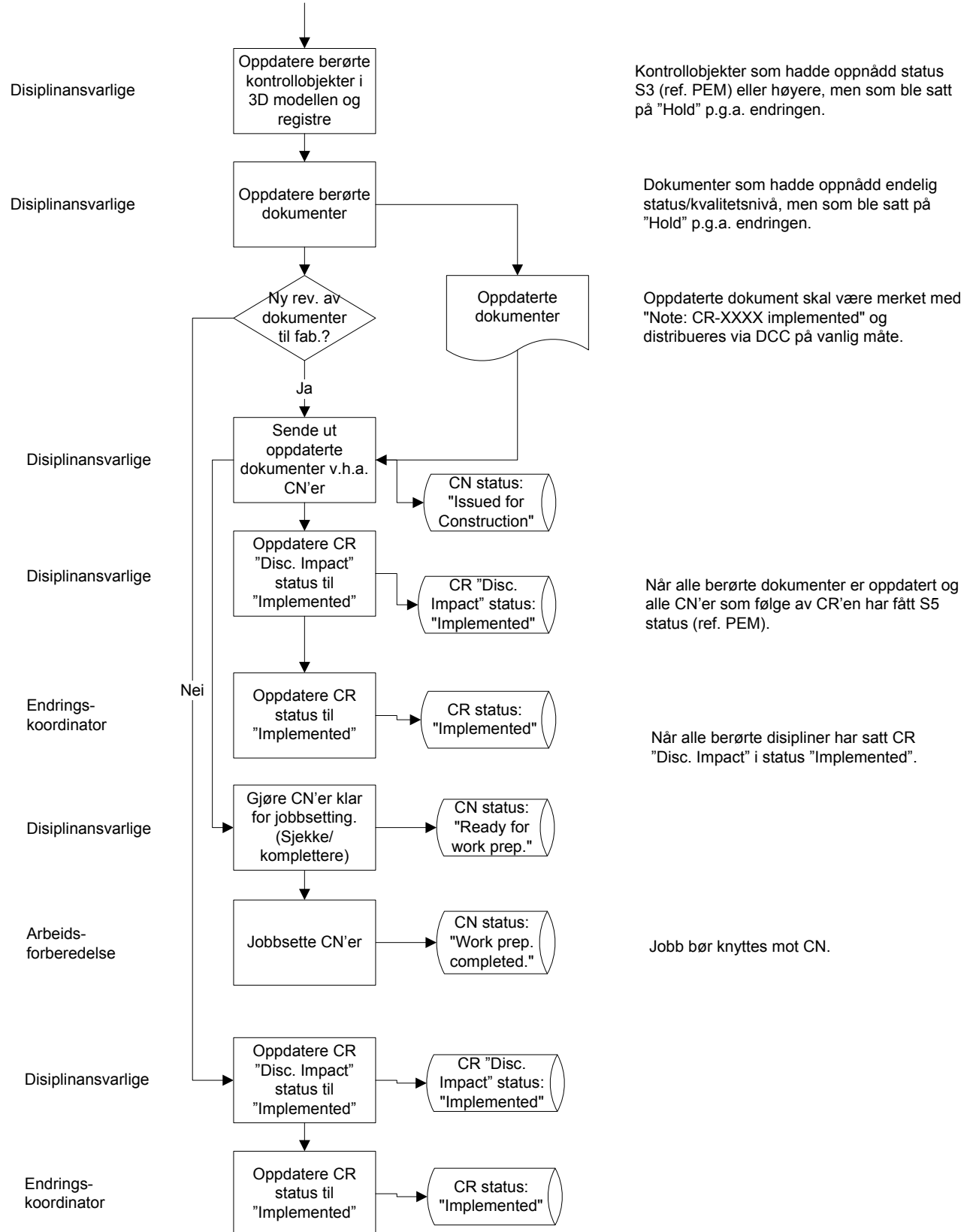
P004 - Endringsstyring



Hvem

Hva

Hvordan



P004 – Vedlegg 1

1 DETALJERT BESKRIVELSE

Endringsstyringsmodulen i Mips er tilpasset denne prosedyren og anbefales benyttet. Alternativt kan et endringsstyringsverktøy med tilsvarende funksjonalitet etableres og brukes av prosjektet eller en manuell rutine med avtalte formater.

Hva er en endring og når skal en endring godkjennes?

Prosedyren omhandler håndtering av alle endringer i prosjekt som påvirker prosjektgjennomføringen og/eller det fysiske prosjektprodukt og/eller kontraktmessige betingelser.

Følgende skal håndteres som endring og behandles via endringsstyringssystemet:

- endring i kontraktmessige betingelser
- skrevne instruksjoner (brev eller møtereferat) signert av kundens representant som medfører at arbeidsomfanget blir endret (muntlige pålegg skal bekreftes skriftlig)
- formell VO oversendt fra kunde
- kundesvar på "Project Queries" som medfører at arbeidsomfanget blir endret
- kunderevisjoner av designbasisdokumenter som medfører tilleggsarbeid/omarbeid
- endrede myndighetskrav, lover og regler som medfører tilleggsarbeid/omarbeid
- reviderte grensesnitt mot eksterne parter som endrer arbeidsomfanget
- revisjon av PO'er
- fabrikasjons-/installasjonsmetodeendring som påvirker design
- svar på "Site Queries" som medfører designendring
- konseptuelle endringer
 - ny revisjon av designbasisdokumenter etter status S3 i henhold til PEM
 - ny revisjon av designtegninger etter status S4 i henhold til PEM
 - ny revisjon av fabrikkstegninger etter status S5 i henhold til PEM
 - endring av "Execution" nøkkelleveranser etter at endelig QL er frigjort (ref. PEM)
 - endring av frosset og frigjort informasjon (kontroll objekt status S3) når endringen påvirker andre disipliner
 - endring av milepælsdatoer (utenom baseline rev.)
 - endring av aktivitetsplaner (utenom baseline rev.)
 - avvik fra avtalte leveranser fra Selskapet/kunden
- Force Majeure

Endringer skal kun godkjennes dersom det tydelig kan bevises at

- nåværende løsning ikke fungerer teknisk
- nåværende løsning ikke tilfredsstillende HMS-krav
- det ikke kan aksepteres som et fravik/unntak
- endringen gir økonomisk gevinst
- endringen forbedrer gjennomføringsplanen

- endringen er pålagt av kunde
- endringen reduserer risikoen i gjennomføringen

Disse faktorene skal alltid evalueres før man initierer en "Change Request".

Kontraktsmessige endringer

Behandling av kontraktsmessige endringer er integrert i den totale endringsflyten, ref. flytkart i kapittel 2. Endringsflyten for kontraktsmessige endringer er tilsvarende som for interne endringer, bortsett fra at kunden involveres i beslutningsprosessen.

Kunden har ikke rett til å bestille endringer som akkumulert overstiger det som partene rimeligvis kunne forvente da kontrakten ble inngått.

For større endringer som må gjennomføres, hvor kontraktør og kunde er uenige om effekten på kontraktsprisen, skal Business leder informere Forretningsansvarlig og Avdelingsleder for Kontrakt for assistanse i videre aksjoner.

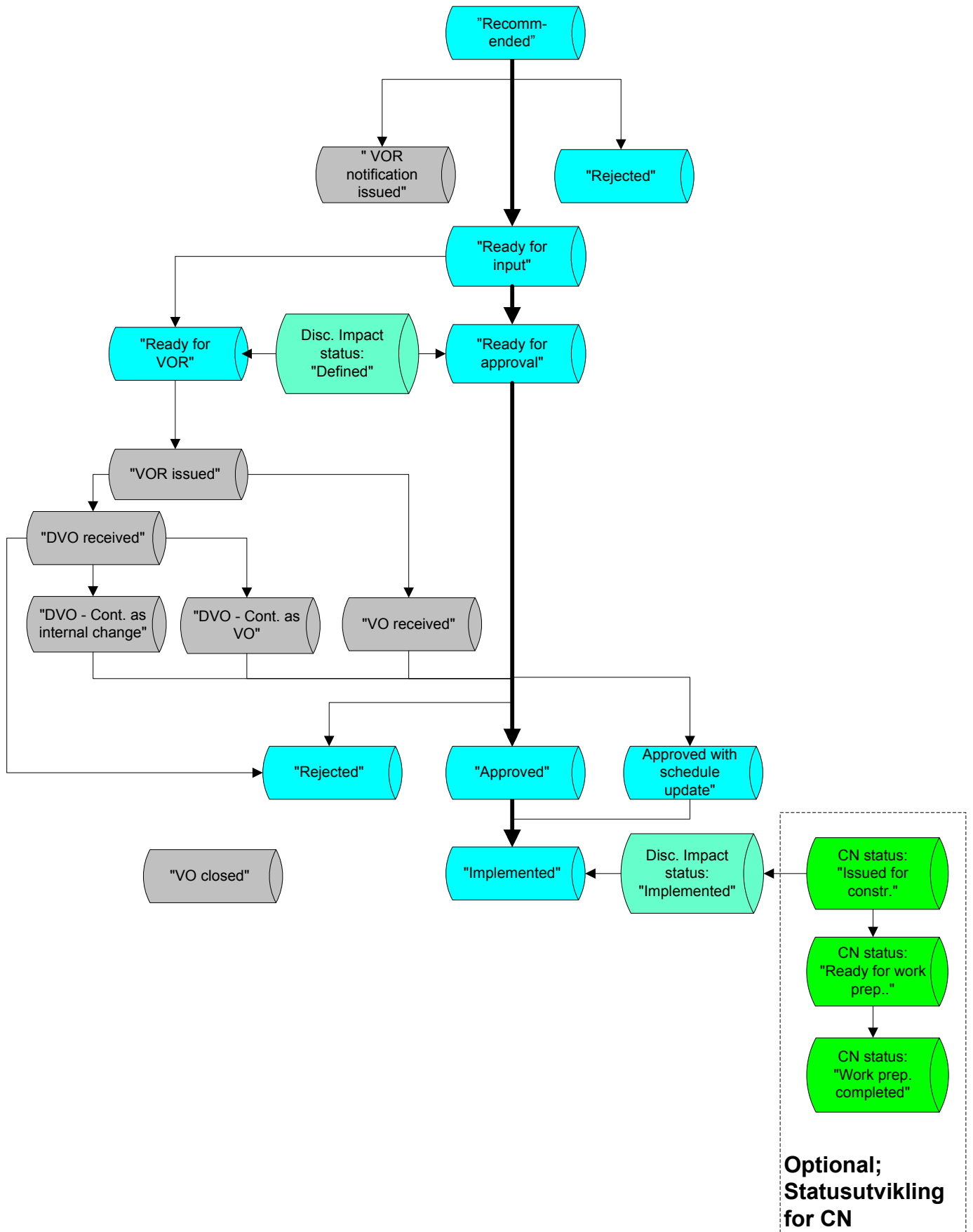
Hver kontrakt har en kontraktsfadder på kontraktsavdelingen. Endringskoordinator skal sørge for at kontraktsfadder er orientert og informert om alt endringsarbeid (kontraktuelle endringer) som foregår i prosjektet – som et minimum i form av statusoversikter.

Man må alltid sørge for å være formell når det gjelder endringsarbeid. Arbeid bestilt gjennom telefonsamtaler, e-post og muntlige pålegg er det spesielt viktig å følge opp skriftlig overfor kunden.

Det er meget viktig å være oppmerksom på tidsfrister generelt og spesielt tidsfrister som må overholdes for ikke å miste rettigheter i forbindelse med endringsarbeid (preklusive tidsfrister).

P004 - Endringsstyring

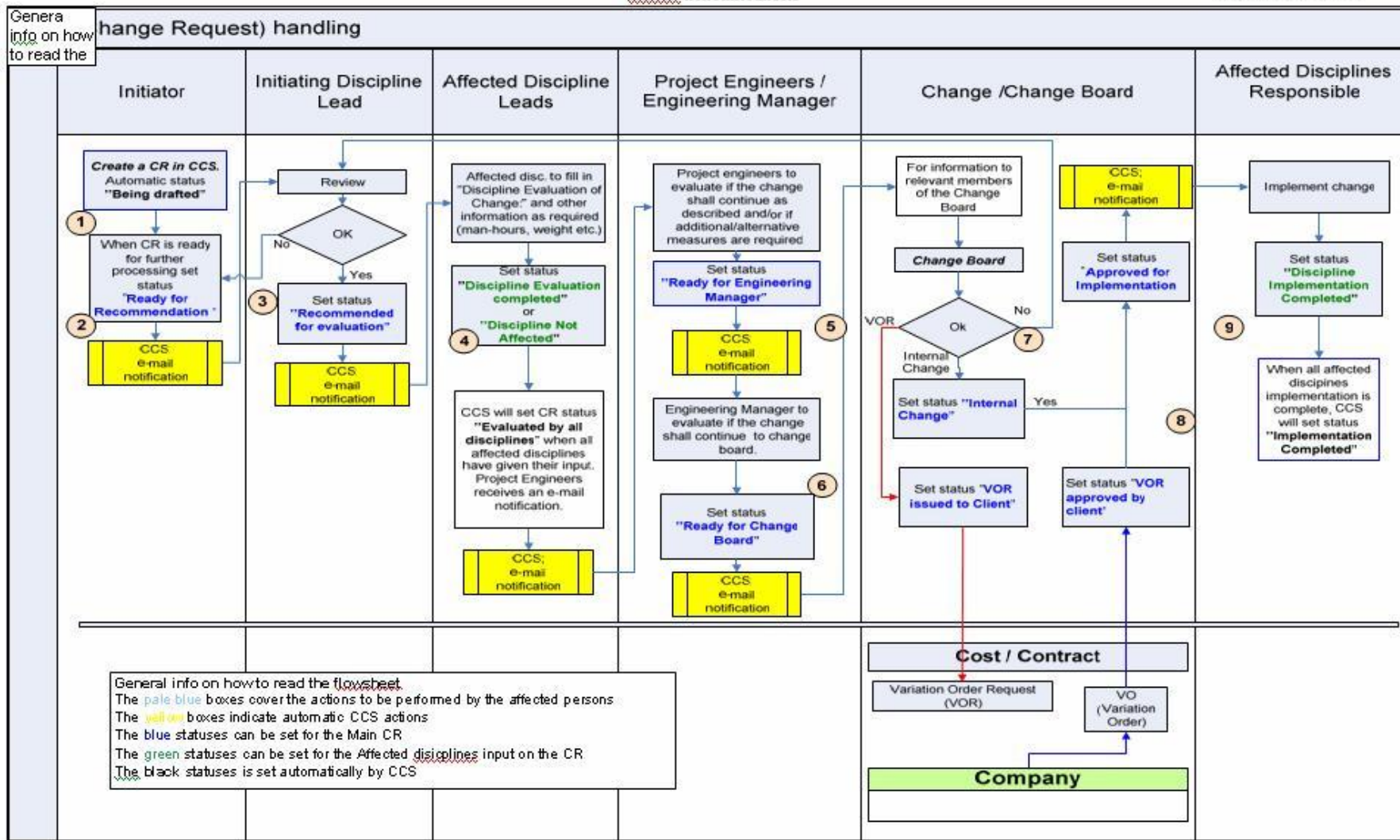
P004 Vedlegg 2; Oversikt over statusutvikling for CR, VO og CN.



Vedlegg C: Spesifikt flytskjema for Eldisk modifikasjonen

Eldisk II Modifications

CR Guidelines rev 01



Vedlegg D: Eksempel på utskrift i Excel, med data fra Safran Project 3.5

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K | L | M | N | O |
|-----|------------|--------|-----------|---------------------------------|----|-------|---------------|--------------|------------------|--------------|-----|-----|-----|--------|------|
| 1 | an | net id | cancelled | des | r3 | short | description | original qty | current progress | expended qty | csh | rsh | tsh | vo seq | qty |
| 536 | KC2BAA0001 | 2 | | Arch. 3D Model /Layout QL2 | 23 | KC | Architectural | 287 | 100 | | | | | | 287 |
| 537 | KC2BAA0101 | 2 | | Tech. input, PO BC522 Prefabr | 23 | KC | Architectural | 19 | 100 | | | | | | 19 |
| 538 | KC2BAC0001 | 2 | | Arch. 3D Model /Layout QL2 | 23 | KC | Architectural | 145 | 100 | 139 | 145 | 145 | 145 | | 145 |
| 539 | KC2BBA0001 | 2 | | | | | Architectural | 257 | 100 | 246,5 | 257 | 257 | 257 | | 407 |
| 540 | KC2BBA0001 | 2 | | | | | Architectural | 257 | 100 | 246,5 | 257 | 257 | 257 | 6 | -150 |
| 541 | KC2BEA0001 | 2 | | | | | Architectural | 200 | 100 | 165 | 200 | 200 | 200 | | 200 |
| 542 | KC2CA0001 | 2 | | | | | Architectural | 250 | 100 | 314,7 | 250 | 250 | 250 | | 250 |
| 543 | KC2CA0002 | 2 | | | | | Architectural | 258 | 100 | 56 | 258 | 258 | 258 | | 358 |
| 544 | KC2CA0002 | 2 | | Arch. Drawings (stages 2B & 2 | 23 | KC | Architectural | 258 | 100 | 56 | 258 | 258 | 258 | 6 | -100 |
| 545 | KC2CA0003 | 2 | | Discipline co-ordination, Phase | 23 | KC | Architectural | 143 | 100 | 30 | 143 | 143 | 143 | | 143 |
| 546 | KC2CA0004 | 2 | 05.10.20 | Cancel 11.10.05 os Weight inpr | 23 | KC | Architectural | 49 | 100 | | | | | | 49 |
| 547 | KC2CA0004 | 2 | 05.10.20 | Cancel 11.10.05 os Weight inpr | 23 | KC | Architectural | 49 | 100 | | | | | | -49 |
| 548 | KC2CA0005 | 2 | 01.08.20 | Cancel 11.08.01 Offshore surve | 23 | KC | Architectural | 44 | 100 | | | | | | 44 |
| 549 | KC2CA0005 | 2 | 01.08.20 | Cancel 11.08.01 Offshore surve | 23 | KC | Architectural | 44 | 100 | | | | | 6 | -44 |
| 550 | KC2CA0100 | 2 | | SDD QL2 BC522 Prefabricated | 23 | KC | Architectural | 86 | 100 | 30 | 86 | 86 | 86 | | 86 |
| 551 | KC2CA0101 | 2 | | Tech. input, Inquiry BC520 Furr | 23 | KC | Architectural | 52 | 100 | 98,25 | 52 | 52 | 52 | | 52 |
| 552 | KC2CA0102 | 2 | | Tech. input, PO BC520 Furntur | 23 | KC | Architectural | 77 | 66,67 | 30 | 99 | 99 | 99 | | 77 |
| 553 | KC2CA0102 | 2 | | Tech. input, PO BC520 Furntur | 23 | KC | Architectural | 77 | 66,67 | 30 | 99 | 99 | 99 | 10 | 22 |
| 554 | KC2CA0103 | 2 | | | | | Architectural | 48 | 100 | 48 | 20 | 20 | 20 | | 48 |
| 555 | KC2CA0103 | 2 | | | | | Architectural | 48 | 100 | 48 | 20 | 20 | 20 | 6 | 24 |
| 556 | KC2CA0103 | 2 | | | | | Architectural | 48 | 100 | 48 | 20 | 20 | 20 | 6 | -48 |
| 557 | KC2CA0103 | 2 | | | | | Architectural | 48 | 100 | 48 | 20 | 20 | 20 | 10 | -4 |
| 558 | KC2CA0104 | 2 | 27.10.20 | CANCELLED RG*****Tech. inpr | 23 | KC | Architectural | 65 | 100 | | | | | | 65 |
| 559 | KC2CA0104 | 2 | 27.10.20 | CANCELLED RG*****Tech. inpr | 23 | KC | Architectural | 65 | 100 | | | | | 10 | -65 |
| 560 | KC2CA0105 | 2 | | Tech. input, Inquiry BC522 Pref | 23 | KC | Architectural | 48 | 100 | 29 | 48 | 48 | 48 | | 48 |
| 561 | KC2CA0106 | 2 | | Tech. input, PO BC522 Heat sh | 23 | KC | Architectural | | 100 | 52 | 52 | 82 | 82 | | 52 |
| 562 | KC2CA0106 | 2 | | Tech. input, PO BC522 Heat sh | 23 | KC | Architectural | | 100 | 52 | 52 | 82 | 82 | 17 | 30 |
| 563 | KC2CA0200 | 2 | | Arch. MTO Engineering QL1, Q | 23 | KC | Architectural | 45 | 100 | | 45 | 45 | 45 | | 145 |
| 564 | KC2CA0200 | 2 | | Arch. MTO Engineering QL1, Q | 23 | KC | Architectural | 45 | 100 | | 45 | 45 | 45 | 6 | -100 |
| 565 | KC2CAC0001 | 2 | | Arch. 3D Model /Layout QL3 | 23 | KC | Architectural | 109 | 100 | 106,5 | 109 | 104 | 104 | | 109 |
| 566 | KC2CAC0001 | 2 | | Arch. 3D Model /Layout QL3 | 23 | KC | Architectural | | 100 | 106,5 | 109 | 104 | 104 | 29 | -5 |
| 567 | KC2CAC0002 | 2 | | Arch. Drawings (stages 2B & 2 | 23 | KC | Architectural | | 75 | | | | | | 77 |
| 568 | KC2CAC0002 | 2 | | Arch. Drawings (stages 2B & 2 | 23 | KC | Architectural | 89 | 75 | | | | | 6 | 33 |

Aktuell fremdrift.
100 % betyr fullført aktivitet

Hver aktivitet har en unik aktivitetskode. Flere linjer med samme aktivitetskode betyr at aktiviteten inneholder en eller flere endringer.

Forbrukte timer

Estimerte timer

4 linjer betyr at aktiviteten inneholder 3 endringer. Opprinnelig estimat + 3 endringsestimater

Disiplinnavn

Kategori kode

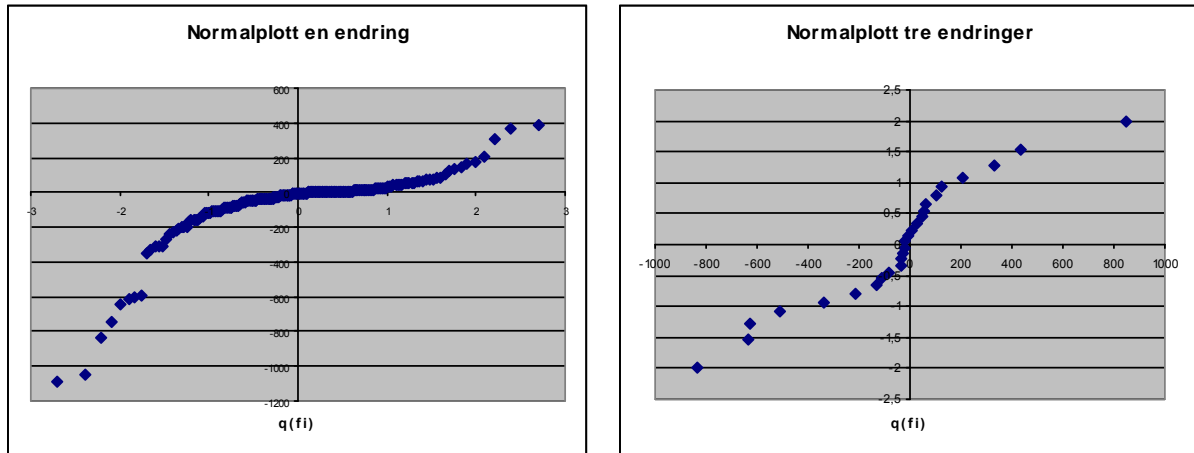
Ikke fullført aktivitet, utelukket fra analysen

Vedlegg E: Datagrunnlaget i Excel

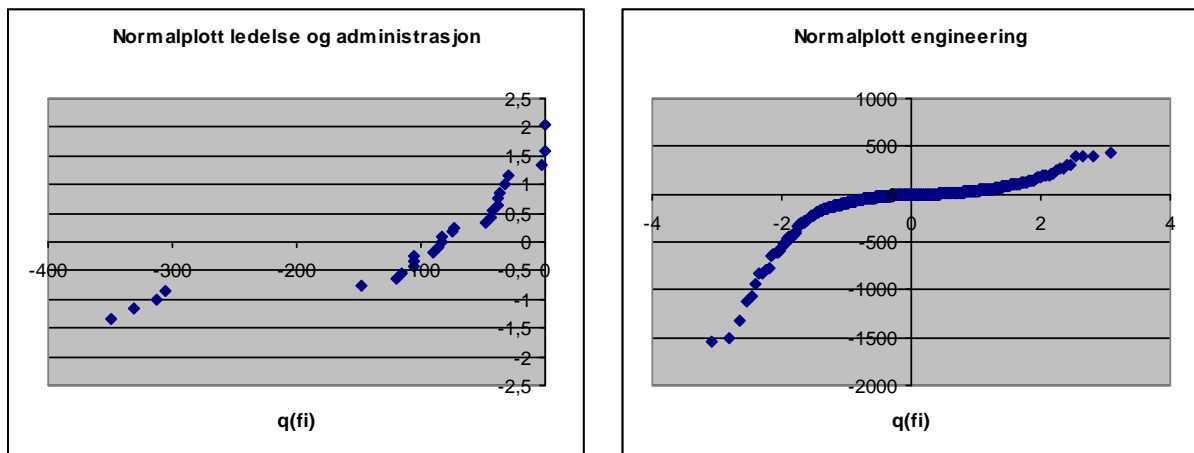
| | A | B | C | D | E | F | G |
|-----|--------------|-----------------------------------|------------------|-----------------|-----------------|--------|-----------|
| 1 | Kategorikode | Disiplin | Antall endringer | Estimerte timer | Forbrukte timer | Avvik | Avvik i % |
| 796 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 5 | 500 | 281,9 | 218,1 | 43,62 % |
| 797 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 3 | 169 | 143,33 | 25,67 | 15,19 % |
| 798 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 2 | 150 | 139,95 | 10,05 | 6,70 % |
| 799 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 0 | 18 | 4 | 14 | 77,78 % |
| 800 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 1 | 146 | 97,62 | 48,38 | 33,14 % |
| 801 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 0 | 20 | 21,9 | -1,9 | -9,50 % |
| 802 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 1 | 199 | 121,62 | 77,38 | 38,88 % |
| 803 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 2 | 972 | 716,65 | 255,35 | 26,27 % |
| 804 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 1 | 112 | 90,5 | 21,5 | 19,20 % |
| 805 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 1 | 335 | 251,31 | 83,69 | 24,98 % |
| 806 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 0 | 34 | 30,9 | 3,1 | 9,12 % |
| 807 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 0 | 42 | 42,93 | -0,93 | -2,21 % |
| 808 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 0 | 23 | 10 | 13 | 56,52 % |
| 809 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 0 | 111 | 91,7 | 19,3 | 17,39 % |
| 810 | LN | Structural incl. Steel outfitting | 0 | 152 | 131,87 | 20,13 | 13,24 % |
| 811 | LR | Mechanical | 4 | 259 | 172,3 | 86,7 | 33,47 % |
| 812 | QC | Architectural | 2 | 119,01 | 44 | 75,01 | 63,03 % |
| 813 | QE | Electrical | 2 | 31 | 35 | -4 | -12,90 % |
| 814 | QE | Electrical | 1 | 30 | 25 | 5 | 16,67 % |
| 815 | QE | Electrical | 1 | 62 | 35 | 27 | 43,55 % |
| 816 | QE | Electrical | 2 | 136 | 324,5 | -188,5 | -138,60 % |
| 817 | QE | Electrical | 2 | 32 | 4 | 28 | 87,50 % |
| 818 | QE | Electrical | 1 | 26 | 13,5 | 12,5 | 48,08 % |
| 819 | QE | Electrical | 1 | 7 | 5 | 2 | 28,57 % |
| 820 | QE | Electrical | 1 | 5 | 4 | 1 | 20,00 % |
| 821 | QE | Electrical | 1 | 33 | 17 | 16 | 48,48 % |
| 822 | QI | Instrument incl. instr. tubing | 0 | 168 | 75 | 93 | 55,36 % |
| 823 | QI | Instrument incl. instr. tubing | 1 | 40 | 3 | 37 | 92,50 % |
| 824 | QL | Piping | 3 | 159 | 108 | 51 | 32,08 % |
| 825 | QL | Piping | 2 | 178 | 62 | 116 | 65,17 % |
| 826 | QL | Piping | 1 | 52 | 96 | -44 | -84,62 % |
| 827 | QL | Piping | 1 | 372 | 6 | 366 | 98,39 % |
| 828 | QL | Piping | 1 | 116 | 100 | 16 | 13,79 % |
| 829 | QL | Piping | 2 | 511 | 357 | 154 | 30,14 % |
| 830 | QM | Surface treatment | 1 | 180 | 170 | 10 | 5,56 % |
| 831 | QM | Surface treatment | 0 | 60 | 70 | -10 | -16,67 % |
| 832 | QN | Structural incl. Steel outfitting | 2 | 95 | 98 | -3 | -3,16 % |
| 833 | QN | Structural incl. Steel outfitting | 2 | 927 | 195 | 732 | 78,96 % |
| 834 | QN | Structural incl. Steel outfitting | 9 | 746 | 40 | 706 | 94,64 % |
| 835 | QN | Structural incl. Steel outfitting | 3 | 1154 | 309 | 845 | 73,22 % |
| 836 | QN | Structural incl. Steel outfitting | 2 | 226 | 315 | -89 | -39,38 % |
| 837 | QN | Structural incl. Steel outfitting | 2 | 104 | 47 | 57 | 54,81 % |
| 838 | QN | Structural incl. Steel outfitting | 4 | 180 | 114 | 66 | 36,67 % |

Vedlegg F: Normalplott

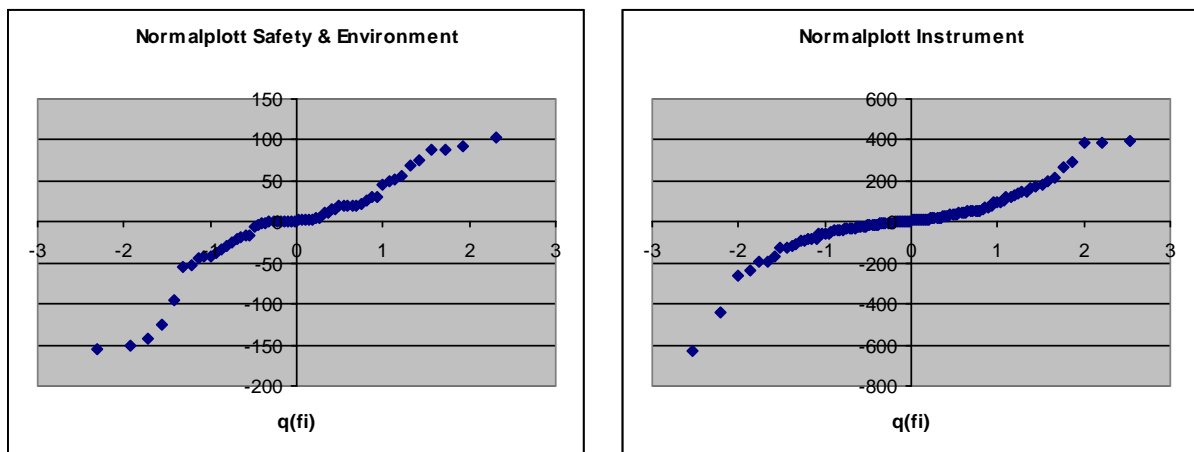
Vedlegget viser normalplottene fra kapittel 7, for aktiviteter med en og tre endringer, for kategoriene *ledelse og administrasjon* og *engineering* og for disiplinene *Safety & Environment* og *Instrument*. Samtlige plott viser at observasjonene ikke kan antas å komme fra en normalfordeling.



Figur F.1: Normalplott aktiviteter med *en endring* og med *tre endringer*



Figur F.2 Normalplott for kategoriene *ledelse og administrasjon* og *engineering*



Figur F.3 Normalplott av disiplinene *Safety & Environment* og *Instrument*