

Hvilke metoder bør tas i bruk for å redusere usikkerheten i kalkulasjonen av prosjekter for Kruse Smith? Kan en utviklet modell basert på teori og casestudie redusere usikkerheten?

Mads Olaisen Myhrstad

Veileder

Øystein Husefest Meland

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

Forord

Som en avslutning av mastergradutdannelsen i økonomi og administrasjon, med fordypning i økonomisk styring og prosjektledelse, blir masteroppgaven mitt siste verk på en femårig utdanning. Målet med masteroppgaven er at jeg som student skal lære å anvende vitenskapelige metoder på en anvendt problemstilling. Masteroppgaven bør ta utgangspunkt i en problemstilling som er relevant innenfor økonomiske og administrative fag. Den skal omfatte en analytisk tilnærming og en empirisk undersøkelse av aspekter ved problemstillingen.

Min motivasjon for oppgaven har vært interessen for faget prosjektledelse. Under utredningen av masteroppgavetema var jeg så heldig å komme i kontakt med Kruse Smiths Mette Hamre. Kruse Smith ønsket å belyse temaet ”*usikkerhetsanalyse i kalkulasjon*”, med mål om å forbedre kalkulasjonsprosessene ved fokus på usikkerhet. Muligheten til å kunne belyse en problemstilling som har som mål å hjelpe Kruse Smith til å utføre bedre kalkulasjoner, har for meg vært spennende og en drivkraft gjennom prosessen.

I forbindelse med masteroppgaven ønsker jeg å rette en takk til de personene som har bidratt til at oppgaven har blitt ferdigstilt. Først ønsker jeg å takke Kruse Smiths Anders Larsen og Odd Helge Dovland, som har vært mine kontaktpersoner og en viktig ressurs gjennom mitt arbeid. De har satt av mye tid i en hektisk hverdag og tilført mye informasjon som har vært viktig for oppgaven.

Til slutt vil jeg rette en spesiell takk til Dr. Ingeniør Øystein Husefest Meland som har vært min veileder gjennom hele prosessen. Meland har vært en viktig støttespiller og mentor i prosessen med oppgaven og har satt av nødvendig tid til å belyse forståelse og komme med gode innspill til oppgaven. Samarbeidet med Meland har for meg fungert optimalt og har vært svært betryggende.

Kristiansand 3. Juni 2015

Mads Olaisen Myhrstad

Sammendrag

Kruse Smith har i lengre tid hatt som ønske å se på hvordan usikkerhet i kalkulasjonen kunne forbedres, både gjennom systematisk identifisering av risikoforhold og ikke minst beregning av påslag for usikkerhet gjennom statistisk tilnærming. Kruse Smith som totalentreprenør, baserer i dag sine kalkulasjoner i stor grad på subjektive vurderinger derav intuisjon og erfaringer. Kruse Smith har ingen metoder eller verktøy som på statistisk grunnlag kan beregne usikkerheten i prosjekter samt avdekke risikoforhold og muligheter.

Tema for denne oppgaven er å belyse ulike usikkerhets- og kalkulasjonsmetoder, prosesser og verktøy, både gjennom teoretisk tilnærming og empirisk forskning (casestudiet). Hensikten er å utvikle en usikkerhets- og kalkulasjonsmodell for Kruse Smith. Gjennom forslag til forbedringer skal den utviklede modellen sikre at usikkerhetsmomentene blir belyst, slik at risiko kan reduseres og fokus på muligheter blir større.

En god usikkerhets- og kalkulasjonsmodell kan sørge for at Kruse Smith vinner tilbudskonkurranser, og ikke minst gjennomføre prosjekter med fortjeneste, i et sterkt konkurranseutsatt marked.

Arbeidet med masteroppgaven har resultert i et forslag til usikkerhets- og kalkulasjonsmodell. Modellen foreslår en hensiktsmessig nedbrytingsstruktur for prosjektet, basert på prosessen og kalkulasjonsmetodene som inngår i modellen. Kalkulasjonsmetoden som inngår i modellen, tar i bruk statistiske tilnærminger. Den utviklede usikkerhets- og kalkulasjonsmodellen sikrer at det gjennom prosessen blir foretatt systematisk identifisering av risikoforhold i prosjektet.

Innholdsfortegnelse

Forord	2
Sammendrag	3
Innholdsfortegnelse	4
Figurliste	6
Formelliste.....	6
Tabelliste.....	6
1 Innledning.....	7
1.1 Bakgrunn for masteroppgaven	7
1.2 Problemstilling.....	7
1.3 Oppgavens avgrensning	7
1.4 Oppgavens oppbygging.....	8
2 Prosjekt Nybyen.....	10
3 Teori.....	13
3.1 Hva er et prosjekt?	13
3.2 Hva er usikkerhet?	13
3.2.1 Typer usikkerhet.....	14
3.3 Usikkerhetsanalyse.....	15
3.4 Styring av kostnad, tid og ressurs	16
3.5 Prosjektnedbryting.....	19
3.5.1 Arbeidsomfang.....	20
3.5.2 Prioriteringer	21
3.5.3 Nedbrytingsstrukturer	21
3.6 Tradisjonelle kalkulasjonsmetoder	27
3.6.1 Detaljert kalkulasjon	27
3.6.2 Elementmetoden	27
3.6.3 Kvadratmetermetoden.....	28
3.7 Trinnvis kalkulasjon.....	28
3.8 Simulering.....	37
3 Metodisk tilnærming.....	39
4.1 Problemstilling.....	39
4.2 Undersøkellesdesign.....	39
4.3 Casestudie	40
4.4 Metodevalg og egnet verktøy	40
4.5 Trinnvisprosessen.....	42
4.6 Validitet og reliabilitet.....	51
4.7 Analyse- og kalkulasjonsverktøyet TRIKALK	52
5 Modelltesting og analyse av Prosjekt Nybyen	53
5.1 Formålet med usikkerhetsanalysen.....	53
5.2 Forutsetninger for analysen	53
5.3 Situasjonskartet	54
5.4 Ressursgruppen	54
5.5 Prioriteringsmatrise.....	56
5.6 Kostnadsestimat og prosjektering av Prosjekt Nybyen.....	57

5.7	Nedbrytingsstrukturen i casestudiet Prosjekt Nybyen	58
5.8	Estimering	59
5.9	Kostnadsestimering	59
5.10	Vurdering av generelle forhold	60
5.11	Vurdering av estimerte poster	63
5.12	Totalresultat Prosjekt Nybyen.....	66
6	Evaluering og anbefalinger	69
6.1	Evaluering av trinnvisprosessen med Kruse Smith	69
6.2	Forutsetninger for forslag/utvikling til modell	70
6.3	Ressursgruppen	70
6.4	Forslag til nedbrytingsstruktur	70
6.5	Forslag/utvikling av usikkerhets- og kalkulasjonsmodell.....	72
7	Oppsummering og konklusjon.....	77
8	Litteraturliste	79
9	Vedlegg.....	81

Figurliste

FIGUR 3-1 STYRINGSSLØYFA (MELAND 2014)	18
FIGUR 3-2 SAMMENHENG MELLOM STYRINGSVARIABLENE OG RAMMEBETINGELSER (ROLSTADÅS, 2011).....	19
FIGUR 3-3 PRIORITERINGSMATRISSE (MELAND, 2014)	21
FIGUR 3-4 WBS-NIVÅER (ROLSTADÅS, 2011)	23
FIGUR 3-5 MEST SANNSYNLIG VERDI, FORVENTNINGSVERDI OG MEDIAN ANGITT PÅ EN HØYRESKJEV FORDELING (DREVELAND)	32
FIGUR 3-6 ERLANGFUNKSJONEN FOR $K=10$ (GRAFEN ER IKKE EKSAKT TEGNET) OG FORSKJELLEN MELLOM 1/99 KVANTILENE OG 10/90 KVANTILENE (AUSTENG, TORP ET AL., 2005).	35
FIGUR 3-7 SIKKERHETSKURVE ELLER S-KURVE (AUSTENG, TORP ET AL., 2005).....	36
FIGUR 3-8 SAMMENLIGNING AV FORDELINGEN AV RESULTATENE FRA "WHAT-IF" OG RISIKOANALYSE - MONTE CARLO SIMULERING (VOSE 2008).	38
FIGUR 4-1 PRINSIPIELL FORSKJELL MELLOM TRADISJONELL- OG TRINNVIS "TOP-DOWN"-METODE FOR ESTIMERING. (AUSTENG, TORP ET AL., 2005).....	44
FIGUR 4-2 TRINNVISPROSESSEN (AUSTENG, TORP ET AL., 2005).....	45
FIGUR 5-1 SITUASJONSKARTET FOR PROSJEKT NYBYEN (TRIKALK)	54
FIGUR 5-2 PRIORITERINGSMATRISSE (MELAND, 2014)	56
FIGUR 5-3 ILLUSTRASJON AV NEDBRYTINGSSTRUKTUREN FOR KALKULASJON BRUKT I CASESTUDIET PROSJEKT NYBYEN	59
FIGUR 5-4 PRIORITETSLISTE GENERELLE FORHOLD (TRIKALK)	60
FIGUR 5-5 PRIORITETSLISTEN FOR ESTIMATUSIKKERHET (TRIKALK)	63
FIGUR 5-6 PRIORITETSLISTE MED GENERELLE FORHOLD (TRIKALK)	65
FIGUR 5-7 HOVEDRESULTAT FOR PROSJEKT NYBYEN (TRIKALK).....	66
FIGUR 5-8 SIKKERHETSKURVE PROSJEKT NYBYEN – SIKKERHETSNIVÅ 75% (TRIKLAK).....	67
FIGUR 5-9 SIKKERHETSKURVE PROSJEKTET NYBYEN – SIKKERHETSNIVÅ 95% (TRIKLAK).....	67
FIGUR 5-10 SIKKERHETSKURVE PROSJEKTET NYBYEN – SIKKERHETSNIVÅ 50% (TRIKLAK).	68
FIGUR 6-1 FORSLAG TIL NEDBRYTINGSSTRUKTUR FOR PROSJEKT NYBYEN	71
FIGUR 6-2 PRIORITERINGSMATRISSE (MELAND, 2014)	73
FIGUR 6-3 – FORSLAG TIL NEDBRYTINGSSTRUKTUR I KALKULASJON.....	74

Formelliste

FORMEL 3-1 ERLANGFUNKSJONEN (AUSTENG, TORP ET AL., 2005).....	34
FORMEL 3-2 FORVENTNINGSVERDI, E. (DREVELAND ET AL., 2005).....	35
FORMEL 3-3 STANDARDAVVIK (DREVELAND ET AL., 2005)	35
FORMEL 3-4 FORVENTNINGSVERDI, E. (DREVELAND ET AL., 2005).....	35
FORMEL 3-5 STANDARDAVVIK (DREVELAND ET AL., 2005).....	36

Tabelliste

TABELL 3-1 BYGGEPROSJEKT KOSTNADSMODELL (VOSE, 2008)	38
TABELL 9-1 UTDRAG FRA KRUSE SMITHS KALKULASJON AV PROSJEKT NYBYEN (VEDLEGG 4)	85

1 Innledning

1.1 Bakgrunn for masteroppgaven

Gjennom min masterutdannelse i økonomi og administrasjon med fordypning innenfor økonomisk styring og prosjektledelse, hadde jeg ønske om å rette masteroppgaven min mot fagområdet prosjektledelse. Bakgrunnen var min interesse for faget prosjektledelse og ønske om gjennom masteroppgaven å komme frem til en god løsning på en problemstilling.

Gjennom aktiv leting etter en relevant oppgave kom jeg i kontakt med Kruse Smith som hadde et tema de ønsket å belyse nærmere. Tidlig kontakt med Kruse Smith og veileder Øystein H. Meland ved Universitetet i Agder dannet grunnlaget for tema til oppgaven.

1.2 Problemstilling

Kruse Smith har hatt som ønske å se på hvordan usikkerhet i kalkulasjonen kunne forbedres, både gjennom systematisk identifisering av risikoforhold og ikke minst beregning av påslag for usikkerhet gjennom statistisk tilnærming. Et casestudie skal hjelpe med å belyse Kruse Smiths metodeverk for håndtering av usikkerhet i kalkulasjon. På bakgrunn av dette er ønsket at det fremmes mulige forbedringsområder, samt utvikles en modell for usikkerhetshåndtering i kalkulasjon. Denne bakgrunnen har dannet grunnlaget for min problemstilling:

Hvilke metoder bør tas i bruk for å redusere usikkerheten i kalkulasjonen av prosjekter for Kruse Smith? Kan en utviklet modell basert på teori og casestudie redusere usikkerheten?

1.3 Oppgavens avgrensning

Masteroppgaven fokuserer på å utvikle en usikkerhets- og kalkulasjonsmodell for Kruse Smith. Ved å belyse ulike metoder og prosesser for usikkerhetsanalyse i kalkulasjon, både teoretiske og empiriske gjennom casestudie, skal forbedringsområder og forslag ende ut i en egnet modell. Jeg har på bakgrunn av dette foretatt noen avgrensinger for masteroppgaven. Oppgaven begrenses til usikkerhetsvurdering av entreprisekostnad, det vil si at forhold knyttet til bygherrerisiko ikke blir vektlagt. Kruse Smith består av Kruse Smith Entreprenør og Kruse Smith Eiendom. I Prosjekt Nybyen er Kruse Smith Eiendom byggherre, mens Kruse Smith entreprenør er totalentreprenør for prosjektet. Fokuset vil på bakgrunn av problemstilling derfor rette seg mot entreprenør siden. Videre ser jeg bort fra forvaltnings-, drifts- og vedlikeholds kostnader i masteroppgaven.

1.4 Oppgavens oppbygging

Masteroppgavens oppbygging blir nå presentert for å gi en god oversikt og forståelse av oppgaven. Innholdet i hvert kapittel blir kort belyst.

Kapittel 1 – Innledning

Kapittel 1 gir en introduksjon til valgt tema for masteroppgaven. Bakgrunn for masteroppgaven, problemstillingen og avgrensninger blir presentert.

Kapittel 2 – Prosjekt Nybyen

Kapittel 2 presenterer casestudiet ”Prosjekt Nybyen”.

Kapittel 3 – Teori

Kapittel 3 omfatter relevante metoder, prosesser og nødvendig teori som danner grunnlaget for den empiriske analysen og utvikling av usikkerhet- og kalkulasjonsmodell.

Kapittel 4 – Metodisk tilnærming

I kapittel 4 blir den metodiske tilnærmingen til masteroppgaven presentert. Trinnvisprosessen som er metodeverktøyet som brukes i oppgaven blir gjennomgått.

Kapittel 5 – Modell testing og Analyse av Prosjekt Nybyen

I kapittel 5 blir en analyse av casestudiet ”Prosjekt Nybyen” gjennomgått med utgangspunkt i metodeverktøyet trinnvisprosessen. Resultater fra casestudiet blir presentert og analysert.

Kapittel 6 – Evaluering og anbefalinger

I Kapittel 6 blir det foretatt en evaluering av modelltesting og analyse fra kapittel 5. Basert på teoretiske metoder og empiriske studier skal forslag til forbedringer danne grunnlaget for utvikling av en egnet usikkerhet- og kalkulasjonsmodell for Kruse Smith som blir presentert.

Kapittel 7 – Oppsummering og konklusjon

Kapittel 7 gir en oppsummering av de viktigste funn i masteroppgaven og det konkluderes.

Kapittel 8 – Litteraturliste

Kapittel 8 omfatter en fullstendig litteraturliste med referanser som er brukt i masteroppgaven.

Kapittel 9 – Vedlegg

I Kapittel 9 blir Kruse Smiths nedbrytingsstruktur, prosjektprosess og kalkulasjonsmetode presentert, samt andre relevante vedlegg.

2 Prosjekt Nybyen



Bakgrunn for Prosjekt Nybyen

Casestudiet i masteroppgaven tar for seg prosjekt Nybyen. Prosjektet var opprinnelig eid av Kruse Eiendom sammen med Otium Sør AS. Otium Sør AS ble våren 2014 kjøpt ut av prosjektet. Det er nå Kruse Smith Eiendom som er eier og er byggherre i prosjektet, og Kruse Smith Entreprenør som er totalentreprenør for prosjektet. Prosjektet er allerede kalkulert av Kruse Smith i forkant av casestudiet. Det foreligger estimerte tall basert på Kruse Smiths nåværende kalkulasjonsmetoder. Disse er presentert i vedlegg 4. Prosjektet er i forprosjektfasen. Det vil si at byggingen ikke er påbegynt. Likevel er leiligheter allerede solgt, og det jobbes med å leie ut næringslokaler.

Hva består Prosjekt Nybyen av?

Prosjekt Nybyen er et bygg som planlegges å bygges i Kristiansand i "Nybyen". Det er et prosjekt som omreguleres for å skape attraktive næringsarealer og et godt bomiljø. Prosjekt Nybyen skal bestå av gode parkerings muligheter, næringslokaler som forretning/kontor samt leiligheter til boligformål. Kruse Smith fremhever kvaliteter som gode utearealer for bolig- og næringsformål og nær tilknytning til Baneheia, i tillegg til beliggenheten i sentrum, nær Markensgate. Elementer som gjenspeiler prosjektets styrke.

Det totale omfanget av Prosjekt Nybyen er anslått å være på 18059 m² BTA, bruttoareal (vedlegg 6). Prosjektet består av leiligheter (72010 m² BTA), boder (879 m² BTA),

næringslokaler(4613 m² BTA), og parkering (5357 m² BTA). Estimert kostnad for prosjektet er av Kruse Smith anslått til ca. 210 millioner kroner.

Prosjektets hensikt

Prosjektets hensikt er å utvikle et bygg med leiligheter, næringslokaler og gode parkeringsmuligheter. Kruse Smith har et stort ønske om å få sikrere anslag i sine kalkulasjoner. Det har derfor i prosjekteringen av Nybyen vært fokus på å prøve ut Bygningsinformasjonsmodellering (BIM). En digital modell av et bygg kan gi totalentreprenør viktig informasjon og være med på å redusere usikkerheten knyttet til mengder, priser og kostnader på detaljnivå. Utvikling av et godt og velfungerende BIM verktøy kan ses på som et hensiktsmessig virkemiddel for kommende prosjekter. Dessverre har ikke BIM fungert tilfredsstillende så langt for Prosjekt Nybyen.

Forutsetninger for oppstart av bygging

Det foreligger en forutsetning fra Kruse Smith om at 70 % av prosjektet må være finansiert, det vil si solgt/leid ut etc. før bygging av prosjektet startes opp. Det foreligger krav fra långiver om at 60 % av prosjektet skal være finansiert før det innvilges lån til oppstart.

Status på prosjektets forutsetninger

I dag er 60 av 90 leiligheter i prosjektet solgt. Resterende 30 leiligheter planlegges å legges ut for salg i mai 2015. Utleie og salg knyttet til Prosjekt Nybyen er det Kruse Smith Eiendom som har ansvar for.

Kruse Smiths arbeidsgruppe for Prosjekt Nybyen består av:

- Dag Werner Skeie-Langenes: Prosjekteringsleder
- Egil Lunden Prosjekteringsleder
- Odd Werner Nordli: Kalkulatør
- Yngve Arntsen Kalkulasjon teknisk (elektro, rør, VVS, transportanlegg)

Casestudiet Prosjekt Nybyen er brukt for å belyse Kruse Smiths metoder opp mot teoretiske metoder og modeller, som gjennomgås i den teoretiske tilnærmingen av masteroppgaven. Målet er at casestudiet skal belyse problemer og utfordringer Kruse Smith har ved usikkerhetsanalyse og kalkulasjon. Casestudiet skal også være et hjelpemiddel til å prøve ut

teoretiske metoder i praksis. Hovedmålet å utvikle en usikkerhets- og kalkulasjonsmodell som består av en metode som kan brukes for å redusere usikkerheten i kalkulasjonen og prosjektgjennomførelsen.

3 Teori

3.1 Hva er et prosjekt?

Et prosjekt kan ses på som utførelse av en oppgave som blir individuelt tilpasset kunden (Rolstadås 2011). Det er noe som ikke masseproduseres og dermed noe som utføres kun én gang, en engangsoppgave. Prosjektet er dermed unikt og fokus er rettet mot å fremskaffe ett produkt, altså en vare eller tjeneste. Et prosjekt blir ofte delt inn i flere arbeidsoppgaver og tilhørende ansvarlig organisatorisk enhet. Et prosjekt er tidsavgrenset og gjennomføringen av prosjekter er begrenset av rammer, for eksempel en kostnadsramme og tidsramme.

Gjennomførelse av prosjektet krever ressurser for å oppnå ønsket resultat (ibid). Ønsket resultat må fremkomme som følge av målet til prosjektet. Et prosjekt jobber alltid mot et spesifikt mål, som er annerledes enn daglige rutinemessige mål (Kolltveit et al., 2009).

Rolstadås (2011) definerer prosjekt som *et tiltak som har karakter av et engangsforetagende med et gitt mål og avgrenset omfang og som gjennomføres innenfor en tids- og kostnadsramme* (Rolstadås, 2011).

3.2 Hva er usikkerhet?

Det vil alltid være knyttet usikkerhet til en engangsoppgave som er unik. En forståelse av begrepet usikkerhet er at det er forbundet med mangel på nødvendig viten (Austeng, Midtbø et al., 2005). Ord som ”risiko”, ”uvisshet”, ”utrygghet” og ”tvil” er alle ord som kan relateres til usikkerhet (ibid). Det vil alltid herske en viss grad av usikkerhet knyttet til elementene i prosjekter.

Det er viktig at beslutningstaker klarer å skille mellom usikkerhet knyttet til mangel på kunnskap og viten, usikkerhet som er mulig å påvirke ved planlegging og informasjonsinnhenting og den usikkerhet som knytter seg til forandringer i omgivelsene, som marked, vær etc. Usikkerhet knyttet til omgivelsene kan være svært vanskelig og kanskje umulig å påvirke. For noen usikkerhetsmomenter er det mulig å gjennomføre noen forhåndstiltak, men ulempen er at de kan være kostbare og muligens unødvendig (Austeng, Midtbø et al., 2005).

Det finnes flere årsaker til usikkerhet. Austeng & Midtbø et al., (2005) fremholder noen hovedgrupperinger:

- Verden er i konstant forandring.
- Fremtiden er ny.
- Naturen er til en viss grad uforutsigbar.
- Mangel på eller feiltolkning av fakta.
- Tendens til å søke etter det sannsynlige og fare for å overse det ”utenkelige” (probabilisk vs. possibilisk tenkemåte).
- Grunnforutsetningene inneholder feil.

Austeng & Midtbø et al., (2005) fremholder at det bør foreligge noen grunnforutsetninger for arbeid med usikkerhet. De peker på at usikkerhet alltid vil eksistere og at den ikke kan fjernes eller reduseres ved innførelse av forbehold eller urealistiske forutsetninger. Det betyr i midlertidig ikke at usikkerhet ikke kan reduseres. Sikkerhet kan til en viss grad kjøpes. Mot vederlag kan man få andre aktører til å overta deler av usikkerheten. Eksempelvis gjennom forsikring etc. Ved undersøkelser og analyse kan man innhente mer kunnskap og dermed redusere usikkerheten. Investering i forebyggende tiltak og beredskap øker sikkerheten, men kan være svært kostbart. Det er essensielt at investeringen fører til reell sikkerhet og ikke bare gir en økt følelse av trygghet. Man kan aldri sikre seg 100 % mot usikkerhet, da det kan være forhold som ikke er mulig å sikre seg mot (ibid).

3.2.1 Typer usikkerhet

Mulighet og risiko

Usikkerhet er noe som vi har beskrevet som uvisshet og mangel på viten. Forskning har vist at usikkerhet blir forbundet med negative utfall (Husby et al., 2005), og risiko er ofte et synonym vi bruker. De senere år har midlertidig usikkerhet også blitt knyttet opp mot begrepet *muligheter*. Usikkerheten åpner altså for en positiv virkning. Dermed kan usikkerhet bli et tosidig begrep der vi har en oppside som betegnes som mulighet, mens nedsiden kalles risiko (Austeng, Midtbø et al., 2005). Stort fokus på svakheter og trusler fører til defensiv vurdering av risiko og kan føre til at prosjektet får et negativt utfall. Om man derimot vender fokuset mot styrkene og mulighetene som foreligger, vil sannsynligheten for bedre planlegging og usikkerhetsstyring være til stede (Husby et al., 2005).

Estimatusikkerhet og hendelsesusikkerhet

Usikkerhet som knytter seg til kostnadselementer eller faktorer (indre og ytre), og som påvirker prosjektets kostnader betegnes som estimatusikkerhet (Klakegg, 2003 I: Austeng, Midtbø et al., 2005). Estimatusikkerhet eksisterer når det foreligger usikkerhet i kostnadsberegningen til kostnadselementene. Gjennom estimatusikkerheten uttrykkes variabiliteten i tid eller kostnader knyttet til aktiviteten eller postene som er planlagt, samt forhold som vil påvirke prosjektet (Austeng, Midtbø et al., 2005).

Ved gjennomføring av kostnadsberegninger kan det foreligge en beregning av forventet effekt av en hendelsesusikkerhet. Hendelsesusikkerhet knytter seg til hendelser som enten oppstår eller ikke oppstår. Klakegg (2003) fremholder hendelsesusikkerhet som sannsynligheten for at en hendelse inntreffer multiplisert med konsekvensen av hendelsen dersom den inntreffer. Det er viktig at det avsettes nok midler som skal dekke konsekvensene av de ulike hendelsene som kan påvirke prosjektet. Det er viktig at midlene ikke blir brukt dersom hendelsene ikke inntreffer. Avsetningen skal med andre ord operere som en reserve og kan variere i størrelse basert på tid og utvikling av prosjektet (Austeng, Midtbø et al., 2005).

3.3 Usikkerhetsanalyse

Når man befinner seg i oppstarten av et prosjekt vil de fleste forhold inneholde ulik grad av usikkerhet. En analyse kan hjelpe med å få overblikk over usikkerheten slik at de rette beslutninger foretas og målene oppnås (Austeng, Midtbø et al., 2005).

Usikkerhetsanalyse er definert som *en systematisk fremgangsmåte for å identifisere, beskrive og beregne usikkerhet* (Klakegg, 2003 I: Austeng, Midtbø et al., 2005).

Austeng & Midtbø et al., (2005) fremholder de viktigste elementene i usikkerhetsanalysen som:

en god og veldefinert prosess, gode metoder for å sikre valide og pålitelige resultater, heri ligger å bygge en god modell, og sørge for riktig og relevant input, korrekt behandling av input (kvalitativ og kvantitativ), og prestasjon av resultatene som gjenspeiler de virkelige forhold så langt de er kartlagt.

Det kan være flere grunner til å sette i gang en usikkerhetsanalyse. En usikkerhetsanalyse kan være en viktig del av beslutningsgrunnlaget i prosessen ved avgjørelse om prosjektets fremtid og fremdrift. Usikkerhetsanalysen kan også frembringe informasjon og forhold om prosjektets fremtid, og mulige forhåndstiltak kan vise seg å bli igangsatt for å avverge og/eller begrense usikkerhet etc. En slik analyse vil også øke bevisstheten rundt risiko og muligheter, som vil være viktig i styringen av prosjekter (Austeng, Torp et al., 2005).

Vi kan dele usikkerhetsanalysen inn i to deler; kvalitativ og kvantitativ del. Den kvalitative delen skal fremme usikkerheten, beskrive usikkerhetselementene, årsakene til dem og antakelse om hvordan de virker. Påvirkningsmuligheter som eksisterer samt en alminnelig beskrivelse av utfallsrommet bør også være med. Fordelen med den kvalitative delen er ifølge Austeng, Torp et al. (2005) at den skaper oversikt og bevisstgjøring, og legger et godt grunnlag for kvantifiseringen. Den kvantitative delen omhandler fastsettelse av tall på sannsynligheter, utfallsrom og mulighetene for påvirkningsandel. Fordelen med den kvantitative delen er at den ved usikkerhet knyttet til prosjektet, hjelper med prioriteringen og styringen i prosjektet (ibid).

Metoder og prosesser for usikkerhetsanalyse vil bli belyst senere i oppgaven.

3.4 Styring av kostnad, tid og ressurs

Styring av kostnad, tid og ressurs i prosjekter er viktig for å oppnå målene i prosjektarbeidet. Kolltveit et. al. (2009) mener Uldalen (1972) sin definisjon av prosjektstyring er mest presis:

Styring er bevisste tiltak for å øke sannsynligheten for å nå et ønsket resultat (Uldalen 1972 I: Kolltveit et al., 2009).

Kolltveit et. al. (2009) begrunner det med at definisjonen inneholder to viktige elementer. Det første er *bevisste tiltak*, som er viktig for å styre prosjektet i den retningen vi ønsker ut fra prosjektets mål. Resultater kan oppnås selv om det ikke er satt inn noen bevisste tiltak. Dette er en induktiv tilnærming som kan forklares med sitatet: ”Veien blir til mens man går”. En tilnærming forhåpentligvis med en mening, men uten konkrete mål. Et prosjekt som befinner seg i et kjent situasjon må derimot ha klare mål. Det andre elementet er *å øke sannsynligheten for å nå et ønsket resultat*. Utførelsen av et prosjektet vil være beheftet med usikkerhet.

Usikkerheten kan gjøre det vanskelig å oppnå ønsket resultat. Styring gjennom bevisste tiltak skal sørge for at målene og ønsket resultat blir nådd.

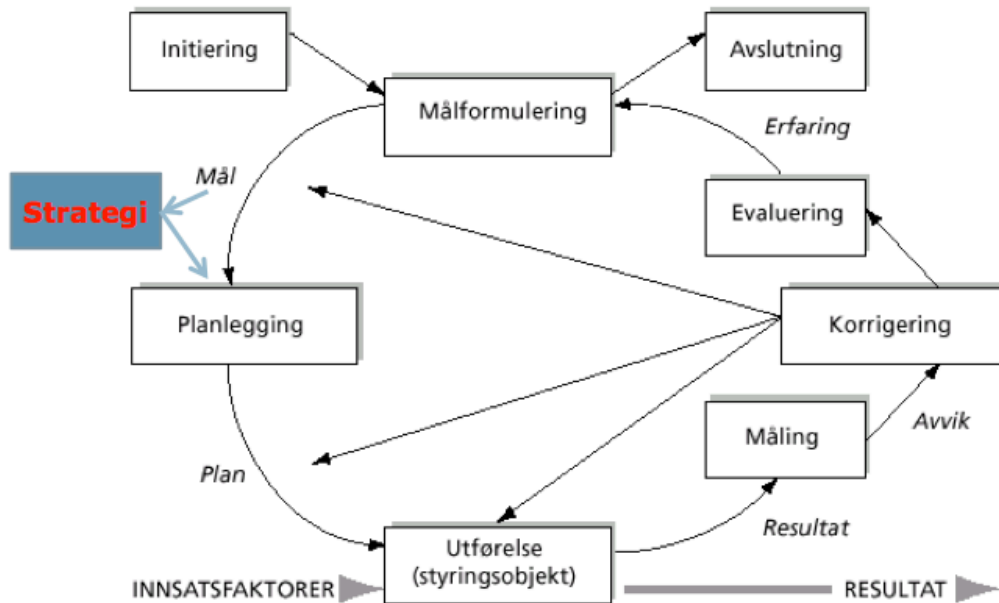
Når vi vet hvor vi skal, er det lettere å planlegge hvordan vi skal komme dit. Det kan planlegges til en viss grad, men usikkerheten gjør at man ikke kan stå fast ved planleggingen. Dersom det skjer noe som gjør at veien mot målet endres, er det viktig at det iverksettes nødvendige og bevisste tiltak, slik at vi kan nærme oss målet og ønsket resultat.

Ved prosjektstyring er det viktig å definere hvilke faktorer som skal styres. Rolstadås (2011) fremholder følgende tre styringsvariabler:

- Arbeidsomfang
- Tid
- Kostnad

Arbeidsomfang omfatter arbeidsoppgavene og ressursbehovet knyttet til prosjektet. *Tid* omfatter fremdriften i prosjektet og kostnad omfatter alle kostnader i forbindelse med prosjektet. I tillegg er *kvalitet* en viktig styringsvariabel. Kvaliteten og de funksjonelle krav som foreligger vil påvirke de andre styringsvariablene.

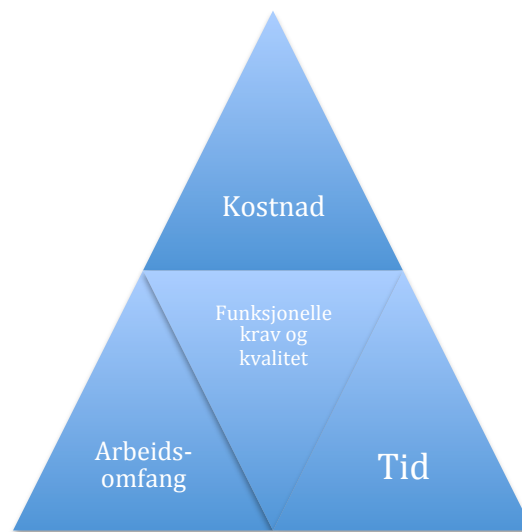
Et godt hjelpemiddel for styring av prosjekter er styringssløyfa, illustrert i figur 3-1.



Figur 3-1 Styringsløyfa (Meland 2014)

Styringsløyfa starter med initiering av et samarbeid ut fra ideer som videre ender ut i en målformulering, både formålet og målsetningen for prosjektet (Kolltveit et. al., 2009). Når målene er satt, skal veien til målet planlegges og en strategi blir lagt i planleggingsprosessen. Planleggingsprosessen ender ut i en plan knyttet til utførelsen av prosjektet. Det er viktig at det blir utviklet kunnskap som er nødvendig for effektiv gjennomføring av prosjektet (ibid). De bevisste tiltak som gjøres skal gjennom styringen sikre at omformingen fra innsatsfaktorer til resultat gir ønsket verdiskapning (ibid). Når resultater foreligger kan de måles. Kolltveit et. al. (2009) påpeker at planleggingen må legge til rette for at gjennomføringen kan følges opp og at avvik som har forekommet kan identifiseres. Ved avvik må årsaken for avviket avdekkes og en vurdering av tiltak knyttet til avviket må iverksettes. Korrigering av mål, plan og utførelse bør bli gjennomført dersom avvikene vil få betydning for ønsket resultat. Når korrigeringer er gjort, skal prosjektet evalueres. Evalueringen vil ta utgangspunkt i målene som er satt for prosjektet. Evalueringen vil bære preg av arbeidsgruppens erfaringer med tidligere prosjekter og situasjoner. Prosjektets fremdrift og kostnader er gode parametere i vurderingen av ønsket resultat. Fremdriften sier hvor lang tid som har gått og viser hvor mye, for eksempel i et byggeprosjekt, som er bygget. Kostnader er en god styringsvariabel som viser hvor mye som er brukt i prosessen og gir et godt oversiktsbilde.

Styringsvariablene kostnad, tid og arbeidsomfang er alle relatert til hverandre og fungerer ofte som en begrensning for prosjektets mål knyttet til funksjonelle krav og kvalitet, illustrert i figur 3-2 (Rolstadås, 2011).



Figur 3-2 Sammenheng mellom styringsvariablene og rammebetingelser (Rolstadås, 2011)

Ofte kan en av variablene bli endret for å holde seg innenfor rammen til en av de andre variablene. For eksempel kan kostnader økes dersom det fører til at tidsplanen holdes, eller at kvalitet kan aksepteres å bli redusert mot at kostnadene holdes innenfor kostnadsrammene (Rolstadås, 2011). Justeringene vil fremkomme som følge av prioriteringene som er definert som viktigst i prosjektet (se avsnitt 3.5.2 om prioriteringer).

3.5 Prosjektnedbryting

Prosjektnedbryting er en oppdeling av prosjektet i klare arbeidsoppgaver på en strukturert måte (Rolstadås, 2011). Formålet med projektnedbryting er å gi oversikt over prosjektet og påvirkningselementer for prosjektets mål. Projektnedbrytingen skal utgjøre et rammeverk for planlegging og gi en effektiv oppfølging av prosjektgjennomføringen (ibid). En dekomponering av prosjektet i mindre deler gjør det lettere å detaljere arbeidet, oppdage feil eller muligheter, samt registrere og kontrollere fremdriften etc. (Kolltveit et al., 2009).

Planlegging er med på redusere usikkerhet i prosjekter (Austeng, Midtbø et al., 2005). God gjennomføring og planlegging av et prosjekt krever at det på en strukturert måte blir dekomponert i ulike segment (Globerson, 1994). Strukturering av prosjektet gir:

- Informasjon om hvordan prosjektet er bygd opp.

- Forutsetninger for delmål.
- Rammer for planleggingen.
- Sammenheng mellom aktiviteter og organisasjon.

(Stuckenbruck, 1983, I: Kolltveit et al., 2009)

Rolstadås (2011) mener struktureringen i prosjektet kan deles opp i to trinn:

- Oppdeling av det totale arbeidet så detaljert at det kan fordeles til de riktige personene, gruppene eller andre enheter på organisatorisk nivå.
- Gruppering av prosjektets medarbeidere på ulike nivå.

Ut fra struktureringen defineres arbeidsoppgaver og enheter som skal utføre dem (ibid).

Det er en forutsetning at arbeidsomfang er grovt definert og prioriteringene er avklart før utviklingen av nedbrytingsstrukturen.

3.5.1 Arbeidsomfang



Arbeidsomfanget omfatter det arbeidet som er avtalt å bli utført i prosjektet og fremgår av kontrakten (Kolltveit, 2009). Utarbeidelse av nedbrytingsstrukturen må ta utgangspunkt i det som er definert i prosjektets arbeidsomfang (Rolstadås, 2011). Det er essensielt at alle prosesser som kreves for en vellykket gjennomføring av prosjekt blir inkludert og utført.

Samtidig må man sikre at det ikke brukes ressurser på det unødvendige arbeidet (ibid). Gray & Larson (2008) fremholder en rekke momenter som bør være definert for at arbeidsomfanget skal være klart definert:

- Prosjekt mål
- Store leveranser
- Milepæler
- Begrensning og avgrensning
- Kundeevaluering av arbeidsomfanget

3.5.2 Prioriteringer

Avklaring av prosjektets prioriteringer må også foreligge før utarbeidelsen av prosjektnedbrytningen. De tre momentene tid, kostnad og kvalitet må prioriteres etter hva som er viktigst. Momentene vurderes opp mot: låst, optimalisere og akseptere. Det må bestemmes hva som er viktigst (låst), hva som skal optimaliseres på grunnlag av hva som er blitt låst og hva som kan aksepteres ut fra prioriteringene. Det er eksempelvis ikke mulig å optimalisere alle tre momentene; tid, kostnad og kvalitet. Prioriteringsmatrisen illustrert i figur 3-3 viser eksempel på prioritering av momentene.

	Tid	Kostnad	Kvalitet
Låst			
Optimalisere			
Akseptere			

Figur 3-3 Prioriteringsmatrise (Meland, 2014)

3.5.3 Nedbrytingsstrukturer

Oppgaven vil ta for seg nedbrytingsstrukturene, Work Breakdown Structure (WBS), Organization Breakdown Structure (OBS) og Cost Breakdown Structure (CBS). Strukturene fokuserer på ulike elementer i nedbrytningen, men de kan integreres.

Work Breakdown Structure (WBS)

Gjennom struktureringen utvikles det vi betegner som *arbeidsstruktur*, også kjent som *Work Breakdown Structure* (WBS) (Kolltveit et al., 2009).

WBS blir definert av PMI (2006) som:

A deliverable-orientated hierarchical decomposition of the work to be executed by the project team to accomplish the project objectives and create the required deliverables. It organizes and defines the total scope of the project. Each descending level represents an increasingly detailed definition of the project work. The WBS is decomposed into work

packages. The deliverable orientation of the hierarchy includes both internal and external deliverables.

Arbeidsstrukturen (WBS) gir en oversikt over alt arbeidet som må gjøres i prosjektet og er oftest designet hierarkisk (Gray & Larson, 2008). Normalt brytes prosjektarbeidet ned i delprosjekt, kontraktspakker og arbeidspakker (Kolltveit et al., 2009). Man kan også se på det som en oppdeling eller nedbryting av prosjektet i elementer, komponenter, tjenester og lignende (Rolstadås, 2011) Arbeidet brytes deretter mer detaljert ned til lavere nivåer, og på laveste nivå skal komponentene deles opp i et antall aktiviteter som skal kunne bli utført av individuelle grupper (ibid). WBS hjelper til med å bringe frem nødvendig informasjon på hvert enkelt nivå (Gray & Larson, 2008). Eksempelvis krever hvert nivå et tids- og kostnadsestimat, som kan være viktig for planlegging, styring, prioriteringer og budsjettering i prosjektet (ibid).

Det er viktig å være klar over at det ikke finnes noen standard metode i utformingen av WBS (Rolstadås, 2011). Hvert prosjekt er unikt og nedbrytingsstrukturen for prosjektet endres underveis, på bakgrunn av endringer i behov og begrensinger (Globerson, 1994).

Rolstadås (2011) fremholder følgende prinsipper for nedbryting:

- ***Fysisk dekomponering*** – nedbryting av prosjektets fysiske komponenter.
- ***Funksjonell dekomponering*** – nedbryting på ulike funksjonelle systemer.
- ***Geografisk dekomponering*** – nedbryting i henhold til hvor arbeidet skal utføres geografisk.
- ***Forretningsprosess*** – dekomponering i henhold til forretningsprosess.
- ***Avdelingsvis dekomponering*** – nedbryting i forhold til hvilke avdelinger i organisasjonen som skal utføre arbeidet.

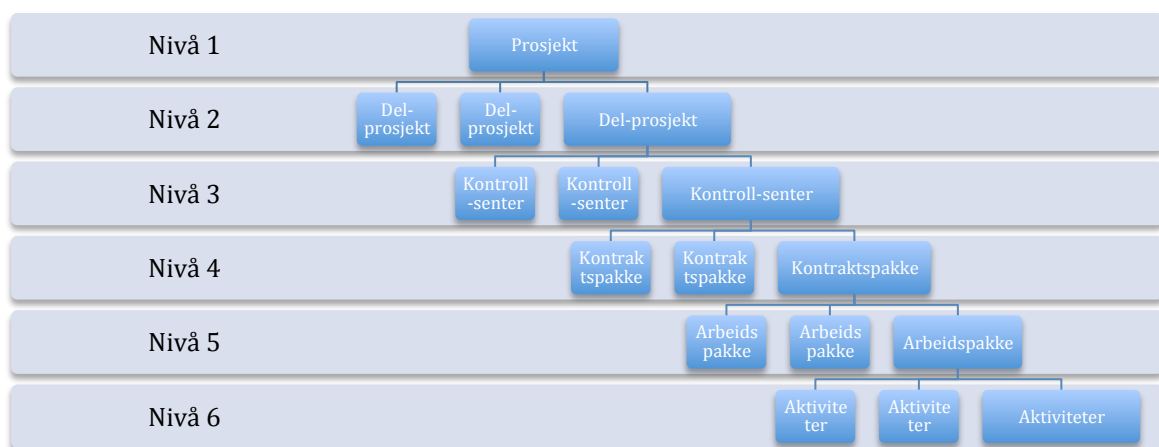
En essensiell egenskap for WBS er at den avspeiler hvordan arbeidet skal utføres (PMI 2006).

Rolstadås (2011) fremholder tre hovedelementer som bør tas i betraktning:

- ***Arbeidsflyt*** – omfatter rekkefølgen oppgavene skal utføres i.
- ***Kontraksstrategi*** – angir hvilke kontrakter som planlegges.
- ***Oppfølging og rapporteringskrav*** – angis av detaljeringsgraden på laveste nivå i WBS.

WBS-nivåer

I prosjektnedbrytingen brytes prosjektet ned i komponenter og elementer. Disse brytes videre ned i ulike nivåer, til lavest mulige og nødvendige nivå (Rolstadås, 2011). Riktig valg av laveste nivå er viktig fordi det er det mest detaljerte nivå det rapporteres fremdrift og kostnader mot. Elementet på laveste nivå må være klart avgrenset og uavhengig. Nivået har sine egne mål og resultater, samt egen tidsplan og kostnadsestimat. Isolert kan det fremstå som et eget miniprojekt. Antall nivå avhenger av prosjektets størrelse (ibid). Rolstadås (2011) fremholder følgende wbs-nivåer:



Figur 3-4 WBS-nivåer (Rolstadås, 2011)

Nivå 1 – *Prosjekt*

Dette nivået dekker det totale prosjektet.

Nivå 2 – *Delprosjekt*

Består av større hovedoppgaver eller fysiske enheter.

Nivå 3 – *Kontrollsenter*

I et kontrollsenter blir for eksempel midler frigitt til det aktuelle prosjektet. Det er mest vanlig i prosjekter med flere eiere, der partneren utsteder en "Authorization for expenditure" (AFE) som er deres kontrollnivå. Kontrollsenter kan også være et avgrenset område i et delprosjekt.

Nivå 4 – Kontraktspakke

Kontraktspakkenivået avspeiler den kontraktsstrategien som er bestemt, altså hvilke kontrakter som skal inngås.

Nivå 5 – Arbeidspakke

En arbeidspakke deles inn i et antall aktiviteter i prosjektet.

Nivå 6 – Aktiviteter

Dette nivået inngår egentlig ikke i WBS-en, men er tatt med fordi det i en fremdriftsplan ofte er aktuelt å bryte ned prosjektet og planlegge til et slikt nivå.

De fleste WBS inneholder flere nivå. Det er midlertidig viktig at antall nivå er passende og riktig for å få en effektiv håndtering av prosjektet (PMI, 2006)

Et viktig prinsipp ved inndeling av nivåene er at summen av alt arbeidet på underordnede nivå må representere 100 % av arbeidet på det overordnede nivået (Haugan, 2002). Dette er kjent som "100 % regelen" og er et av de viktigste prinsippene som styrer utviklingen, nedbrytingen og evalueringen av WBS (PMI, 2006).

Utarbeidelsen av en WBS skaper ansvarsområder for individer og enheter knyttet til de ulike nivåene. En integreringen av organisasjonen leder oss til nedbrytning på organisatorisk plan (Gray & Larson, 2008). En nedbrytning av en organisasjon er kjent som Organization Breakdown Structure (OBS).

Organization Breakdown Structure (OBS) har som formål å bryte ned prosjektorganisasjonen i individuelle grupper. De individuelle gruppene blir delt inn med sikte på å utføre en gitt arbeidsoppgave. Denne arbeidsoppgaven er identisk med oppgaven som har blitt avgrenset i WBS. OBS skal altså tilknytte arbeidsoppgaver til organisatoriske enheter.

En Cost Breakdown Structure (CBS) er en nedbrytingsstruktur som bryter ned kostnadene i prosjektet. CBS fokuserer på det økonomiske aspektet i prosjektet (Rolstadås, 2011).

En CBS skal knytte kostnadene til nedbrytingsstrukturen (WBS) og organisasjonen (OBS). Ved bruk av alle strukturene WBS, OBS og CBS integreres arbeidsomfang, organisering og kostnad.

Nedbrytingsstruktur etter Norsk Standard

Norges Byggstandardiseringsråd (NBR) har utviklet en bygningsdelstabell, NS3451. NS3451 består av en inndeling av bygningen i fysiske deler (NRB, 1991). Standarden er utviklet slik at den må suppleres i ulik grad med hensyn til hvert prosjekt. De ledige tallene 0, 1, 8 og 9 er holdt av til det (ibid).

NS3451 fastlegger inndeling av bygnings- og installasjonsdeler for systematisering, klassifisering, koding etc. av informasjonen som omfatter de fysiske delene av bygningen og omkringliggende anlegg, som tilhørende utvendig anlegg (Standard, 1988).

Formålet med standarden er at inndelingen kan brukes til byggebeskrivelser, statistikk og tilbakeføringer av erfaringer knyttet til kostnader, bruksegenskaper, varighet etc. for det enkelte prosjekt (Standard, 1988).

Inndelingen finnes på forskjellige nivå. En-sifret nivå tar for seg følgende inndeling:

Hoveddeler

- 0 – Ledig
- 1 – Ledig
- 2 – Bygning
- 3 – VVS
- 4 – Elkraft
- 5 – Tele og automatisering
- 6 – Andre installasjoner
- 7 – Utendørs
- 8 – Ledig
- 9 – Ledig

(Standard, 1988)

Tosifret nivå går mer detaljert til verks. Eksempelvis innenfor 2 – *Bygning* finnes underliggende deler. Eksempelvis 21 – *Grunn og fundamenter*, 23 – *yttervegger* osv.

Videre på tresifret nivå går man ytterligere detaljert til verks. Eksempelvis under 21 – *Grunn og fundamenter* finnes 211 – *Klargjøring av tomt*, 216 – *drenering* osv.

Eksempel på bygningsdelstabell med illustrasjon på et-, to- og tresifret nivå.

- 0. Reserve
- 1. Felleskostnader
- 2. Bygning
 - 21. Grunn og fundamenter
 - 211. Klargjøring av tomt
 - 216. Drenering
 - ...
 - 23. Yttervegger
 - ...
 - 28. Fast inventar
- 3. VVS
 - 31. Sanitær
 - 311. Bunnledninger
 - 312 Ledningsnett
 - ...
 - 32. Varme
 - ...
- 4. Elkraft
- ...
- 5. Tele og automatisering
- ...
- 6. Andre installasjoner
- ...
- 7. Utendørs
- ...
- 8. Generelle kostnader
- ...
- 9. Spesielle kostnader

(Standard, 1988)

Nedbytingsstrukturen som er valgt legger grunnlag for inndelingen og utformingen av kalkylen.

3.6 Tradisjonelle kalkulasjonsmetoder

Det finnes mange ulike kalkulasjonsmetoder. Noen tradisjonelle kalkulasjonsmetoder innenfor bygge bransjen vil nå bli presentert.

3.6.1 Detaljert kalkulasjon

Ved tradisjonelle kostnadsestimeringer brukes som regel det som kalles ”bottom-up” tilnærming, som belyses nærmere i avsnittet om trinnvisprosessen. Prosjektet blir da brutt ned på et detaljert nivå. I detaljert kalkulasjon vil hver arbeidsoperasjon og komponent bli detaljert og kalkulert for seg selv. For eksempel på ”skrue- og mutter”-nivå. Ressursbruk og priser settes sammen i fullstendige komponenter. Metoden legger et godt grunnlag for riktig prising, etterkalkyle, materialister, ressursbehov osv. Metoden er derimot tidkrevende og krever grundige forkunnskaper om bedriftens ressurser (Fjelldal & Moe). En betydelig svakhet med detaljert kalkulasjon er at det er stor fare for at noe blir uteglemt i kalkuleringen (Drevland).

Vanligvis bygges de fleste detaljkalkulasjoner opp av komponenter definert i NS3420, som kan danne et godt grunnlag for elementmetoden. Erfaringstall fra tidligere prosjekter (erfaringsdata) kan være et godt hjelpemiddel for kalkulasjonen. Kalkulatorer må imidlertid korrigere for faktiske forhold knyttet til det aktuelle prosjektet (Fjelldal & Moe).

3.6.2 Elementmetoden

Elementmetoden er rask, bygger på erfaringer og egen intuisjon, metoden er mye brukt. Utfordringen og ulempen er at enhetsprisene på arbeidsomfang eller komponenter består av flere enheter. Det er fare for at det foreligger liten informasjon og dårlig kontroll på hva som er medregnet i de ulike elementene. Om kalkulasjonen i elementmetoden bygges på egne erfaringstall, er det viktig at det er avklart hvilke delelementer eller enheter prisen består av. Eksempel er gjengitt fra Fjelldal & Moe:

Du vet av erfaring fra tidligere prosjekt at en komplett isolert bindingsverksvegg med plater på begge sider i henhold til beskrivelsen har en selvkost på kr. 200,- pr m². Men vet du samtidig om det er medtatt tilslutning til for eksempel tilstøtende murvegg? Er enhetsprisen riktig for alle vegghøyder?

Eksemplet illustrerer ulempen med elementmetoden. Det kan ofte være andre som fremskaffer data om enhetsprisen på kjente konstruksjoner (databaser etc.). Det er viktig at det fremkommer hva de prisede elementene består av og hvilke mengder, hjelpemateriell og andre rammevilkår som er knyttet til dem. Dersom det foreligger kan man enklere regulere prisene etter det aktuelle prosjektet og dets forhold (ibid).

3.6.3 Kvadratmetermetoden

Kvadratmetermetoden er en kalkulasjonsmetode som kan brukes dersom det er ulike kostnader knyttet til ulike typer arealenheter i prosjekter. Det er for eksempel store kostnadsforskjeller mellom m²-prisen på arealer som omfatter sykehus, kontra arealer som omfatter kontorlandskap eller næringslokaler. Sykehusarealer kan være svært komplekse og kostnadene vil derfor være store. Erfaringsstall fra tidligere lignende prosjekter med samme type, karakter og kvalitet benyttes ved estimering av m²-pris pr arealenheter. Metoden passer godt til grove overslagskalkyler (ibid).

3.7 Trinnvis kalkulasjon

Dette kapitlet vil omhandle kalkulasjonsmetoden *trinnvis kalkulasjon*. Før kalkulasjonsmetoden presenteres vil relevant teori knyttet til metoden bli belyst.

Estimering av inngangsdata til usikkerhetsanalyser

I usikkerhets- og risikoanalyser er man avhengig av riktig input for å danne et godt bilde av usikkerheten ved et prosjekt. Det finnes ulike tilnærminger for å få frem slik input (Austeng, Midtbø et al., 2005). Ekspertvurderinger er et begrep som benyttes for å karakterisere innsamlingen av data i mangel på statistiske data. Ekspertvurderingen kan omfatte gruppeprosesser, intervju med eksperter, etc (Øien, m.fl. 1996 I: Austeng, Midtbø et al., 2005). En gruppeprosess som innhenter slike ekspertvurderinger, blir videre i oppgaven betegnet som en ressursgruppe.

Estimering i prosjekter

Et prosjekt kjennetegnes ved at det er unikt, og at det noe som gjøres en gang (Rolstadås, 2011) Dermed kan det være begrenset tilgang til statistisk grunnlag for kostnadsestimeringen i prosjekter. Likevel vil det for eksempelvis i bygg og anleggsbransjen bygges liknede bygg

hvert år. Dermed vil det foreligge erfaringsdata fra tidligere prosjekter som kan brukes til å få frem statistikk på hvor mye det koster å bygge en vegg, eller hvor mye en kubikkmeter betong koster.

Subjektiv sannsynlighet

Austeng & Hugsted (1995) fremholder at det ikke er praktisk mulig å lage et statistisk empirisk grunnlag for en bestemt kostnadskalkyle.

Subjektiv sannsynlighet kan defineres som *den personlige grad av tiltro til at en hypotese er sann* (Austeng & Hugsted, 1995).

En typisk hypotese kan være: ”det er 20% sjans for at VVS kostnaden ligger under x antall kroner”.

Dersom det er vanskelig eller umulig å forhåndsbestemme et forhold, vil et statistisk grunnlag i form av empirisk forskning kunne gi grunnlag for å bestemme sannsynligheten. Eksempelvis kan en ved betongstøping ta prøver slik at man i etterkant kan beregne middelerdi og varians. Dette gjør det lettere å forutsette sannsynlighetsfordeling for materialets fasthet og reduserer usikkerheten (Austeng & Hugsted, 1995).

Subjektive sannsynligheter som grunnlag for beslutninger har blitt mye omdiskutert. Det vil ofte foreligge empirisk data, og et essensielt spørsmål er da om subjektive sannsynligheter kan brukes som grunnlag for å bestemme sannsynlighetsfordelingen for kostnadselementer (Austeng & Hugsted, 1995).

Oppdelingsprinsipper

Gjennom erfaringer har det vist seg at generelle forhold (forhold som kan påvirke resultatet) kan være vanskelig å få med i kalkylen. Det anbefales at et betydelig arbeid nedlegges for å avklare hvordan disse faktorene bør håndteres. Avklaring av hvor mange poster hvert trinn kan deles inn i og hvorvidt det er mulighet for endringer, er essensielt. Helst bør antall poster i hvert trinn begrenses. Det finnes flere muligheter for oppdeling. Hvordan postene deles opp baserer seg på kalkulatørens referanse- og erfaringsgrunnlag (Austeng & Hugsted, 1995).

Den valgte nedbrytingsstrukturen er den som bestemmer oppdelingen og er retningsgivende for trinnvis kalkulasjonen.

Kalkulasjon

De vanligste kalkylemetodene innenfor bygg og anlegg baserer seg på deterministisk tankegang (Austeng & Hugsted, 1995). Det innebærer at tallene i kalkylen ikke er beheftet med usikkerhet, og at de fremmer et reelt inntrykk av ressursforbruk som ligger til grunn for kalkylen (ibid).

Ved kalkulasjon stilles det visse krav til kalkulatøren/ressursgruppen. Austeng & Hugsted (1995) fremholder følgende krav:

- Definere formålet med kalkylen
- Avgrense kalkylen i forhold til en samlet virksomhet, for eksempel til prosjektet.
- Bestemme seg for kalkylemetode og eventuelt kriterier som skal brukes ved økonomiske valg.
- Være forankret i en metodikk for innsamling og bearbeiding av kalkyldata og eventuelt tekniske opplysninger.
- Kunne gi en oversiktlig presentasjon av resultatet.

Ved kalkulasjon bygger kalkulatøren/ressursgruppen på sin egen og andres erfaring og intuisjon. På bakgrunn av dette utføres kalkylen etter beste skjønn.

Kalkulatøren/ressursgruppen vet at det er forbundet usikkerhet ved forutsetningene som blir lagt til grunn for kalkylen. Ved for eksempel en anbudskonkurranse er det et stort antall poster som skal kalkuleres og høy detaljeringsgrad. Hovedmålet er å komme frem til en total kostnad og en anbudssum. Anbudssummen fremkommer som en kalkulasjon av enhetspriser, masser og rundsumposter. Usikkerheten i kalkulasjonen knytter seg til tidsforbruk, kapasiteter, tekniske vanskeligheter forbundet med prosjektets utførelse osv. (Austeng & Hugsted, 1995). Et byggeprosjekt er aldri noen gjentakelse av tidligere prosjekter. Selv om erfaringstall kan være til god hjelp, vil det alltid være usikkerhet knyttet til kalkulasjonen. Det er begrunnet med teknisk utvikling, nye materialer, nye produksjonsmetoder og relative endringer i kostnader på innsatsfaktorer (ibid).

Trinnvis beregning

Tanken bak kalkulasjonsmetoden *trinnvis kalkulasjon* er at man i førsteomgang foretar en grov skjønnsmessig kalkulasjon av noen få poster/aktiviteter. Gjennom systematisk bearbeiding av kalkylen skal usikkerheten reduseres ved økende detaljering. I hvert trinn i kalkylen skal totalsummens middelvei bestemme, som er summen av forventningsverdi, og standardavvik eller varians (Austeng & Hugsted, 1995). Forventningsverdi og standardavvik fremkommer ved et trippelanslag i trinnvis kalkulasjonsmetode.

Standardavviket til en post i kalkylen forteller i hvilken grad av usikkerhet som er kalkulert til posten, altså usikkerheten i resultatet. Estimering av postene i kalkylen foretas deretter trinnvis mer detaljert. Hvor mange trinn den enkelte post gjennomgår, bestemmes av kalkulatøren basert på resultatet som fremkommer i hvert trinn av kalkylen. En viktig faktor i vurderingen er spredningen i totalverdien og muligheten for reduisering av usikkerhet ved eventuell ytterlig oppdeling eller detaljering. Trinnvise beregninger foretas så lenge det foreligger mulighet til reduksjon i spredningen på sluttsummen, eventuelt til et tilfredsstillende resultat foreligger (Austeng & Hugsted, 1995).

Trinn 1 består av en primær inndeling av postene og kan bli gjort på flere måter, avhengig av type prosjekt og erfaringsbakgrunn kalkulator besitter. Nedbrytingsstrukturen som er valgt legger grunnlag for inndelingen og er essensiell for utforming av kalkylen. Det er viktig å sikre at postene er mest mulig uavhengige, og oppdeling av postene bør bære preg av dette (Austeng & Hugsted, 1995).

Beregningsmetoden til trinnvis kalkulasjon kjennetegnes ved trippelanslag. Ved trippelanslag anslås tre ulike verdier:

1. Minimumsverdi – er den lavest tenkelige verdien, gitt konfidensintervallet.
2. Maksimumsverdi – er den høyeste tenkelige verdien, gitt konfidensintervallet.
3. Mest sannsynlige verdi – er den verdien ressursgruppa mener er det beste anslaget av verdien. Verdien er tilsvarende den som blir brukt i en deterministisk plan eller kalkyle.

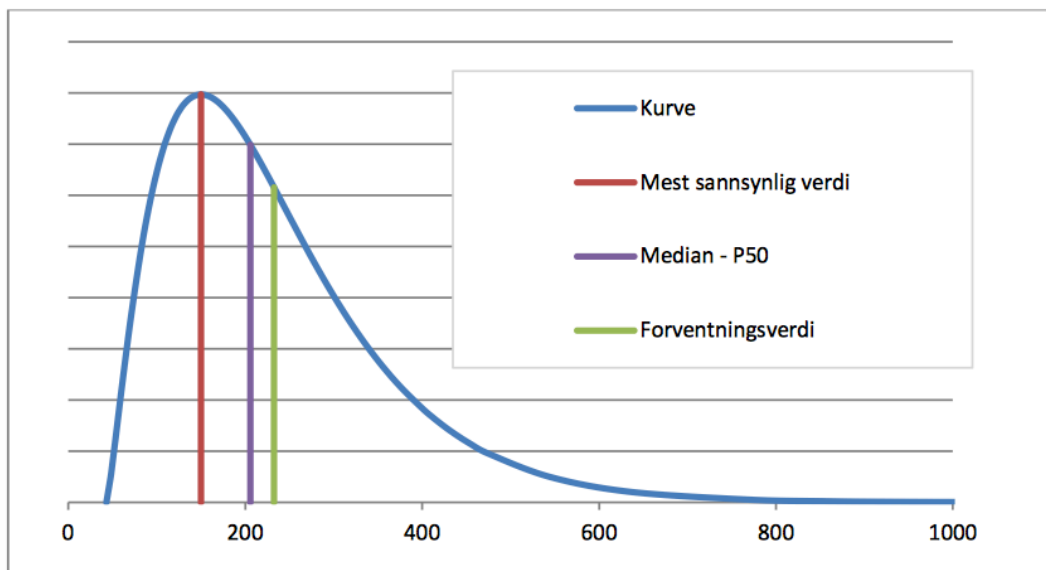
(Klakegg, 1993).

Rekkefølgen på vurderingene bør gjøres som oppsatt (1-3) for å sikre at man ikke får for sikre anslag på bakgrunn av for stor fokusering på ”*mest sannsynlige verdi*” (ibid). Erfaringer viser

at stor fokusering på ”*mest sannsynlige verdi*” fører til for snevre grenser mellom ekstremalveriene, minimum- og maksimumsverdi (Austeng, Torp et al., 2005).

Ressursbehov og gjennomføringsmetode bør være førende for anslagene. Klakegg (1993) begrunner det med at kalkylen og tidsplanen henger sammen gjennom disponering av ressursene. Eksempelvis kan en tids estimert aktivitet være feilvurdert, og for å holde fremdriften må flere ressurser settes inn. Innsats av flere ressurser fører til høyere kostnader. Klare ressursforutsetninger i kalkylen og tidsplanen er dermed en nødvendighet for samspillet (ibid).

De tre verdiene som inngår i anslaget, er vektet slik at ”*mest sannsynlige verdi*” er vektet mer enn de to andre ytre verdiene (ekstremverdiene). Forventningsverdien som anses som den korrekte størrelsen på posten/aktiviteten vil oftest ligge rett i overkant av den ”*mest sannsynlige verdien*” fordi det foreligger en høyreskjev fordelingsfunksjon (Klakegg, 1993). I figur 3-5 illustreres dette.



Figur 3-5 Mest sannsynlig verdi, forventningsverdi og median angitt på en høyreskjev fordeling (Drevland)

Det er viktig at ressursgruppen fordomsfritt vurderer all informasjon nøytralt, men subjektivt, da det legger til rette for gode anslag. Ved at hver og en i ressursgruppen får presentert sin mening, vil det samlede resultatet ikke være langt fra den objektive sannheten. Det er irrelevant om deltakerne er optimister eller pessimister, da utvalget i ressursgruppen skal representere begge kategoriene. Dette vil føre til at både risiko og muligheter blir belyst.

Gjennomsnittlig gir gruppen et tilnærmet ”nøytralt” utgangspunkt. Muligheten for å hensyn ta spesiell fagkompetanse hos enkelte deltakere kan øke sannsynligheten for å treffe mer korrekte anslag (Klakegg, 1993).

Det er essensielt at minimums- og maksimumsverdier blir definert slik at det blir klarhet i hvilken type kvantiler som blir benyttet. De mest brukte er 1/99- eller 10/90 kvantiler. En 1/99 kvantil innebærer at det er én prosent sjanse for at kostnaden, eventuelt tiden, blir mindre eller lik minimumsverdien. Eller én prosent sjanse for at kostnaden, eventuelt tiden, blir større eller lik maksimumsverdien. Ved 10/90 kvantiler følger det samme måte, bare med 10 prosent sjanse i stedet for én (Austeng, Torp et al., 2005). I figur 3-6 er kvantilene illustrert.

Ved fastsettelse av ytterpunktene (ekstremalverdiene) er det viktig at de dekker den reelle usikkerheten. De må dermed ikke settes for nærme den ”*mest sannsynlige verdien*”. Ifølge Austeng et al. (2005) sikrer det flere forhold:

1. Det sørger for at utfallsrommet for anslaget dekker den virkelige verdien selv om den skulle avvike betydelig fra det sannsynlige anslaget.
2. Det sikrer at usikkerheten ikke blir skjult for beslutningstaker.
3. Det gir rett prioritering av innsatsen fordi det virkelig usikre kommer opp på prioriteringslisten.

Fremstilling av overdrevet sikre anslag, fører beslutningstaker eller fremdriftsstyrere bak lyset. Det er viktig at avgjørende forhold i prosjektet blir belyst så godt som mulig. Usikkerhet knyttet til et prosjekt er forbundet med risiko, men også muligheter (ibid). Da er det viktig at beslutningstaker får mulighet til å utnytte den reelle usikkerheten full ut. Konsekvensen av et for sikkert anslag, er at de ikke når opp på prioriteringslisten over de faktorene som bidrar til størst usikkerhet i prosjektet. Verdifull informasjon knyttet til prosjektet vil dermed kunne gå tapt, da tidsbruken på faktorer utenfor prioriteringslisten kan bli utelatt (Klakegg, 1993).

De tre estimerte anslagene (minimums-, mest sannsynlige, og maksimumsverdi) for hver post/aktivitet skal i videre knyttes til en fordelingsfunksjon. Erlangfordeling (en type gammafordeling) er den mest brukte og er en høyreskjev fordeling. Den skjeve formen er forankret i en realistisk forutsetning om at det faktisk finnes en nedre grense for hvor lavt en kostnad kan

bli. Det finnes midlertidig ikke noen regel over øvre grense på kostnadene, hvis prosjektet først ”skjærer seg” (Austeng, Torp et al., 2005).

Undersøkelser har vist at valg av fordelingsfunksjon har liten innvirkning på sluttestimater. Det er begrunnet med at usikkerheten knyttet til subjektive vurderinger er vesentlig større enn usikkerheten knyttet til valg av fordelingsfunksjon (ibid). Erlangfunksjonen er gitt ved formelen:

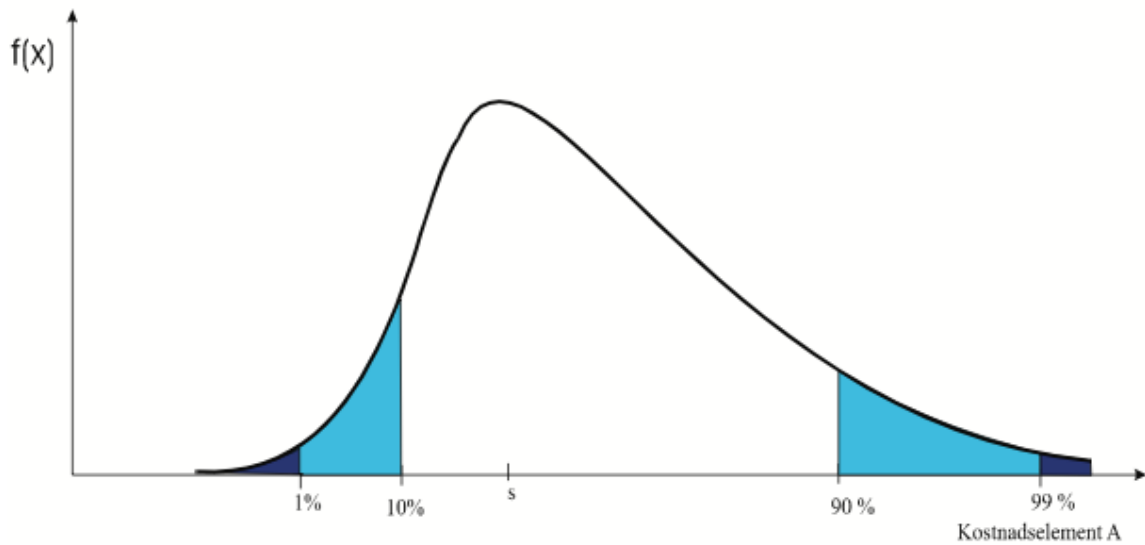
$$f(x) = \frac{(\mu \cdot k)^k}{(k-1)!} \cdot x^{k-1} \cdot e^{-k\mu x}$$

Formel 3-1 Erlangfunksjonen (Austeng, Torp et al., 2005)

Lichtenberg (1990) hevder på bakgrunn av analyser av tilgjengelig data at en rimelig verdi for k ligger på 10 (Lichtenberg, 1990 I: Austeng, Torp et al., 2005)

Sentralgrenseteoremet er et sentralt teorem innenfor matematisk statistikk. Teoremet sier at summen av statistisk uavhengig variabler vil nærme seg en normalfordeling når antallet variable er stort (Wikipedia, 2015).

I figur 3-6 illustreres nedre og øvre verdier som tilsvarer kvantilene, henholdsvis 1/99 og 10/90. ” s ” representerer ”mest sannsynlige verdi” som vi forutsetter representerer toppunktet i fordelingskurven. Ved beregning av forventningsverdi (E) og standardavvik for den aktuelle post, foreligger det ulike formler som blir tatt i bruk med utgangspunkt i hvilket kvantil som blir brukt (Austeng, Torp et al., 2005).



Figur 3-6 Erlangfunksjonen for $K=10$ (grafen er ikke eksakt tegnet) og forskjellen mellom 1/99 kvantilene og 10/90 kvantilene (Austeng, Torp et al., 2005).

1/99 kvantiler:

$$E = \frac{n + 2,95s + \emptyset}{4,95}$$

Formel 3-2 Forventningsverdi, E. (Dreveland et al., 2005).

$$\sigma = \frac{\emptyset - n}{4,6}$$

Formel 3-3 Standardavvik (Dreveland et al., 2005)

10/90 kvantiler:

$$E = \frac{n + 0,42s + \emptyset}{2,42}$$

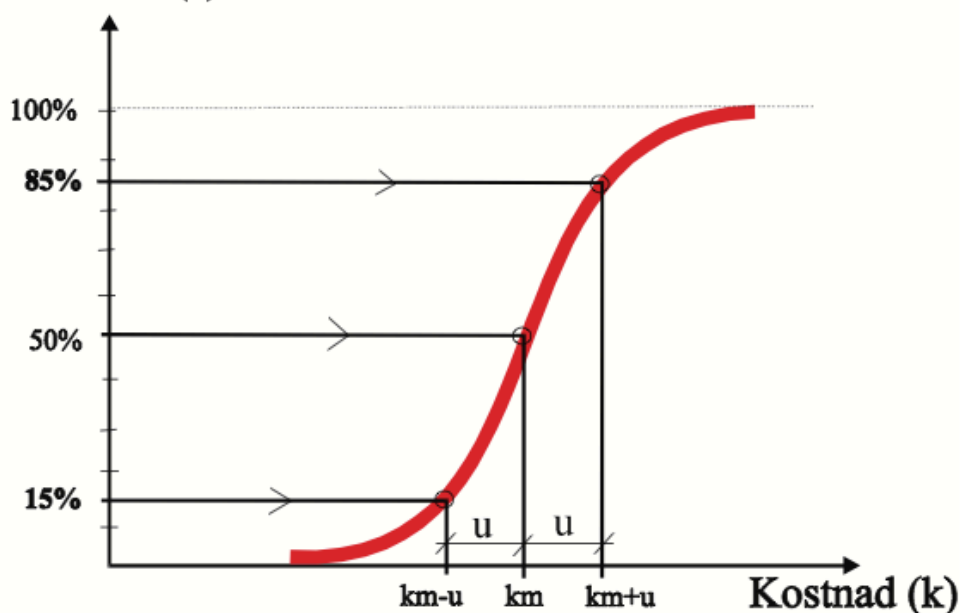
Formel 3-4 Forventningsverdi, E. (Dreveland et al., 2005).

$$\sigma = \frac{\phi - n}{2,53}$$

Formel 3-5 Standardavvik (Dreveland et al., 2005).

Resultatene fra beregningene fremkommer som en kumulativ sannsynlighetsfordeling, ved bruk av egnet kalkulasjonsverktøy. En kumulativ sannsynlighetsfordeling blir illustrert som en s-kurve i figur 3-7, der kurven illustrerer forholdet mellom forventet verdi og tilhørende usikkerhet.

Sannsynlighet for at kostnadene ikke overskrider (k) kroner



Figur 3-7 Sikkerhetskurve eller S-kurve (Austeng, Torp et al., 2005).

Som nevnt illustrerer S-kurven forholdet mellom forventet verdi eller kostnad på den horisontale akse, og tilhørende usikkerhet på den vertikale akse. Eksempelvis kan vi i figuren se at med 85% sannsynlighet for at kostnadene ikke overskrider (k) kroner, vil estimert kostnad være km+u. Det er i dette tilfellet 15% sannsynlighet for at kostnadene vil overskride km+u.

3.8 Simulering

En annen beregningsmetode er simulering. Ved simulering bruker man datamaskin til å simulere forskjellige typer operasjoner for virkelige systemer. Det kreves at det gjøres et sett med antakelser, om hvordan systemet fungerer, for at man skal klare å simulere systemet. Antakelsene fremkommer som oftest i matematisk eller logisk form, forhold som til sammen utgjør en modell. Modellen skaper en forståelse av hvordan det samsvarende (korresponderende) virkelige systemet fungerer (Drevland, Austeng et al., 2005).

Vurderinger i en slik utviklet modell kan gjøres analytisk eller ved bruk av simulering. En datamaskin kjører modellen flere ganger, iterativt. Gjennom et stort antall iterative gjennomkjøringer sikrer man at statistikken som fremkommer er representativ for den reelle virkeligheten (Drevland, Austeng et al., 2005).

Monte Carlo simulering

Monte Carlo simulering er en type simulering. Teknikken involverer prøvetaking av hver sannsynlighetsfordeling i modellen for å frembringe hundre- eller kanskje tusenvis av scenarioer gjennom den gjentakende prosessen. Fordelingen av verdiene som blir beregnet av utfallet fra modellen gjenspeiler sannsynligheten for de verdiene som kan oppstå. Vose (2008) fremholder flere fordeler med Monte Carlo simulering:

- Fordelingen av modellens variabler trenger ikke å bli tilnærmet på noen måte.
- Korrelasjon og andre avhengigheter kan modelleres.
- Nivået på matematikk som kreves for å utføre Monte Carlo simuleringer er ganske grunnleggende.
- Datamaskinen gjør alt arbeid som kreves for å bestemme utfallsfordelingen.
- Programvaren er kommersielt tilgjengelig for å automatisere arbeidet involvert i simuleringen.
- Kompleks matematikk kan bli inkludert uten ekstra vanskeligheter
- Monte Carlo er anerkjent som en gyldig teknikk, dermed er det mer sannsynlig at resultatene blir akseptert.
- Det er enkelt å undersøke hvordan modellen oppfører seg.
- Endringer i modellen kan gjøres svært raskt, og resultatene sammenlignet tidligere modeller.

Verdien av Monte Carlo simulering kan vi vise ved demonstrasjon av et eksempel.

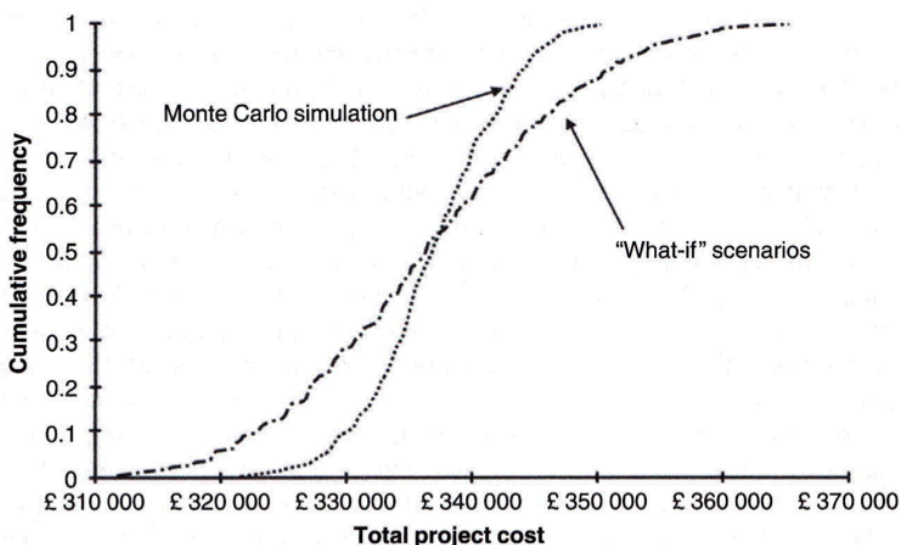
I tabell 3-1 har det blitt anslått nedre-, mest sannsynlige- og maksimumsverdi.

Total byggekostnader			
	Minimumsverdi	Mest sannsynlige verdi	Maksimumsverdi
VVS	30.500,-	33.200,-	37.800,-
Betong og tømmer	23.500,-	27.200,-	31.100,-
Elektrisk	172.000,-	178.000,-	189.000,-
Utendørs	56.200,-	58.500,-	63.700,-
Andre installasjoner	29.600,-	37.200,-	43.600,-

Tabell 3-1 Byggeprosjekt kostnadsmodell (Vose, 2008)

Monte Carlo teknikken benytter den stokastiske informasjonen, som finnes i den utviklede modellen for prosjektet, til å bregne et resultat. Resultatet kan fremstilles som en S-kurve (Husby et al., 2005). Ut i fra av disse verdiene utvikles en s-kurve på bakgrunn av en "hva-hvis" analyse ("What-if" scenarios i figur 3-8). I samme diagram ser vi fremstilling av en Monte Carlo simulering. Monte Carlo simuleringen har langt i fra så bredt spekter som "what-if" analysen. Det er fordi "what-if" analysen gir lik sannsynlig vektning til alle senarioene, inkludert der alle kostnadene viser seg å være deres maksimums- eller minimumsverdi. La oss for eksempel si at det er 1% sjansse for at verdien overgår maksimumsverdien.

Sannsynligheten for at alle fem kostnadene overstiger maksimumsverdien er svært lite sannsynlig, og vil være lik $(0.01)^5$ eller 1:10.000.000.000. Fordelen med Monte Carlo simulering er at den i mye større grad får frem mer realistiske resultater enn "what-if" senarioer Vose (2008).



Figur 3-8 Sammenligning av fordelingen av resultatene fra "What-if" og risikoanalyse - Monte Carlo Simulering (Vose 2008).

3 Metodisk tilnærming

Metodisk tilnærming er en planmessig eller systematisk måte å bringe nærmere det man ønsker å belyse (Jacobsen, 2005). Metodisk tilnærming kan ses på som en forskningsmetode, en metode som brukes for å samle inn nødvendig informasjon som grunnlag for analyser. Metoden legger til rette for å tilnærme seg informasjon som kan benyttes vitenskapelig.

Min metodiske tilnærming til masteroppgaven vil videre bli belyst og begrunnet med bakgrunn i problemstillingen.

4.1 Problemstilling

Problemstillingen er viktig for valg av metodisk tilnærming. Den forteller om hva som skal undersøkes og danner grunnlaget for hvordan man skal tilegne og frembringe nødvendig informasjon. Problemstillingen blir dermed styrende for metoden som bør anvendes (Jacobsen, 2005). Den avgrensner hva som skal fokuseres. Avgrensingen er viktig for gjennomføring av en empirisk undersøkelse.

Bakgrunnen for min problemstillingen var å se på hvordan Kruse Smiths usikkerhet i kalkulasjon kunne forbedres, både gjennom systematisk identifisering av risikoforhold og ikke minst beregning av påslag for usikkerhet gjennom statistisk tilnærming. Dette har dannet grunnlaget for min problemstilling:

Hvilke metoder bør tas i bruk for å redusere usikkerheten i kalkulasjonen av prosjekter for Kruse Smith? Kan en utviklet modell basert på teori og casestudie redusere usikkerheten?

4.2 Undersøkellesdesign

Undersøkellesdesignet skal velges på bakgrunn av problemstillingen, da den i følge Jacobsen (2005) skal være egnet til å belyse den problemstillingen som er valgt. Undersøkellesdesignet danner grunnlaget for hvordan datainnsamlingen skal foregå. Jacobsen (2005) deler undersøkellesdesignet i to dimensjoner:

- om undersøkelsen går i bredden (ekstensiv) eller i dybden (intensiv).
- om undersøkelsen er beskrivende eller forklarende

I min undersøkelse vil et casestudie bli brukt for dypere å belyse det fenomen som skal undersøkes. Undersøkelsen min vil gå i dybden og er intensiv. Målet er å belyse metoden som blir brukt for avdekking av usikkerhet i kalkulasjonen til Kruse Smith

Undersøkelsen min vil være beskrivende, fordi jeg som forsker ikke har erfaring rundt det som forskes på. Jeg vil dermed gi en så nøyaktig beskrivelse av det fenomen jeg undersøker.

4.3 Casestudie

Case, kommer fra det latinske *casus* og betyr *det enkelte tilfellet* (Andersen, 1997 I: Jacobsen 2005). Casestudier passer godt når det er ønskelig med en dypere forståelse av en spesiell hendelse. Case er brukt for å komme til bunns i noe spesielt (ibid). I min masteroppgave er casestudie brukt for å undersøke usikkerhets- og kalkulasjonsmetoden til Kruse Smith.

Casestudiet har vært viktig for å legge grunnlag for forslag/utvikling til usikkerhets- og kalkulasjonsmodell for Kruse Smith.

4.4 Metodevalg og egnet verktøy

Hvilken metode som blir valgt i masteroppgaven avhenger av utviklet problemstilling og undersøkelsesdesign (Jacobsen, 2005).

Kvalitativ og kvantitativ tilnærming

Mens kvantitativ data opererer med tall og størrelser, opererer kvalitative data med meninger. Meninger er formidlet i hovedsak via språk og handlinger (Ian Dey, 1993 I: Jacobsen 2005 p.112).

Forskjellen mellom kvantitativ og kvalitativ tilnærming dreier seg altså om hvordan dataen blir innhentet. Kvalitativ metode legger i følge Jacobsen (2005) lite begrensninger på de svar en respondent kan gi. Metoden vektlegger detaljer og det unike ved hver enkel respondent. Forskeren får på denne måten mulighet til å undersøke spesifikke fenomen omkring temaet. Det er ikke gitte spørsmål og svaralternativer ved kvalitativ tilnærming. *Åpenheten* i denne tilnærmingen sikrer at man får frem riktig forståelse av et fenomen eller en situasjon.

Ifølge Jacobsen (2005) er kvalitativ tilnærming en tilnærming som er induktiv, dvs. at man undersøker et fenomen med et åpent syn, uten forhåndsbestemte hypoteser og teorier. Den er ofte forklart med setningen: *"veien blir til mens man går"*. Det gjør den kvalitative tilnærmingen svært fleksibel. Metoden er midlertidig tidkrevende, og ved datainnsamling må man foreta et valg mellom fokus på mange variabler eller mange enheter, altså et intensivt design.

Systemteoretisk tilnærming

Systemteori er en metodisk tilnærming med formål å bedre kunne beskrive et systems sammenheng. Den skal forklare et fysisk, psykisk eller et sosialt system, ved å se på hvordan systemet håndterer forandringer i spesifikke variabler (Lundequist, 1995).

Begrepet "feedback" er sentralt i denne modellen, og tar utgangspunkt i at en gjenstand vil påvirke omgivelsene, omgivelsene vil deretter påvirke gjenstanden igjen på en annen og ny måte (ibid).

Systemteori brukes når man vil finne effekten av en endring i en eller flere variabler. Tilnærmingen kan også brukes for å belyse ukjente variabler og måle effekten (årsaks-virkningssammenhengen) av dem. Målet er å samle detaljert informasjon slik at systemets oppførsel kan beskrives. Det er viktig med en detaljert analyse av de forhold og aktører som påvirker systemet og relasjonene mellom dem (ibid).

Innsamlingsverktøy som brukes er eksperiment ved modeller, og skal representere det systemet som undersøkes. Undersøkelsesprosessen kan også ha behov for annen type data. Da kan datainnsamlingsverktøy fra kvalitativ og kvantitativ tilnærming benyttes. For eksempel intervju, observasjoner osv.

Målet med datainnsamlingen er at det skal være input til min usikkerhets- og kalkulasjonsmodell. I utviklingen av modellen for min masteroppgave er det dermed viktig å definere systemet som skal undersøkes:

Systemet som undersøkes skal se på indre og ytre påvirkningsfaktorer som påvirker usikkerheten i kalkulasjonen og prosjektgjennomførelsen. Vi får da en årsak-

virkningssammenheng. For eksempelvis dersom været (ytre faktor) blir dårlig (snø), hvordan vil det påvirke variablene kostnader og tidsbruk.

Oppgaven vil nå rette fokus mot en detaljert gjennomgang av metodeverktøy som skal brukes for innsamling av data; trinnvisprosessen og kalkulasjonsverktøyet TRIKALK.

Trinnvisprosessen forklarer metoden som blir brukt for innsamling av empirisk data.

I min oppgave benytter jeg meg både av kvalitativ og kvantitativ datainnsamling, og analyserer dataene i henhold til min modell som er definert i mitt system.

4.5 Trinnvisprosessen

Dette del-kapittelet tar for seg metoden trinnvisprosessen, som er min konkrete metodikk for å samle inn data. Det finnes flere grunner for at det er behov for videreutvikling i hvordan planer og beslutningsgrunnlag blir utarbeidet på. Det er mange forhold som påvirker kvaliteten i beslutningene til beslutningstaker. I utviklingen av metoder, teknikker og verktøy må dette tas hensyn til. Ved å innføre en systematisk måte å håndtere informasjon på, vil man sikre bedre beslutninger, planer og styring i prosjekter. Trinnvisprosessen er en systematisk arbeidsmåte for planlegging (Klakegg, 1993).

Utviklingen av trinnvisprosessen har sine røtter i de grunnleggende ideene i suksessivprinsippet. Et prinsipp som er utviklet av Steen Lichtenberg ved Danmarks Tekniske Høyskole. Suksessivprinsippet ble utviklet for utarbeidelse av kalkyler (trinnvis kalkulasjon) og tidsplaner (trinnvis tidsplanlegging). Metoden har vært brukt i flere tiår, og i Norge er den blitt brukt av bedrifter i byggherre-, konsulent og entreprenørbransjen (Klakegg, 1993).

Hovedtrekkene ved suksessivprinsippet er (Austeng, Torp et al., 2005.):

- ”Alt” skal med.
- Utnytte gruppesynergier.
- Arbeide ”top-down”.
- Fokusere på usikkerhet.
- Basere på subjektive vurderinger og trippelanslag.
- Håndtere usikkerhetene ved hjelp av enkel systematikk og statistikk.

Klakegg (1993) fremholder følgende hovedtrekk:

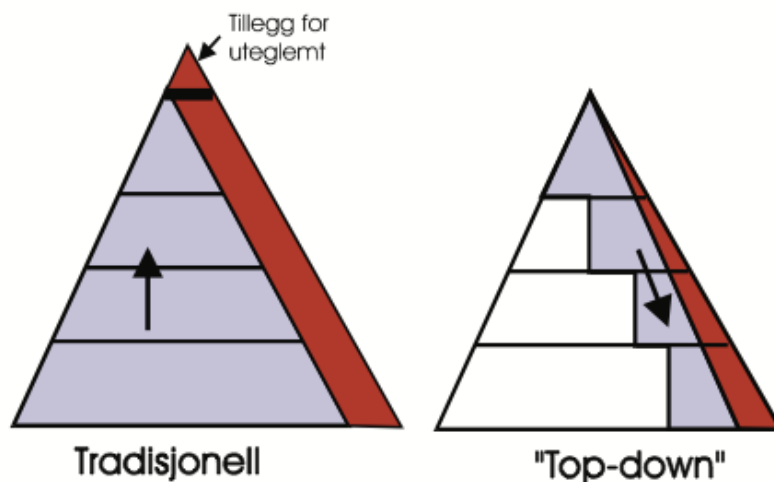
- Å få en oversiktlig nedbryting av problemet i starten til mer detaljert fokus etter behov.
- Estimering av usikre størrelser ved hjelp av subjektiv intuisjon og trinnvis kalkulasjon (trippelanslag).
- Bruk av statistiske regneregler kombinert med en enkel systematikk, slik at verktøyet skal kunne håndtere usikkerhet (Bayesisk statistikk).

I tillegg til hovedtrekkene fra suksessivprinsippet, legger trinnvisprosessen stor vekt på planleggingssituasjonen og arbeidet i ressursgrupper (ibid).

Gjennom planleggingsprosessen avdekkes forhold som er usikre i prosjektet. For å redusere usikkerheten ved planleggingen, innhentes trinnvis mer informasjon samtidig som man arbeider målrettet for å forbedre grunnlaget for vurderingene. Hovedmålet er å sikre bedre avgjørelser på alle plan (Austeng, Torp et al., 2005).

Styrken med trinnvisprosessen er at den utnytter de erfaringer planleggerne sitter på, deres intuisjon, opplysninger som fremkommer av prosjektet, og alle de andre utenforliggende forhold og vilkår som har innvirkning på prosjektet (Austeng, Torp et al., 2005.).

Ved en tradisjonell kostnadsanalyse vurderes kostnadene til det som er vurdert som kostnadsbærere, og det legges inn et ekstra usikkerhetspåslag på hvert element. Et generelt påslag tillegges for å dekke andre faktorer som kan påvirke kostnadsbildet (ibid). For å få en bedre oversikt av trinnvisprosessen forklares forskjellen mellom trinnvis planlegging og vanlig tradisjonell planlegging, kalt deterministisk planlegging. Den prinsipielle forskjellen mellom metodene er illustrert i figur 4-1.



Figur 3-1 Prinsipiell forskjell mellom Tradisjonell- og trinnvis "Top-down"-metode for estimering. (Austeng, Torp et al., 2005).

Den utpregede forskjellen mellom metodene er at i den tradisjonelle metoden tas usikkerheten i anslagene med til slutt som et "sikkerhetstillegg" ("*tillegg for uteglemt*" i figur 4-1).

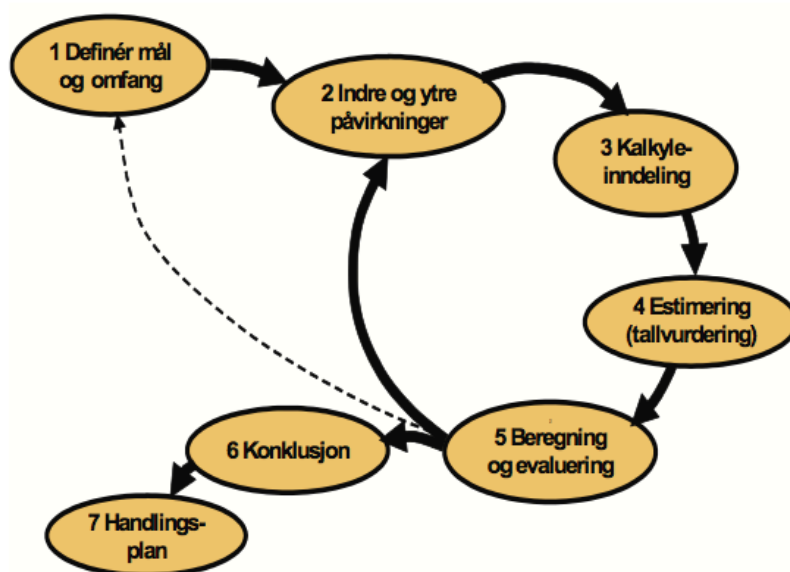
Estimeringene i metoden starter på bunnen og jobber seg oppover ("Bottom-up").

Trinnvismetode ("top-down") tar gjennom hele prosessen for seg usikkerheten i estimatene, slik at usikkerheten reduseres. Trinnvisprosessen har i større grad fokus på detaljering og gjør det mulig å hente ut informasjon på områder der muligheten er størst for å redusere risiko forbundet med prosjektet (Austeng, Torp et al., 2005).

Fremgangsmåten i trinnvisprosessen er illustrert i figur 4-2. Det er en iterativ prosess som går fra et definert startpunkt og videre inn i en spiral (steg 2-5), der man etter flere runder ender ut i konklusjon og en handlingsplan. Fordelen med å gjennomgå spiralen flere ganger er at ressursgruppen opparbeider seg mer informasjon, større bevissthet og kunnskap om prosjektet. Dette sikrer kvalitet og detaljeringsgrad i analysen. (Austeng, Torp et al., 2005).

Dermed vil man stadig nærme seg det overordnende målet: *En prosjektplan så god og realistisk som mulig* (Klakegg, 1993).

Fremgangsmåten i trinnvisprosessen er et forslag til hovedtrekkene i planleggingen. Man må dermed ikke se på metoden som et diktat på hvordan planleggingen skal gjennomføres. Ved stor usikkerhet knyttet til prosjekter og konsekvensen av kostnadsoverskridelse er stor, vil en detaljert gjennomgang av trinnvisprosessen være til god hjelp ved vurderinger og når beslutninger fattes (Klakegg, 1993).



Figur 3-2 Trinnvisprosessen (Austeng, Torp et al., 2005).

STEG 1 – Definere mål og omfang

Før igangsetting av planlegging må målsettingen for analysen tydelig defineres. Her må det tydelig avklares hva som skal bli drøftet i planleggingsmøtene. Formålet med vurderingene og analysene bør være kjent for de involverte parter i prosjektet, slik at fremdriften blir målrettet. Avgrensning av analysen er essensiell for at involverte parter vet hva som skal være med, og hva som kan utelates i planleggingen. Prosjektomfanget må være klart definert, slik at man forhindrer tvil om hvilke elementer som skal tas med (Austeng, Torp et al., 2005),

I fastsettelsen av forutsetningene (mål og omfang) for resterende steg i trinnvisprosessen, kan situasjonskartet være et godt hjelpemiddel. Et situasjonskart består av et antall forhold som viser ressursgruppens forståelse av de viktige faktorene, samt usikkerheten knyttet til dem. Et situasjonskart er nyttig fordi den setter i gang tankeprosessen rundt analysen hos de deltakerne i prosjektet. Den er gunstig fordi det gir mulighet til å kontrollere sluttresultatet, gir en oversikt over bakgrunnen for vurderingene som er blitt gjort, samt et godt supplement for å tolke resultatet som fremkommer av analysen (Austeng, Torp et al., 2005)

Ved innsamling av data vil jeg få ressursgruppen til å rette fokuset mot flere forhold, for eksempel:

- Klare mål – er målet og ambisjonsnivået definert klart nok?
- Marked – finnes det alternative løsninger og leverandører?
- Nytenkning – er det basert på kjente løsninger?
- Størrelse – er prosjektet relativt lite?
- Varighet – er antatt gjennomføringstid for prosjektet kort?
(Klakegg, 1993).
- Gjennomføringsintensitet – hvilke tidskrav foreligger på fremdrift?
(Austeng et al., 2005)

Spørsmålene er med på å avklare hvor stor risiko som er forbundet med prosjektet. Flere forhold ble dekket under innsamlingen av data i casestudiet Prosjekt Nybyen.

Gode og klare prosjektmål er viktig for å være klar over i hvilken retning man ønsker seg. Meland (2014) fremholder at målene bør være SMART(e), med det menes:

S – Spesifikke (veldefinerte)

M – målbare (finn alle måleparameterne)

A – Aksepterte (alle mot samme mål)

R – Realistiske (mulig å nå)

T – Tidsavgrensede (vite når målet skal nåes)

Det ble i dette steget benyttet både kvalitativ og kvantitativ datafangst. Data ble samlet ved at jeg stilte ressursgruppen forhåndsdefinerte spørsmål (kvantitativ datafangst) omkring de nevnte forholdene, med flere. Deretter observerte jeg hvordan ressursgruppen pratet og diskuterte de ulike forholdene. Jeg fungerte som en ordstyrer. Dataen jeg innhentet fremkom i form av ord og setninger (kvalitativ datafangst).

Steg 2 – Generelle forhold

Et av hovedstegene i trinnvisprosessen innebærer at alle generelle forhold skal vurderes. Her handler det om å identifisere alle utenforliggende vilkår og interne krefter som kan påvirke prosjektet og gjennomføringen av det (Klakegg, 1993). Målet blir å kunne angi de forhold, både indre og ytre, som er avgjørende for ressurser, tid og kostnad knyttet til prosjektet. Det

vil alltid foreligge usikkerhet knyttet til forhold som påvirker prosjektet. Den anbefalte og det mest effektive hjelpemiddelet for å avdekke forholdene er gjennom idédugnad med ressursgruppen. I tillegg kreves erfaring og dyktighet for å nærme seg målet (ibid). Etter idédugnaden vil det være nødvendig med en bearbeiding for å redusere antallet påvirkninger, da påvirkningene kan fremkomme med opptil 150 forhold (Austeng, Torp et al., 2005)

Klakegg (1993) fremholder at alle forhold som påvirker flere poster i kalkylen eller aktiviteter skal vurderes. Dette begrunnes med at alle aktivitetene/postene skal være statistisk uavhengige, da det foreligger en forutsetning for at de statistiske regnereglene som brukes i kalkulasjon av usikre størrelser skal være gjeldene.

Når de generelle forholdene er kartlagt blir neste oppgave å vurdere i hvilken grad de enkelte forholdene kan påvirke prosjektet. For å best mulig kunne vurdere påvirkningskraften, vil utnyttelsen av erfaringene ressursgruppen innehar være essensiell. Det er viktig for ressursgruppen at de har oversikt over hvilke erfaringer planleggerne besitter fra tidligere prosjekt. Ut fra dette må der vurderes hvordan forholdene vil utarte seg i det enkelte prosjekt. Tidligere erfaringer baserer seg på historiske hendelser, mens planleggingen i hvert enkelt prosjekt må basere seg på de aktuelle forholdene for at den skal bli så realistisk som mulig (Klakegg, 1993).

Kartlegging av generelle forhold ble gjennomført ved en idédugnad med ressursgruppen. Indre og ytre påvirkningsfaktorer knyttet til prosjektet ble foreslått, diskutert og vurdert i henhold til mitt definerte system. Forholdene som ble antatt å påvirke prosjektet ble vurdert av ressursgruppen med trippelanslag. Hovedmålet var å anslå i hvilken grad de enkelte forholdene påvirket prosjektet. Erfaringene som ressursgruppen satt på var viktig i innhenting av kvantitativ data.

Steg 3 – Inndeling struktur

Steg tre i trinnvisprosessen skal prosjektet deles inn i uavhengige kostnadsposter, eventuelt fastsettelse av en nettverksstruktur for tidsplanen om aktuelt. Inndelingen som kan ses på som en nedbrytingsstruktur er et viktig grunnlag for videre vurdering av kostnader og fremdriften i analyseprosessen. En meget grov inndeling foretas første gang trinnvisprosessen gjennomgår dette steget, da dette skal danne et godt utgangspunkt for videre detaljert inndeling på senere nivå. Trinnvisprosessen legger til rette for trinnvis mer detaljert inndeling der det er behov,

da steg 2-5 i analyseprosessen gjennomgås flere ganger (Klakegg, 1993). Det forutsettes at det fokuseres på de mest usikre elementene i kalkylen, og at det blir gjort et grundig og detaljert arbeid for at usikkerheten reduseres mest mulig. Inndelingen kan gjøres på flere måter. Eksempelvis gjennom kontoplan, bygningsdeler, areal typer, prosess, entrepriser, fag og produksjon. Det essensielle er at inndelingsprinsippet samsvarer med erfaringene som ressursgruppen innehar og prosjektet som sådan (ibid).

I kalkylen velger ressursgruppen om de vil gi anslag i form av rundsummer eller gjennom en faktor kalkyle, som tar for seg mengde/pris. Det er nødvendig å knytte inndelte aktiviteter sammen i et nettverk, kalt strukturplan. En strukturplan hjelper med å inkludere viktige logiske og nødvendige hensyn til rekkefølgen i planleggingen.

Nedbrytingsstrukturen for Prosjekt Nybyen ble utarbeidet og tilrettelagt for kalkulasjon etter "top-down"-metode. Den skulle være tilpasset for kalkulasjonsmetoden trinnvis kalkulasjon. Forslag til nedbrytingsstruktur ble diskutert med Kruse Smith for å komme frem til en velfungerende struktur for kalkulasjonen. Undersøkelse i form av intervju og observasjon var viktig for å fastlegge en tilpasset nedbrytingsstruktur. Det ble også foretatt litteraturstudie av ulike nedbrytingsstrukturer.

Steg 4 – Estimering

Ved estimering av kostnadene (aktivitetene/postene) knyttet til de indre og ytre påvirkningsfaktorene, skal det brukes et tredobbelt anslag (trippelanslag) for kostnader eller tid. I estimering av postene i kostnadsanalysen anslås verdiene i mengde og kroner, og ved estimering i tid fremkommer anslagene i tidsverdier. Påvirkningsfaktorene, både indre og ytre, i kostnadsanalysen kan anslås i kroneverdier eller i prosentvis påslag (Austeng, Torp et al., 2005). *Felles for anslagene av de indre og ytre påvirkningsfaktorene er at det må angis om de virker på hele analysen, eller kun på enkelte poster/aktiviteter* (Austeng, Torp et al., 2005 p.54).

Det skal også gjøres estimering av hendelser som kan oppstå i prosjektet. Hendelser er forhold som enten oppstår eller ikke oppstår (Austeng, Torp et al., 2005). Eksempler på hendelser er vinterstormer, konkurser osv. Påvirkningen av slike forhold kalles hendelsesusikkerhet, og størrelsen fremkommer av sannsynligheten for å inntreffe og den kostnadmessige konsekvensen av hendelsen for prosjektet (ibid).

Gjennom erfaring har det vist seg at planleggere har vanskeligheter med å akseptere at tilstrekkelig grad av usikkerhet eksisterer, og følgelig vil for sikre anslag foreligge. Vurderingene og anslagene kan bedres gjennom trening i bruk av metoden og anslagene (ibid). Klakegg (1993) foreslår at deltakerne først estimerer for dem selv, før de går sammen. Dette for å forhindre påvirkning og sikre at den virkelige usikkerheten blir belyst.

Det er ikke urealistisk å anta at det vil forekomme feil i anslagene eller forutsettingene i kostnadsestimatet eller tidsplanen. Totalresultatet vil likevel sørge for at det blir tilnærmet rett, da feilene slår både positivt og negativt ut i forhold til de forventede størrelsene. Dette blir kalt "*de store talls lov*" (ibid).

For å sikre at anslagene i casestudiet ikke ble for snevre, ble ressursgruppen satt sammen av fagfolk med ulik bakgrunn og kjennskap til prosjektet. Ressursgruppen var samlet da estimeringen av kostnadsposter og påvirkningsfaktorer i prosjektet ble gjennomført. Estimeringen av Prosjekt Nybyen tok utgangspunkt i den fastlagte nedbrytingsstrukturen som hadde blitt bestemt. Anslagene ble gjort ved at alle var til stede og kunne komme med synspunkter på minimum, maksimum og mest sannsynlig verdi på hver post. Min rolle i var å lede sekvensen, samt plote inn anslagene i kalkulasjonsverktøyet TRIKALK. Bruken av TRIKALK underveis i analysesekvensen gjorde det mulig for ressursgruppen å se hvilke utslag anslagene gav. Innsamling av data var krevende da den krevde observasjon, intervju i form av spørsmål underveis, veiledning av anslagsmetoden og innhenting av tallmateriale som ble anslått.

Steg 5 – Kalkulasjon og evaluering

De tre estimerte anslagene (minimums-, mest sannsynlige, og maksimumsverdi) for hver post/aktivitet skal i dette steget knyttes til en fordelingsfunksjon. *Erlangfunksjonen*, som også ble omtalt i kapitlet om trinnvis kalkulasjon, er den mest brukte og er en høyreskjev fordeling. I min datafangst blir erlangfunksjonen brukt som fordelingsfunksjon.

Som tidlige omtalt har undersøkelser vist at valg av fordelingsfunksjon har liten innvirkning på sluttestimater. Da usikkerheten knyttet til subjektive vurderinger er vesentlig større enn usikkerheten knyttet til valg av fordelingsfunksjon.

Poster eller aktiviteter som har blitt satt sammen i en nedbrytingsstruktur, har av ressursgruppen fått anslag på nedre (minimumsverdi), øvre (maksimumsverdi) og mest sannsynlige verdi. For å finne resultater på bakgrunn av disse, må planen gjennomregnes ved bruk av et egnet dataverktøy. Ved bruk av riktig dataverktøy blir usikkerhet hensyntatt på en avansert måte ved summering av postene. Verktøyene tar ved hjelp av statistiske metoder eller simuleringsverktøy høyde for usikkerheten i anslagene og tillegger det planen.

Resultatene som fremkommer gjennom analyseprosessen må evalueres. Essensielle spørsmål bør stilles for å avklare om kostnadsoverslaget bør bearbeides. Eksempel er gjengitt fra Austeng, Torp et al. (2005):

- Er det forhold ved planen (definisjon, inndeling, generelle forhold eller ressurstildeling) som virker urimelig eller urealistisk?
- Har alle generelle forhold/poster/aktiviteter blitt tatt med?
- Bør nye generelle forhold vurderes eller gamle vurderinger endres?
- Er alle opplysninger som er kjent på kalkyletidspunktet hensyntatt?
- Er planen detaljert nok?
- Er planen sikker nok?
- Kan man oppnå en sikrere plan?

Svarene på spørsmålene er avgjørende for fremdriften. Dersom det kommer frem at planen ikke er sikker eller detaljert nok, må man gå mer detaljer til verks for å avdekke forhold hos de usikre påvirkningsfaktorene. Om planen vurderes som god nok, går man videre i trinnvisprosessen (steg 6) og forlater spiralen, som omfatter steg 2-5 (ibid).

Gjennomgåelse av steg 2-5, gjør at analysen blir mer detaljert og presis. Gjennom en nedbrytingsstruktur blir postene/aktivitetene delt i mindre og definerte deler. Økt detaljering gjør det lettere å sette sikre størrelser på kostnader og tid. Trinnvisprosessen er en iterativ prosess og i realiteten blir steg 2-5 gjennomgått flere ganger. Et systematisk arbeid for å oppnå en sikrere plan (Klakegg, 1993).

Ved estimering og kalkulasjon av Prosjekt Nybyen ble anslagene kontinuerlig evaluert etter hvert trinn. Dersom utslagene viste seg å være urealistiske gikk vi mer detaljert til verks.

Essensielle spørsmål ble stilt for å sjekke om kostnadsoverslaget skulle bearbeides. Datafangsten var i stor grad kvantitativ med fokus tallmateriale.

Steg 6 – Konklusjon

Konklusjoner kan trekkes når planen er tilstrekkelig detaljert. Målene som ble definert for planleggingen, resultatene som fremkommer av S-kurven, prioriteringslisten og andre vurderinger som er gjort i planleggingsprosessen, danner grunnlaget for konklusjonene. Svært mye relevant informasjon vil fremkomme dersom trinnvisprosessen er gjennomført systematisk og om dokumentasjon er blitt sikret underveis. I konklusjonen skal det fremkomme i hvilken grad planleggingen skal følges opp og svar på eventuelle problemstillinger skal fastsettes (Austeng, Torp et al., 2005).

Steg 7 – Handlingsplan

En handlingsplan lages i de aller fleste tilfeller. Med utgangspunkt i indre og ytre påvirkningsfaktorer, samt en prioriteringsliste som identifiserer de viktigste risikoelementene og forbedringsområdet, lages en handlingsplan. I handlingsplanen fremkommer anbefalinger for å møte utfordringene som måtte komme fra indre og ytre påvirkningsfaktorer (Austeng, Torp et al., 2005)

4.6 Validitet og reliabilitet

Uavhengig av metodisk tilnærming som blir valgt er det fare for at resultatene som fremkommer er skapt av måten undersøkelsen er gjennomført på (ibid). Kravene til empiri bør derfor tilfredsstilles:

- Empirien skal være gyldig og relevant (valid).
- Empirien skal være pålitelig og troverdig (reliabel).

(Jacobsen, 2005)

Validitet betyr at vi faktisk måler det vi ønsket å måle, at det vi har målt oppfattes som relevant, og at det som er målt hos noen få gjelder for flere. Det skilles mellom intern og ekstern gyldighet. Intern gyldighet går på om vi faktisk måler det vi tror vi måler, mens ekstern gyldighet sier noe om i hvilken grad et funn på et avgrenset område, også er gyldig i andre sammenhenger (ibid).

Reliabilitet går på dataens pålitelighet og troverdighet. Det som er undersøkt må være til å stole på. Undersøkelsen bør derfor være gjennomført på en troverdig måte.

Kruse Smiths kalkulatorer som har deltatt i undersøkelsesprosessen har god kunnskap om kalkulasjon og det som skal undersøkes. Den innsamlede empirien anses derfor å være gyldig og relevant. Det at prosjektet allerede er kalkulert i forkant av ny datainnsamling styrker validiteten i det vi måler.

Den innsamlede empiriens pålitelighet og troverdighet bør vurderes. Siden Kruse Smith hadde foretatt en kalkyle av prosjektet var det fare for at fokuset ble rettet mot eksisterende tall, og at anslagene i forhold til minimum- og maksimumsverdiene ble for snevre. Anslagene beror på 1/99 kvantiler som er beskrevet i avsnitt 4.7.

Det var viktig for meg i forkant av estimeringsprosessen å tydeliggjøre for involverte parter at anslagene brukte 1/99 kvantiler, for å sikre størst mulig pålitelighet og troverdighet til undersøkelsen. De involverte parter hadde på den andre siden ingen intensiver som skulle tilsi at de ikke ønsket pålitelige og troverdige resultater. Reliabilitet er høy hvis en undersøkelse gjøres flere ganger og man ender opp med forholdsvis like resultater.

4.7 Analyse- og kalkulasjonsverktøyet TRIKALK

I casestudiet av Prosjekt Nybyen er TRIKALK brukt som kalkulasjonsverktøy.

Dataprogrammet TRIKALK er utviklet ved Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH, høsten 1992. TRIKALK er et kalkulasjonsverktøy for trinnvis kalkulasjon som har utspring i Steen Lichtenbergs metode trinnvisprosessen (NTH, 1993), som er gjennomgått. TRIKALK utfører stokastiske beregninger og danner et detaljert grunnlag for videre analyse. Programmet tar utgangspunkt i 1/99 kvantiler, som betyr at sannsynligheten er 1% for at kostnadene blir lik eller mindre en minimumsverdien, og at sannsynligheten er 1% for at kostnadene blir lik eller større en maksimumsverdien. utfordringene under kalkulasjonen er å trekke yttergrensene maksimalt, slik at alle forholdene blir dekket. TRIKALK fører resultatene i hvert trinn tilbake til trinn 1. Dette sikrer at summen hele tiden oppdateres og nye prioriteringer blir kalkulert fortløpende (Austeng & Hugsted, 1995).

5 Modelltesting og analyse av Prosjekt Nybyen

Oppgaven retter nå sitt fokus mot modelltesting og analyse av Prosjekt Nybyen. Prosjekt Nybyen er valgt som casestudie for gjennomførelse av metodeverktøyet trinnvisprosessen. Analysen av casestudiet Prosjekt Nybyen fokuserer på usikkerhetsanalyse og kalkulasjon knyttet til totale investeringskostnader for Prosjekt Nybyen. Forvaltning-, Drift- og Vedlikeholdskostnader vil ikke tas med i kalkulasjonen da det er kostnader som er knyttet til eiendomssiden i Kruse Smith.

5.1 Formålet med usikkerhetsanalysen

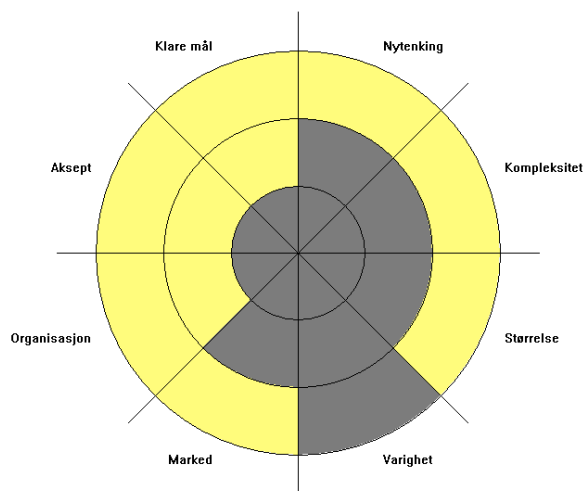
Gjennom trinnvisprosessen for Prosjekt Nybyen har målet vært å gi et helhetlig bilde av de totale investeringskostnadene, samt identifisere usikkerhetsmomentene som fremkommer av prosjektet. Usikkerhetsmomentene kan både være muligheter og trusler knyttet til prosjektet. Målet er at usikkerhetsanalysen skal ende opp med et forventet resultat (forventningsverdi) hvor hendelses- og estimatusikkerhet er tatt i betraktning.

5.2 Forutsetninger for analysen

- Merverdiavgift inngår i beregningene i analysen (forutsetter 25% mva på alt, som er en sannhet med modifikasjoner)
- Kalkulasjons og metodeverktøyet TRIKALK er brukt i usikkerhetsanalysen, analysen inneholder derfor de eventuelle begrensningene verktøyet innehar.
- Avgrenser oppgaven til investeringskostnadene og ser bort i fra forvaltings-, drifts- og vedlikeholds kostnader knyttet til Prosjekt Nybyen.
- Avgrenser oppgaven til entreprenør siden i Kruse Smith AS. Usikkerhetsmomenter knyttet til eiendomssiden i prosjektet vil blir tillagt ingen eller liten vekt. For eksempel eiendomsmarkedet, utleie av næringslokaler og FVD kostnader.
- Ser bort fra prisstigning og bygger på dagens prisnivå 24. april 2015.

5.3 Situasjonsskartet

Situasjonsskartet er et hjelpemiddel i kartleggingen av ressursgruppens intuitive oppfattelse av de viktigste faktorene i prosjektet, samt usikkerheten knyttet til dem. Hver faktor tillegges en usikkerhet rangert fra 1-3, hvor 3 utgjør høy usikkerhet, mens 1 utgjør lav usikkerhet i prosjektet. Situasjonsskartet setter i gang tankeprosessen rundt analysen hos deltakerne i prosjektet og vil ikke være en del av resultatet som fremkommer av analysen, men en påpekning av hva som bør fokuseres. Situasjonsskartet for Prosjekt Nybyen er illustrert i figur 5-1.



Figur 5-1 Situasjonsskartet for Prosjekt Nybyen (TRIKALK)

5.4 Ressursgruppen

Ved casestudiet og utførelsen av usikkerhetsanalysen av Prosjekt Nybyen besto den nye ressursgruppen av følgende personer:

Anders Larsen	(Avd. leder PU)
Egil Lunden	(Prosjekteringsleder)
Odd Werner Nordli	(Kalkulator)
Odd Helge Dovland	(Kalkulator)
Mads O. Myhrstad	(Student)

Ressursgruppens intuitive forståelse og beskrivelse av Prosjekt Nybyen:

- Klare mål -* Prosjektets mål oppfattes av Kruse Smith som tydelig og klart. Hovedmålet er å tjene penger på prosjektet og ha lavest mulig kostnader knyttet til utvikling og bygging, gitt tilfredsstillende kvalitet. Mål om fortjeneste i % eller sum foreligger ikke. Målet er å ferdigstille prosjektet på 18 måneder etter byggestart. Målene oppfattes ikke som SMART(e).
- Nytenkning -* Prosjektet krever en middels høy grad av nytenkning. Industrialisering og stor grad av ferdigstilte elementer (prefabrikkerte) ligger til grunn for vurderingen, noe som er nytt i byggeprosjekter for Kruse Smith. Det foreligger erfaringstall på noen flere områder. Men en så stor grad av prefabrikkering skaper en viss usikkerhet.
- Kompleksitet -* Prosjektet vurderes som middels komplekst. Bygget inneholder en varierende grad av kompleksitet, da det skal inneholde både næringslokaler, bolig og parkeringskjeller. Bygget anses som relativt stort og høy grad av prefabrikkerte elementer er med på å gjøre prosjektet middels komplekst.
- Størrelse -* Prosjektet oppfattes som middels stort, og kanskje nærmere stort. Prosjektet antas å ligge på nærmere en kvart milliard kroner, som for Kruse Smith er relativt stort. Det vil dermed være en del usikkerhetsmomenter knyttet til størrelsen.
- Varighet -* Prosjektets varighet med byggetid på 18 måneder anses som svært kort. Det er knyttet stor usikkerhet til hvordan prosjektet skal kunne fremstilles så fort som planlagt. Omsetning per BTA i løpet av en måned er veldig høy. Kruse Smith har legger til grunn at mye tidsbruk i prosjektering og planlegging, samt mange prefabrikkerte elementer skal muliggjøre ferdigstillelse på den korte tiden. Risiko anses som svært høy.

Marked - Usikkerhet knyttet til markedet anses som middels stor. For tiden er underentreprenør markedet svært bra for Kruse Smith som totalentreprenør, men det er usikkerhet knyttet til hvordan markedet vil være når prosjektet settes i gang.




Organisasjon - Usikkerhet knyttet til organisasjonen anses som svært lav. Kruse Smith har høy kompetanse og erfaring innenfor bygge bransjen og utvikling av eiendom.

Aksept - Det foreligger liten usikkerhet knyttet til løyver, formaliteter etc. Alt av reguleringer er akseptert og prosjektet kan startes opp når Kruse Smith er klare.

Kruse Smith peker på følgende elementer som spesielt usikre i Prosjekt Nybyen:

- Grunnforholdene (leire etc.)
- Underentreprenører (størrelse, likviditet, fare for konkurs, kvalitet)
- Estimering av tømmer
- Markedet (ifht. underentreprenører – priser etc.)
- Uteglemte elementer i kalkylen.

5.5 Prioriteringsmatrise

	Tid	Kostnad	Kvalitet
Låst			
Optimalisere			
Akseptere			

Figur 5-2 Prioriteringsmatrise (Meland, 2014)

Prioriteringsmatrisen er en matrise som viser prioriteringene til ressursgruppen i prosjektet. Kruse Smith må prioritere tid, kostnad og kvalitet. Prioriteringene til prosjektet fremkommer av målene til prosjektet. Kruse Smith mener prioriteringene som fremkommer i matrisen er forenelig med Prosjekt Nybyen. For Kruse Smith er det viktigste at de tjener penger på prosjektet, kostnad blir dermed låst. Kvaliteten på utførelsen skal tilfredsstillende kravene til en billigst mulig pris. Det er midlertidig viktig at kvaliteten er god nok, slik at kostnader i forbindelse med feiloppsettinger ikke påløper i etterkant. Kvalitet skal derfor optimaliseres. Tidsbruken skal aksepteres. Det foreligger ingen krav til ferdigstillelse, selv om prosjektet har som mål å ferdigstilles innen 18 måneder etter byggestart.

5.6 Kostnadsestimat og prosjektering av Prosjekt Nybyen

For Prosjekt Nybyen foreligger det allerede en estimert kalkyle utført av kalkulatører i Kruse Smith (vedlegg 4). Dette er en ulempe og byr på utfordringer knyttet til kalkulasjonen av casestudiet Prosjekt Nybyen, hvor vi bruker trippelanslag etter trinnvis kalkulasjon og trinnvisprosessen. Faren for at yttergrensene ble bedømt for snevert og ikke dekker den reelle usikkerheten er dermed stor.

Det estimerte kostnadsanslaget som er utført av Kruse Smith etter deres kalkulasjonsmetode er beregnet til ca. 210 millioner kroner. Risikopåslaget utgjør ca. 5,5 millioner kroner, som ifølge Kruse Smith skal dekke uteglemte elementer i kalkulasjonen, usikkerhet foreligger og feilberegninger knyttet til mengde og pris, samt hendelser som kan oppstå.

Prosjekt Nybyen er ifølge Dovland i forprosjektfasen. Geometrisk plan på innvendig oppdeling foreligger, det vil si tegninger av vegger og bygg. Det mangler detaljering og arbeidstegninger i denne fasen. Systemvalg foreligger.

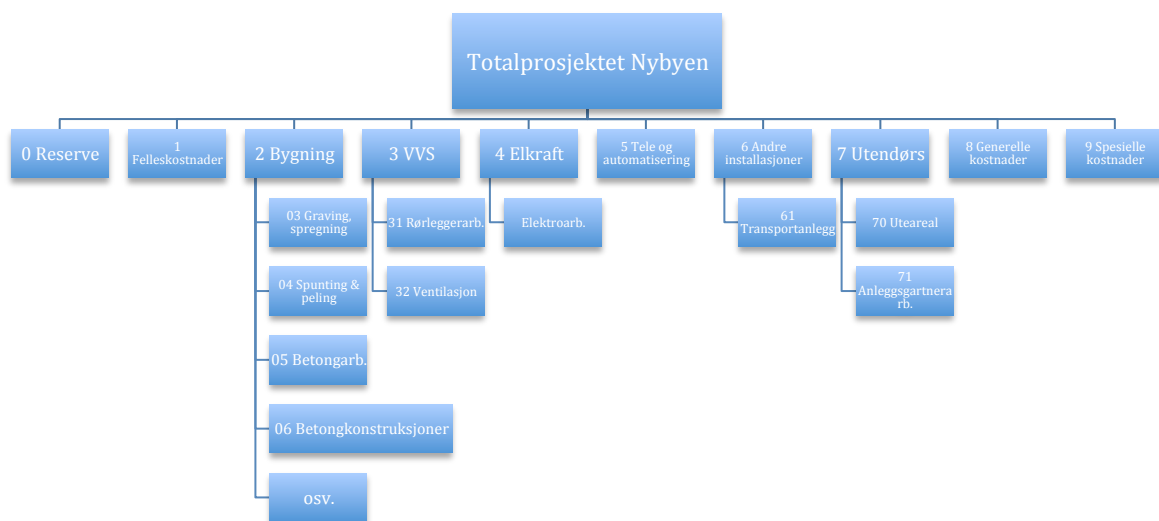
5.7 Nedbrytingsstrukturen i casestudiet Prosjekt Nybyen

Ved utarbeidelsen av nedbrytingsstruktur for kostnadene knyttet til kalkulasjonen av Prosjekt Nybyen ble en nedbrytingsstruktur fastlagt, med bakgrunn i trinnvisprosessen som metodeverk. I det følgende vil nedbrytingsstrukturen bli presentert.

Utgangspunktet for nedbrytingsstrukturen var at trinnvisprosessen brukes som modell i usikkerhetsanalysen og kalkulasjonen i casestudiet. trinnvisprosessen tar utgangspunkt i en ”top-down”-metode. Prosessen har i større grad fokus på detaljering og fokuserer på de områder der muligheten er størst for å redusere risikoen forbundet med prosjektet (Austeng, Torp et. al., 2005). Det er derfor nødvendig med en passende nedbrytingsstrukturen for kalkulasjonen. Den fastlagte nedbrytingsstrukturen for kalkulasjonen starter med et grovt oversiktsbilde og går mer detaljert til verks etter hvert.

Nedbrytingsstrukturen starter og tar utgangspunkt i totalprosjektet Prosjekt Nybyen (nivå 1). Her vil de totale investeringskostnadene til prosjektet fremkomme. Videre blir denne brutt ned i bygningsdelstabellen på ensifret nivå (nivå 2) i henhold til Norsk Standard. Dette med bakgrunn i at det er en hensiktsmessig inndeling av bygning og installasjonsdeler i bransjen vi opererer i. Bygningsdelstabellen kan også ses på som en overordnet samling av fagområder på underordnende nivå.

Deretter blir kalkulasjonen brutt ned på tosfret nivå (nivå 3) etter en kombinasjon av NS3451 og NS3450 (vedlegg 1 og 2). På dette nivået (nivå 3) er kalkulasjonen delt inn etter fagområder. Her ble det vurdert om vi skulle dele opp hvert fagområde i egetarbeid og arbeid utført av underentreprenører. Dette med bakgrunn i at det foreligger ulik usikkerhet knyttet til egetarbeid og arbeid utført av underentreprenører og påslaget for usikkerhet er ulik. Etter diskusjon med Kruse Smith falt vi likevel på at dette ikke var nødvendig. Vi valgte å se på hvert fagområdet under ett, som Kruse Smith vanligvis gjør, selv om både Kruse Smith har egetarbeid og underentreprenør knyttet til noen fagområder. Figur 5-3 illustrerer nedbrytingsstrukturen for kalkulasjonen brukt i casestudiet Prosjekt Nybyen.



Figur 5-3 Illustrasjon av nedbrytingsstrukturen for kalkulasjon brukt i casestudiet Prosjekt Nybyen

5.8 Estimering

Estimering av kostnadene i Prosjekt Nybyen er selve kjernen i usikkerhetsanalysen og kalkulasjonen. Estimeringen baserer seg i stor grad på ressursgruppens intuisjon, subjektive vurderinger og erfaringsgrunnlag. Selve estimeringen tar for seg hvert enkelt element på ulike nedbrytingsnivå. Hvert element blir vurdert med tre verdier; nedre verdi, øvre verdi og en mest sannsynlig verdi. Tripplestimatet som er forklart i avsnittet om trinnvis kalkulasjon, skal sørge for at de mest usikre elementene vil fremkomme i analysen. Fokuset vil dermed bli rettet mot usikkerhetsmomenter knyttet til elementene med høyest usikkerhet.

5.9 Kostnadsestimering

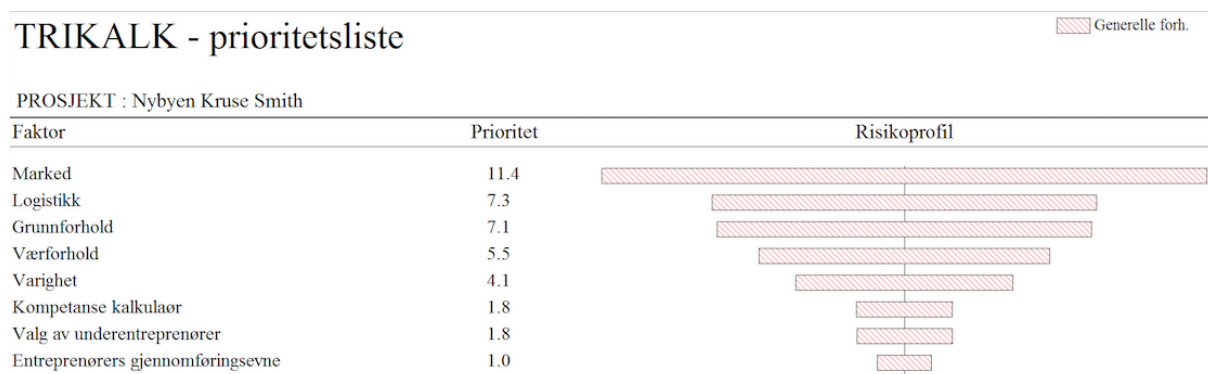
Ved estimering av kostnadene kan usikkerhet reduseres ved å detaljere i større grad. I casestudiet for Prosjekt Nybyen har vi i estimert kostnader etter den planlagte nedbrytingsstrukturen. Anslagene våre (vedlegg 7) gjennom prosessen har lagt grunnlag for videre behandling og vurdering. Det er viktig å påpeke at detaljeringen i Prosjekt Nybyen har tre trinn. Trinn en omfatter detaljering av kostnadene til det totalprosjektet Nybyen. Trinn to detaljerer kostnadene etter bygningsdelene og trinn tre detaljerer kostnadene tilknyttet fagområder (som vist i nedbrytingsstrukturen).

I figur 5-6 fremkommer prioritetslisten som viser de mest usikre postene knyttet til estimeringen, medregnet generelle forhold (trinn 3). Her fremkommer også størrelsen på usikkerhetene. Dette gir en indikasjon på hvilke forhold som bør vurderes mer detaljert, noe som gjøres trinn for trinn. Prioritetslisten gjør det lettere å se hvor fokuset må rettes for å redusere usikkerheten knyttet til Prosjekt Nybyen. De mest usikre postene vil nå bli vurdert og diskutert.

5.10 Vurdering av generelle forhold

Et av stegene i trinnvisprosessen er vurdering og identifisering av de generelle forhold i prosjektet. En vurdering av dem er nødvendig før kalkulasjonen av Prosjekt Nybyen blir igangsatt og situasjonskartet (figur 5-1) er et hjelpemiddel i vurderingene. Generelle forhold omfatter alle utenforliggende vilkår og interne krefter som kan påvirke prosjektet og gjennomføringen av det (Klakegg, 1993). Drøs og diskusjon i ressursgruppen var viktig for å identifisere de generelle forholdene til Prosjekt Nybyen. De generelle forholdene blir i oppgaven presentert med innhold og deres estimerte påvirkningskraft på prosjektet. Hvert forhold blir på samme måte som kostnadselementene estimert med et trippelanslag. Anslagene skal vise den prosentvise påvirkningen forholdene kan ha på prosjektet. Noen av forholdene kan både slå positivt og negativt ut, avhengig av hvordan de vil operere.

I figur 5-5 fremkommer de generelle forholdene som ressursgruppen mener påvirker den totale investeringskostnaden i Prosjekt Nybyen.



Figur 5-4 Prioritetsliste generelle forhold (TRIKALK)

Varighet

Prosjektets varighet er et forhold som kan påvirke prosjektet og utgjør 4.1% av den totale usikkerheten for investeringskostnaden. Høy grad av planlegging i forkant og god styring skal sørge for at prosjektet ferdigstilles på 18 måneder. Dett er et stramt tidsskjema og erfaring med så kort arbeidstid på et så stort prosjekt er liten, likevel mener Kruse Smith at dette skal være mulig grunnet høy grad av prefabrikkerte elementer og planlegging.

Forventningsverdien til varighet er 1.0, som betyr at de totale investeringskostnadene ikke forventes å øke, 0%. Standardavviket er 0.013

Værforhold

Værforhold utgjør 5.5% av den totale usikkerheten for investeringskostnaden i Prosjekt Nybyen. Værforholdene gjennom prosjektets levetid vil ha betydning for fremdriften i prosjektet. Prosjektets korte varighet krever at man ikke får en tøff vinter med mye snø, da dette kan føre til en negativ effekt på fremdriften og muligens en økonomisk ulempe i forhold til kostnader. Forventningsverdien på denne faktoren er 1.009, og standardavviket er 0.015.

Marked (underentreprenører)

Entreprenørmarkedet er et forhold det er knyttet stor usikkerhet til i prosjektets investeringskostnad, og utgjør hele 11.4%. Kruse Smith som totalentreprenør innhenter mesteparten av arbeidet sitt fra underentreprenører. Prosjektets totalkostnad vil være sterkt påvirket av priser fra underentreprenørene. Dovland påpeker at slik som markedet er i dag, hvor det er høyere konkurranse hos underentreprenørene og gode priser, vil kostnadene være lave. Han anslår at markedet har vært slik de to siste årene. Usikkerheten er derimot stor da man ikke vet hvordan markedet vil endre seg før prosjektets oppstart. Forventningsverdien er satt til 1.00 med et standardavvik på 0.022. En mulighet for å utnytte det gode markedet kan være å inngå kontrakter nå, men siden detaljer i prosjektet ennå ikke foreligger kan det også være en stor risiko å signere kontrakter tidlig.

Logistikk

Logistikk går på usikkerhet til hvordan ulike elementer skal fraktes inn og oppbevares i sentrum. Faktoren utgjør 7.3% av den totale usikkerheten. Den tette bebyggelsen i sentrum gjør at alt som skal inn i bygget må oppbevares på selve tomten. Utfordringene kan dermed være store, da mange elementer skal inn på relativt kort tid. Usikkerheten blir dermed stor knyttet til den praktiske utførelsen. Forventningsverdien er 1.004 og standardavviket 0.017.

Grunnforhold

Det vil ofte herske stor usikkerhet til grunnforholdene, og i Prosjekt Nybyen er grunnforholdene svært usikre. Faktoren utgjør 7.1% av den totale usikkerheten. Av erfaring vet Kruse Smith at grunnforholdene i området er dårlige og inneholder mye leire. Det er foretatt liten grad av grunnundersøkelser per dags dato. Dersom det viser seg gjennom supplerende undersøkelser at grunnforholdene er dårligere enn antatt, vil dette påvirke prosjektet negativt og det må brukes store ressurser og kostnader på fundamenteringen. Forventningsverdien er 1.004 og standardavviket 0.017.

Kompetanse kalkulator

For kalkulering av Prosjekt Nybyen har Kruse Smith brukt sine antatt beste kalkulatorer med stor og bred erfaring fra tidligere byggeprosjektet. Det vil likevel herske en viss usikkerhet til nøyaktighet når det gjelder mengder, pris og uteglemte elementer. Usikkerheten knyttet til kalkulators kompetanse utgjør 1.8%. Forventningsverdien er 1.0 og standardavviket 0.009.

Valg av underentreprenører

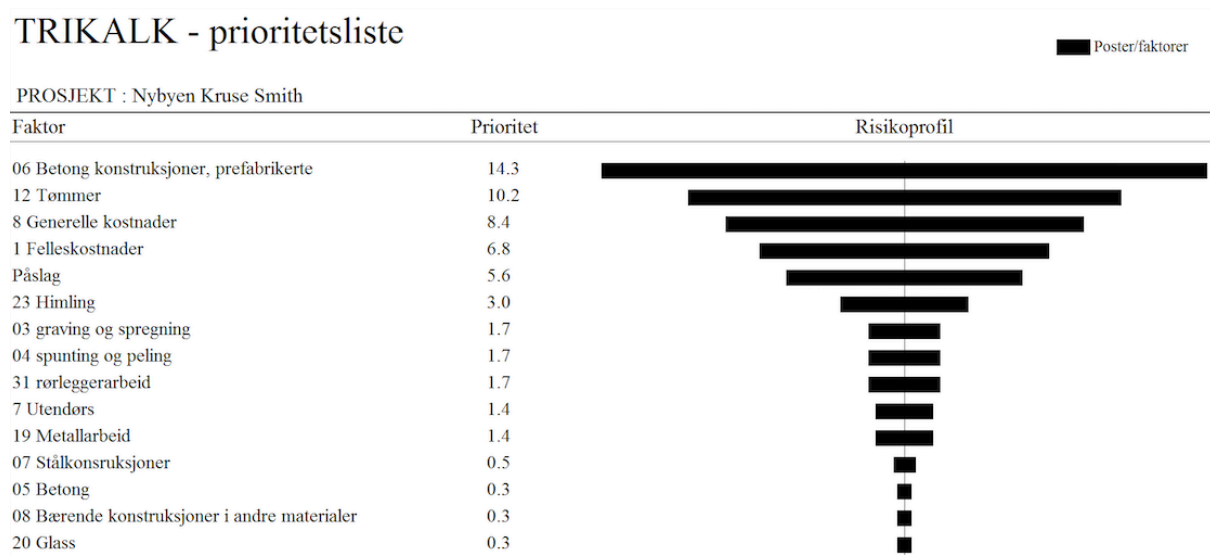
Utvelgelse av underentreprenører er betydningsfullt for prosjektet. Usikkerheten til denne faktoren utgjør 1.8%. Når omtrentlig 70% av det totale arbeidet i Prosjekt Nybyen utføres av underentreprenører, er det viktig at de kontraktmessige forholdene blir avklart. På et så tidlig stadiet som Prosjekt Nybyen er ikke kontraktene detaljert og signert. Det foreligger usikkerhet knyttet til diskusjoner omkring endringer i kontraktene, samt ekstrakostnader knyttet til tillegg. Forventningsverdien er 1.004, mens standardavviket er 0.009.

Entreprenørers gjennomføringsevne

Gjennomføringsevnen til underentreprenørene er viktig i Prosjekt Nybyen som skal ferdigstilles på relativt kort tid. Knapp tid kan føre til at det blir utførte lettvinte løsninger fra underentreprenørene, som er svært kostbart å rette opp i ettertid. Tilfredsstillende kvalitet er derfor viktig gjennomføringen og prosjektet for øvrig. Fare for konkurser hos underentreprenørene kan påvirke gjennomføringsevnen i prosjektet. Det er dermed viktig for totalentreprenøren Kruse Smith at det tas med i utvelgelsen av underentreprenører. Usikkerheten knyttet til gjennomføringsevnen utgjør 1 %. Forventningsverdien er estimert til 1.002 og standardavviket er 0.007.

5.11 Vurdering av estimerte poster

Av prioriteringslisten (figur 5-5) fremgår det hvilke poster som utgjør størst usikkerhet knyttet til investeringskostnadene. Prioriteringslisten gir oss en oversikt over hvor det kan iverksettes tiltak for å redusere usikkerheten. Postene det er knyttet størst usikkerhet til vil nå bli belyst nærmere. De er for øvrig detaljert ned til trinn 3 i kalkulasjonen.



Figur 5-5 Prioritetslisten for estimatusikkerhet (TRIKALK)

06 Betong konstruksjoner, prefabrikkerte

Betong konstruksjoner, som er prefabrikkerte utgjør 14,3 % av den totale usikkerheten knyttet til investeringskostnadene, og er den posten det er knyttet mest usikkerhet til ut i fra beregningene. Forventningsverdien til posten er 1640 kroner per m². Standardavviket er på 280 kroner per m² og utgjør usikkerheten på posten. Minimumsverdien ble satt til 1200 kroner per m², mens maksimumsverdien ble vurdert til 2500 kroner per m². Mest sannsynlig verdi ble vurdert til 1500 kroner per m².

Erfaringen Kruse Smith sitter med er at betong konstruksjoner er relativt enkelt å estimere, både i forhold til mengde og pris. At betongkonstruksjoner topper prioriteringslisten kommer ikke som noen overraskelse, da betongkonstruksjoner er antatt å være den største posten i prosjektet. Små utslag i mengde eller pris vil påvirke prosjektets totale investeringskostnad. Den store graden av prefabrikkerte betongkonstruksjoner minsker ifølge Kruse Smith usikkerheten, da det foreligger tilbud fra underentreprenører. Så stor grad av prefabrikkerte betongkonstruksjoner som er planlagt i prosjektet har aldri blitt brukt i Kruse Smiths

prosjekter. Tilbud fra underentreprenører står som regel i 90 dager og vil mest sannsynlig gå ut før kontraktsinngåelse. Likevel er vanlig praksis at totalentreprenør ber om at vedståelsesfristen (tilbudet) forlenges.

12 Tømmer

Tømmer utgjør 10,2 % av den totale usikkerheten i investeringskostnadene.

Forventningsverdien er estimert til 1240 kroner per m², med et standardavvik på 240 kroner per m². Minimumsverdien ble vurdert til 900 kroner per m², maksimumsverdien 2000 kroner per m² og mest sannsynlige verdi til 1100 kroner per m². Tømmer er ifølge Kruse Smith den posten som er vanskeligst å anslå og viser seg i vurderingene av ekstremalverdiene. Dovland mener grunnen er at de ikke innhenter tilbud på tømmer fra underentreprenører, da det er et område Kruse Smith har egne fagfolk til å utføre. Kruse Smith kan se på tidligere utførte prosjektet og bruke erfaringstall for å estimere bedre, men de har ingen dataprogram som viser en gjennomsnittskost eller lignende på dette fagområdet. Det at tømmer er en av de største kostnadspostene i prosjektet gjør at den ender høyt oppe på prioriteringslisten. Erfaringsmessig er det på denne posten Kruse Smith bommer mest i anslag og estimeringen, ifølge Dovland.

8 Generelle Kostnader

Generelle kostnader som omfatter prosjekteringskostnader utgjør 8,4 % av den totale usikkerheten i investeringskostnaden. Forventningsverdien til de generelle kostnadene ble estimert til 1000 kroner per m², der den vurderte minimumsverdien var 500 kroner per m², maksimumsverdien 1500 kroner per m² og mest sannsynlige verdi 1000 kroner per m². Standardavviket ble estimert til 220 kroner per m². Grunnen til at denne posten kommer høyt oppe på prioriteringslisten er at det er en stor kostnadspost med mange ulike aktiviteter. Aktivitetene består i stor grad av rådgivingsaktiviteter som for eksempel for brannsikkerhet, byggkonstruksjoners osv. Erfaringsmessig er det stor sjanse for at Kruse Smith får kostnadsoverskridelser på denne posten.

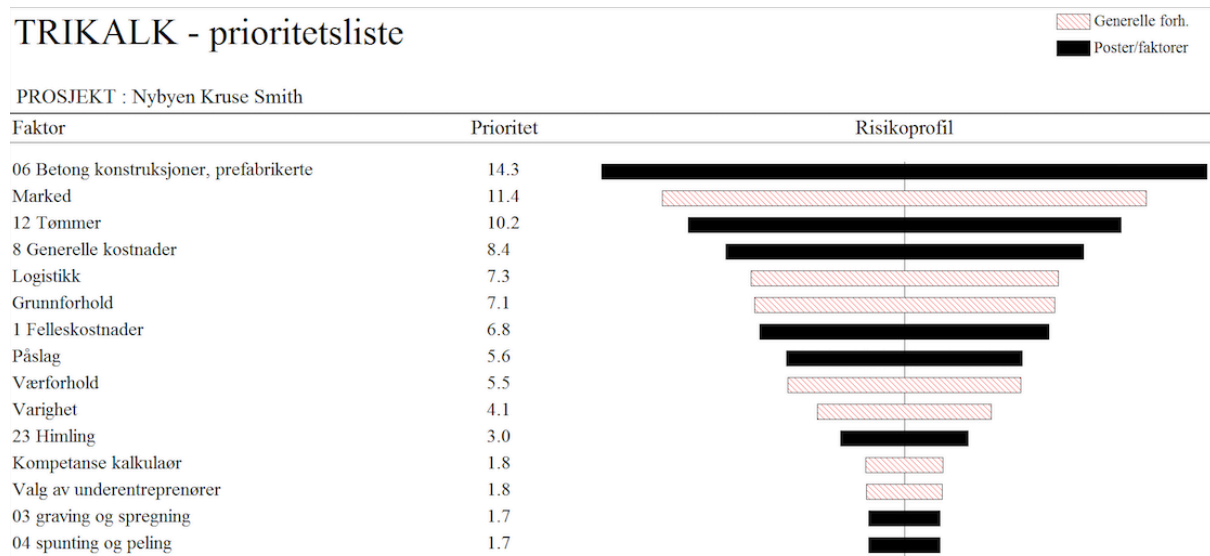
1 Felleskostnader

Felleskostnader som omfatter rigging og drift av byggeplassen utgjør 6,8 % av den totale usikkerheten i investeringskostnaden. Forventningsverdien er estimert til 1160 kroner per m² med et standardavvik på 200 kroner per m². Minimumsverdien ble vurdert til 800 kroner per m², maksimumsverdien 1700 kroner per m², og mest sannsynlige verdi 1100 kroner per m².

Kostnadsposten på fagområdet er nok en gang stor og gir utslag i prioriteringslisten. Muligheten for å redusere usikkerheten og kostnadene er størst ved fagområdene som har en stor kostnadspost. På dette fagområdet med rigg og drift av byggeplassen blir det ikke utarbeidet et tilbud som Kruse Smith kan hensyn ta. Kruse Smith må selv kalkulere det meste av rigg og drift basert på erfaringer og erfaringstall, selv om fagområdet utføres delvis av Kruse Smith og delvis av underentreprenører. Egenkalkulasjon gjør fagområdet det mer usikkert med tanke på korrekt kostnadsestimering.

Figur 5-6 viser prioritetslisten med de generelle forholdene inkludert. De største usikkerhetsmomentene i prosjektet er i dette tilfellet:

- 06 prefabrikkerte betongkonstruksjoner,
- Underentreprenør markedet
- 12 Tømmer
- 1 Felleskostnader



Figur 5-6 Prioritetsliste med generelle forhold (TRIKALK)

5.12 Totalresultat Prosjekt Nybyen

Videre vil prosjektets hovedresultater fra trinnvisprosessen og den trinnvise kalkulasjonen presenteres. Figur 5-7 viser også hvordan resultatene fremkommer når de generelle forholdene er tatt med.

- PROSJEKTETS HOVEDRESULTATER -			
	Kalkyleresultat	Standardavvik	Enhet
Forventningsverdi	249679.31	12431.14 (5.0%)	1000Kroner
Generelle forhold	1.04	0.04 (4.1%)	
<hr/>			
FORVENTET KOSTNAD	258551.09	16636.55 (6.4%)	1000Kroner
<hr/> <hr/>			
Deterministisk kalkyle:	239024.65	1000Kroner	
Reserve:	19526.45	1000Kroner	
Forventet kostnad:	258551.09	1000Kroner	
Margin:	11213.03	1000Kroner, ved sikkerhetsnivå: 75.0%	
Kostnadsramme:	269764.13	1000Kroner	

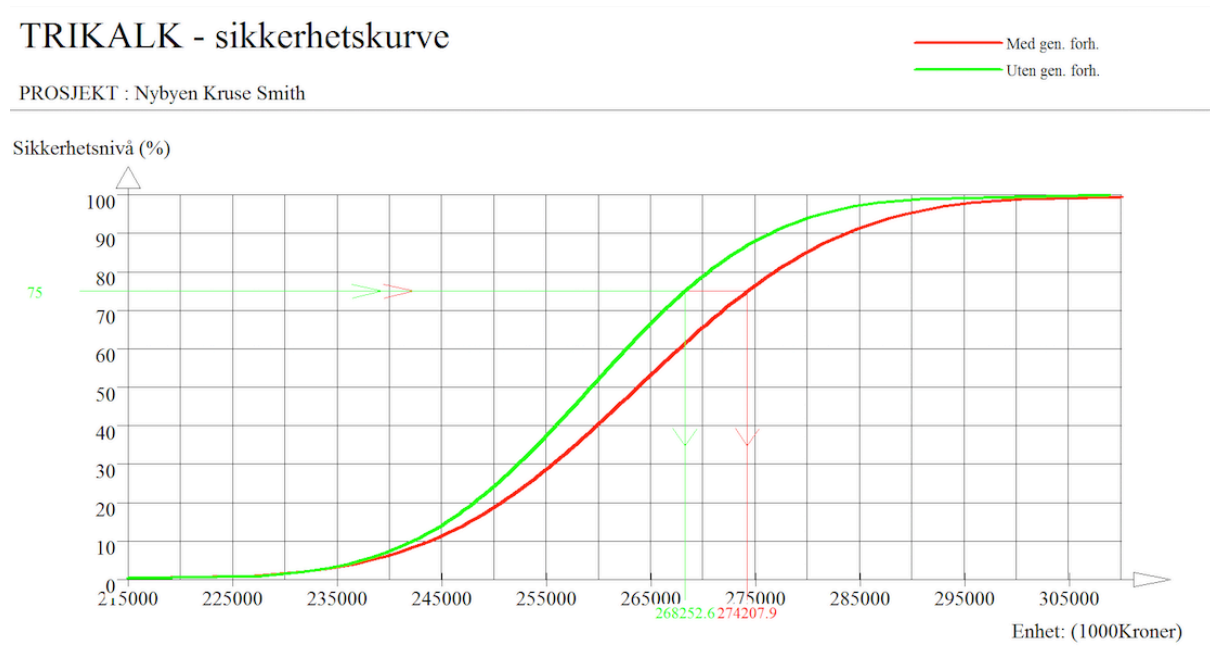
Figur 5-7 Hovedresultat for Prosjekt Nybyen (TRIKALK)

Kalkuleringen av investeringskostnadene som er foretatt i casestudiet for Prosjekt Nybyen gir hovedresultatet en forventningsverdi på ca. 249 millioner kroner. Standardavviket, som utgjør spredningen av forventet resultat, er på ca. 12,4 millioner. De generelle forholdene som er vurdert i prosjektet har en forventningsverdi på 1.04, som betyr at indre og ytre påvirkninger forventes å påvirke prosjektets totale investeringskostnad med 4 %. Dermed får prosjektet en forventet estimert investeringskostnad på ca. 258 millioner kroner. Standardavviket på ca. 17 millioner kroner representerer usikkerheten til forventet kostnad. Den forventede Forventet kostnad består av den deterministiske kalkylen og den tilhørende reserven. Den deterministisk kalkylen fremkommer som summen av alle poster som er vurdert til "mest sannsynlig verdi". Med andre ord er deterministisk kalkulasjon en vanlig tradisjonell kalkulasjon. Den deterministisk kalkulasjonen er estimert til ca. 239 millioner kroner. Reserven er en avsetning som tar kalkylen til et 50 % sikkerhetsnivå (figur 5-10), og utgjør ca. 19 millioner kroner.

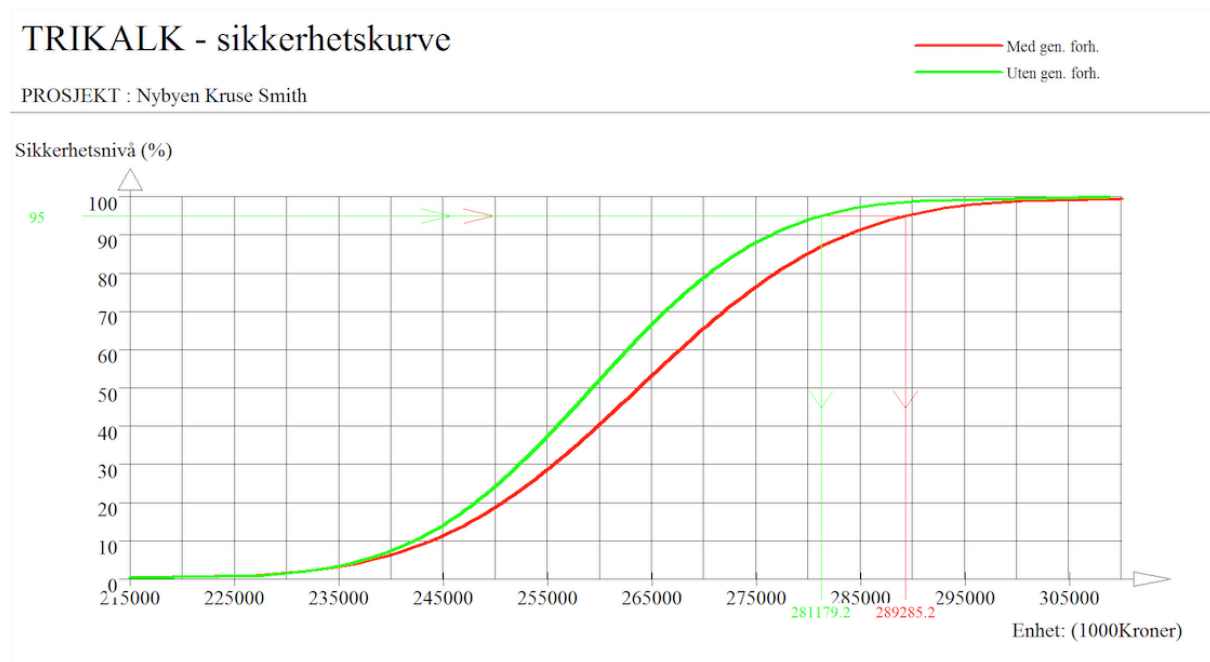
Sikkerhetsnivå på 75 % (figur 5-8) er lagt til grunn for hovedresultatene. Hvilket betyr at det er 25 % sannsynlighet for at kostnadene overskrides. Det er et relativt høyt sikkerhetsnivå og

gir dermed utslag i en høy kostnadsramme på ca. 270 millioner kroner. Det høye sikkerhetsnivået på 75 % krever en nødvendig margin på ca. 11 millioner kroner.

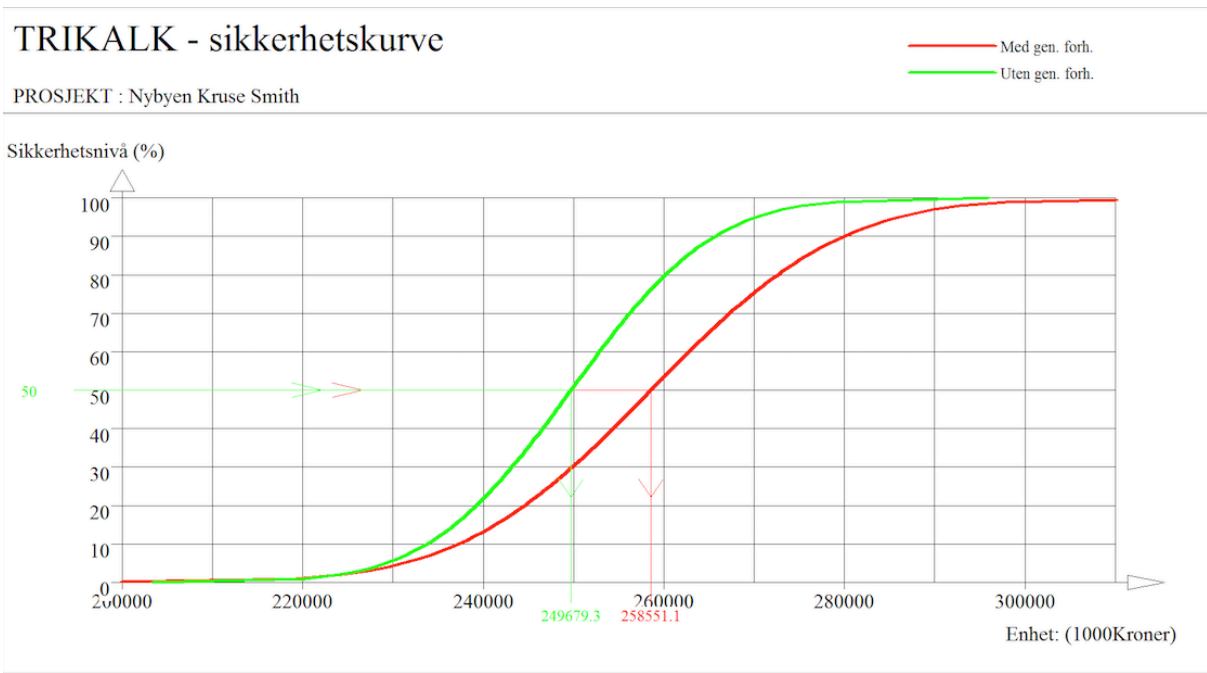
Figurene 5-8, 5-9, og 5-10 illustrerer det totale usikkerhetsspennet med ulikt sikkerhetsnivå (trinn 3).



Figur 5-8 Sikkerhetskurve Prosjek Nybyen – sikkerhetsnivå 75% (TRIKLAK).



Figur 5-9 Sikkerhetskurve Prosjektet Nybyen – sikkerhetsnivå 95% (TRIKLAK).



Figur 5-10 Sikkerhetskurve Prosjektet Nybyen – sikkerhetsnivå 50% (TRIKLAK).

Sikkerhetskurven (s-kurve) fremkommer som et resultat av våre beregninger. Den gir en oversikt over det totale usikkerhetsspennet i kalkylen (figur 5-9, 5-10 & 5-11).

Sikkerhetskurven har på den vertikale aksene sikkerhetsnivå og på den horisontale aksene prosjektets total kostnad. Ved å følge kurven fremkommer relasjonen mellom ulike kostnader til prosjektet (horisontale aksene) og sikkerheten for at kostnadene er lik eller mindre enn verdien på kostnadsaksene. Sikkerhetskurven illustrerer total kostnadene til prosjektet gitt ett sikkerhetsnivå. Det er valgt et sikkerhetsnivå på 75% i beregningene våre. Det betyr at det er 25% sannsynlighet for overskridelse. Ved sikkerhetsnivå på 75% er kostnaden beregnet til ca. 268 millioner kroner, uten generelle forholdene tatt i betraktning. Vi ser på s-kurven av dersom de generelle kostnadene tas med i betraktningene, følger vi den røde kurven. Kostnadene er her større enn uten de generelle forholdene tatt med i betraktningen, og er på ca. 274 millioner kroner.

Det kan diskuteres hvor stor sikkerhetsgrad det bør opereres med, men for å sikre en sterk kostnadsstyring og forhindre kostnad sløsing bør sikkerhetsgraden ikke være for høy. Sikkerhetskurven kan dermed brukes som beslutningsstøtte for beslutningstakere.

6 Evaluering og anbefalinger

Dette avsnittet vil fremme forslag til forbedringer i avdekking av risiko og muligheter i prosjekter, og retter særlig fokuset mot kalkulasjonsdelen. Forslagene ender ut i en foreslått usikkerhet- og kalkulasjonsmodell for Kruse Smith. Forslagene er basert på min intuitive forståelse og erfaringene jeg har fått gjennom mitt arbeid med oppgaven og casestudiet Prosjekt Nybyen. Teoridelen har lagt et godt grunnlag for min forståelse av prosess-, nedbryting- og kalkulasjonsmetoder. Casestudiet Prosjekt Nybyen har vært viktig for å gi nødvendig innsikt i metodene som praktiseres hos Kruse Smith. En evaluering av trinnvisprosessen og kalkulasjon gjort med Kruse Smith vil først bli drøftet.

6.1 Evaluering av trinnvisprosessen med Kruse Smith

Formålet med å prøve ut en annen kalkulasjonsmetode enn den Kruse Smith bruker i dag, har bakgrunn i at Kruse Smith ønsker bedre fokus på usikkerhet som kan redusere usikkerheten i kalkylen.

Trinnvisprosessen er svært annerledes måte å kalkulere prosjekter på enn den metoden Kruse Smith praktiserer (vedlegg 01). Det var derfor utfordringer til gjennomføringen, da ressursgruppen hadde lite kjennskap til metoden. Utfordringer knyttet til at det allerede eksisterte en utarbeidet kalkyle gjorde det også vanskelig å vurdere ”*mest sannsynlig verdi*” til slutt, etter at ekstremalverdiene *minimumsverdi* og *maksimumsverdi* var vurdert. Dermed var faren for at den reelle usikkerheten knyttet til prosjektet ikke fremkom.

Kruse Smith mente vi burde ha strukturert nedbrytingen av kalkulasjonen på en litt annen måte. Det ble etter prosessen fremmet forslag til å dele prosjektene opp i delprosjekt etter områdene *parkering*, *næring* og *bolig*. Det er fordi det er store kostnadsforskjeller knyttet til pris per m² (BTA) på de ulike områdene, da graden av kompleksitet er svært ulik. Bolig er eksempelvis svært komplekst fordi det er mye forskjellige elementer som skal inn i en bolig. I et næringsbygg derimot, er det store åpne lokaler med betydelig mindre grad av kompleksitet.

Resultatene som fremkommer gjennom casestudiet og trinnvisprosessen burde sammenlignes med Kruse Smiths allerede estimerte kostnader. Kruse Smiths estimerte forhåndskalkyle estimerte prosjektets (totale)-pris til å være 210 millioner kroner (vedlegg 4). Ved denne kostnaden vil sikkerhetsnivået være på nærmere 0 %, dersom vi setter den inn i s-kurven

(figur 5-8, 5-9 eller 5-10). Det er med andre ord nesten 100% sannsynlighet for kostnadsoverskridelse dersom vi forutsetter at beregningene er korrekte.

6.2 Forutsetninger for forslag/utvikling til modell

Modellen forutsetter at aktuelt prosjekt er bestemt av ledelsen å gjennomføres. Forhold som knytter seg til vurdering om gjennomførelse blir dermed ikke hensyntatt i denne modellen.

6.3 Ressursgruppen

Ressursgruppen som har ansvaret for prosjektet bør bestå av kompetente personer som har erfaring eller lignende erfaring fra tidligere prosjekter. Ved eventuelle store kostnadsposter og/eller usikkerhetsmomenter knyttet til fremdriften, bør eksperter fra aktuelle fagområder tas med i prosessen. Et bredt spekter av personer med ulik bakgrunn vil i større grad dekke usikkerheten i prosjektet, og sannsynligheten for å belyse flere problemstillinger er større.

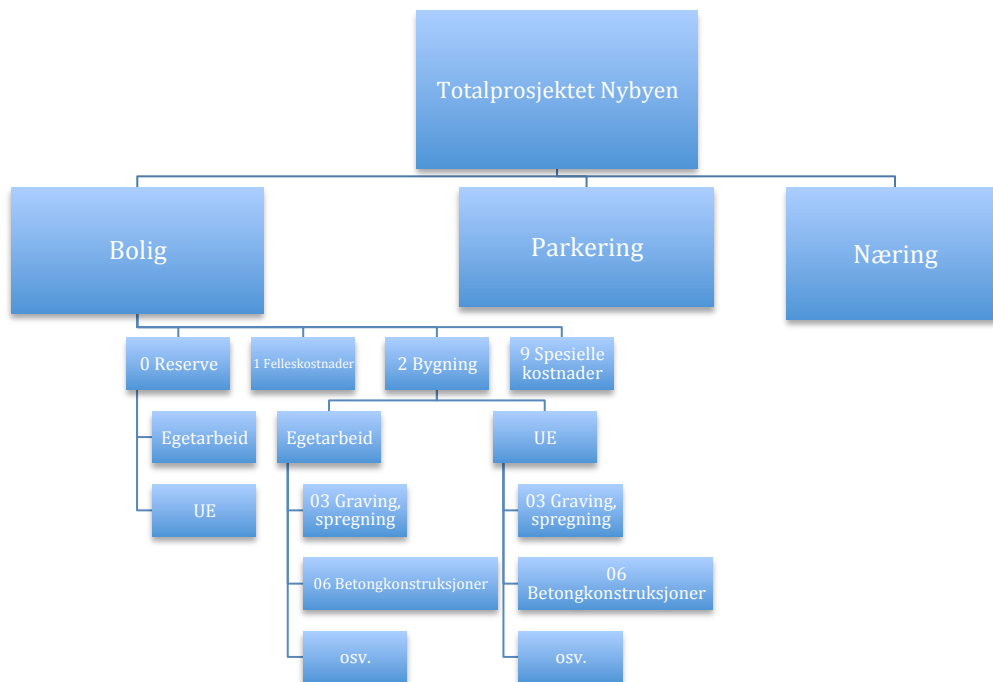
6.4 Forslag til nedbrytingsstruktur

Kruse Smith bruker en nedbrytningsstruktur som tar utgangspunkt i NS3451 og NS3450, men starter kalkulasjonen direkte på tosifret nivå etter fagområdene (vedlegg 01, 1 og 2).

I tidligfasen av prosjekteringen kan en detaljert kalkulasjon være svært tidkrevende og muligens unødvendig. En riktig nedbrytningsstruktur for kalkulasjonen kan spare bedriften for verdifull tid. Kruse Smiths kalkulasjonsmetode er svært detaljert og kan betraktes som en detaljert kalkulasjon på elementnivå. En detaljert metode som krever mye tid til estimering.

Kalkulasjonsmetoden til Kruse Smith har en typisk ”*bottom-up*” tilnærming. Ulempen med metoden er at faren for å uteglemme elementer i kalkulasjonen er stor, kontra en ”*top-down*”-metode som starter med det grove og går etterhvert mer detaljert til verks. Den store graden av detaljering krever også mye tid til estimering.

Nedbrytningsstrukturen som anbefales for Kruse Smith i Prosjekt Nybyen er illustrert i figur 6-1.



Figur 6-1 Forslag til nedbrytingsstruktur for Prosjekt Nybyen

Gjennom kalkulasjonsprosessen i casestudiet Prosjekt Nybyen ble vi oppmerksomme på at det er store kostnadsforskjeller per m² basert på områdene bolig, parkering og næringslokaler. Kompleksiteten på de ulike områdene danner store ulike kostnadsforskjeller per m². Ønsket er at usikkerhet skal bli bedre belyst og kostnadene bør derfor bli fordelt til de områdene de hører til. For å få en bedre oversikt anbefales det at prosjektets nedbrytingsstruktur deles opp i bolig, næring og parkering ved utvikling av et byggeprosjekt som Prosjekt Nybyen (trinn 1).

Videre anbefales det at hvert av disse områdene blir delt opp i bygningsdelene etter NS3451 på ensifret nivå (trinn 2). Begrunnelse for anbefalingen er at dette vil redusere tidsarbeidet og i større grad fremme områdene som er beheftet med størst risiko.

Deretter anbefales det at nedbrytingsstrukturen for den trinnvisekalkulasjonen tar utgangspunkt i fagområdene på tosfret nivå (trinn 3). Kruse Smiths metode starter i dag kalkuleringen med utgangspunkt i fagområdene på tosfret nivå. Fordelen med forslaget er at det på et tidlig stadige foreligge et grovt oversiktsbilde av prosjektet med de antatt største usikkerhetsområdene. Tidsbesparelsen kan være stor og ikke minst viktig for Kruse Smith ved for eksempel utarbeidelse av tilbud til anbudskonkurranser. Det anbefales at fagområdene deles inn i egetarbeid og arbeid utført av underentreprenører (UE). Det er knyttet ulik usikkerhet til arbeid utført av Kruse Smith og arbeid utført av underentreprenører. Fordelen

med oppdelingen er at man lettere får en oversikt over hvem som er beheftet med usikkerheten.

6.5 Forslag/utvikling av usikkerhets- og kalkulasjonsmodell

Nedbrytingsstrukturen som er foreslått legger grunnlaget for en trinnvis prosess og kalkulasjonsmetoden trinnvis kalkulasjon, som inngår i den foreslåtte modellen. Den trinnvise metoden som er gjennomgått muliggjør detaljering av kalkulasjonen på de områdene hvor risikoen, men også mulighetene, er størst. En tydelig svakhet i Kruse Smiths kalkulasjon er at mulighetsområdene i alt for liten grad blir fokusert. Tendensen er at ressursgruppen retter fokuset i stor grad mot de kostnadspostene som vurderes som for høye i prosjekter. Kostnader som anses å ligge på et akseptabelt nivå får for lite oppmerksomhet. Dette viser at Kruse Smith har stort fokus på risiko, og lite fokus på mulighetene som ligger i prosjekter.

Mitt forslag basert på teoretisk tilnærming og empirisk forskning vil presentere usikkerhets- og kalkulasjonsprosessen som er en del av den foreslåtte usikkerhets- og kalkulasjonsmodellen.

Steg 1 – Mål og prioriteringer

Situasjonskartet

Situasjonskartet foreslås å brukes som hjelpemiddel i vurderingen av forhold som kan påvirke prosjektet i negativ eller positiv retning. Situasjonskartet som setter i gang viktige tankeprosesser hos ressursgruppen på et tidlig stadige, anses som et viktig hjelpemiddel for Kruse Smith. Ressursgruppens ulike bakgrunn og intuitive forståelse kan være viktig for å avdekke usikkerhetsmomenter knyttet til målene for det aktuelle prosjektet. Følgende områder bør gjennomgås:

- Klare mål – er målene klare og er de SMART(e)?
- Aksept – er alt avklart ifbm. nødvendige løyver og formaliteter i orden (inkl. Finansiering)?
- Marked (UE og leverandører) – finnes det alternative løsninger og leverandører?
- Organiseringen – er det mange aktører, god oversikt og få konflikter?
- Nytenkning – er prosjektet basert på kjente løsninger?
- Kompleksitet – Hvilken grad av kompleksitet har prosjektet?
- Størrelse – hvor stort er prosjektet?

- Varighet – hvordan er gjennomføringstiden for prosjektet?
- Interessenter – andre eksterne parter har interesser i prosjektet?
- Gjennomføringsintensitet – hvilke tidskrav foreligger på fremdrift?

Mål

Kruse Smith har et klart forbedringspotensial når det gjelder å ha klare mål. I Prosjekt Nybyen er målet å tjene penger, samt ferdigstille prosjektet på 18 mnd. Dette oppfattes muligens klart for Kruse Smith, men det fremkommer ikke som et klart resultatmål i form av kroner eller %. Med andre ord, fortjenestepåslag må bestemmes av ledelsen i prosjekter. Kruse Smith bør ta i bruk prinsippet om SMART(e) mål, som vil gjøre målene mer klare og spesifikke. I tillegg må det fra Kruse Smiths side avklares hva som skal prioriteres i prosjektet, ved bruk av en prioriteringsmatrise.

Prioriteringsmatrise	Tid	Kostnad	Kvalitet
Låst			
Optimalisere			
Akseptere			

Figur 6-2 Prioriteringsmatrise (Meland, 2014)

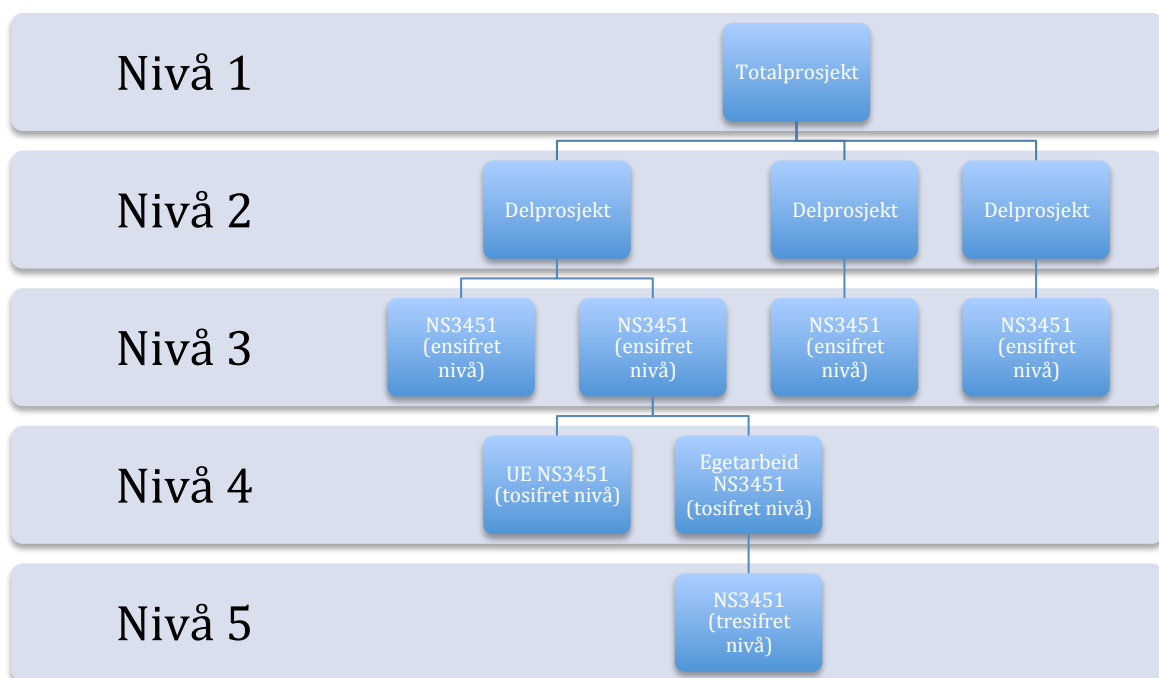
Prioriteringer

Det er stor sannsynlighet for at Kruse Smith i sine prosjekt bruker store ressurser og tid på kostnadsposter som nødvendigvis ikke kan reduseres betraktelig. Kruse Smith bør også rette fokuset mot kostnadsposter som er innenfor fornuftige/gitte kostnadsrammer, poster som har potensiale til å bli redusert. Kruse Smiths potensial til å fokusere på mulighetene i prosjektene oppfattes som stor. Trinnvisprosessen og trinnvis kalkulasjon er metoder som på en enkel måte gjør det mulig å prioritere tid og ressurs på de områdene hvor mulighetene og risikoen er størst, og bruke mindre tid på de antatt mindre kostnadspostene i prosjektet. Prioritetslisten som fremkommer ved bruk av dataverktøyet TRIKALK er et godt hjelpemiddel i vurderingen av hvor ressursene og fokuset skal rettes for å redusere usikkerheten i prosjekter.

Steg 2 – Nedbrytingsstruktur

Nedbrytingsstrukturen bør tilpasses det enkelte prosjekt. Nedbrytingsstrukturen bør likevel utformes slik at prosjektet kan deles inn i uavhengige kostnadsposter. For prosjektet anbefales

en inndeling i delprosjekt (Nivå 2), eller områder basert på kompleksiteten. I Prosjekt Nybyen anbefales det for eksempel at prosjektet deles opp i områder etter bolig, næring og parkering. Begrunnelsen er at det er store kostnadsforskjeller per m² knyttet til hver av områdene. Prosjektet bør videre bli oppdelt i bygningsdelstabellen etter NS3451 på ensifret nivå. For eksempel; 1. Felleskostnader, 2. Bygning, 3.VVS osv. Videre nedbryting anbefales oppdeling av fagområder (på tosifret nivå) fordelt etter egetarbeid og arbeid utført av underentreprenør. For eksempel; UE 21. Grunn og fundamenter. Bakgrunnen er at det er knyttet ulik usikkerhet til arbeid utført av Kruse Smith og arbeid utført av UE. Nedbrytingen kan deretter detaljeres i aktiviteter (på tresifret nivå) For eksempel; 211. Klargjøring av tomt. Foreslått nedbrytingsstruktur er illustrert i figur 6-3.



Figur 6-3 – Forslag til nedbrytingsstruktur i kalkulasjon

Steg 3 – Kalkulering og estimering

Trippelanslag

Kalkulasjons metoden som anbefales for Kruse Smith er trinnvis kalkulasjon med trippelanslag (minimum-, maksimum- og mest sannsynlig verdi). For å dekke den reelle usikkerheten i prosjektet anbefales bruk av denne metoden. Kalkulasjonsmetoden er raskere enn den kalkulasjonsmetoden Kruse Smith bruker i dag; detaljert kalkulasjon på elementnivå.

Videre må de tre estimerte anslagene for hver post/aktivitet knyttes til en fordelingsfunksjon. Det anbefales bruk av den høyreskjeve Erlangfordelingen. Den skjeve formen er forankret i

en viktig realistisk forutsetning om at det faktisk finnes en nedre grense for hvor lavt en kostnad kan bli, men derimot ingen øvre grense.

De ytre og indre påvirkningsfaktorene som kan påvirke prosjektet bør estimeres med trippelanslag i %-vis påvirkning. Påvirkningsfaktorene er forholdene som blir avdekket ved bruk av situasjonskartet i steg 1.

Det kreves at det blir tatt i bruk et egnet kalkulasjonsverktøy (dataprogram) for at kalkulasjonsmetoden kan bli brukt. Kalkulasjonsverktøyet bør på bakgrunn av estimeringen fremskaffe en kumulativ sannsynlighetsfordeling, som illustreres ved en sikkerhetskurve eller s-kurve. En prioriteringsliste som fremheve de mest usikre forholdene i prosjektet bør også fremkomme, slik at fokuset kan rettes mot disse forholdene. S-kurven og prioriteringslisten er viktige i prosjektgranskningen og avdekkingen av risikoelementer i kalkylen.

Kalkulasjonsverktøy

TRIKALK eller et lignende verktøy anbefales som hjelpemiddel for kalkulasjonen. Det er viktig at de mest usikre postene i prosjektet fremkommer, slik at ressursene settes inn der det er muligheter til forbedringer i prosjektet. TRIKALK som er brukt ved kalkuleringen i casestudiet Prosjekt Nybyen er et gammelt dataverktøy. Verktøyet fungerer, men bærer preg av at det ikke er oppdatert på flere år. Det kan dermed oppfattes som tungvint program. Det anbefales at det ses på om det finnes andre programmer som kan beregne anslagene, eller om det utvikles et eget verktøy som bygger på TRIKALK sine metoder.

Påslag

Det er ulike påslag som må tillegges hvert prosjekt. Administrasjonspåslag, fortjenestepåslag og usikkerhetspåslag må være med. Påslag til det administrative og usikkerhetspåslag/risikopåslag bør tillegges hvert fagområde i kalkulasjonen. Om det skal være i prosent eller rundsum blir opp til Kruse Smith å vurdere.

Fortjenestepåslag bør bestemmes fra lederhold i Kruse Smith. Kruse Smith bør diskutere fortjenestepåslag i ressursgruppen siden gruppen vil ha større innsikt i hvilke muligheter prosjektet gir. Prosjektets totale fortjenestepåslag bør bli bestemt i steg 1, under mål og prioriteringer. Mens påslag knyttet til hver enkel post vurderes og bestemmes underveis i kalkuleringen.

Steg 4 - Evaluering og korrigeringer

Etter steg 3 vil det foreligge en kalkulasjon. Kalkulasjonen og prosessen så langt, skal i steg 4 evalueres av ressursgruppen. Det vil i møtene komme forslag til forbedringer, endringer eller krav til ytterligere detaljering for å redusere usikkerhet som måtte foreligge. Det vil i steg 4 derfor være mulig for ressursgruppen å beslutte at det skal gjøres korreksjoner og eller forbedringer i allerede foretatt arbeid. Prinsippet om trinnvis metode (kalkulasjon- og prosess) er dermed ivaretatt og modellen sikrer en iterativ prosess. Når ressursgruppen ikke ser behov for ytterligere forbedringer i stegene 1 – 3, går prosessen videre til steg 5.

Steg 5 – Konklusjon

Konklusjoner kan trekkes når planen, målene og kalkulasjonen er anses som tilstrekkelig god nok. Målene som bør være SMART(e), resultatene fra beregningene som fremhever de største usikkerhetsforholdene i prosjektet i form av S-kurve og prioriteringsliste, samt andre vurderinger, er viktige elementer for konklusjonene. I konklusjonen bør Kruse Smith klargjøre og fastsette hvordan prosjektet skal følges opp, hvem som har er ansvarlige, og ha svar på eventuelle problemstillinger.

Steg 6 – Handlingsplan

I steg 6 skal det fastlegges en handlingsplan. Usikre forhold (indre og ytre påvirkningsfaktorer) som er belyst skal danne grunnlaget for handlingsplanen. I handlingsplanen skal det fremkomme anbefalinger på utfordringer som kan oppstå i prosjektet. Handlingsplanen kan måtte bli endret underveis i prosjektet.

7 Oppsummering og konklusjon

Formålet med masteroppgaven har vært å utvikle en usikkerhets- og kalkulasjonsmodell for Kruse Smith. Gjennom forslag til forbedringer og endringer skal den utviklede modellen sikre at usikkerhetsmomentene blir belyst, slik at risiko reduseres og fokus på muligheter blir større i kalkulasjonen og prosjektgjennomføringen.

Problemstillingen for masteroppgaven har vært styrende for innhenting av nødvendig informasjon, både teoretisk og empirisk, for utvikling av en tilpasset modell.

Prosessen frem mot utvikling av en usikkerhets- og kalkulasjonsmodell har vært krevende. Den største utfordringen i utviklingen av usikkerhets- og kalkulasjonsmodell har vært å få informasjon, innsikt og forståelse av metodene, prosessene og modellene i Kruse Smith. Hvilket har vært viktig for å kunne anvende de teoretiske metoder, prosesser og modeller som har blitt belyst i teori- og metodedelen av masteroppgaven. Casestudiet var viktig for å belyse fordeler og ulemper med Kruse Smiths metoder. Metoden trinnvisprosessen med trinnvis kalkulasjon ble også gjennomført som en del av casestudiet på Prosjekt Nybyen. Dette la et godt grunnlag for forståelse og forslag til forbedringer. Analysen har videre dannet grunnlaget for forslag til en usikkerhets- og kalkulasjonsmodell for Kruse Smith.

Det oppsto flere utfordringer i forbindelse med casestudiet. Ved gjennomførelsen av trinnvisprosessen og trinnvis kalkulasjon med Kruse Smith, hvor vi tok utgangspunkt i en ”*top-down*” –metode, var det vanskelig å overbevise kalkulatørene om at det var en velfungerende metode. I vurdering av trippelanslagene hadde vi utfordringer siden kalkulatørene ofte fokuserte først på ”mest sannsynlig verdi”, selv om ekstremalverdiene (minimum- og maksimum) burde ha blitt prioritert først. Faren for at yttergrensene ble bedømt for snevert var dermed stor.

Jeg mener Kruse Smiths usikkerhets- og kalkulasjonsmetode i dag har betydelige svakheter. Kruse Smith retter et stort fokus mot risiko i prosjekter, mens muligheter i stor grad blir oversett. Elementer som havner innenfor det som anses som en akseptert kostnadsramme vurderes videre i svært liten grad. Fokuset rettes i stedet mot de kostnadspostene som anses som for høye. Faren for å bruke unødvendig mye tid og ressurser på områder det kan gjøres lite forbedringer, samt overse områdene med mulighetene, anses som stor. I den utviklede

modellen har jeg derfor inkludert metoder som skal belyse begge sider av usikkerhetsaspektet, både risiko og muligheter.

Casestudiet viste at anslag og estimering av kostnader baserer seg i stor grad på subjektive vurderinger, erfaring og intuisjon. Austeng og Hugsted (1995) fremholdt at det ikke er praktisk mulig å lage et statistisk empirisk grunnlag for en bestemt kostnadskalkyle. Dette taler for at man ikke utelukkende kan bruke statistikk som grunnlag for vurderingene. Jeg har i den utviklede modellen inkludert statistiske metoder som sammen med subjektive vurderinger og erfaringer skal sikre bedre anslag i kalkulasjonen.

I forbindelse med kalkulasjon av casestudiet Prosjekt Nybyen ble de største usikkerhetsmomentene fra hovedresultatet fremstilt i en prioriteringsliste.

Usikkerhetsmomentene var *06 prefabrikkerte betongkonstruksjoner, 12 tømmer og 1 Felleskostnader*. Disse utgjør store kostnadsposter i prosjektet. En liten endring i pris per m² kan derfor ha store utslag for totalkostnaden til prosjektet. Betydningen av å kunne redusere usikkerheten til disse postene vil derfor være utslagsgivende for fortjenesten til Kruse Smith. Av erfaring bommer for eksempelvis Kruse Smith svært ofte i anslagene på posten tømmer. Jeg mener derfor at Kruse må avsette nok ressurser og tidsbruk til å avdekke usikkerheten til kostnadsposter med stor usikkerhet.

Jeg mener Kruse Smith har et klart forbedringspotensialet når det gjelder klarhet i prosjektets målsetninger. Casestudiet viste at Kruse Smiths mål ikke var klare nok. Gode og klare prosjektmål anses som viktig for å styre prosjektet i riktig retning. Prinsippet om SMART(e) mål har derfor blitt tatt med i den utviklede modellen.

Ved innsamling av store mengder data er det fare for at informasjon, dokumenter, osv. har blitt oversett eller feiltolket. Det er også fare for at nødvendig informasjon ikke har blitt belyst. Resultantene som fremkommer i masteroppgaven kan dermed ha blitt påvirket av dette. Dette kan svekke troverdigheten ved mine konklusjoner.

Gjennom hele prosessen med utviklingen av masteroppgaven har jeg hatt fokuset rettet mot forbedringspotensialer for Kruse Smith. Basert på metodene som inngår i den utviklede usikkerhets- og kalkulasjonsmodellen, mener jeg den bør tas i bruk av Kruse Smith for å redusere usikkerheten i kalkulasjonen og prosjektgjennomføringen.

8 Litteraturliste

- Austeng, K., Midtbø, J.T., Jordanger, I., Magnussen, O.M., & Torp, O. (2005). Usikkerhetsanalyse – Kontekst og grunnlag. Concept rapport Nr. 10 (Concept programmet, Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU)
- Austeng, K., Torp, O., Midtbø, J.T., Helland, V. & Jordanger, I. (2005). Usikkerhetsanalyse – Metoder. Concept rapport Nr. 12 (Concept programmet, Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU)
- Austeng, K., & Hugsted, R. (1995). Trondheim: Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høyskole, Institutt for bygg- og anleggsteknikk.
- Drevland, F., Austeng, K., & Torp, O. (2005). Usikkerhetsanalyse – Modelling, estimering og beregning. Conceptrapport Nr. 11 (Concept programmet, Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU)
- Drevland, F. *Kostnadsestimering under usikkerhet*. Concept temahefte nr. 4. (Concept programmet, Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU) Hentet fra: http://www.ntnu.no/documents/1261860271/1262010610/CONCEPT_kostnadsestimering_til+WEB.pdf/7fe95f32-0477-4468-b0e5-54589687c16d (18. Mai 2015)
- Fjellidal, T. & Moe, H. L. *Anbudsprosessen*. (Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU) Hentet fra: http://www.bygg.ntnu.no/pbl/bm4_2001/pensum/ (18. mai 2015)
- Gray, C. F., & Larson, E. W. (2008). Project Management: The Managerial Process. Boston, MA: McGraw-Hill.
- Globerson, S. (1994). *Impact of various work-breakdown structures on project conceptualization* Hentet fra: http://ac.els-cdn.com/0263786394900329/1-s2.0-0263786394900329-main.pdf?_tid=2e98b986-c7cd-11e4-83e6-0000aacb360&acdnat=1426064659_3f0e48567c01e5fe052641b2e359790c (23. April 2015)
- Halvorsen, K. (2008) *Å forske på samfunnet* : en innføring i samfunnsvitenskapelig metode. Oslo: Cappelen akademisk forlag.
- Husby, O., Kilde, H. S, Klakegg, O. J., Torp, O., Berntsen, S. R., & Samset, K. (2005) *Usikkerhet som gevinst: Mulighet – Risiko, Beslutning, Handling: Styling av usikkerhet i prosjekter* (3. Utgave)
- Haugan, G. T. (2002). Effective work breakdown structures. Vienna: Management Concepts.
- Jacobsen, D. I. (2005) *Hvordan gjennomføre undersøkelser?* : innføring i samfunnsvitenskapelig metode. Kristiansand: Høyskoleforlaget.
- Klakegg, O. J. (1993). Trinnvis-prosessen. Trondheim: Universitetet i Trondheim, Norges tekniske høyskole, Institutt for bygg- og anleggsteknikk.
- Kolltveit, B. J., Lereim, J., & Reve, T. (2009). Prosjekt – Strategi, organisering, ledelse og gjennomføring (3. Utgave) Oslo: Universitetsforlaget

Lundequist, J. (1995). Design och produktutveckling: metoder och begrepp. Lund: Studentlitteratur

Meland, Ø. H. (2014). PowerPoint presentasjon: Styringsløyfa, med fokus på målsettingsprosess og mål.

Meland, Ø. H. (2014). PowerPoint presentasjon: KTR-styring

NRB. (1991). Veiledning til NS 3451 Bygningsdelstabell. Oslo: Norges standardiseringsforbund. Hentet fra: http://urn.nb.no/URN:NBN:no-nb_digibok_2009070101095 (20. April 2015)

NTH (Norges Tekniske Høyskole). (1993). Brukermanual TRIKALK for Windows, Dataprogram for trinnvis kalkulasjon. Trondheim

PMI. (2006). Practice Standard for Work Breakdown Structures. Newtown Square, PA: Project Management Institute. (2. Edition)

PMI (2004). A Guide to the Project Management Body of Knowledge. Newtown Square, PA: Project Management Institute.

Standard, N. (1988). NS 3451: Bygningsdelstabell. Lysaker: Pronorm AS.

Rolstadås, A. (2011). Praktisk Prosjektstyring. Trondheim: Tapir Akademisk forlag

Vose, D. (2008). Risk Analysis: A quantitative guide (3. Edition)

Wikipedia (2013) *Sentralgrenseteoremet*

Hentet fra: <http://no.wikipedia.org/wiki/Sentralgrenseteoremet> (6. April 2015)

9 Vedlegg

Vedlegg 01 – Prosjektprosessen - Kruse Smiths metode (Illustrasjon i vedlegg 5)

Kruse Smiths nedbrytingsstruktur i kalkulasjon

Nedbrytingsstrukturen for kalkulasjon som Kruse Smith vanligvis følger tar utgangspunkt i bygningsdel NS3451 (vedlegg 1) og starter direkte på tosifret nivå med fagområder. Kapittelinnndeling etter NS3450 og fagkapitler etter NS3420 brukes som hjelpemiddel i kalkulasjonen (vedlegg 2). Kruse Smiths kalkulasjon bærer preg av å være detaljert kalkulasjon på elementnivå. Vedlegg 3 viser hvordan den detaljerte kalkulasjonen av Nybyen er utført. Kruse Smiths kalkulasjon vil bli nærmere beskrevet under avsnittet om *metode- og kalkulasjonsprosessen i Kruse Smith*.

Ved et prosjekt vil det være usikkerhet knyttet til kalkylen og beregningene. Kruse Smiths metode er i stor grad knyttet til subjektive vurderinger og erfaringer fra bransjen generelt. Oppgaven vil nå belyse Kruse Smiths metode for usikkerhetsanalyse og kalkulasjonsprosessen.

K3 – Tilbud og kontrakt (vedlegg 5)

K3 – Tilbud og kontrakt er en illustrasjon (vedlegg 5) og viser Kruse Smiths prosess for evaluering av bygge forespørsler, kalkulering, utarbeiding av tilbud og forhandling av kontrakter. Oppgaven vil nå belyse Kruse Smiths prosess på disse områdene med fokus på usikkerhetsanalyse og kalkulasjonsprosessen.

K3.1 Evaluere forespørsel (vedlegg 5)

Ved enhver henvendelse, både internt og eksternt, vil det forekomme en forespørsel fra byggherre til Kruse Smith Entreprenør om utførelse av prosjektet. Forespørselen må inneholde informasjon slik at prosjektet kan kalkuleres. Det er avdelingsleder for kalkulasjon som mottar og leser beskrivelsen, og evt. etterspør mer informasjon.

Når nok informasjon foreligger får kalkulatør/tilbudsansvarlig ansvar for å fylle ut Kruse Smiths egenutviklet sjekklister som er tilknyttet prosessen *K3 Tilbud og kontrakt*.

Deretter går prosjektet videre til PU-forum, prosjektutviklingsforumet, der vurderinger av konkurrenter, behov for oppdrag og en overordnet risikovurdering tas. Videre besluttes det om Kruse Smith skal komme med et tilbud eller ikke. Dersom det besluttes å gå videre med prosjektet går prosjektet over i fasen, *K3.2 kalkulere forespørselen*, der prosjektet skal kalkuleres.

K3.2 Kalkulere forespørsel (vedlegg 5)

Før kalkulasjonen starter er det avdelingsleder for kalkulasjon sitt ansvar å beslutte ressurs og tidsplan. Avdelingsleder har også ansvar for å kalle inn til tilbudsforum. I tilbudsforumet blir det foretatt en prosjektet granskning, hvor prosjektet blir grundig gjennomgått basert på det grunnlag av informasjon som foreligger. Det vil også bli etterspurt mer informasjon dersom det ses på som nødvendig, dette for å redusere usikkerhet som kan foreligge.

Videre blir det kalkulatørens ansvar å opprette prosjektet i *Byggoffice* som er programmet for kalkulering av prosjekter i Kruse Smith. Det opprettes en tilbudspem for å sikre god struktur og oversikt for prosjektet.

Deretter skal kalkulator sende ut forespørsler til underentreprenører og kalkulere kostnadene i prosjektet, nærmere beskrevet i avsnittet om *metode- og kalkulasjonsprosessen i Kruse Smith*. Hensikten i K3.2 er å få frem riktig selvkost kalkyle.

Metode- og kalkulasjonsprosessen i Kruse Smith

Avhengig av størrelsen og hvor omfattende prosjektet er, bestemmes det om det er en eller flere kalkulatorer som skal ha ansvar for kalkulasjonen. Kalkulasjonen for Prosjekt Nybyen har blitt utført av Odd Werner Nordli og Yngve Arntsen, kalkulatorer i Kruse Smith.

Ved kalkulasjon blir prosjektets kostnader delt inn i fagområder etter NS3451 på tosifret nivå. Eksempelvis tømmer, betong, VVS etc. (Se vedlegg 1 og 2). Tømmer, betong og rigg & drift er de tre fagområdene der Kruse Smith Entreprenør står for arbeidskraften. Estimering av priser og mengde for disse områdene baserer kalkulatørene på erfaringstall som de kan finne i deres egen databank. Usikkerhet knyttet til mengde har likevel vist seg å være svært vanskelig å estimere, særlig fagområdet tømmer. Det er verdt å nevne at Kruse Smiths eget arbeid normalt utgjør omtrentlig 30% av prosjektets totale kostnader. Resterende fagområder, som er nødvendig for ferdigstilling av prosjekt, er områder der Kruse Smith må ut i markedet for å

innhente priser og tilbud fra underentreprenører.

Innhenting av priser og tilbud

For å kunne estimere kostnaden ved prosjektet må kalkulatøren sende ut beskrivelse av prosjektet, arbeidsomfang og innhente priser og tilbud fra underentreprenører på ulike fagområder (elektrisk, VVS etc.). Forespørsel om priser og tilbud blir sendt ut med en tidsfrist for tilbakemelding. I praksis viser det seg at svar fra underentreprenørene ofte kommer tilbake rett før og av og til etter tidsfristen er satt. Dette kan være problematisk for Kruse Smith som totalentreprenør dersom de eksempelvis skal fremlegge et tilbud på anbud fra kommunen.

Samtidig som kalkulator innhenter priser og tilbud, kalkulerer kalkulatøren prosjektet etter en tradisjonell deterministisk selvkost kalkyle. Kalkulasjonen på fagområdene er detaljorientert og baserer seg i stor grad på elementmetoden og med formelen ”mengde x pris” (vedlegg 3). Kalkulatøren må dermed gjøre et estimat på hvor mye som trengs for de ulike fagområdene og prosjektet. En stor grad av estimeringen og kalkulasjonen i Kruse Smith baserer seg på erfaringer kalkulatøren sitter med og hans intuisjon. Priser fra tidligere prosjekter kan hentes frem fra deres databank og kan være viktig i estimeringen.

Usikkerhets-, administrasjons- og fortjenestepåslag

Usikkerhetspåslag og fortjenestepåslag blir ikke tillagt underveis i den tradisjonelle deterministiske kalkulasjonen utført av Kruse Smiths kalkulator. Formålet med den deterministiske kalkulasjonen er å finne frem til kostnadene ved de ulike fagområdene, for eksempel basert på pris og mengde. Kalkulator skal i prinsippet kun kalkulere kostnadene etter selvkost til prosjektet i førsteomgang, og påslag blir ikke lagt til grunn. Underveis i kalkulasjonen vil kalkulatøren finne usikkerhetsmomenter ved de ulike fagområdene. Kalkulator Odd Werner Nordli påpeker at de er ulike ting som skaper usikkerhet. Ved innhenting av priser og tilbud fra underentreprenører vil relasjonen til underentreprenøren og erfaringene med dem bety mye i vurdering av usikkerheten. En underentreprenør som tidligere er blitt mye brukt, samt har levert kvalitet og resultater tidligere, vil ses på som en betydelig mindre usikkerhet og risiko for prosjektet, i følge Nordli.

Ved utarbeidelse av den tradisjonelle kalkulasjonen vil usikkerhet som fremkommer bli notert og kalkulatøren bruker skjemaet tilknyttet *Tilbud og kontrakt* utviklet av Kruse Smith, hvor

usikkerhetsmomenter skal påpekes, beskrives og bli tillagt en usikkerhetsgrad. Usikkerheten skal senere vurderes nærmere.

Eksempelvis kan følgende beskrivelse belyse tankegangen til kalkulatøren:

Ved innhenting av ekstern hjelp må bedriften sende ut forespørsel til flere underentreprenører i samme bransje. Underentreprenøren fremlegger da et kostnadsestimert og tilbud forbundet med beskrivelsen av det som skal gjøres.

Eksempler på ulike underentreprenørers (UE) estimering og tilbud:

- UE1 - anslår 5,4 mill
- UE2 – anslår 5,3 mill
- UE3 – anslår 5,6 mill
- UE4 – anslår 4,5 mill

I utgangspunktet velger Kruse Smith den billigste entreprenøren, gitt at den tilfredsstillende kravene om kvalitet og fremdrift. I dette tilfellet vil Kruse Smith stille spørsmålstegn ved UE4 da deres estimerer og tilbud avviker svært fra de andre underentreprenørene i samme bransje. Kalkulatøren vil med stor sannsynlighet anta at estimeringen fra UE4 er feil. Kruse Smith vil da gå mer detaljert til verks for å avdekke usikkerhet og eksempelvis kontakte UE4 for å forhøre seg om det er noe som er glemt etc.

Kruse Smiths usikkerhetshåndtering baserer seg i stor grad på subjektive vurderinger og erfaringer er en viktig faktor for å avdekke risiko i deres metode. Gjennom den subjektive vurderingen av tilbudene fra UE vil kalkulatøren sette en forventet verdi. Det er midlertidig ikke gjort på bakgrunn av statistiske beregninger, men heller en subjektiv vurdering.

Etter at alle fagområdene er kalkulert etter selvkost må kalkulatøren sammenstille selvkost kalkylen. I selvkostkalkylen inkluderes tillegg for ”uteglemt” kalkulatøren kan ha oversett. Kalkulatøren og ressursgruppens subjektive vurderinger er ledende for hvor mye som tillegges for uteglemt. Den utarbeidede selvkostkalkylen tas så med videre til det nevnte tilbudsforumet.

Kalkulatøren beregner sammen med ressursgruppen prosjektets (*total*)pris i kalkulasjonen, hvor risikopåslag og andre påslag blir tillagt.

Beskrivelse	Selvkost	Risikopåslag	Påslag fortjeneste	Pris
12 Tømrerarbeid	18.904.518,48	945.225,92	9%	21.551.112,40

Tabell 9-1 Utdrag fra Kruse Smiths kalkulasjon av Prosjekt Nybyen (vedlegg 4)

Tabell 9-1 er utdrag av kalkulasjonen av Prosjekt Nybyen, foretatt av kalkulator i Kruse Smith. Der vi blir presentert beregningen av fagområdet tømrerarbeid. Kruse Smiths kalkulatorer beregner selvkosten som beskrevet. Selvkosten blir så tillagt en påslagsprosent av ressursgruppen/ledelsen som ifølge Kruse Smith dekker administrasjonskostnader og fortjeneste. Deretter tillegges et risikopåslag som skal dekke usikkerheten knyttet til fagområdene i prosjektet.

Kruse Smiths formel for beregning av *pris*:

Eksempelvis:

$$12 \text{ Tømrerarbeid: } (18.904.518,48 \times 1.09) + 945.225,92 = \underline{21.551.112,40}$$

(Se vedlegg 4 for fullstendig kalkulasjon)

K3.3 Utarbeide tilbud (vedlegg 5)

I tilbudsforumet blir det foretatt en gjennomgang av tilbudsbrev og selvkosten skal vurderes og bestemmes. I tilbudsforumet blir det stilt kritiske spørsmål til selvkostkalkylen og usikkerhetsmomenter blir gjennomgått. Det er i tilbudsforumet risikopåslaget og fortjenestepåslaget blir vurdert og bestemt. Andre momenter som blir vurdert og bestemt er prisstigning og betalingsplan.

Etter tilbudsforumet har kalkulatøren ansvar for å ferdigstille tilbudsdokumentene før de blir sendt videre til godkjenning av regionsdirektøren, eventuelt konserndirektøren i Kruse Smith.

Usikkerhetsanalyse

Kruse Smiths håndtering av usikkerhet i prosjektet er i stor grad knyttet til ressursgruppen og kalkulatorers intuisjon. Kruse Smith har en verktøy som skal brukes til å belyse usikkerhet i prosjektene.

Tidspress er en faktor som spiller stor rolle i vurderingen av usikkerhet. Tidspress i forbindelse med ferdigstillelse av kalkulasjon til prosjekter kan føre til at usikkerheten ikke blir så godt belyst i verktøyene. Det er ofte naturlig å bruke mer tid på kalkulasjon og ferdigstillelse enn å bruke tid på å beskrive usikkerheten i skjemaer. Det at usikkerheten i prosjekter i stor grad bygger på intuisjonen, kan føre til at Kruse Smith ikke nødvendigvis har fokus på den reelle usikkerheten, samt de største usikkerhetselementene.

Vedlegg 1 – Kruse Smiths nedbrytingsstruktur for kalkulasjon (NS3451)

Nummer	Bygningsdel NS 3451 Navn
	0 Elementer uten Bygningsdel
	1 Felleskostnader
	2 Bygning
	21 Grunn og fundamenter
	22 Bæresystem
	23 Yttervegger
	24 Innervegger
	25 Dekker
	26 Yttertak
	27 Fast inventar
	28 Trapper, balkonger m.m
	3 VVS
	31 Sanitær
	32 Varme
	33 Brannsløkking
	34 Gass og trykkluft
	35 Kulde
	36 Luftbehandling
	37 Luftkjøling
	40 Elkraft
	41 Generelle anlegg
	42 Høyspenning
	43 Fordeling
	44 Lys
	45 Elvarme
	46 Driftsteknisk
	5 Tele og automatisering
	52 Datakommunikasjon
	53 Telefon
	54 Alarm og signal
	55 Lyd og bilde
	56 Automatisering
	6 Andre installasjoner
	61 Reservekraft
	62 Heiser
	63 Rulletrapper, rørpost m.m
	64 Sammensatte enheter
	65 Avfall og støvsuging
	66 Piper
	7 Utendørs
	71 Terrengbehandling
	72 Konstruksjoner
	73 Utendørs VVS
	74 Utendørs elkraft
	75 Utendørs tele og automatisering
	76 Veier. Plasser
	77 Park. Hage
RM	Reserver og marginer

Vedlegg 2 – Kruse Smiths nedbrytingsstruktur for kalkulasjon (NS3450)

Kapittelinnndeling NS 3450	
Nummer	Navn
0	Dette er fagkap. ihht NS3420 (jan 2006)
1	Rigging og drift av byggeplass
2	Andre felleskostnader
3	Graving, sprengning
4	Spunting og peling
5	Betongarbeider
6	Betongkonstruksjoner, prefabrickerte
7	Stålkonstruksjoner
8	Bærende konstruksjoner i andre materialer
9	Murerarbeid
10	Flisarbeid
11	Natursteinsarbeid
12	Tømrerarbeid
13	Snekkerarbeid
14	Vinduer
15	Dører
16	Låser og beslag
17	Tekkearbeid
18	Blikkenslagerarbeid
19	Metallarbeid
20	Glassarbeid
21	Malerarbeid
22	Byggtapetsering
23	Himlingsarbeid
24	Fast bygginnredning
25	Bygningsmessig arbeid for VVS-installasjoner
26	Bygningsmessig arbeid for elektroinstallasjoner
27	Bygningsmessig arbeid for andre tekniske installasjoner
28	Riving ved ombygging og rehabilitering
29	Diverse bygningsmessig arbeid
31	Rørleggerarbeid
32	Ventilasjonsarbeid
40	Elektroarbeider
41	Installasjoner for høyspenning
42	Installasjoner for lavspenning
51	Installasjoner for telekommunikasjon og data
52	Installasjoner for alarm og signal
53	Installasjoner for bygningsautomatisering
61	Transportanlegg
62	Elkraftaggregater
63	Andre tekniske installasjoner
71	Anleggsgartnerarbeid
72	Anleggsarbeid på tomt
80	Uforutsatt
81	Program
82	Prosjektering
83	Administrasjon
84	Bikostnader
85	Forsikringer og gebyrer
91	Inventar
92	Riving for klargjøring av tomt
99	Diverse

Vedlegg 3 – Kalkyle på elementnivå (Kruise Smith) Utdrag fra kalkulering av Prosjekt Nybyen.

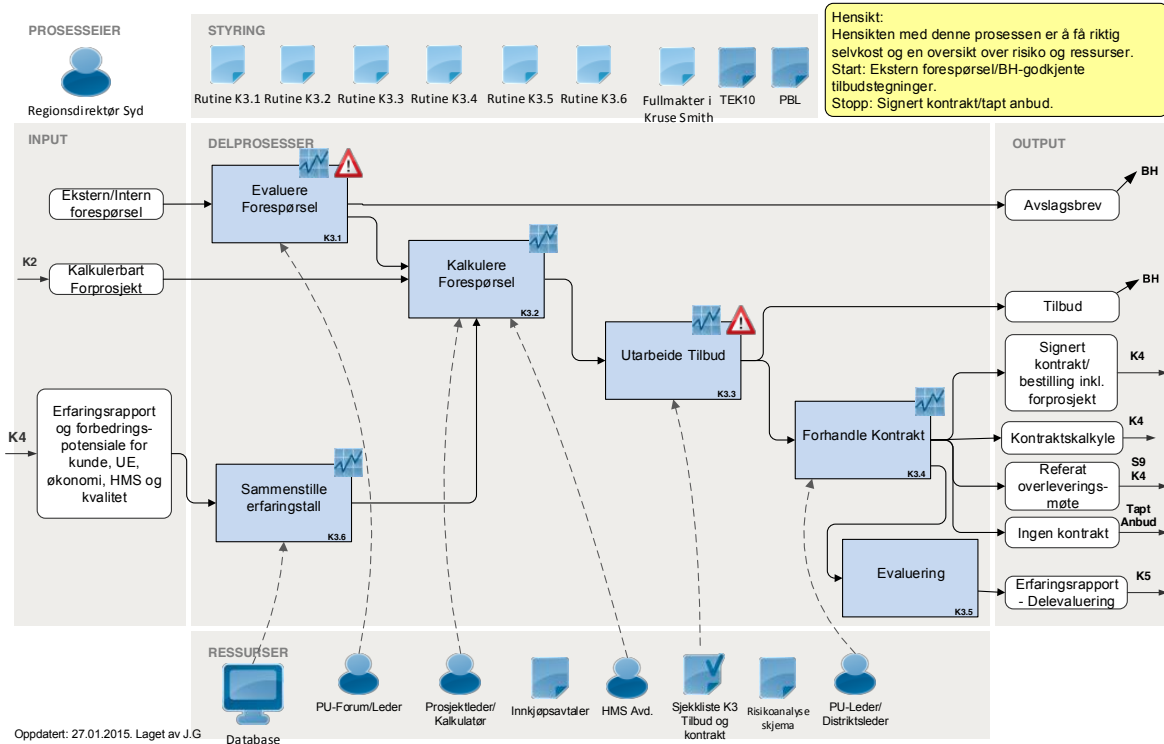
Kruise Smith AS		Skrevet ut 20.04.2015 klokken 10:32 av Odd Werner Nordli		Side 2 av 100		
Prosjekt		10on1449-01(1) Nybyen A 10932				
Kalkyle		1 Nybyen A 10932				
Byggherre						
Bygnings- delkode	Ordensnr	Beskrivelse	Enh.	Mengde	Enhetspris	Sum
11	970	101 Rigg	RS	1,00	1 823 386,15	1 823 386,15
		RIGG AV BYGGEPLASS				
	01.11.970.1	Rigg for renhold, oppvarming og uttøking av byggverk	RS	1,00	21 515,06	21 515,06
	01.11.970.1	RIGGING Selvreisende kran	stk	2,00	35 936,26	71 872,52
	01.11.970.2	RIGG AV LETTSTILLAS	m2	2 557,00	48,16	123 145,12
	01.11.970.3	RIGG AV RULLESTILLAS MED ARBEIDSPLATTFORM	stk	4,00	860,00	3 440,00
	01.11.970.4	RIGGING AV BYGGEPLASSKILT	RS	1,00	28 000,00	28 000,00
	01.11.970.5	PLANLEGGING AV EGET KONTRAKTSARBEID	mmd	1,00	201 880,00	201 880,00
	01.11.970.6	RIGG AV ARBEIDSTASJON FOR ARMERING	RS	1,00	11 966,02	11 966,02
	01.11.970.7	RIGG PORT I GJERDE	stk	5,00	424,40	2 122,00
	01.11.970.8	RIGG FOR BYGGRENHOLD RENHOLDSTUTSTYR	RS	1,00	14 972,05	14 972,05
	01.11.970.9	RIGG FOR PROVISORISK TETTING	m2	500,00	210,72	105 360,00
	01.11.970.10	KLARGJØRING AV BYGGEPLASS OG ATKOMST UTSTYR FOR VANNLENSING	RS	1,00	112 000,00	112 000,00
	01.11.970.11	RIGG AV ARBEIDSTASJON FOR FORSKALING	RS	1,00	11 966,02	11 966,02
	01.11.970.12	GARANTISTILLELSE	RS	1,00	84 000,00	84 000,00
	01.11.970.13	RIGG FOR AVFUKTING	RS	1,00	9 726,02	9 726,02
	01.11.970.14	RIGG AV MOTTAKSPLATTINGER I STILLAS (3 stk à 200m2 pr stk)	m2	400,00	50,93	20 372,00
	01.11.970.15	RIGG AV PROVISORISK VVS-INST	RS	1,00	56 000,00	56 000,00
	01.11.970.16	FORSIKRING	RS	1,00	112 000,00	112 000,00
	01.11.970.17	KLARGJØRING AV BYGGEPLASS OG ATKOMST BYGGING AV ANLEGGSEI/RIGGOMRÅDE	RS	1,00	56 000,00	56 000,00
	01.11.970.18	KOMPLETT RIGG FOR PROVISORISK EL ANLEGG	stk	1,00	336 000,00	336 000,00
	01.11.970.19	RIGG GJERDE	m	400,00	106,10	42 440,00
	01.11.970.20	RIGG MANNSKAPSREGISTRERINGSSYSTEM	RS	1,00	40 320,00	40 320,00
	01.11.970.21	RIGG VAKTHOLD	RS	1,00	16 800,00	16 800,00
	01.11.970.22	RIGG AV UISOLERT LAGER	stk	4,00	1 834,40	7 337,60
	01.11.970.23	RIGG AV TRAPPETÅRN I STILLAS	m2	100,00	212,20	21 220,00
Sum elementer på denne siden eks. mva.					0,00	0,00
Totalsum hittil eks. mva.						0,00

Vedlegg 4 - Sammen dragsskjema Kruse Smiths kalkulasjon av Prosjekt Nybyen.

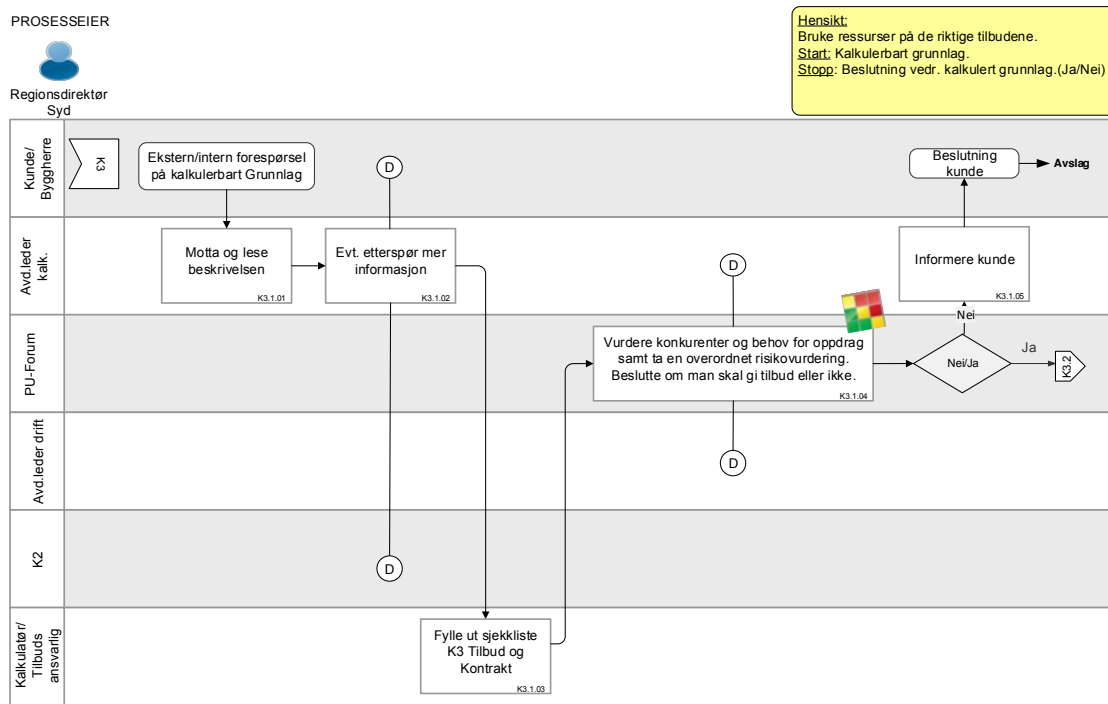
Beskrivelse	Timekost	Ressurskost	UE kost	Hjelpematri. Selvkost	Risiko	Påsla Dekningsbidrag	Dekn Pris	
01 Rigging og drift av byggeplass	2 534 473,31	13 955 105,10	2 714 331,00	5 000,00	19 208 909,41	576 267,28 8,74	1 678 291,77 7,82	21 463 468,46
03 Graving, sprengning	0,00	0,00	7 617 200,00	0,00	7 617 200,00	0,00 9,00	685 548,00 8,26	8 302 748,00
04 Spunting og pelling	0,00	0,00	7 715 405,00	0,00	7 715 405,00	0,00 9,00	694 386,45 8,26	8 409 791,45
05 Betongarbeider	2 522 279,96	3 766 334,78	2 746 301,90	43 567,70	9 078 484,34	181 569,69 9,00	817 173,29 8,11	10 077 227,32
06 Betongkonstruksjoner, prefabrikkert	0,00	0,00	31 998 000,00	0,00	31 998 000,00	319 980,00 9,00	2 879 820,00 8,18	35 197 800,00
07 Stålkonstruksjoner	0,00	0,00	3 797 277,63	0,00	3 797 277,63	75 945,93 9,00	341 754,65 8,11	4 214 978,21
08 Bærende konstruksjoner i andre ma	202 893,60	0,00	5 915 000,00	91 000,00	6 208 893,60	310 445,30 9,00	558 800,35 7,89	7 078 139,25
10 Flisarbeid	0,00	0,00	741 341,20	0,00	741 341,20	22 240,01 9,00	66 720,93 8,04	830 302,14
12 Tømmerarbeid	11 044 644,24	4 345 343,25	2 861 038,50	653 492,48	18 904 518,48	945 225,92 9,00	1 701 368,00 7,89	21 551 112,40
13 Snekkerarbeid	481 188,56	169 505,03	2 127 671,50	14 388,00	2 792 753,08	83 782,87 9,00	251 447,50 8,04	3 127 983,45
14 Vinduer	788 375,86	1 165 766,97	0,00	23 703,06	1 977 845,89	59 334,98 9,00	178 019,20 8,04	2 215 200,07
15 Dører	33 815,60	136 500,00	2 704 107,00	4 550,00	2 878 972,60	57 578,88 9,00	259 108,05 8,11	3 195 659,53
16 Låser og beslag	0,00	0,00	1 252 151,83	0,00	1 252 151,83	50 085,95 9,00	112 693,71 7,96	1 414 931,49
17 Tekkearbeid	261 676,26	0,00	4 133 329,43	0,00	4 395 005,69	219 749,84 9,00	395 558,70 7,89	5 010 314,23
18 Blikkenslagerarbeid	0,00	0,00	2 052 180,00	0,00	2 052 180,00	102 609,00 9,00	184 696,20 7,89	2 339 485,20
19 Metallarbeid	0,00	0,00	7 211 854,00	17 800,00	7 229 654,00	361 482,70 9,00	650 668,88 7,89	8 241 805,58
20 Glassarbeid	0,00	0,00	3 459 865,00	0,00	3 459 865,00	172 992,90 9,00	311 388,16 7,89	3 944 246,06
21 Malerarbeid	0,00	0,00	3 782 882,00	0,00	3 782 882,00	113 486,08 9,00	340 459,29 8,04	4 236 827,37
23 Himlingsarbeid	0,00	0,00	1 678 500,00	0,00	1 678 500,00	33 570,00 9,00	151 065,00 8,11	1 863 135,00
24 Fast bygginndregning	0,00	0,00	3 800 816,00	0,00	3 800 816,00	76 015,94 9,00	342 073,82 8,11	4 218 905,76
25 Bygningsmessig arbeid for VVS-inst	0,00	0,00	567 900,00	0,00	567 900,00	17 037,00 9,00	51 111,00 8,04	636 048,00
26 Bygningsmessig arbeid for elektroinn	0,00	0,00	454 320,00	0,00	454 320,00	13 630,01 9,00	40 888,39 8,04	508 838,40
29 Diverse bygningsmessig arbeid	0,00	567 900,00	831 480,00	0,00	1 399 380,00	41 980,98 9,00	125 944,58 8,04	1 567 305,56
31 Rørleggerarbeid	0,00	0,00	12 078 000,00	0,00	12 078 000,00	603 900,00 9,00	1 087 020,00 7,89	13 768 920,00
32 Ventilasjonsarbeid	0,00	0,00	3 885 200,00	0,00	3 885 200,00	194 260,00 9,00	349 668,00 7,89	4 429 128,00
40 Elektroarbeid	0,00	0,00	8 806 270,00	0,00	8 806 270,00	440 314,38 9,00	792 563,91 7,89	10 039 148,30
61 Transportanlegg	0,00	0,00	1 840 000,00	0,00	1 840 000,00	36 800,00 9,00	165 600,00 8,11	2 042 400,00
70 Udefinert	0,00	0,00	1 000 000,00	0,00	1 000 000,00	30 000,00 9,00	90 000,00 8,04	1 120 000,00
71 Anleggsgartnerarbeid	0,00	0,00	4 137 015,00	0,00	4 137 015,00	0,00 9,00	372 331,35 8,26	4 509 346,35
82 Prosjektering	0,00	1 881 520,00	11 325 000,00	0,00	13 206 520,00	396 195,60 9,00	1 188 587,15 8,04	14 791 302,75
	17 869 347,39	25 987 975-	143 234 436,99	853 501,24	187 945 260,74	5 536 481,26	16 864 756,33	210 346 498,33

Vedlegg 5 – Kruse Smiths prosess for evaluering av bygge forespørsler, kalkulering, utarbeiding av tilbud og forhandling av kontrakter.

K3 Tilbud og kontrakt



K3.1 Evaluere forespørsel

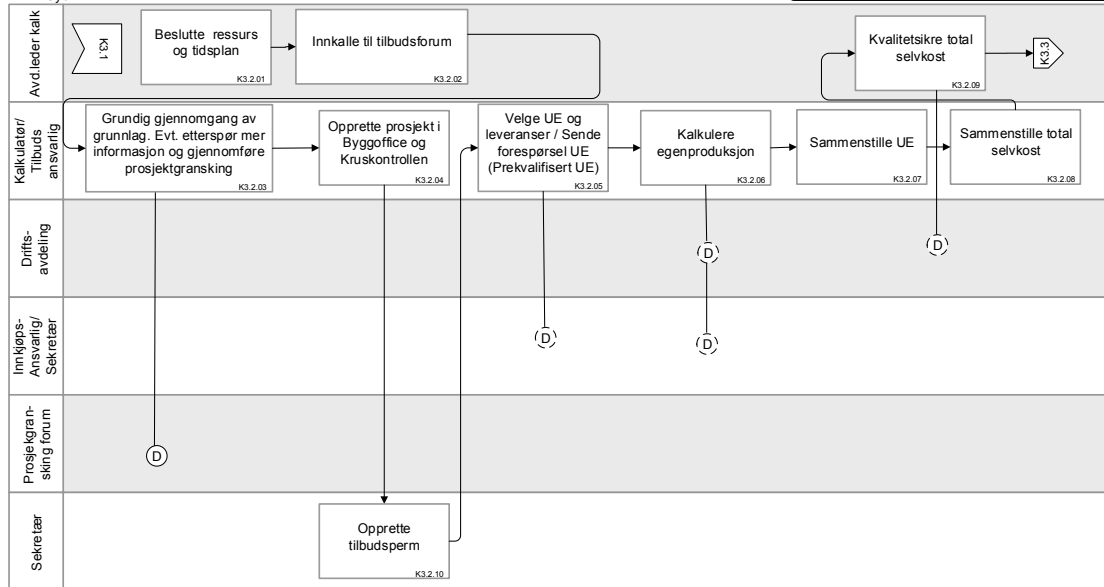


K3.2 Kalkulere forespørsel

PROSESSEIER

Regionsdirektør
Syd

Hensikt:
Få frem riktig selvkost
Start: Beslutning om kalkulasjon.
Stopp: Selvkostkalkyle



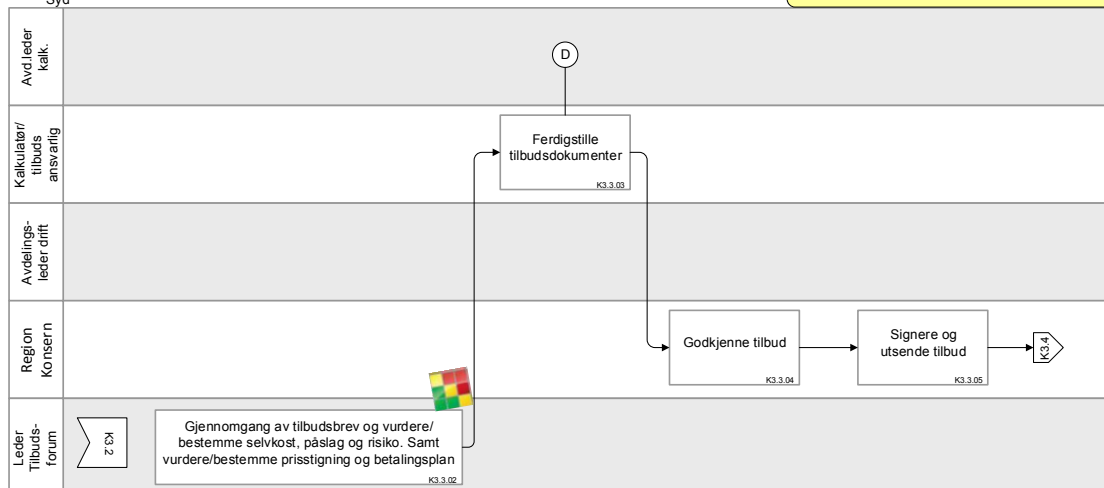
Oppdatert: 27.01.2015. Laget av J.G

K3.3 Utarbeide tilbud

PROSESSEIER

Regionsdirektør
Syd

Hensikt:
Finne riktig pris
Start: Kalkulert selvkost
Stopp: Utarbeidede tilbudsdokumenter



Oppdatert: 27.01.2015. Laget av J.G

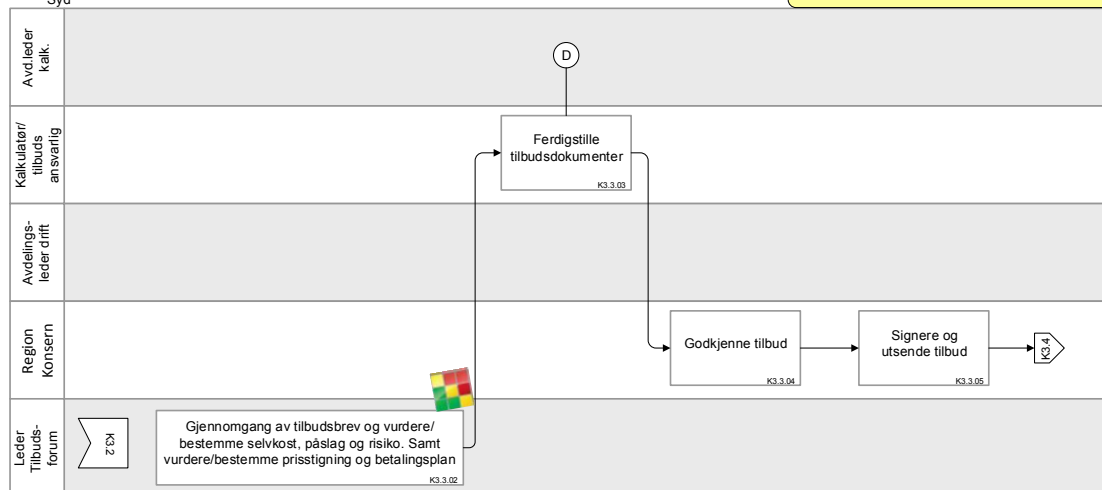
K3.3 Utarbeide tilbud

PROSESSEIER



Regionsdirektør
Syd

Hensikt:
Finne riktig pris
Start: Kalkulert selvkost
Stopp: Utarbeidede tilbudsdokumenter



Oppdatert: 27.01.2015. Laget av J.G

Vedlegg 6 – Prosjekt Nybyen Kvartal A, arealoversikt

Nybyen kvartal A, arealoversikt 22.05.2015

BTA leiligheter	7210
BTA boder	879
BTA næring	4613
BTA parkering	5357
Sum	18059
BRA-s leiligheter	5945

Vedlegg 7 – Hovedresultater for casestudiet Prosjekt Nybyen

NYBYENK2.RES

- PROSJEKT INFORMASJON -

PROSJEKTNAVN : Prosjekt Nybyen

BYGGHERRE : Kruse Smith

KALKULATØR : Kruse Smith m/Mads

PROSJEKTET BLE OPPDATERT : 24.04.2015

PROSJEKTOPPLYSNINGER :

Kalkulasjon av Prosjekt Nybyen med TRIKALK. Case med Kruse Smith ifb-
m. masteroppgaven. Deltakere Mads Myhrstad, Odd Werner Nordli,
Odd Helge Dovland, Anders Larsen, Egil Lunden.

- PROSJEKTETS HOVEDRESULTATER -

	Kalkyleresultat	Standardavvik	Enhet
Forventningsverdi	249679.31	12431.14 (5.0%)	1000Kroner
Generelle forhold	1.04	0.04 (4.1%)	

FORVENTET KOSTNAD	258551.09	16636.55 (6.4%)	1000Kroner
-------------------	-----------	-----------------	------------

=====

Deterministisk kalkyle:	239024.65	1000Kroner
Reserve:	19526.45	1000Kroner
Forventet kostnad:	258551.09	1000Kroner
Margin:	11213.03	1000Kroner, ved sikkerhetsnivå: 75.0%
Kostnadsramme:	269764.13	1000Kroner

- PROSJEKTETS PRIORITETSLISTE -

-
- (1) 14 % (D:3 P:4 F:1) 06 Betong konstruksjoner, prefabrikerte
 - (2) 11 % (Vurdering: 2) Marked
 - (3) 10 % (D:3 P:8 F:1) 12 Tømmer
 - (4) 8 % (D:2 P:6 F:1) 8 Generelle kostnader
 - (5) 7 % (Vurdering: 3) Logistikk
 - (6) 7 % (Vurdering: 4) Grunnforhold

- (7) 7 % (D:2 P:7 F:1) 1 Felleskostnader
- (8) 6 % (D:1 P:1 F:3) Påslag
- (9) 6 % (Vurdering: 1) Værforhold
- (10) 4 % (Vurdering: 7) Varighet
- (11) 3 % (D:3 P:18 F:1) 23 Himling
- (12) 2 % (Vurdering: 5) Kompetanse kalkulaør
- (13) 2 % (Vurdering: 6) Valg av underentreprenører
- (14) 2 % (D:3 P:1 F:1) 03 graving og spregning
- (15) 2 % (D:3 P:2 F:1) 04 spunting og peling

- KALKYLE -

DETALJERING 1, Prosjekt Nybyen Totalt

Middelverdi : 249679.313 1000Kroner.
 Standardavvik : 12431.144 1000Kroner.

POST (1) Prosjekt Nybyen

MID: 249679.31 STD: 12431.14 ENHET: 1000Kroner

(1) Prioritet:0%, Prosjekt Nybyen

8.00 10.50 20.00 =>MID: 11.64 STD: 0.55 1000Kroner/m2

(2) Prioritet:0%, BTA

19000.00 20000.00 21000.00 =>MID: 20000.00 STD: 75.31 m2

(3) Prioritet:6%, Påslag

1.02 1.08 1.10 =>MID: 1.07 STD: 0.02 %

DETALJERING 2, Prosjekt Nybyen

Oppsplitting av detaljering: 1, post: 1, faktor: 1.

Middelverdi : 11.635 1000Kroner/m2.

Standardavvik : 0.550 1000Kroner/m2.

POST (1) 2 bygningsdel - bygning

MID: 8.10 STD: 0.44 ENHET: 1000Kroner/m2

(1) Prioritet:0%, 2 bygningsdel - bygning

5.00 7.00 12.00 =>MID: 8.10 STD: 0.44 1000Kroner/m2

POST (2) 3 VVS

MID: 0.94 STD: 0.11

ENHET: 1000Kroner/m2

(1) Prioritet:0%, 3 VVS

0.70 1.70 2.00 =>MID: 0.94 STD: 0.11 1000Kroner/m2

POST (3) 4 Elfag

MID: 0.00 STD: 0.00

ENHET: 1000Kroner/m2

(1) Prioritet:0%, 4 Elfag

0.40 0.60 1.50 =>MID: 0.00 STD: 0.00 1000Kroner/m2

POST (4) 6 andre installasjoner

MID: 0.16 STD: 0.03

ENHET: 1000Kroner/m2

(1) Prioritet:0%, 6 andre installasjoner

0.10 0.15 0.25 =>MID: 0.16 STD: 0.03 1000Kroner/m2

POST (5) 7 Utendørs

MID: 0.27 STD: 0.09

ENHET: 1000Kroner/m2

(1) Prioritet:1%, 7 Utendørs

0.10 0.25 0.50 =>MID: 0.27 STD: 0.09 1000Kroner/m2

POST (6) 8 Generelle kostnader

MID: 1.00 STD: 0.22

ENHET: 1000Kroner/m2

(1) Prioritet:8%, 8 Generelle kostnader

0.50 1.00 1.50 =>MID: 1.00 STD: 0.22 1000Kroner/m2

POST (7) 1 Felleskostnader

MID: 1.16 STD: 0.20

ENHET: 1000Kroner/m2

(1) Prioritet:7%, 1 Felleskostnader

0.80 1.10 1.70 =>MID: 1.16 STD: 0.20 1000Kroner/m2

DETALJERING 3, 2 bygningsdel - bygning

Oppsplitting av detaljering: 2, post: 1, faktor: 1.

Middelverdi : 8.100 1000Kroner/m2.

Standardavvik : 0.444 1000Kroner/m2.

=====

=====

POST (1) 03 graving og spregning

MID: 0.47 STD: 0.10

ENHET: 1000Kroner/m2

(1) Prioritet:2%, 03 graving og spregning

0.35 0.40 0.80 =>MID: 0.47 STD: 0.10 1000Kroner/m2

POST (2) 04 spunting og peling

MID: 0.47 STD: 0.10

ENHET: 1000Kroner/m2

(1) Prioritet:2%, 04 spunting og peling
0.35 0.40 0.80 =>MID: 0.47 STD: 0.10 1000Kroner/m2

POST (3) 05 Betong
MID: 0.50 STD: 0.04 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 05 Betong
0.40 0.50 0.60 =>MID: 0.50 STD: 0.04 1000Kroner/m2

POST (4) 06 Betong konstruksjoner, prefabrikerte
MID: 1.64 STD: 0.28 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:14%, 06 Betong konstruksjoner, prefabrikerte
1.20 1.50 2.50 =>MID: 1.64 STD: 0.28 1000Kroner/m2

POST (5) 07 Stålkonstruksjoner
MID: 0.24 STD: 0.05 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:1%, 07 Stålkonstruksjoner
0.15 0.21 0.40 =>MID: 0.24 STD: 0.05 1000Kroner/m2

POST (6) 08 Bærende konstruksjoner i andre materialer
MID: 0.37 STD: 0.04 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 08 Bærende konstruksjoner i andre materialer
0.30 0.35 0.50 =>MID: 0.37 STD: 0.04 1000Kroner/m2

POST (7) 10 Flisarbeid
MID: 0.05 STD: 0.01 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 10 Flisarbeid
0.04 0.04 0.07 =>MID: 0.05 STD: 0.01 1000Kroner/m2

POST (8) 12 Tømmer
MID: 1.24 STD: 0.24 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:10%, 12 Tømmer
0.90 1.10 2.00 =>MID: 1.24 STD: 0.24 1000Kroner/m2

POST (9) 13 Snekkerarbeid
MID: 0.15 STD: 0.02 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 13 Snekkerarbeid
0.12 0.15 0.20 =>MID: 0.15 STD: 0.02 1000Kroner/m2

POST (10) 14 Vinduer
MID: 0.12 STD: 0.03 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 14 Vinduer
0.08 0.11 0.20 =>MID: 0.12 STD: 0.03 1000Kroner/m2

POST (11) 15 Dører
MID: 0.16 STD: 0.02 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 15 Dører
0.12 0.16 0.22 =>MID: 0.16 STD: 0.02 1000Kroner/m2

POST (12) 16 Låser og beslag
MID: 0.08 STD: 0.02 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 16 Låser og beslag
0.05 0.07 0.15 =>MID: 0.08 STD: 0.02 1000Kroner/m2

POST (13) 17 Tekkerarbeid
MID: 0.26 STD: 0.03 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 17 Tekkerarbeid
0.20 0.25 0.35 =>MID: 0.26 STD: 0.03 1000Kroner/m2

POST (14) 18 blikkenslager
MID: 0.12 STD: 0.02 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 18 blikkenslager
0.09 0.11 0.20 =>MID: 0.12 STD: 0.02 1000Kroner/m2

POST (15) 19 Metallarbeid
MID: 0.44 STD: 0.09 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:1%, 19 Metallarbeid
0.30 0.40 0.70 =>MID: 0.44 STD: 0.09 1000Kroner/m2

POST (16) 20 Glass
MID: 0.22 STD: 0.04 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 20 Glass
0.15 0.20 0.35 =>MID: 0.22 STD: 0.04 1000Kroner/m2

POST (17) 21 Malerarbeid
MID: 0.23 STD: 0.04 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 21 Malerarbeid
0.17 0.21 0.35 =>MID: 0.23 STD: 0.04 1000Kroner/m2

POST (18) 23 Himling
MID: 0.94 STD: 0.13 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:3%, 23 Himling
0.70 0.90 1.30 =>MID: 0.94 STD: 0.13 1000Kroner/m2

POST (19) 24 Fast bygginnredring
MID: 0.23 STD: 0.04 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 24 Fast bygginnredring
0.17 0.21 0.35 =>MID: 0.23 STD: 0.04 1000Kroner/m2

POST (20) 25 Bygningsmessig arbeid for VVS-inst
MID: 0.04 STD: 0.01 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 25 Bygningsmessig arbeid for VVS-inst
0.03 0.03 0.07 =>MID: 0.04 STD: 0.01 1000Kroner/m2

POST (21) 26 Bygningsmessig arbeid for el
MID: 0.03 STD: 0.01 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, Bygningsmessig arbeid for el
0.02 0.03 0.06 =>MID: 0.03 STD: 0.01 1000Kroner/m2

POST (22) 29 Div bygningsmessig arbeid
MID: 0.09 STD: 0.02 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, 29 Div bygningsmessig arbeid
0.05 0.08 0.15 =>MID: 0.09 STD: 0.02 1000Kroner/m2

DETALJERING 4, 3 VVS
Oppsplitting av detaljering: 2, post: 2, faktor: 1.

Middelverdi : 0.945 1000Kroner/m2.
Standardavvik : 0.107 1000Kroner/m2.

=====

=====

POST (1) 31 rørleggerarbeid
MID: 0.72 STD: 0.10 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:2%, 31 rørleggerarbeid
0.55 0.69 1.00 =>MID: 0.72 STD: 0.10 1000Kroner/m2

POST (2) 32 Ventilasjon
MID: 0.22 STD: 0.04 ENHET: 1000Kroner/m2
(1) Prioritet:0%, Ventilasjon
0.15 0.20 0.35 =>MID: 0.22 STD: 0.04 1000Kroner/m2

DETALJERING 5, BTA
Oppsplitting av detaljering: 1, post: 1, faktor: 2.

Middelverdi : 20000.000 m2.

Standardavvik : 75.307 m2.

=====
=====

POST (1) P- Parkering
MID: 6000.00 STD: 43.48 ENHET: m2
(1) Prioritet:0%, P- Parkering
5900.00 6000.00 6100.00 =>MID: 6000.00 STD: 43.48 m2

POST (2) Næring
MID: 6000.00 STD: 43.48 ENHET: m2
(1) Prioritet:0%, Næring
5900.00 6000.00 6100.00 =>MID: 6000.00 STD: 43.48 m2

POST (3) Bolig
MID: 8000.00 STD: 43.48 ENHET: m2
(1) Prioritet:0%, Bolig
7900.00 8000.00 8100.00 =>MID: 8000.00 STD: 43.48 m2

- GENERELLE VURDERINGER -

Total korreksjonsfaktor : 1.036
Standardavvik : 0.042 = 4.1 % av total korr. faktor.

=====
=====

Navn	Prioritet	Anslag	Middelve	Stand. avvik
Værforhold	5.5%	0.98/1.00/1.05	=> 1.009	±0.015
Marked	11.4%	0.95/1.00/1.05	=> 1.000	±0.022
Logistikk	7.3%	0.97/1.00/1.05	=> 1.004	±0.017
Grunnforhold	7.1%	0.97/1.02/1.05	=> 1.016	±0.017
Kompetanse kalkulaør	1.8%	0.98/1.00/1.02	=> 1.000	±0.009
Valg av underentreprenør	1.8%	0.99/1.00/1.03	=> 1.004	±0.009
Varighet	4.1%	0.97/1.00/1.03	=> 1.000	±0.013
Entreprenørers gjennomfør	1.0%	0.99/1.00/1.02	=> 1.002	±0.007