

# concept

Kjell Austeng, Olav Torp, Jon Terje Midtbø, Vidar Helland, Ingemund Jordanger

## Usikkerhetsanalyse – Metoder

Concept rapport Nr 12

 **NTNU**  
Det skapende universitet



concept

Kjell Austeng, Olav Torp, Jon Terje Midtbø, Vidar Helland, Ingemund Jordanger

# Usikkerhetsanalyse - Metoder

Concept rapport Nr 12



© Concept-programmet 2005

Concept rapport nr. 12

### **Metoder for usikkerhetsanalyser**

*Kjell Austeng, Olav Torp, Jon Terje Midtbø, Vidar Helland, Ingemund Jordanger*

ISSN: 0803-9763 (papirversjon)

ISSN: 0804-5585 (nettversjon)

ISBN: 978-82-92506-30-1 (papirversjon)

ISBN: 978-82-92506-31-8 (nettversjon)

#### *Sammendrag:*

Rapporten er i hovedsak en samling av forskjellige metoder for usikkerhetsanalyser med en etterfølgende sammenstilling. Innholdet består av tre hoveddeler:

- Beskrivelse av metoder hentet fra litteratur.
- Beskrivelse av metoder som anvendes av prosjekteiere, rådgivere og andre som direkte arbeider med prosjekter.
- Sammenstilling av metodene og vurderinger i forhold til et sett av suksesskriterier.

Et av målene med rapporten er at beskrivelsene av de forskjellige metodene skal gi leseren ideer til forbedring av sin egen metode. Dette vil forhåpentligvis gi synergieffekter som vil føre til en utvikling mot en enda bedre praksis.

Materialet vi har gått gjennom viser at det er store likheter i de metodene som er beskrevet. Det største savnet er innslag av tydelige og systematiske mulighetsanalyser. Dette tyder på at det generelt er hva vi vil kalle en risikokultur i de miljøer som driver med usikkerhetsanalyser.

I rapporten finnes også noen refleksjoner over hva vi mener er viktige elementer som det bør forskes videre på:

1. Hvordan sikre mest mulig representativ input
  2. Hvordan kunne gjette bedre om fremtidens behov og krav
- Og med tanke på en total håndtering av usikkerhet i prosjekt
3. Utvikle usikkerhetsledelse til å omfatte mulighetsledelse, og til å bli en del av ledelsesfilosofien i både prosjekt og virksomhet.

*Dato: 1.12.2005*

*Utgiver: Concept-programmet*

*Institutt for bygg, anlegg og transport*

*Norges teknisk- naturvitenskapelige universitet*

*Høgskoleringen 7A*

*7491 NTNU - Trondheim*

*Tel. 73594640*

*Fax. 73597021*

*<http://www.concept.ntnu.no>*

Ansvaret for informasjonen i rapportene som produseres på oppdrag fra Concept-programmet ligger hos oppdragstaker. Synspunkter og konklusjoner står for forfatterens regning og er ikke nødvendigvis sammenfallende med Concept-programmets syn.

# Forord

Denne rapporten er nummer tre i en serie på fem innenfor delprosjekt Usikkerhetsanalyser som en del av Concept-programmet. Concept er et forskningsprogram finansiert av Finansdepartementet, og har som formål å utvikle ny kunnskap om planlegging og gjennomføring av store offentlige prosjekter.

Innføring av ekstern kvalitetssikring av store statlige investeringer har bidratt til at usikkerhet, og metoder for å avsløre og håndtere den, har fått mye oppmerksomhet innenfor statlig prosjektvirksomhet.

Denne rapporten søker å belyse temaet usikkerhetsanalyser ved å se på en del av de metodene som er i bruk. For å få dette til var vi avhengig av hjelp fra de som aktivt utfører usikkerhetsanalyser, og vi retter takk til

- Dovre International
- HolteProsjekt
- Hydro
- Metier
- Prosjekt- og teknologiledelse (PTL)
- Terramar
- Det Norske Veritas

for bidrag til rapporten.

Vi vil også takke Håvard Skaldebø, Project Business Systems, og PMI for å ha stilt deler av den norske oversettelsen av PMI's PMBoK Guide til vår disposisjon.

Sivilingeniør Christian Kvalstad beskrev Shampu-metoden til Chapman og Ward i prosjekt-oppgave, og tok sin masteroppgave på å studere Hydros Capital value process. Mye av det rapporten beskriver om disse metodene er hentet fra hans besvarelser. Sivilingeniør Grim Rønsberg beskrev bl.a. Integrated Risk Modelling Approach (IRMA) som en del av prosjekt-oppgave, og bidro tungt inn i undersøkelser om forvaltningens behov for usikkerhetsanalyser, og undersøkelser og beskrivelser av de metodene som blir anvendt, som en del av sin masteroppgave. Vi takker begge kandidatene for bidraget.

Målgruppen for rapporten er primært mennesker som utvikler metodikk for og gjennomfører usikkerhetsanalyser, men også mennesker som enten deltar i praktiske usikkerhetsanalyser i forbindelse med prosjektarbeid, eller som har behov for resultatene fra slike analyser.

Trondheim/NTNU 01.11.2005

Kjell Austeng

(prosjektleder for Concept delprosjekt "Usikkerhetsanalyser")



# Innhold

Forord .....	3
Innhold .....	4
Figuroversikt .....	6
Sammendrag .....	12
Summary .....	14
1. Usikkerhetsanalyser .....	16
2. Metoder fra litteraturen .....	18
2.1 Shampu-metoden .....	19
2.2 Trinnvisprosessen .....	46
2.3 PMI's metode for usikkerhetsanalyse .....	63
2.4 Metoder for identifisering og håndtering av hendelsesusikkerhet ..	85
2.5 Integrated Risk Modelling Approach (IRMA) .....	100
2.6 Logisk rammeverk metode .....	111
2.7 SWOT-analyse .....	130
2.8 Influensdiagram .....	133
2.9 Grovanalyse .....	138
2.10 Kvantifisering .....	139
2.11 Scenarioanalyse .....	147
2.12 Følsomhetsanalyse .....	154
2.13 Utviklingskjeder .....	157
2.14 Stokastisk tidsanalyser med Critical Chain .....	159
3. Metoder hos rådgivere og etater .....	167
3.1 Terramar .....	167
3.2 Prosjekt- og teknologiledelse (PTL) .....	178
3.3 HolteProsjekt Consulting .....	185
3.4 Metier Skandinavia .....	192
3.5 Dovre International .....	203
3.6 Statens Vegvesen .....	217
4. Metoder hos Hydro .....	225
4.1 Hydros Capital value process (CVP) .....	226
4.2 Innholdet i CVP-fasene .....	229
4.3 De ulike fasene i CVP .....	235
4.4 Overførbarhet av CVP til et statlig investeringsprosjekt .....	241
4.5 Beslutninger i Hydros prosjekter .....	245
4.6 Mer om usikkerhetsanalyser i Hydro .....	246
5. Kvalitetssikring av usikkerhetsanalysen .....	268
5.1 Grunnlagsdata .....	268
5.2 Kvalitetssikringsmetoden .....	276
6. Vurderinger rundt metoder .....	279
6.1 Suksesskriterier for analyser .....	279
6.2 Sammenstilling av metodene .....	283

7. Metoder - vegen videre .....	301
7.1 Forbedre kvaliteten på inngangsdatabene .....	301
7.2 Gjette bedre om fremtiden .....	302
7.3 Usikkerhetsledning.....	304

# Figuroversikt

Figur 2-1	SHAMPU-prosessens iterative struktur.....	20
Figur 2-2	Estimeringsfasens struktur. ....	33
Figur 2-3	Kumulativ effekt av usikkerhetsmomenter. ....	40
Figur 2-4	Prinsipiell forskjell mellom tradisjonell- og trinnvis "Top-down"-metode for estimering. ....	48
Figur 2-5	Trinnvisprosessen .....	49
Figur 2-6	Situasjonskart for et stort og komplisert vegprosjekt med en latent miljøkonflikt.....	50
Figur 2-7	De identifiserte indre- og ytre påvirkningene systematisert i en matrise. ....	52
Figur 2-8	De identifiserte indre- og ytre påvirkningene samlet i fire kategorier. ....	52
Figur 2-9	Figuren illustrerer Erlangfunksjonen for $k=10$ .....	58
Figur 2-10	Kumulativt kostnadsdiagram med sannsynlighet for at totalkostnaden ikke overstiger kroner (k). ....	59
Figur 2-11	Prioritetslisten viser de viktigste bidragene til usikkerheten i et prosjekt.....	60
Figur 2-12	"Usikkerhet" er et samlebegrep for "muligheter" og "risiko". Usikkerhet kan igjen deles opp i estimatusikkerhet og hendelses-usikkerhet. ....	85
Figur 2-13	Å finne den riktige ballansen mellom hendelsesusikkerhet og tiltak .....	86
Figur 2-14	Sannsynlighets- konsekvensmatrise (P/K-matrise).....	88
Figur 2-15	Hendelsestre, til hjelp for å beregne sannsynligheten for mulige utfall og konsekvenser. ....	88
Figur 2-16	Sannsynlighetsfordeling med hensyn på tid for ulykkeshendelser som blir mindre sannsynlig etter som tiden går. ....	92
Figur 2-17	Fordelingsfunksjon med hensyn på tid når tiden ikke påvirker sannsynligheten.....	92
Figur 2-18	Sannsynlighetsfordeling med hensyn på tid, når tiden virker drivende.....	93
Figur 2-19	Hendelsestre over mulige geologiske forhold i en svakhetszone. ....	96
Figur 2-20	Sannsynlighetsfordeling utviklet ut fra figur 2-19 og tabell 2.5.....	97
Figur 2-21	Hovedtrinnene i metoden. ....	102
Figur 2-22	Innholdet i steg 1.....	103
Figur 2-23	Eksempel på inndeling av undergrupper for beregning av nåverdi for prosjektet .....	104
Figur 2-24	Illustrasjon på inndeling av de rammer/undergrupper som inngår i planleggingsfasen .....	105
Figur 2-25	Aktivitetene i steg 2 .....	106
Figur 2-26	Aktivitetene i steg 3. ....	108

Figur 2-27	Steg 4, å konvertere den kvantitative modellen til en dataløsning .....	109
Figur 2-28	Illustrasjon av prinsippene for arbeidsflyt i Unified Process .	110
Figur 2-29	Fasene i logisk rammeverk metode (LRM). .....	111
Figur 2-30	LRM's anvendelse i ulike faser av store statlige investeringer. ....	112
Figur 2-31	Problemtre som viser årsak-virknings forholdet mellom de ulike problemene knyttet til en forurenset elv og dens innvirkning på inntekter og helse .....	114
Figur 2-32	Viser et måltre der de "negative situasjonene" fra problemtreet er konvertert over til "positive oppnåelser" .....	117
Figur 2-33	Hvordan man på basis av et sett av kriterier har valgt å gå for en bestemt prosjektstrategi .....	119
Figur 2-34	Et logisk rammeverk bestående av fire kolonner og fire rader	120
Figur 2-35	En generell rekkefølge for hva som gjøres først og sist i det logiske rammeverket.....	121
Figur 2-36	Måltre som vis .....	122
Figur 2-37	God og dårlig praksis i målformuleringer. ....	123
Figur 2-38	Både målformuleringene og usikkerheten skal formuleres i positive termer. ....	124
Figur 2-39	Vertikal logikk: Hvert nivå i målhierarkiet oppfylles bare visst antagelsene på hvert nivå viser seg å være riktig. Inputen er menneskelige og materielle ressurser. ....	124
Figur 2-40	Beslutningskart for vurdering av hvilke antagelser. ....	126
Figur 2-41	Grovvurdering av antagelsene i det logiske rammeverket. ...	127
Figur 2-42	Nærmere klassifisering av risiko og muligheter. ....	128
Figur 2-43	Eksempler på antagelser og sammenhengen med mål. ....	129
Figur 2-44	Eksempler på utkast til logisk rammeverk på dette steget i LRM.....	130
Figur 2-45	Beslutningsnoder og hendelsesnoder, og hva sammenhengen mellom dem uttrykker .....	133
Figur 2-46	Influensdiagram med fire sannsynlighetsnoder .....	135
Figur 2-47	Influensdiagram som beskriver en situasjon der et prosjekt blir avbrutt for enperiode.....	135
Figur 2-48	Influensdiagram fra simuleringverktøyet Definitive Scenario	137
Figur 2-49	Tidnettverk, brukes for å simulere tidsbruken i et prosjekt. ...	137
Figur 2-50	Konsekvensmatrise. ....	141
Figur 2-51	Skalert konsekvensmatrise.....	142
Figur 2-52	Sannsynlighetsfordeling av konsekvens av gitte input.....	142
Figur 2-53	Medlemskapsfunksjon for konsekvens.....	143
Figur 2-54	Oppbygging av fuzzymaskin. ....	144
Figur 2-55	Medlemskapsfunksjon for parameter "verdi". ....	144
Figur 2-56	Medlemskapsfunksjon for resultatet "konsekvens". ....	145
Figur 2-57	Kjørereglene for "vår" fuzzymaskin. ....	145
Figur 2-58	"Konsekvens" som funksjon av "verdi" og "omfang" .....	146
Figur 2-59	Scenarioprinsippet .....	147
Figur 2-60	Teknikker for usikkerhetsbehandling ved bruk av scenario ...	147

Figur 2-61	Hvor følsom er internrenten for endringer i investeringskostnad? .....	154
Figur 2-62	Eksempel på "spiderdiagram".....	155
Figur 2-63	Hvilken merinvestering kan forsvares for å unngå 10 % overskridelse av byggetid? .....	156
Figur 2-64	Hvilken merinvestering kan tillates for å oppnå 10 % kortere byggetid?.....	156
Figur 2-65	Tilstandsutvikling vist i en utviklingskjede.....	158
Figur 2-66	Utvikling av vegsystemet fra figur 2-61.....	158
Figur 2-67	Nettverksplan .....	160
Figur 2-68	Nettverksplanen utvidet med påvirkningsfaktorer.....	161
Figur 2-69	Gantt-skjema med usikkerhet.....	163
Figur 2-70	Plan fremstilt som arbeidskjeder.....	164
Figur 2-71	Critical Chain med buffere.....	165
Figur 2-72	Plan med angitt siste dag for å rope varsku .....	166
Figur 3-1	Terramar-prosessen for usikkerhetsanalyser.....	168
Figur 3-2	Inndeling av prosjektusikkerheter i ulike kategorier.....	170
Figur 3-3	Usikkerhetsmatrise.....	171
Figur 3-4	Eksempel på influensdiagram og beslutningstre laget i Precision Tree .....	172
Figur 3-5	Eksempel på overordnet influensdiagram for estimatusikkerhet.....	174
Figur 3-6	Eksempel på totalmodell for estimat- og hendelsesusikkerhet.....	174
Figur 3-7	Eksempel på S-kurve for total kostnad.....	175
Figur 3-8	Tornadodiagram for et tenkt prosjekt.....	176
Figur 3-9	Kakediagram for å visualisere usikkerhetenes bidrag til totalusikkerheten.....	177
Figur 3-10	PTL's prosess for usikkerhetsanalyse.....	179
Figur 3-11	Situasjonskart for et prosjekt.....	179
Figur 3-12	Matrise til hjelp i identifiseringsfasen.....	180
Figur 3-13	Usikkerhetsfordeling.....	182
Figur 3-14	Usikkerhetshistogram viser oppsiden og nedsiden til usikkerhetselementene.....	182
Figur 3-15	S-kurve for kostnaden til et prosjekt.....	183
Figur 3-16	Identifikasjon og prosessering av informasjon.....	184
Figur 3-17	Kvalitetssikringsprosessen.....	185
Figur 3-18	Kategorisering av usikkerhet.....	187
Figur 3-19	PNS med usikkerhetsfaktorer.....	188
Figur 3-20	Eksempel på informasjonsside i Baseline.....	189
Figur 3-21	Eksempel på tornadodiagram. Prioritert liste over usikkerhetselementene med tilhørende påvirkningsgrad.....	190
Figur 3-22	Akkumulert sannsynlighetsfordeling. (S-kurve).....	191
Figur 3-23	Avsetninger i kostnadsoverslag og styring av disse .....	191
Figur 3-24	The Complete Risk Manager (CRM).....	193
Figur 3-25	Stegene i CRM.....	194
Figur 3-26	Six Thinking Hats .....	195
Figur 3-27	Steg 1.....	195
Figur 3-28	Matrise til hjelp ved identifisering av usikkerhet.....	196

Figur 3-29	Scenariobeskrivelser for de generelle forholdene.....	197
Figur 3-30	Fordelingskurven for et usikkerhetselement.....	198
Figur 3-31	Eksempel på CPM nettverk. ....	199
Figur 3-32	Kalkylemodell, etter top-down prinsippet. ....	200
Figur 3-33	Eksempel på fordelingskurve (S-kurve). ....	201
Figur 3-34	Top 10 liste over usikkerhet. ....	202
Figur 3-35	Tiltaksplan for å redusere usikkerheten i prosjektet. ....	202
Figur 3-36	Dovres Risk Management process.....	204
Figur 3-37	Slik kan en plan for gjennomføring av tiltak mot usikkerhet se ut. M, H, L = Medium, High, Low. ....	205
Figur 3-38	Dovres metode for usikkerhetsanalyse av kostnad. Usikkerhetsanalyse av lønnsomhet følger i prinsipp de samme stegene. ....	206
Figur 3-39	Sjekkliste for identifisering av usikkerhet. ....	209
Figur 3-40	Dovres modell for å estimere hvordan usikkerhetselementene påvirker kostnadselementene. ....	211
Figur 3-41	Dovres modell, AnRisk, eksempel. ....	213
Figur 3-42	S-kurve.....	215
Figur 3-43	Tornadodiagram. ....	216
Figur 3-44	Statens Vegvesens prosess for usikkerhetsanalyser. ....	217
Figur 3-45	Eksempel på situasjonskart.....	218
Figur 3-46	Indre og ytre påvirkninger. ....	219
Figur 3-47	Eksempel på kalkyleinndeling.....	220
Figur 3-48	Notatmaler. ....	221
Figur 3-49	Tolkning av resultater fra Anslag. ....	223
Figur 4-1	De ulike fasene i Hydros Capital Value Process for O&G- prosjekter. ....	228
Figur 4-2	Hver fase i CVP inneholder flere faste elementer som utføres til ulike tidspunkter i fasen. ....	229
Figur 4-3	Den seksdelte risikostyringsprosessen som brukes i Hydros CVP-prosess. ....	232
Figur 4-4	Den seksdelte risikostyringsprosessen som brukes i Hydros CVP-prosess. ....	246
Figur 4-5	To alternative matriser som viser den totale risikoscoren for et element. ....	249
Figur 4-6	Skjerm bilde fra kostriskmodellen med utgangspunkt i dataverktøyet @Risk.....	254
Figur 4-7	Sannsynlighetsfordelingene som viser den totale kostnadsusikkerheten for prosjektet. ....	257
Figur 4-8	Alle bidragene til prosjektets kontantstrøm kombineres i samme modell.....	261
Figur 4-9	Modell for integrerte volumer, rater kostnader og tidsplaner. ....	262
Figur 4-10	Hendelsestre som angir sannsynligheten for de ulike geologiske strukturene for et reservoar. ....	263
Figur 4-11	Volumene av de utvinnbare reservene i de ulike reservoarene kombineres i en felles sannsynlighetsfordeling.....	264
Figur 5-1	Ekstremverdi fordelingsfunksjon.....	273
Figur 5-2	Lognormal-fordeling.....	274

Figur 6-1	Forslag til sammenstilling av usikkerhet etter forskjellige rangeringer .....	292
Figur 7-1	Usikkerhets-analyse/-håndtering/-ledelse .....	304

# Tabelloversikt

Tabell 2.1	Oversikt over metodene for usikkerhetsanalyser som presenteres i dette kapittelet, og hva de omfatter. ....	18
Tabell 2.2	SHAMPU-prosessens ulike faseinndelinger.....	19
Tabell 2.3	Prosjektlivssyklusen (PLS).....	21
Tabell 2.4	Ressursgruppen tar for seg hendelsene og gjør en vurdering av sannsynligheten for at de inntreffer, og konsekvensen uttrykt i kroner vist de inntreffer. ....	57
Tabell 2.5	Usikkerhet knyttet til svakhetssone i tunnel. ....	96
Tabell 2.6	P/K-matrise for kvantifisering av risiko. ....	98
Tabell 2.7	Risiko knyttet til hendelser. ....	99
Tabell 2.8	SWOT-matrise. De fire kategoriene er gjensidig utelukkende. ....	130
Tabell 2.9	Konkretisering av forhold som kan være vesentlige i strategisk planlegging av prosjekter.....	131
Tabell 2.10	Hjelpematrix for dokumentasjon fra grovanalysen. ....	139
Tabell 2.11	Tidsanslag på aktivitetene ved hjelp av tripplestimater, og resultatet av beregningene. ....	162
Tabell 4.1	Begrepsforklaringer .....	225
Tabell 4.2	Generelt sett består CVP av en tidligfase og en gjennomføringsfase. ....	228
Tabell 4.3	De ulike kategoriene for sannsynligheten av at en hendelse inntreffer .....	248
Tabell 4.4	De ulike kategoriene for konsekvensen om en hendelse inntreffer, med et tilfeldig anslag for kostnadskonsekvensene i MNOK. ....	248
Tabell 6.1	Sammenstilling av metoder for klargjøringer, mål og plan for analysen.....	285
Tabell 6.2	Sammenstilling av metoder for identifisering og strukturering av usikkerhet.....	286
Tabell 6.3	Sammenstilling av metoder for kvantifisering av usikkerhet. ....	288
Tabell 6.6	Sammenstilling av metoder for dokumentasjon og kommunikasjon av analyseresultatene .....	295
Tabell 6.7	Sammenstilling av metoder for planlegging av tiltak.....	297
Tabell 6.8	Sammenstilling av metoder for oppfølging av usikkerhetsbildet.....	298



# Sammendrag

*Kjell Austeng, Olav Torp, Jon Terje Midtbø, Vidar Helland og Ingemund Jordanger*

## **Usikkerhetsanalyse - Metoder**

Concept rapport nr. 12

Rapporten er laget for å være til støtte for utvikling og gjennomføring av usikkerhetsanalyser. Innholdet kan sies å være delt i tre:

- Beskrivelse av metoder hentet fra litteratur. De metodene som er plukket ut her er metoder som enten er utarbeidet av internasjonalt anerkjente personer eller fagmiljøer, eller metoder som har en mer diffus opprinnelse, men som er mye brukt.

Vi vil finne beskrivelser av metoder som er ment å dekke en totalanalyse. De mest fremtredende her er “Shampu-metoden” av Chapman og Ward, PMI’s “Usikkerhetsledelse i prosjekt”, og som en representant for den skandinaviske utviklingen av metoder for usikkerhetsanalyse har vi tatt med “Trinnvisprosessen”.

I tillegg til de “heldekkende” metodene inneholder rapporten en rekke beskrivelser av metoder som er laget for å dekke spesielle faser i prosjektet eller spesielle analysebehov.

- Beskrivelse av metoder som anvendes, og mer eller mindre er utviklet av prosjekteiere, rådgivere og andre som direkte arbeider med prosjekter. Disse metodene er gjerne avledet av metoder som er beskrevet i litteraturen og tilpasset bestemte porteføljeprofiler eller forretningsområder, hvor brukeren har hentet hensiktsmessige deler fra flere kilder om analyser, og foredlet disse til sitt eget behov.
- Sammenstilling av metodene, og vurderinger og sammenlikninger i forhold til et sett av suksesskriterier.

Helheten i usikkerhetsanalyser er viktig. Derfor er alle analysemetodene beskrevet så fullstendig som det har vært praktisk mulig. Dette til tross for at en av hovedkonklusjonene fra sammenstillingen er at det er store likheter i det som gjøres.

Vi har trukket frem enkelte spesialiteter fra de forskjellige analysemetodene. Det vil helt sikkert være divergerende syn på viktigheten av det som er dratt frem, og mange vil nok mene at andre forhold fortjente mer oppmerksomhet. Våre preferanser har vært å få frem forhold som kan være med å fylle ut bildet og komplettere analysearbeidet hos aktørene. Et av målene med rapporten er at beskrivelsene og omtalen av de forskjellige metodene skal gi leseren ideer til forbedring av sin egen metode. Dette vil forhåpentligvis gi synergieffekter som vil føre til en utvikling mot en enda bedre praksis.

De fleste av metodene støtter seg på en eller annen form for gruppeprosess eller intervjuer av en sammensatt gruppe av personer med tilhørighet til prosjektet. Typisk for alle analysemetodene er at det etableres og beskrives en kvalitativ scenariomodell som er basis for senere kvantifisering.

I det materialet vi har gått gjennom savnes innslag av tydelige og systematiske mulighetsanalyser i forbindelse med identifiseringen, eller etter at usikkerhetselementene er brakt på bordet. Vi tror at det generelt er hva vi vil kalle en risikokultur når man tenker på usikkerhet. For at dette skal bli mer ballansert trenger vi å arbeide for å fremme en mulighetskultur.

Ellers aner vi en viss forskjell på hva vi vil kalle en skandinavisk tradisjon, representert ved Trinnvismetoden og alle rådgivernes metoder, og en mer angelsaksisk tilnærming representert ved Shampu, PMI og Hydros PRM. Den forskjellen som synes tydeligst er måten å skaffe seg input på. Skandinavisk tilnærming synes å være mer direkte og knyttet til subjektive vurderinger, mens Shampu og andre søker å “vitenskapeliggjøre” inputmetodene ved å gå veien via statistisk hjelpemidler.

Til slutt i rapporten finnes noen refleksjoner over hva vi mener er viktige elementer som det bør forskes videre på.

Der vi fortsatt ser et stort udekket behov, særlig for offentlige prosjekter som går over lang tid, er metoder for å fange opp den usikkerheten som ligger i at man neppe om 10, 15, 20 år kommer til å bygge akkurat det prosjektet som man har planlagt og kalkulert i dag.

Av analyseelementer hvor det ligger stort potensial i å forbedre er generelt alt som har med å få sikrere input å gjøre. Av spesielle elementer vil vi nevne interessentanalyser, korrelasjonsanalyser og kommunikasjon av usikkerhet.

Det er fortsatt mye å hente på å forbedre usikkerhetsanalysene, men det største potensialet ligger, når alt kommer til alt, i hvordan vi tar konsekvensene av analyseresultatene, og i hvordan usikkerheten blir håndtert gjennom hele prosjektet. De elementene som er listet nedenfor som de aller viktigste er plukket ut på basis av et slikt helhetsperspektiv.

De to første punktene er knyttet til forbedring av analysene

- Hvordan sikre mest mulig representativ input
- Hvordan kunne gjette bedre om fremtidens behov og krav

Det siste gjelder hvordan vi totalt forholder oss til usikkerhet i virksomheten

- Utvikle usikkerhetsledelse til å omfatte mulighetsledelse, og til å bli en del av ledelsesfilosofien i både prosjekt og virksomhet.

# Summary

*Kjell Austeng, Olav Torp, Jon Terje Midtbø, Vidar Helland, Ingemund Jordanger*

## **Uncertainty analysis - Methodology**

Concept Report No. 12

The report is intended to be of support in performing uncertainty analyses. The content is divided into three parts:

- Descriptions of methods found in literature. The methods that are selected have been developed by internationally recognised people or organisations, or from other methods that are commonly used.

We will find descriptions of some methods for complete analysis. The most well-known in this respect are 'The Shampu method' by Chapman & Ward, PMI's 'Uncertainty Analysis in Projects', and representative of the Scandinavian mainstream, 'The Successive Process'.

In addition to the 'total' analyses, the report contains descriptions of methods designed to meet special requirements in uncertainty analyses:

- Descriptions of methods which are in practical use, and more or less are developed by project owners, consultants and others that are performing uncertainty analyses. These methods are mostly derived from methods described in literature and adjusted to certain portfolio profiles on business areas.
- "Collocation of the methods, and evaluations and comparisons to a set of corresponding success criteria.

The entirety of the analyses is important, and the methods of analysis are described as completely as possible. This is done in spite of the main conclusion from the comparisons being that the similarities of the methods are evident.

Particular specialities from the different methods are highlighted, with the purpose of identifying conditions which contribute to complete the performance of uncertainty analyses. One of the purposes of this report is to give readers new ideas for improving their current methods. Hopefully, this will give synergy effects and contribute to better practice.

Most of the methods for uncertainty analysis lean upon various forms of group processes. Typical for all methods is that they establish a qualitative scenario model which is a basis for subsequent quantification.

In all the descriptions of methods examined there is a lack of an explicit systematic analysis of the upside potential. We believe that in general there is what we call a 'risk culture' when project staff think about uncertainty. Further work is needed in order to 'balance' the culture with more 'opportunity thinking'.

---

Reading about the methods, we sensed a slight difference between what we call a Scandinavian tradition, represented by the Successive Method, the described methods used by consultants, and the more Anglo-Saxon methods represented by Shampu, PMI and Hydros PRM. The biggest difference seems to be in the way of securing input. The Scandinavian approach seems to be more direct and uses subjective estimations, while, for instance, Shampu and PMI seek to make their way of gaining input 'scientific' via the use of statistical tools.

The report concludes with some reflections on what we consider to be important elements, worthy of further research.

We still observe, especially in public projects, uncovered needs for methods to meet the uncertainty, implied by the fact that it is rarely the same project that is planned and calculated today that will be built in 10, 15, or 20 years from now.

Among elements from the analysis that imply great potential for improvement, is generally everything affecting the veracity of input. Among particular elements can be mentioned stakeholder analysis, correlation analysis and communication of uncertainty.

There is a lot to be gained by improvement of uncertainty analyses, but the greatest potential to be realised lies, after all, in how we deal with the results from the analysis, and how the uncertainty is managed throughout the whole project. The elements listed below are considered most important, and they are selected based on the perspective of 'the big picture'.

The first two points are connected to improvement of the analysis:

- How to assure relevant and reliable input.
- How to ensure better guesstimates about future needs and demands.

The last point is about how we in total deal with uncertainty in the project work:

"Enhance uncertainty management to include opportunity management, and to be a part of the philosophy of management in both project and corporate.

# 1. Usikkerhetsanalyser

Usikkerhetsanalyse er definert som en systematisk fremgangsmåte for å identifisere, beskrive og beregne usikkerhet (Klakegg, 2003). Denne definisjonen setter et nokså klart skille mellom analysen av selve usikkerhetsbildet på den ene siden, og analyse av tiltak og oppfølging av analyseresultatene på den andre siden. Vi vil se i det etterfølgende at dette skillet er noe flytende i forhold til hva som beskrives for de enkelte metodene. Vi har i denne rapporten ikke sett det som noen viktig sak å utdype dette skillet, men har beskrevet metodene med det omfang vi mener de forskjellige kildene har lagt i begrepet i omtalen av "sine" usikkerhetsanalyser.

En usikkerhetsanalyse av et prosjekt settes gjerne i gang med bakgrunn i et eller flere av følgende tre formål:

- Å være en del av beslutningsgrunnlaget i de beslutningspunktene som avgjør om et prosjekt skal gå over til senere faser. Typisk her er beslutninger om hvorvidt valgt konsept skal videreføres i et forprosjekt, og om forslagene fra forprosjektet skal gjennomføres. Det bør innføres en klar standard for hva og hvordan beslutningsgrunnlaget skal være for hvert beslutningspunkt.
- Få fram mulige forhold i prosjektets framtid som krever forhåndstiltak for å avverge eller begrense, eller som krever oppbygging av beredskap.
- Være til støtte i styringen av prosjektet ved at bevisstheten om risiko og muligheter økes hos aktørene, og at man får tydeliggjort hvor det er viktigst å konsentrere oppmerksomheten. Det må her poengteres viktigheten av en kontinuerlig oppdatering av usikkerhetsbildet.

De viktigste elementene i analysen er en god og veldefinert prosess, gode metoder for å sikre valide og pålitelige resultater; heri ligger å sørge for riktig og relevant input, korrekt behandling av input (kvalitativ og kvantitativ), og presentasjon av resultatene som gjenspeiler de virkelige forhold så langt de er klarlagt.

Hvor stort omfang analysen skal ha er avhengig av størrelsen på prosjektet, og hvor usikkert prosjektet i utgangspunktet fortoner seg for den organisasjonen som skal gjennomføre det. Det har selvfølgelig også stor betydning hvor viktig et godt prosjektresultat er for prosjektleder.

De mest omfattende analysene har gjerne gruppesamlinger, hvor det legges mye arbeid i å sette sammen ressursgrupper som dekker hele det faglige spektret som kreves, og som i tillegg dekker behovet for fantasi og kreativitet, balanse i forhåndsoppfatninger samt nødvendig styrke hos enkeltmedlemmene til å være kritiske og kunne stå imot autoritets- og gruppepress. Det viktige er at de riktige spørsmålene blir stilt, og at usikkerhetsmomentene og usikkerhetsårsakene kommer på bordet.

Usikkerhetsanalysen deles gjerne i en kvalitativ og en kvantitativ del. Den kvalitative delen består i å få frem usikkerheten, beskrive usikkerhetsmomentene, deres årsaker og hvor de an-

tas å virke, hvilke påvirkningsmuligheter som eksisterer, og en prosaisk beskrivelse av utfallsrommet. Den kvantitative delen består i å sette tall på sannsynligheter, utfallsrom og eventuell påvirkningsandel. Den kvalitative delen er viktig med tanke på oversikt og bevisstgjøring, og som grunnlag for kvantifisering. Den kvantitative delen er viktig for å prioritere og styre prosjektet under usikkerhet.

Prosesen for gjennomføring av usikkerhetsanalyser varierer etter formål med analysen og hvem den gjøres for, etter hvem som gjennomfører den, og etter hvilke kilder for input som foreligger. De som selger tjenester for usikkerhetsanalyser har gjerne spesialisert seg mot bestemte analyseformål og mot bestemte bransjer. De har alle sine egne metoder med egne navn. Det synes imidlertid å være store likheter mellom hvordan analysene gjennomføres.

Grunnen til dette er åpenbar. Det er noen faste elementer som må klargjøres i alle analyser, og i en bestemt rekkefølge:

- **Formålet med analyse.** En må klarlegge hva resultatene fra analysen skal brukes til.
- **Identifisering.** Usikkerhetselementene må identifiseres og beskrives. Potensielle hendelser og usikre forhold bringes på bordet i en eller annen form for kreativ prosess. Elementene sorteres og grupperes. Når man skal beskrive usikkerhet er det snakk om å modellere sammenhenger samt årsaker og konsekvenser så langt man kan. Dette kalles ofte å lage en **kvalitativ modell**.
- **Kvantifisering.** Der hvor det er mulig blir virkningen av usikkerhetselementene kvantifisert. Dette gjøres gjerne ved å anslå sannsynlighet for at hendelsen opptrer, og å anslå konsekvenskostnadene med tilhørende estimatusikkerhet. Ting vi vet vi skal utføre har sannsynlighet 1,0, og er følgelig bare beheftet med estimatusikkerhet.
- **Beregning.** De kvantifiserte størrelsene må behandles til totaltall for prosjektet. Dette gjøres som oftest ved simuleringer eller ved hjelp av matematisk-statistiske regneregler. Ut fra dette får vi en **kvantitativ modell**.
- **Fremstilling av resultater.** Resultatene må fremstilles på en forståelig måte slik at de er til støtte for beslutningstakeren. Ikke alle beslutningstakere er vant til å bruke usikkerhetsanalyse som beslutningsstøtte, og derfor er det viktig at resultatene presenteres på en slik måte at valgsituasjonene fremstår så tydelig som mulig, og at beslutningstakeren forstår hvilken virkning beslutningene sannsynligvis vil få..

Her stopper pr. definisjon usikkerhetsanalysen, men som vi vil se i det etterfølgende er det en funksjon til som går igjen i nesten alle beskrivelsene av de "heldekkende" metodene.

- **Utvikle forslag til tiltak.** Tiltakene kan være rettet mot å påvirke sannsynligheten for at hendelsen opptrer, påvirke virkningen hvis den opptrer, eller påvirke konsekvensene av hendelsesutfallene. Grunnen til at det her brukes begrepet påvirke i stedet for redusere, er at mange mulige hendelser inneholder muligheter som kan utnyttes. En av de største svakhetene med de usikkerhetsanalyser som gjøres er at de for ensidig har som bakgrunn at usikkerhet er synonymt med risiko; noe man må unngå. Mulighetssiden blir ofte ikke vektlagt.

## 2. Metoder fra litteraturen

I litteraturen finnes et mangfold av ulike metoder som kan brukes for å analysere usikkerhet i prosjekter. Dette kapittelet presenterer noen av de mest sentrale.

Selv om mange metoder kan synes like har de alle sitt særpreg, og brukes ofte med litt forskjellig formål. Noen metoder er omfattende, og har både kvalitative og kvantitative elementer, mens andre metoder er mindre, og brukes for eksempel bare for å vise den kvalitative sammenhengen mellom usikkerhetslementer. Vi skal her bruke betegnelsen "metoder" på dem alle, men skiller dem i henhold til hvor omfattende de er. "Størrelsen" angis med hvilke steg metoden gjør. Antallet funksjoner i tabell 2-1, og innholdet i dem, er valgt ut fra et "gjennomsnitt" av alle metodene som er beskrevet i dette kapittelet, deriblant PMI's metode for usikkerhetsanalyse. Tabell 2-1 viser metodene som beskrives, og forskjellene mellom dem. I tabellen har vi også tatt med de metoder som beskrives fra rådgivere, kapittel 3, og metoder i Hydro, kapittel 4. Tallene i cellene bak hver metode angir i hvilket steg i analysen funksjonen utføres. Stiplingen rundt cellene angir at de bare delvis passer inn i modellen.

"Stegene" 1 til 8 i tabellen viser altså funksjoner eller produkter fra forskjellige analysetrinn. Hva disse innebærer er nærmere beskrevet i kapittel 6.

Tabell 2.1 *Oversikt over metodene for usikkerhetsanalyser som presenteres i dette kapittelet, og hva de omfatter.*

	Klargjøring mål og plan for analysen	Identifisering og strukturering av usikkerhet	Kvalitativ modell	Kvantifisering av usikkerhet	Klassifisering og rangering	Kvalitets- kontroll	Dokumentasjon og kommunikasjon	Planlegge tiltak	Oppfølging
Shampu-metoden	1-2	3-4	4-5	6-7		8		2,5,9	9
Trinnvisprosessen	1	2-3		4-5	5	5-6	6-7	7	
PMI	1	2	3	4	3-4			5	6
IRMA	1	2-3	2	3-4	IRMA er egentlig en mal for utvikling av analysemodell				
Hendelsesusikkerhet									
Logisk rammeverk									
SWOT-analyse									
Influensdiagram									
Grovanalyse									
Kvantifisering									
Scenarioanalyse									
Følsomhetsanalyse									
Terramar	1	2-3	4			5	6		
PTL	1	2	3	4	5	6			
HolteProsjekt	1	1-2	2-3	3	2,3	3			Del av ytre prosess
Metier	1	2	3		4				
Dovre International	1-2-3	4-5	5-6	7			8-9	Del av	
Statens Vegvesen	1	2-3		4-5	5	5	5-6	7	
Hydros PRM	1	2	2-3	3			4		

## 2.1 Shampu-metoden

Chris Chapman og Stephen Ward ved University of Southampton i England er to ledende skikkelser innen moderne prosjektbasert usikkerhetsstyring, og de har utviklet et rammeverk for usikkerhetsanalyser og -styring i prosjekter kalt SHAMPU-prosessen (Shape, Harness and Manage Project Uncertainty, som på norsk kan oversettes med Forme, Kontrollere og Styre Prosjektusikkerhet).

Motivasjonen for å utvikle denne modellen ble grunnlagt gjennom arbeid ved en rekke omfattende utbyggingsprosjekter innenfor energisektoren i USA, Canada og i Nordsjøen på slutten av 70- og på begynnelsen av 80-tallet. Fra midten av 80-tallet og frem til i dag har modellen blitt utviklet gjennom et stort antall prosjekter innenfor en rekke ulike sektorer, blant annet forsvars-, atomkraft-, og atomavfallsprosjekter.

Under utviklingen av modellen har Chapman og Ward tatt for seg en lang rekke ulike modeller som har vært tilgjengelige. Dette har ført til at SHAMPU inneholder mange tilsvarende elementer som de tre anerkjente modellene PRAM, RAMP og PMBOK2000. Denne beskrivelsen av SHAMPU er basert på Chapman & Ward (2003).

SHAMPU-prosessen anbefales som et generelt rammeverk for direkte bruk under usikkerhetsstyring av prosjekter, eller den kan brukes i kombinasjon med andre usikkerhetsstyringsprosesser. Sentralt for modellen er at den skal være en "add-in" fremfor en "add-on" i prosjektet, det vil si at usikkerhetsstyringsprosessen integreres i prosjektet, og ikke fungerer som et tillegg. Det er vesentlig at hele prosjektorganisasjonen har en god kultur på risikovurderinger, slik at prosessen kan gli naturlig inn i det daglige arbeidet, uten å fremstå som noe ubehagelig og ukjent. I tillegg vil god struktur og disiplin i organisasjonen gjøre det lettere å gjennomføre en slik prosess på en effektiv måte.

Modellen består av i alt ni faser, som går gjennom etter tur, se venstre kolonne i tabell 2-2.

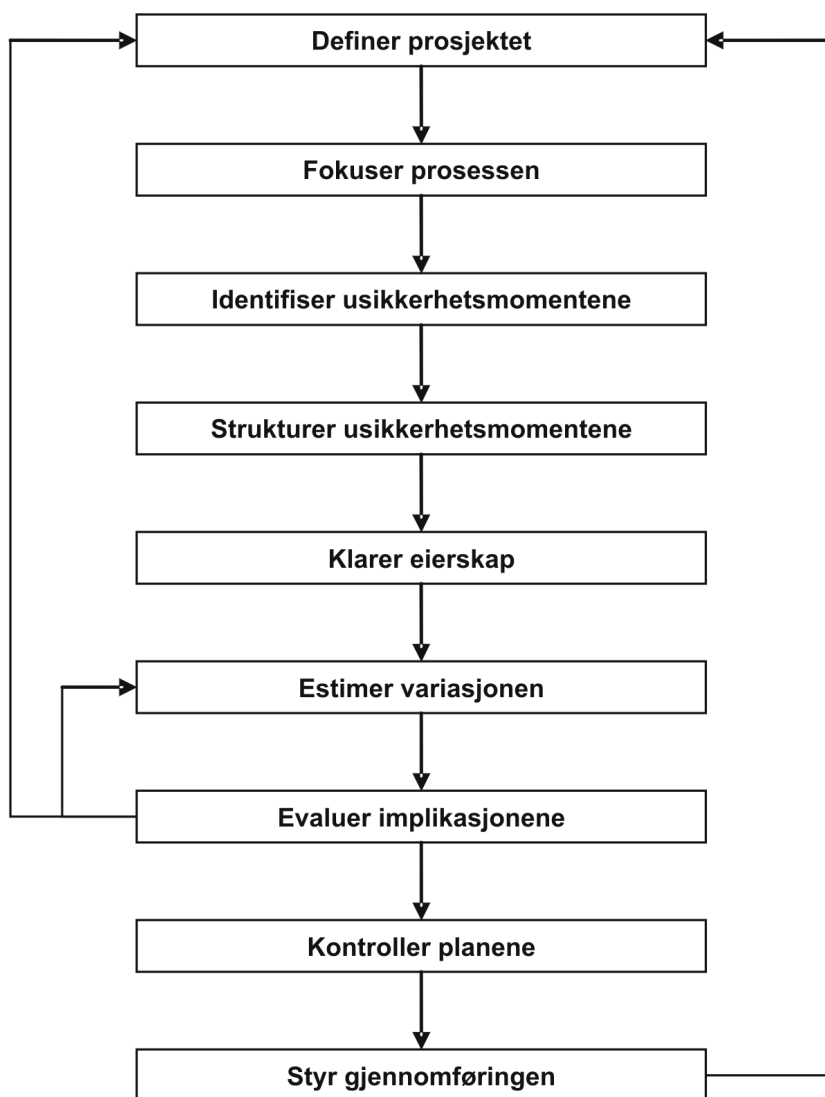
Tabell 2.2 *SHAMPU-prosessens ulike faseinndelinger*

Ni faser	Fem faser	Tre faser
<b>Definere</b> prosjektet	Klargjøre <b>analysegrunnlaget</b>	<b>Forme</b> prosjektstrategien
<b>Fokusere</b> prosessen		
<b>Identifisere</b> temaene	Utføre <b>kvalitative analyser</b>	
<b>Strukturere</b> temaene		
Klarere <b>eierskap</b>		
<b>Estimere</b> variasjoner	Utføre <b>kvantitative analyser</b>	
<b>Evaluere</b> implikasjoner		
<b>Kontrollere</b> planene	<b>Kontrollere</b> planene	<b>Kontrollere</b> planene
<b>Styre</b> implementeringen	<b>Styre</b> implementeringen	<b>Styre</b> implementeringen



Hver fase har ulike formål og arbeidsoppgaver som må utføres og godkjennes før man kan gå videre til neste fase. For å få en bedre oversikt over modellen i første omgang, kan modellen deles inn i henholdsvis tre eller fem overordnede faser slik som det er vist i den samme tabellen. Det er disse fasene som utgjør grunnprinsippene i modellen.

Et svært sentralt punkt ved bruk av modellen er at den krever iterasjon ved at man går tilbake til tidligere faser for å utbedre, utvikle eller redefinere punkter man ikke finner gode nok ved tidligere gjennomganger av prosessen. Gjøres ikke dette, kan SHAMPU-prosessen fungere svært ineffektivt. Uvesentlige punkter kan få for mye oppmerksomhet, mens helt vesentlige punkter muligens ikke vil få den oppmerksomhet som kreves. Utføres prosessen derimot som anbefalt vil SHAMPU-prosessen hjelpe prosjektlederne til stadig å forbedre prosjektstrategien, og samtidig å utvikle en god usikkerhetsstyringsprosess som kan benyttes i fremtidige prosjekter. Figur 2-1 viser prosessens struktur, samt de viktigste iterasjonsloopene i prosessen. Det er også mulig å foreta iterasjon på andre steder hvis man finner det hensiktsmessig eller nødvendig.



Figur 2-1 *SHAMPU-prosessens iterative struktur.*

## STEG 1 - Definerings

Dette er den første fasen i SHAMPU-prosessen. Den går ut på å sammenfatte all tilgjengelig informasjon om prosjektet som skal analyseres. Dette for å danne et informasjonsgrunnlag som egner seg for analyser senere i prosessen. Der man finner huller i dette informasjonsgrunnlaget, må ressurser settes inn for å få tettet disse, slik at man oppnår en mest mulig helhetlig oppfatning av prosjektets virkelige situasjon. Det ønskede produktet av denne fasen vil være en klar og entydig oppfatning av prosjektet og dets styringsprosess, som vil være selve grunnlaget for det videre risikostyringsarbeidet.

Denne fasen er en svært kritisk del av prosjektet. Overser man viktig informasjon eller benytter informasjon som er feil eller irrelevant, vil man bygge det videre prosjektet på feil premisser, og sluttproduktet kan fort bli et helt annet enn forventet. Mulighetene er store for at prosjektet vil gå langt utover budsjetter, tidsfrister og tidligere planer, om man i det hele tatt kommer i mål.

SHAMPU benytter en fremgangsmåte i defineringsfasen som bygger på de seks H-ene (beskrevet lenger bak) og den såkalte Prosjektlivssyklusen (PLS). PLS er en hensiktsmessig måte for å skape seg et overblikk over prosjektet over tid. En vanlig måte å vise dette er å dele prosjektet opp i fire tidsfaser; konseptfasen, planleggingsfasen, gjennomføringsfasen og avslutningsfasen.

Chapman og Ward mener imidlertid at det er behov for en finere inndeling enn denne, for å kunne identifisere usikkerhetslementer gjennom de ulike prosjektfasene. Dette gjøres ved å dele de generelle fasene opp i ulike steg slik det er gjort i tabell 2.3. Disse stegene inneholder igjen undernivåer, for lettere å kunne vurdere hvor i PLS spesifikke usikkerhetskilder oppstår og hvordan disse kan styres på best mulig måte. For en mer detaljert beskrivelse av PLS henvises til referanselitteraturen (Chapman & Ward, 2003).

Tabell 2.3 *Prosjektlivssyklusen (PLS).*

Faser	Steg
Konseptfasen	Unnfange ideen til et produkt
Planleggingsfasen	Utforme produktet strategisk
	Planlegge gjennomføringen strategisk
	Fordele ressurser taktisk
Gjennomføringsfasen	Gjennomføre produksjonen
Avslutningsfasen	Levere produktet
	Bedømme prosessen
	Støtte produktet

Ved å trinnvis gå gjennom hver enkelt H opp mot PLS, vil man få en god oversikt over prosjektets tilstand. Dersom det oppdages hull eller dårlig definerte elementer må disse trinnene repeteres helt til man kan si seg tilfreds med alle punktene. Når det er gjort kan man gå til fase to av SHAMPU-prosessen.

Det må nevnes at modellen ikke må oppfattes som en "kokebok", men snarere en beskrivelse av teknikker for å lage egne oppskrifter.

## De 6 H'ene

**Hvem.** Prosjektets ulike parter og forholdene mellom disse er et svært vesentlig element for den generelle styringen av prosjektet, og også et viktig usikkerhetsselement. Alle prosjekter har et større eller mindre antall aktører som er delaktige i prosjektet til enhver tid. Både direkte parter (for eksempel underentreprenører, egne ansatte eller prosjektbestiller) og indirekte parter (for eksempel myndigheter, brukere av sluttproduktet eller konkurrenter) må vurderes, og deres tilknytning og betydning for prosjektet kartlegges. Et viktig moment innenfor for eksempel byggebransjen er risikoen for at et prosjekts underentreprenører går konkurs. Et godt utarbeidet kontraktmateriale er viktig for å få klarlagt risikofordelingen mellom de ulike aktørene som er involverte i prosjektet. Man kan skille mellom to ulike parter; prosjekteierens egne ansatte og andre interessenter.

**Hvorfor.** Et grunnleggende tema i definisjonsfasen er prosjektets formål og hva som egentlig er ønskelig å oppnå ved prosjektets avslutning. Det er viktig at hele organisasjonen jobber mot de samme målene, hvis ikke kan det fort oppstå problemer. Dette er også en viktig del for planleggingen av selve usikkerhetsanalysen, siden det er målene som bør drive hele denne prosessen. De ulike målene for prosjektet må vurderes samlet, slik at man får frem den relative sammenhengen mellom dem. På den måten kan man rangere dem, og man kan foreta en avveining av hvorvidt man kan redusere viktigheten av et mål hvis man har muligheten til å forbedre et annet. Et eksempel på dette er forholdet mellom parametrene kostnad og tid; man kan forbedre tidsforbruket ved å sette inn flere ressurser i prosjektet, noe som vil medføre at kostnadene stiger. Ofte er det praktisk å velge et nøkkelkriterium for så å uttrykke de andre ved hjelp av dette.

**Hva.** En gjennomgang av prosjektplanen er en viktig del av definisjonsfasen. Dette gjøres ved at en risikoanalytiker foretar en sammenfatning av designrapporter utarbeidet av prosjektmedarbeiderne som en del av den vanlige prosjektplanleggingsprosessen, og gjør denne sammenfatningen tilgjengelig for samtlige medlemmer av prosjektorganisasjonen. Ved at analytikeren grundig går gjennom sammenfatningen og stiller tilsynelatende "dumme" spørsmål om prosjektplanen til de aktuelle personene, vil han kunne komme frem til et forenklet syn på hva designen dreier seg om. En slik jobb kan avdekke feil eller direkte mangler i prosjektet, som uten dette punktet kunne blitt oversett. Noen ganger vil slike "dumme" spørsmål ikke ha noe godt eller effektivt svar, noe som kan bety at det finnes alvorlige sprekker i underlaget som straks bør utbedres.

**Hvordan.** Alle prosjekter trenger en struktur for hvordan de ulike arbeidsoppgavene skal koordineres. Rådet fra Chapman & Ward er å dele prosjekter av en viss størrelse inn i mellom 20 og 50 aktiviteter, mens små prosjekter vil være mer passende å dele inn i rundt fem. Ved å dele opp prosjektet på denne måten vil man ha muligheten til å separere ut de ulike risikokildene som tilhører hver av aktivitetene, og som ikke nødvendigvis har noe med hverandre å gjøre. Men det er da helt vesentlig å ikke separere aktiviteter som er forbundet med hverandre, og å bare dele opp en aktivitet så lenge det virker fornuftig å gjøre det akkurat på den måten. Gjøres ikke dette på riktig måte vil man komme frem til feilaktige usikkerhetsvurderinger siden den relative sammenhengen mellom usikkerhetsselementene blir ignorert. Samtidig er det ikke noe poeng å foreta en slik separasjon av risikokildene før man har klarlagt relasjonene mellom de ulike aktivitetene.

**Hvorned.** I dette punktet skal de ressurser som kreves i prosjektgjennomføringen kartlegges. Alle aktiviteter krever et visst antall ressurser, og dette er av den grunn en stor usikker-

hetsfaktor i seg selv. Er ikke de nødvendige ressurser tilgjengelige på det ønskelige tidspunktet, kan dette føre til store overskridelser av tid og kostnader.

**Hvortid (Når).** For å få god oversikt over tidsperspektivet i prosjektet, kan det være lurt å konstruere to separate diagrammer som viser det planlagte tidsforbruket for prosjektet. Først lages et enkelt presedensnettverk som skal gi et klart bilde av det antatte rangforholdet mellom aktivitetene man er kommet frem til i hvordan-punktet. I tillegg lages et separat Gant-diagram som skal vise timingen mellom disse aktivitetene. Separeres ikke disse to diagrammene, men samles i et felles, vil mye av klarheten og generelliteten som er ønskelig å oppnå forsvinne.

Prosjektlivssyklusen. I dette siste steget i defineringsfasen skal man lage et kort utkast av de tidligere, nåværende og fremtidige trinnene i prosjektlivssyklusen. Et slikt sammendrag vil være nyttig som et underlag for identifiseringsfasen. For å kunne identifisere usikkerhetsmomenter forbundet med stegene i prosjektlivssyklusen, må man ha klart for seg hva de ulike stegene inneholder.

## STEG 2 - Fokusering

I denne fasen skal selve usikkerhetsanalysen planlegges på både et strategisk og et operasjonelt nivå. For at analysen skal være lønnsom og gi gode resultater kreves det god planlegging. Fokuseringsfasen inneholder to spesifikke oppgaver; fokusere prosessen og planlegge prosessen. Målet er å klarere alle de viktigste aspektene med den valgte fremgangsmåten for analysen, og å skape en klar, entydig forståelse av prosessen på en måte som er mottakelig for alle involverte. På samme måte som i defineringsfasen brukes en metode med å gå gjennom de seks H-ene og prosjektlivssyklusen.

**Hvem - Avklarer prosessepartene.** Det er vesentlig å avklare hvilke roller de ulike partene skal ha under prosessen. I dette punktet skal det klareres hvem som foretar usikkerhetsanalyser for hvem, samt hvordan rapporteringen skal foregå. Avklares ikke dette på et tidlig tidspunkt i fokuseringsfasen, kan de senere stegene i fasen bli hemmet på grunn av dette. Gruppen som gjennomfører prosessen bør fungere både som rådgivere for prosjektlederen, men også rapportere nøytralt til prosjekteier.

**Hvorfor - Avklare prosessmålene.** Ved å eksplisitt vurdere hvorfor en usikkerhetsanalyse skal gjennomføres, vil man lettere kunne klarere rekkevidden av usikkerhetsstyringsprosessen. En usikkerhetsstyringsprosess kan ikke gjennomføres på akkurat samme måte for alle prosjekter, men ved å tilpasse prosessen etter hva man ønsker å oppnå, vil man lettere kunne skape en prosess som egner seg til formålet.

**Hva - Top-down vurdering av usikkerhet.** En begrenset top-down vurdering av usikkerheten i et prosjekt vil være et godt utgangspunkt for utformingen av en usikkerhetsstyringsprosess. Ved å kombinere prosjektets egen usikkerhet med felles usikkerhetslementer tilstede i hele bedriften vil man få en god oversikt over den situasjonen man står ovenfor, og også et grunnlag for mer detaljerte analyser senere i prosessen.

**Prosesstrategi og PLS.** For å kunne utvikle en effektiv usikkerhetsstyringsprosess, bør usikkerhet forbundet med aktiviteter tidlig i prosessen sees på i sammenheng med usikkerhet forbundet med aktiviteter senere i prosessen. Det er ikke nødvendig med en dypt detal-

jert plan på dette tidspunktet, men snarere et utkast av aktuelle og kommende momenter man er kommet frem til i enighet mellom de aktuelle involverte.

**Bedømme prosessomfang.** Etter gjennomgang av punktene over må man stoppe opp og vurdere om prosessens definisjonsområde er tilstrekkelig underbygget, om man bør gå tilbake til punktene over for nye vurderinger, eller om det er oppdaget såpass grove feil for prosjektets levedyktighet at hele prosjektet bør stoppes. Denne bedømmelsen kan identifisere såkalte "show-stoppers" og fokuseringsprosessen vil da gå ut på å prøve å klarere hvorvidt disse elementene kan bli revidert, fjernet eller løst for å unngå at prosjektet må stoppes. Det bestemmes hvorvidt det er noen vits i å gjennomføre en usikkerhetsstyringsprosess i det hele tatt eller om prosjektet bør avvikles.

**Hvordan - Velge prosesstiltærning.** Dersom det avgjøres i punktet over at fokuseringsfasen kan gå videre, kommer man over til den andre delen av fokuseringsfasen, nemlig å planlegge prosessen. Dette første leddet går ut på å overveie hvordan usikkerhetsanalysen skal gjennomføres, og det er vesentlig at man tilpasser prosessen til prosjektet. Man velger først en matematisk modell man mener best gjenspeiler prosjektets virkelighet, og dette valget må nøye overveies. Det er lett å velge en standard modell man har brukt med suksess i tidligere prosjekter, men det vil ikke dermed si at det er den beste for det aktuelle prosjektet.

**Hvorned - Bestemme nødvendige ressurser.** I likhet med definisjonsfasen, der man i hvorned-punktet kartlegger de ressurser som kreves av prosjektplanene, må man også bestemme hvilke ressurser som er nødvendige for å gjennomføre usikkerhetsanalysen. Med ressurser mener man her blant annet tilgjengelig personell med de riktige kunnskapene og tilgjengeligheten på tilstrekkelig gode dataverktøy for informasjonsbehandlingen. Det er ikke bare selve analyseteamet som skal være involvert i usikkerhetsanalysen. Også resten av personellet i prosjektet må være behjelpelige med å fremskaffe inputinformasjon til analysene og forholde seg til resultatene av disse. Et viktig moment er å bruke personellet fornuftig og effektivt. Det er dyrt å samle folk!

**Hvortid - Bestemme prosesstimingen.** Dette punktet står i sterk sammenheng med de resterende fem H-ene. Det gir liten mening å snakke om hvor lang tid usikkerhetsstyringsprosessen vil ta dersom disse ikke på forhånd har blitt vurdert.

**Bedømme prosessplanen.** Dette siste punktet i fokuseringsfasen går ut på å bedømme usikkerheten forbundet med gjennomføringen av usikkerhetsanalysene. Man har tre mulige utfall av denne bedømmingen; go, no-go og kanskje. Dersom man har fått frem alle usikkerhetsmomentene og mener man har god kontroll over dem, kan man gå direkte videre til den neste fasen i prosessen; identifiseringsfasen. Det er mulig man bør foreta en ny gjennomgang av planlegge prosess delen av fokuseringsfasen før man ønsker å gå videre. Den siste muligheten er å stoppe prosjektet. Har man kartlagt vesentlige kilder til usikkerhet som ligger utenfor prosjektets påvirkningsområde vil dette være eneste alternativ. Men det er viktig å oppfatte dette som en foreløpig stopp, og at muligheten for å gjenoppta prosjektet på et senere tidspunkt er til stede.

### STEG 3 - Identifisering

Denne fasen består av to viktige hovedoppgaver; søke etter kilder til usikkerhet og tilhørende svar, for så å klassifisere disse. Dette gjøres for å fremskaffe en klar forståelse av hvilke usikkerhetskilder prosjektet står ovenfor, samt hva som kan gjøres med disse. Muligheter må vurderes på samme måte som risiko. SHAMPU-prosessen benytter en femtrinnsmodell i identifiseringsfasen, der hvert trinn både omfatter søke- og klassifiseringsoppgavene, og som krever at gjennomgangen bygger på iterasjon gjennom de ulike punktene.

Til enhver identifisert kilde til usikkerhet skal det utarbeides minst én mulig løsning på problemet. Et godt resultat etter første gjennomgang av denne fasen vil være å komme frem til en foreløpig liste over åpenbare løsningsmuligheter som indikerer preferanser knyttet til samtlige av de fremkomne usikkerhetskildene. Ved senere gjennomganger av prosessen kan man fokusere på de viktigste kildene og dermed komme frem til en detaljert liste over løsningsmuligheter. Det ligger fem punkter til grunn for denne fasen som bør taes til etterretning:

- Ikke kast bort tid på å vurdere alternative svar hvis det første er effektivt.
- Ikke overse nøkkelløsninger
- Ikke overse tilsynelatende små problemer som ikke effektivt kan takles hvis de først oppstår.
- Identifiser muligheter som kan brukes utover de kildene som utløste dem.
- Utforsk dypere nivåer av usikkerhet der det er særdeles viktig.

**Kilder assosiert med nøkkelkriteriene.** Dette første punktet i identifiseringsfasen går ut på å identifisere såkalte KLP-issues (key criterion, level one, primary issues) det vil si.

- Nøkkelkriterie-momenter; kilder til usikkerhet med tilhørende løsninger som slår direkte inn på prosjektets sentrale ytelseskriterier.
- Nivå 1-momenter; kilder til usikkerhet med tilhørende løsninger som kan knyttes direkte til en usikker effekt på et ytelseskriterium av interesse.
- Primærmomenter; momenter som assosieres med grunnplaner eller grunndesigner, i motsetning til sekundærmomenter som avkommer fra primærløsninger.

**Kilder assosiert med andre kriterier, H-er og Prosjektivssyklusen.** Det er vanlig å definere nøkkelkriterier for ytelse i et prosjekt i form av parametere som lett lar seg måle som for eksempel tid eller kostnad. Forandringer eller avvik fra planene lar seg lett måle, og usikkerhet vil kunne uttrykkes i form av de samme parametrene. Andre usikkerheter som ikke lar seg direkte måle ved hjelp av slike lettmålte parametere utgjør ofte urørte restriksjoner for prosjektet, selv om de godt kan være viktige kriterier. Slike usikkerheter skal kartlegges i denne delen av identifiseringsfasen.

Etter å ha vurdert kilder assosiert med andre kriterier går man over på prosjektets seks H-er. Ved å vurdere samtlige av disse H-ene med tanke på usikkerhet kan sentrale kilder med tilhørende løsninger som er viktige å få kontrollert i styringsprosessen identifiseres. I noen

tilfeller kan også sekundære kilder identifiseres. Dette er inngående beskrevet i Chapman & Ward (2003:111-117).

Neste punkt er en gjennomgang av usikkerhet knyttet til andre ledd i prosjektlivssyklusen. Både kilder til usikkerhet som ikke vil slå til før senere, og kilder som kan ha blitt oversett i tidligere nivåer må sees på her.

**Løsninger.** Dette er det tredje leddet i identifiseringsfasen. Målet her er å finne frem til, og identifisere mulige løsninger i forhold til de usikkerhetene bestemt tidligere i prosessen, og samtidig dokumentere, verifisere, bedømme og rapportere innholdet. Dette kan i mange tilfeller virke som en enkel jobb, men det viser seg ofte at de tilsynelatende opplagte løsningene ikke nødvendigvis vil være de mest lønnsomme eller effektive. Andre mindre selvsagte løsninger bør derfor også vurderes. (Chapman & Ward, 2003) har laget en liste over åtte typer løsninger som kan vurderes dersom en kilde til usikkerhet ansees som svært viktig:

- Modifisere mål: Redusere eller heve ytelsesmål, ved å foreta en avveining mellom flere mål.
- Unngå kilder: Ønsker man å unngå gitte kilder, kan risikoen overføres til andre parter.
- Påvirke sannsynligheten: Ved å forandre usikkerheten for at potensielle hendelser skal oppstå. Dette kan både gjelde trusler og muligheter.
- Modifisere konsekvenser: Ved å endre konsekvensene av potensielle hendelser.
- Utvikle alternative planer: Ved å avsette midler til å kunne reagere dersom ugunstige hendelser oppstår.
- Holde mulighetene åpne: Utsette avgjørelser samt å velge løsninger som kan fungere i situasjoner av ulik karakter.
- Kontrollere: Foreta høyere grad av risikostyring dersom det er behov.
- Akseptere: Akseptere at usikkerhet er til stede, uten å foreta noen form for handling.
- Forbli uvitende: Ignorere usikkerheten, og samtidig ikke foreta seg noe for å identifisere den.

**Sekundære kilder og løsninger.** I det fjerde steget skal sekundære kilder til usikkerhet med tilhørende løsninger kartlegges. Sekundære kilder vil være kilder som oppstår ut fra en primær løsning. Eksempelvis i et byggeprosjekt kan bruk av to kraner i stedet for kun én være løsningen på det primære problemet for lite løftekapasitet på byggeplassen. En sekundær kilde til usikkerhet kan da dreie seg om plasseringsproblemer med den andre kranen, som kan løses ved at man leier plass på nabotomten. Under prosessen legges det stor vekt på kreativ tenkning blant de involverte, samt å benytte seg av den erfaringen nøkkelpersonell sitter inne med.

**Teknikker for å identifisere usikkerhetsmomenter.** Identifiseringsprosessen kan være individuell eller en kan involvere flere personer. Sistnevnte kan gjøres på forskjellige måter: intervju en og en person, intervju en gruppe, gruppeprosesser som brainstorming. Hensikten er at folk må få være kreative, og en må utnytte den kunnskapen folk sitter inne med.



**Usikkerhet på dypere nivåer og alternative modeller.** Det siste leddet i identifiseringsfasen går ut på å adressere kildene til usikkerheten kartlagt i prosjektet. Dette gjøres ved å skille mellom interne kilder som prosjektlederen er ansvarlig for og eksterne kilder som tilhører styret på et høyere nivå. En ovenfra-og-ned gjennomgang av intern usikkerhet i prosjektet foretas, der den kvantifiseres i kostnader, utbytte og varighet.

**Er identifikasjonen av temaene egnet for formålet?** Før man kan gå videre til neste fase i SHAMPU-prosessen må man nå bedømme om man har oppnådd de ønskede svarene fra identifiseringsfasen. Iterasjon er også her et viktig element, og det må påberegnes flere gjennomganger av fasen før man kan gå videre i prosessen. Ved første gjennomgang av SHAMPU vil målet med denne identifiseringsfasen være å få et overblikk, fremfor å gå inn i detaljerte analyser som ved senere forandringer kan vise seg å være ubrukelige.

## STEG 4 - Strukturering

Alle de tidligere fasene av SHAMPU-prosessen inneholder en viss form for strukturering av de identifiserte usikkerhetsmomentene. Denne fjerde fasen av prosessen går ut på å revurdere og utvide denne struktureringen for å oppnå en bredere forståelse av usikkerhetskildene med identifiserte løsninger. Det inngår også å utforske samspillet mellom de ulike momentene, og å teste antagelser implisitt eller eksplisitt i alle de tidligere stegene. På denne måten vil de eksisterende løsningene bli utbedret, samtidig som nye, mer effektive løsninger kan bli utviklet. I denne fasen skal informasjonen fremskaffet i de tidligere fasene transformeres til en kvalitativ modell av prosjektusikkerheten og sammenfattes ved hjelp av diagrammer.

Struktureringsfasen inneholder fire ulike oppgaver:

- Utvikle rangordning: Dette innebærer å rangere kilder med tilhørende løsninger
- Utforske avhengigheter: Dette innebærer å revurdere og utforske nye mulige avhengigheter mellom prosjektaktiviteter, andre H-er, kilder og løsninger, samt å forstå årsaken til slike avhengigheter.
- Forbedre klassifiseringen: Dette innebærer en gjennomgang og utvikling av den eksisterende momentklassifiseringen, ved å bytte ut gamle løsninger som etter revurdering viser seg uholdbare med nye løsninger.
- Annen mulig restrukturering

**Gjennomgå aktiviteter og assosierte momenter.** En viktig del av denne fasen er å sørge for at presedensnettverkene som er laget i defineringsfasen er tilstrekkelig fleksible, og at ingen kilder til denne fleksibiliteten har blitt oversett. I tillegg må restriksjoner rundt fleksibiliteten være klart definerte der dette er nødvendig. Ved å gå gjennom hver enkelt antagelse gjort i presedensnettverket, kan man forsikre seg om at dette er i orden.

I fokuseringsfasen skilles det mellom intern usikkerhet eid av prosjektet og ekstern usikkerhet eid av ledelsen eller en annen part. Dette i kombinasjon med en kilde-/løsningsanalyse, brukes for å bedømme hvilke aspekter ved prosjektet som er relevant for usikkerhetsstyringsformål. Dette steget skal sørge for at slike bedømmelser ikke blir oversett.



Aktiviteter som går gjennom hele prosjektet har ofte tilhørende gjennomgående kilder til usikkerhet. Disse aktivitetene er det nyttig å få god oversikt over, slik at de kan gjennomføres samlet og ikke hver for seg. Et ønskelig mål etter dette steget er å oppnå en dokumentert struktur for alle aktiviteter som har sammenheng med andre aspekter i analysen, og å definere hvordan prosjektet skal gjennomføres på en klar og effektiv måte.

Videre skal man i denne fasen teste om den aktivitetsstrukturen man valgte i defineringsfasen som enkel, men effektiv, virkelig er det. På samme måte er det med kategoriseringen av kilder og løsninger. Hvis to kilder til usikkerhet har den samme løsningen, vil det være fornuftig å kombinere dem i analyseprosessen. Og i motsatt fall, hvis en usikkerhetskilde har flere løsninger, vil det være fornuftig å dele dem opp. Det finnes basisregler for samlet/separat behandling av kilder og løsninger ved første gjennomgang av prosessen:

Legg alle betydelige kilder i separatkategorien hvis deres løsninger er unike, men vurder å behandle betydelige kilder som har en fellesløsning som en enkelkilde.

**Andre H-er og assosierte momenter.** Usikkerhetsmomenter som henger sammen må i tillegg til hvordan-punktet også vurderes opp mot de andre H-ene i prosjektet. Det finnes enkelte basissammenhenger mellom de ulike H-ene som krever vurdering.

Prosjektets hvortid angis ved hjelp av et Gantt-diagram, og det vil være hensiktsmessig å sørge for at de formelle sammenhengene mellom Gantt-diagrammer og nettverksdiagrammer er koblet sammen gjennom et felles databasert verktøy. På den måten vil det være lett å vurdere hvilken effekt en forandring i prosjektets hvordan har på hvortid.

Prosjektets direkte og indirekte kostnader kan også angis i et Gantt-diagram. Dette gjøres ved hjelp av ressursbruk og -kostnader, eller ved kostnad/tid -funksjoner. Dette kan brukes til å vurdere fleksibiliteten i prosjektets hvortid, både helhetlig for prosjektet og for de enkelte aktivitetene.

Det vil også være nyttig å merke seg sammenhenger mellom prosjektets hvordan, hvortid og hvorledes momenter med prosjektets hva. Dette kan gjøres ved å bruke et såkalt beslutningstre, der man i tillegg til presedensknutepunkter benytter beslutningsknutepunkter. For eksempel, hvis testingen av et visst materiale viser seg sterkt nok til bruk i en spesiell komponent, vil man fortsette å bruke dette, mens hvis det viser seg å være for dårlig må en annen løsning benyttes.

**Utvikle løsninger og annen selektiv restrukturering.** Denne delen inneholder to oppgaver; å skille mellom spesifikke og generelle løsninger, samt å rangere disse. Spesifikke problemer kan ha behov for helt spesifikke løsninger. Slike løsninger er helt spesielle, og kan kun benyttes i sammenheng med de tilhørende spesifikke problemene. Generelle løsninger er løsninger som kanskje identifiseres for et spesifikt problem, men som viser seg også å fungere som løsning for flere andre uavhengige problemer.

Det kan være nyttig å foreta en rangering av de spesifikke og de generelle løsningene ved å karakterisere dem etter hvor effektive de vil være i gjennomføringen. Man setter opp en prioritert liste med de løsningene man mener vil være de beste øverst, og med synkende kvalitet nedover listen.

**Gjennomgå koblinger.** Her skal avhengighetsforhold mellom kilder, løsninger og prosjektets seks H-er systematisk kartlegges. Man skal finne ut om en kilde kan skape problemer for direkte eller indirekte relaterte løsninger, aktiviteter eller andre H-er, og man skal også vurdere om løsninger som er planlagt å implementere i prosjektet vil påvirke andre løsninger, aktiviteter eller kilder. Ved å utføre en slik vurdering vil man kunne finne frem til løsninger som utelukker hverandre, eller som har en uønsket påvirkning på andre aktiviteter, og som dermed må fjernes. Muligheten er også til stede for at man kan komme frem til løsninger som har synergieffekter på hverandre, og som dermed vil øke effektiviteten i prosjektet.

Det er viktig å få identifisert grunnleggende kilder til usikkerheten, det vil si kilder som er den underliggende faktor for et antall usikkerhetskilder. Ofte vil det være vanskelig å definere årsakssammenhengen mellom ulike kilder, og det er derfor vanlig å benytte seg av statistiske termer der man angir avhengigheten mellom to kilder som et prosenttall.

Det er svært viktig at arbeidet med å kartlegge avhengigheter utføres med stor forsiktighet. Å anta avhengigheter som i virkeligheten ikke eksisterer, eller å unnlate viktige sammenhenger, vil være svært misledende, og vil føre til et feilaktig usikkerhetsgrunnlag som avviker fra virkeligheten. Dette vil igjen kunne føre til store problemer i gjennomføringen av prosjektet.

En viktig og vanlig form for avhengighet er ringvirkninger eller "snøballeffekt". Dersom en aktivitet A ikke overholder planlagte krav til for eksempel tid og kostnad, vil den påfølgende aktiviteten B bli sterkt påvirket av dette. For B må det iverksettes tiltak for å få prosjektet på rett bane igjen, og dette vil føre til større forbruk av ressurser for B enn planlagt, noe som direkte peker tilbake på utskeielsen i A.

**Utvikle diagrammer.** Bruk av forskjellige diagrammer for å vise ulike sammenhenger (for eksempel feiltre, hendelsestre, eller influensdiagram) er svært nyttig i strukturingsfasen. De gir god innsikt og er en god måte å dokumentere fasen på. I denne fasen er det spesielt diagrammer som på en god måte viser strukturen av kilder og løsninger, samt koblingene mellom aktiviteter, kilder og løsninger som er av interesse. Etter å ha produsert et antall diagrammer må de så kobles sammen for å et helhetlig inntrykk av situasjonen. Ved å benytte summere diagrammene i ett diagram kan man oppnå dette. Et slikt diagram er svært omfattende å produsere, men gir til gjengjeld svært god outputinformasjon for prosjektet.

**Er struktureringen egnet for formålet?** På samme måte som i de andre fasene av SHAM-PU-prosessen er også iterasjon en vesentlig del av fokuseringsfasen. Kilder kan ikke bedømmes på en god måte før man også har vurdert ulike løsninger, samt å ha tatt stilling til sammenhengen mellom kilder og løsninger.

## STEG 5 - Eierskap

Å klarere usikkerhetens eierskap er den femte fasen i SHAMPU-prosessen, og målet for denne fasen er å fordele usikkerheten som finnes i prosjektet på de involverte aktørene. Eier av et prosjekt ønsker sjelden å sitte med ansvaret for hele usikkerheten selv, og vil derfor ønske å få overført deler av usikkerheten til entreprenører eller andre aktører. Ingen ønsker imidlertid å påta seg usikkerhet for at prosjektet feiler, uten tilstrekkelig økonomisk kompensasjon. God betaling må derfor veie opp for dette. En godt avklart fordeling av usikkerheten i prosjektet, effektivt definert og som er lovlig gjennomførbart er målet ved gjennomføringen av denne fasen. Eierskapsfasen kan deles inn i tre oppgaver:

- Skille kilder med tilhørende løsninger som prosjekteier ønsker å være ansvarlig for, fra de elementene som prosjekteieren ønsker å sette bort til andre.
- Fordele ansvaret for styring av usikkerhet eid av prosjekteier. Dette bør gjøres til navngitte personer.
- Godkjenne tildelt eierskap/styring som er kontrollerte av andre parter.

Å få fordelt alle usikkerhetselementene i et prosjekt vil som regel være vanskelig. Ofte dukker det opp momenter i prosjektet som ikke tidligere har kommet opp i Prosjektlivssyklusen, og som derfor ikke har blitt tildelt noen eier. Eierskapsfasen er plassert mellom struktureringsfasen og estimeringsfasen. Dette er fordi det er en form for strukturering og fordi noen eierskapsforhold bør defineres før man starter estimeringen.

Rammeverket for eierskapsfasen deles inn i to ulike analysedeler; angi omfanget av kontraktsstrategien og planlegge kontraktene, og de to delene inneholder ulike trinn som gjennomføres slik Error! Reference source not found. viser. Fasen starter med å angi omfanget av kontraktsstrategien, som inneholder å vurdere hva som er formålet med kontraktsstrategien (hvorfor), hvilke parter som er involverte (hvem) og hvilke aspekter ved usikkerheten som skal fordeles (hva). Så går man over på å planlegge kontraktene, der man med utgangspunkt i hva-steget ser på hvilken fremgangsmåte (hvordan), hvilke verktøy (hvormed) og hvilken timing (når) man bør benytte.

**Klarere formålet med kontraktsstrategien.** Forskjellige aktører i et prosjekt har som regel forskjellige oppfatninger av usikkerheten i prosjektet, og også ulike muligheter og ønsker om hvordan usikkerheten skal kontrolleres. Også ulike prioriteringer av prosjektmålet vil føre til et mangfold av ulike kontraktsstrategier blant de involverte aktørene. Eksempelvis vil en prosjekteier og en underentreprenør ha ulike syn på gevinstmulighetene i prosjektet.

**Identifisere mulige eiere av usikkerhetsmomenter.** I dette punktet skal det identifiseres parter som mulig kan påta seg eierskap for deler av usikkerheten i et prosjekt, både kilder til usikkerhet og mulige løsninger. Ved å ta utgangspunkt i listen over involverte aktører fra defineringsfasen har man tilgjengelig et stort antall mulige kandidater. Man kan i tillegg se på grupper eller personer innenfor eierens eller underentreprenørens egen organisasjon, samt tredjepart som for eksempel et forsikringsselskap. Innenfor eierens egen organisasjon må man skille mellom prosjektet og styret. Usikkerheten kan også fordeles etter arbeids- og organisasjonsdelingen i prosjektet.

**Forståelse av usikkerheten og kontraktdesign.** Et viktig ledd i SHAMPU-prosessen er å skille mellom interne og eksterne usikkerhetselementer, der prosjektlederen er ansvarlig

for de førstnevnte mens de eksterne elementene ligger utenfor hans styringsområde. Vanligvis vil eierskap av et usikkerhetsmoment innebære både ansvar for å styre dette momentet, samt ansvaret for dets konsekvenser. Ofte vil det imidlertid være lurt å skille disse to delene. Det vil ikke nødvendigvis alltid være slik at den som er den beste til utføre en oppgave også vil være den beste til å bære de økonomiske konsekvensene av en mislykket gjennomføring.

En slik deling av ansvaret for konsekvensene dersom en usikker hendelse inntreffer kan og bør ofte også gjøres internt i et selskap slik at det er ledelsen som sitter med det økonomiske ansvaret for uønskede hendelser. På denne måten vil man unngå å bevilge unødvendig store budsjetter til prosjektene for at de selv skal kunne dekke eventuelt store økonomiske konsekvenser.

**Velge kontraktstilhøring.** Dette punktet bygger i stor grad på punktet over. Hvilken kontraktsform man velger å benytte seg av avhenger sterkt av aktørene som er med i prosjektet og arbeidsfordelingen mellom disse. Det er for eksempel stor forskjell fra et prosjekt som består av en lang rekke ulike arbeidsoppgaver og der bestilleren selv sitter med styringsansvaret, til et prosjekt der bestilleren ønsker et nøkkelferdig produkt og kun har kontakt med for eksempel en hovedentreprenør.

All form for påvirkning bestiller har ovenfor entreprenøren styres av den gjeldende kontrakten. Kontrakten angir hva som skal produseres, til hvilken tid, pris og kvalitet, hvilken påvirkningsmulighet bestilleren har underveis, og bør også angi hvordan de ulike partene skal forholde seg dersom uforutsette hendelser oppstår.

Det er viktig å få kartlagt kilder til usikkerhet som er:

- Kontrollerbare for entreprenøren
- Kontrollerbare for prosjekteieren
- Ukontrollerbare for begge parter

I kontrakten bør det avtales ulike betalingsavtaler for hver av disse kategoriene.

**Velg kontraktstermer.** I dette punktet skal de operasjonelle detaljene i kontrakten som for eksempel budsjetter, avgifter, straffegebyrer og lignende defineres. Ut ifra dette har det blitt utviklet en rekke standardkontrakter som skal fungere som modeller i kontraktsprosessen.

**Kontrakt timing.** Et vesentlig punkt i eierskapsprosessen er hvilket tidspunkt ansvaret for usikkerhetsmoment skal overføres fra en part til en annen. "Hvor lenge skal en garanti gjelde?" og "når skal overtagelsen av et produkt foretas?" er spørsmål som er av stor betydning for det totale usikkerhetsbildet i prosjektet.

Et annet punkt som må vurderes når det gjelder timingen er hvor mye tid som skal brukes på anbud og kontraktsforhandlinger.

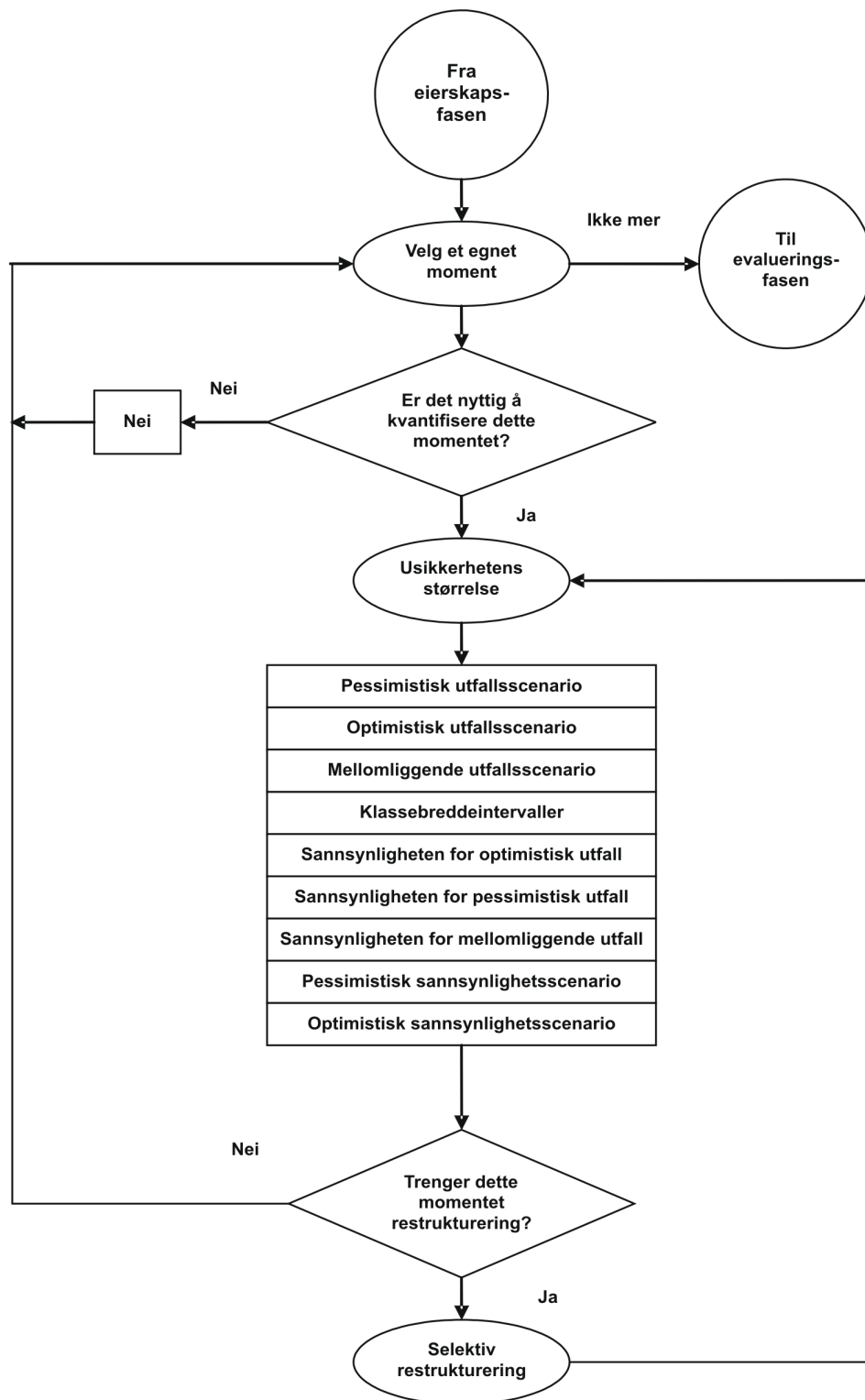
**Er usikkerhetsmomentenes eierskap egnet for formålet?** Kontraksstrategien og kontraktsplanen klarlegges hver for seg, og finner man begge disse tilfredsstillende, går man over til en helhetsvurdering av hele fasen. Finner man at usikkerheten sammenlagt for en rekke parter blir uforholdsmessig stor, vil en mulighet være å stoppe hele prosjektet. Alternativt kan man gå tilbake til tidligere punkter i fasen og foreta en revurdering av strategien.

## STEG 6 - Estimering

Formålet med estimeringsfasen er å komme frem til kvantitative estimater på usikkerhetsmomentene man tidligere har kommet frem til. Estimaten skal fremstå i form av kjente faktorer som kostnad, varighet eller andre kjente ytelseskriterier. Fasen deles i to deloperasjoner der man ved første gjennomgang skal komme frem til et anslag på usikkerheten, og ved senere gjennomganger revidere og forbedre dette dersom det er nødvendig.

Det finnes ulike oppfatninger på hvordan estimatene bør angis. Noen mener at estimatene bør gis en kvalitativ sannsynlighet, angitt med ord som meget sannsynlig, sannsynlig og lite sannsynlig. Dette er imidlertid begreper som kan oppfattes på ulik måte av forskjellige personer, og vil derfor kunne føre til misforståelser. Bruk av slike begreper bør derfor unngås.

Et problem som oppstår i estimeringsfasen er spørsmålet om hvorvidt man kan stole på subjektive vurderinger av estimatene. Det vil derfor være vesentlig at man tydelig definerer sin oppfatning av usikkerheten for at man effektivt skal kunne benytte seg av estimatene. Dersom det eksisterer godt dokumentert og relevant erfaringsdata, kan man benytte dette for å utarbeide objektive sannsynlighetsestimater. Allikevel vil disse tilsynelatende objektive estimatene bygge på subjektive antagelser man aldri kan være hundre prosent sikre på vil inntreffe. Usikkerhetsmomentet ved objektive estimater vil derfor være hvorvidt disse antagelsene inntreffer eller ikke. I prosjekter der erfaringsdata av forskjellige årsaker ikke er tilgjengelig vil man ikke ha noe annet valg enn å bygge kvantifiseringen på subjektive vurderinger.



Figur 2-2 *Estimeringsfasens struktur. (Kilde Chapman and Ward, 2003)*

Nøkkresultatet for estimeringsfasen er anskaffelsen av et grunnlagsmateriale man kan bruke til å forstå hvilke kilder til usikkerhet med tilhørende løsninger som er viktige og hvilke

som ikke er det. For å oppnå dette ligger det tre spesifikke arbeidsoppgaver til grunn i estimeringsfasen:

- Velg et egnet usikkerhetsmoment: Velg et moment som er egnet som startpunkt for en suksessiv estimeringsprosess. Hvert påfølgende moment kan betegnes som funksjon av det første.
- Angi usikkerhetens størrelse: Kom frem til et enkelt numerisk og subjektivt sannsynlighetsestimat, basert på oppfatningen til den personen eller gruppen med best kunnskap om det aktuelle temaet.
- Raffiner tidligere estimater: Raffiner startestimatet dersom det viser seg nødvendig.

De to siste arbeidsoppgavene svært forskjellige natur gjør at estimeringsfasen deles opp i to separate underfaser; angi omfanget av estimater og raffiner estimater.

Velg et egnet usikkerhetsmoment. En god regel er å starte estimeringsfasen med det usikkerhetsmomentet som man i tidligere faser har kommet frem til er det viktigste, for så å ta for seg de andre momentene etter hvor viktige de er.

Bedøm nytten av kvantifisering. I noen prosjekter vil det ikke være behov for å kvantifisere noen usikkerhetsmomenter i det hele tatt. Dette kan det være to grunner til: For det første, hvis prosjekteier ikke ønsker å akseptere noen betydelige momenter selv, må disse unngås eller overføres til andre parter, og det vil derfor ikke være behov for noen kvantitativ usikkerhetsanalyse. Det andre tilfellet er hvis det har blitt identifisert en eller flere "showstopper" tidligere i prosessen og styring av disse er det mest hensiktsmessige valget.

Angi usikkerhetens størrelse. Dette punktet skal angi estimater for innvirkning på prosjektets ytelse i form av mulige hendelsesutfall med tilhørende sannsynlighet. Punktet er delt opp i ni ulike arbeidsoppgaver:

1. Pessimistisk utfallsscenario: Angi variasjonsbredden av mulige utfall ut i fra et pessimistisk utfallsscenario. Estimatet skal være et rundt tall slik at det er lett å oppfatte at det er et grovt anslag, og det skal være 10 % sannsynlighet for overskridelse for en risiko og 90 % for en mulighet.
2. Optimistisk utfallsscenario: Angi et tilsvarende estimat for et optimistisk utfallsscenario. Estimatet skal være et rundt tall slik at det er lett å oppfatte at det er et grovt anslag, og det skal være 90 % sannsynlighet for overskridelse for en risiko og 10 % for en mulighet.
3. Mellomliggende utfallsscenario: Angi et eller to mellomliggende utfallsscenarier. Enklest er det å velge denne/disse slik at avstanden mellom to tilstøtende verdier er den samme.
4. Klassebreddeintervaller: I dette fjerde punktet skal bredden på intervallene bestemmes, før intervallene sentreres på hver av utfallsverdiene for de ulike scenariene. Det er som regel enklest å benytte intervaller som er like store som avstanden mellom scenarioverdiene.
5. Sannsynligheten for optimistisk utfall: Her skal sannsynligheten for et utfall i intervallet sentrert på den optimistiske verdien av utfallscenariet vurderes. Ved

---

en risiko vil en verdi på 0,2 være fornuftig å bruke. Ved en mulighet vil også en verdi på 0,2 godt kunne brukes, mens 0,3 eller 0,1 også er mulige alternativer.

6. Sannsynligheten for pessimistisk utfall: Her skal sannsynligheten for et utfall i intervallet sentrert på den pessimistiske verdien av utfallsscenarioet vurderes. Dersom man har valgt 0,2 for det optimistiske scenarioet, vil 0,3 være en fornuftig verdi her. Verdien her er noe høyere enn for det optimistiske scenarioet for å vise asymmetrien som er vanlig for både risiko- og mulighetsfordelinger.
7. Sannsynligheten for mellomliggende utfall: Her skal sannsynligheten for utfall i det mellomliggende intervallet (eventuelt intervallene) vurderes. Dersom det kun er et mellomliggende intervall bestemmes verdien av den resterende sannsynligheten, da summen totalt alltid vil være 1,0. Har man benyttet to mellomliggende intervaller, må den resterende sannsynligheten fordeles mellom disse på en fornuftig, men enkel, måte, alltid avrundet til nærmeste 0,1.
8. Pessimistisk sannsynlighetsscenario: I dette punktet skal man bedømme sannsynligheten for at usikkerhetsmomentet inntreffer i det hele tatt, sett ut fra det pessimistiske sannsynlighetsscenariet. På samme måte som i punkt 1 må verdien ha en klar karakter av at det er en antagelse, og at sjansen for overskridelse er 10 % for en risiko og 90 % for en mulighet.
9. Optimistisk sannsynlighetsscenario: I dette punktet skal den tilsvarende sannsynligheten, sett ut fra det optimistiske sannsynlighetsscenariet, vurderes. På samme måte som i punkt 2 må verdien ha en klar karakter av at det er en antagelse, og at sjansen for overskridelse er 90 % for en risiko og 10 % for en mulighet.

Disse 9 punktene kan illustreres i nedenstående eksempel. Eksempelet bygger på et gitt eksempel i (Chapman & Ward, 2003:180), men er forklart grundigere og supplert med figur (a).



I et byggeprosjekt har man gjort en innsnevring av et elveløp for å frigjøre plass til byggegrøp. Innsnevringen er forbundet med stor risiko, men denne er aktørene villig til å ta.

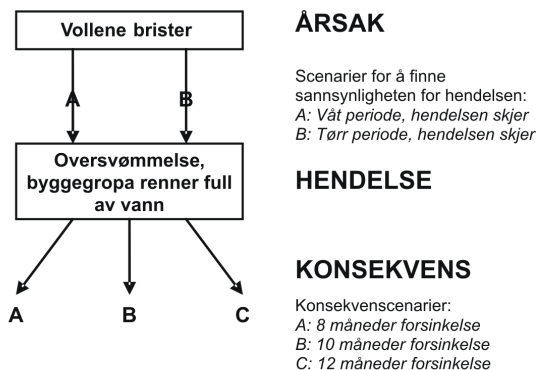
Figur (a) viser dette bildet. Hendelsen i dette eksempelet defineres som oversvømmelse ved at byggegrøpa renner full av vann. Årsaken til denne hendelsen er at vannmasser har ødelagt vollene mot elva. En av konsekvensene blir tidsoverskridelser.

Figuren viser også forskjellige årsaks- og konsekvensscenarier, og disse blir behandlet lenger nede.

Figur (a)

Modell av årsak-konsekvensbildet som brukes i eksempelet.

Helt til høyre er det angitt henholdsvis årsaks- og konsekvensscenarier.



### KONSEKVENSSCENARIO

Det forutsettes at hendelsen skjer.

**Arbeidsoppgave 1-3:** Et pessimistisk anslag for tidsoverskridelsen settes til 12 måneder. Et optimistisk anslag settes til 8 måneder, og det mellomliggende anslaget settes dermed naturlig til 10 måneder i overskridelse. Alle disse anslagene settes på basis av fagfolks beste skjønn.

**Arbeidsoppgave 4:** Alle anslagene anses å være forventningsverdiene innenfor satte intervaller. Intervallene settes lik avstanden mellom to av de tilstøtende anslagene fra steg 1-3, og sentreres om hvert av disse anslagene. I dette tilfellet blir intervallbredden på 2 måneder, og intervallene blir dermed 7-9, 9-11 og 11-13. Se figur (a).

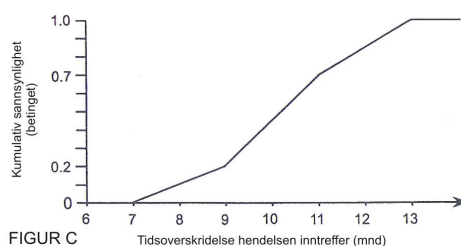
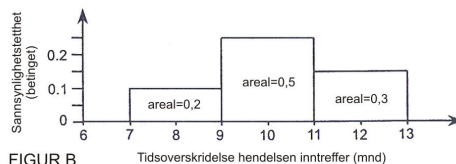
**Arbeidsoppgave 5-7:** Man antar at sannsynligheten innenfor hvert intervall er uniform, og angir så en sannsynlighet for hvert intervall: I dette tilfellet antar kvalifiserte fagfolk sannsynlighet 0,2 for intervall 7-9, og 0,3 for intervall 11-13. Den resterende sannsynligheten er da 0,5 som i sin helhet knyttes til intervall 9-11.

Figurene

(B) Betinget, rektangulær tetthetsfunksjon for konsekvens.

(C) Betinget, kumulativ funksjon for konsekvens.

(Chapman & Ward, 2003)



## ÅRSAKSSCENARIO

Sannsynligheten for at hendelsen skjer.

**Arbeidsoppgave 8 og 9:** I disse to siste stegene skal man etablere årsaksscenarier basert på årsakene til hendelsen og de faktiske forhold som ligger til grunn på stedet. Et pessimistisk scenario er at man får en våt periode med mye nedbør. Et optimistisk scenario er at man får tørr periode. Neste oppgave er å anta sannsynligheter for hendelsen gitt hver av disse to scenariene. Man antar for eksempel 0,3 for det pessimistiske scenariet og 0,1 for det optimistiske. Dette vil si at man har antatt at det er 30 % sannsynlighet for at byggegropa fylles med vann gitt at man får en våt periode, og 10 % sannsynlighet gitt at man får en tørr periode.

Chapman & Ward (2003) anbefaler at disse antakelsene skal representere ytterkantene i et 80 % konfidensintervall. I vårt tilfelle er 10 % sannsynlighet for at sannsynligheten for at hendelsen inntreffer er under 0,1 og 10 % sannsynlighet for at sannsynligheten er over 0,3. Dersom man regner med en uniform sannsynlighet over hele fordelingen, vil forventningsverdien for sannsynligheten for at hendelsen skal inntreffe bli 0,2, se figur (d) og (e).

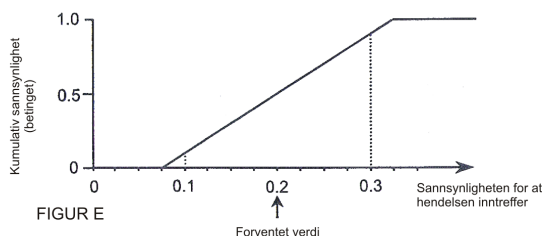
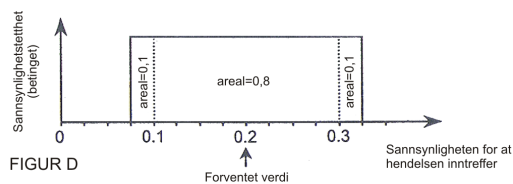
**Oppsummert:** Man lager således scenarier basert på ytterkantene av et 80 % konfidensintervall. Den antatte sannsynligheten for disse scenariene brukes til å finne forventningsverdien til sannsynligheten for at hendelsen vil skje.

### Figurene

(D) Tetthetsfunksjonen for sannsynlighet for at hendelsen inntreffer. Diagrammet er basert på et 80 % konfidensintervall, der det er 10 % sannsynlighet for at sannsynligheten for at hendelsen inntreffer ligger under 0,1 og 10 % sannsynlighet for at sannsynligheten er over 0,3 for at hendelsen inntreffer.

(E) Kumulativ funksjon for sannsynlighet for at hendelsen inntreffer.

(Chapman & Ward, 2003)



### Resultatene fra estimeringen blir da:

Hvis det er gitt at hendelsen inntreffer vil den forventede tidsoverskridelsen bli  $0,2 \times 8 + 0,5 \times 10 + 0,3 \times 12 = 10,2$  måneder.

Hvis en ikke vet om hendelsen inntreffer eller ikke vil forventningsverdien for utfallet bli  $0,2 \times 10,2 = 2,04$  måneder.

**Bedøm behovet for selektiv restrukturering.** Etter at man har kommet frem til et anslag på usikkerheten knyttet til en mulig hendelse, vil det være svært nyttig å straks vurdere om usikkerheten krever grundigere detaljering. Kommer man frem til at effekten av at en usikker hendelse inntreffer ikke er av spesielt stor betydning, kan denne legges i en gruppe sammen med flere tilsvarende hendelser, som senere kan vurderes samlet. På den annen side, hvis man finner ut at effekten av en slik hendelse er av stor betydning, er det hensiktsmessig å straks dekomponere hendelsen i mindre elementer for å gi en bedre oversikt og forståelse av problemet, og for å lettere kunne gjennomføre en nøyaktig estimering av usikkerheten.

**Velg et passende estimat for raffinering.** Formålet med denne underdelen av estimeringsfasen er å raffinere estimater fra innledingsfasene på en pålitelig og nyttig måte. Man tar for seg følgende elementer:

- Hvilket detaljeringsnivå man ønsker.
- Hvilken metode man bør bruke for å oppnå mer detaljerte estimater.
- Estimatenes pålitelighet.
- Hvordan man best styrer fremlokkingen av sannsynligheter.
- Forholdet mellom objektive data og subjektive sannsynligheter.

## STEG 7 - Evaluering

Dette er den syvende fasen i SHAMPU-prosessen, og formålet her er å få innsikt i usikkerheten i prosjektet, for siden å kunne styre denne usikkerheten på en effektiv måte. Man må forstå usikkerheten før man kan kontrollere den. Denne fasen skal gi en forståelse av den statistiske avhengigheten av ulike usikkerheter, som vil være en nødvendighet ved for eksempel en kombinasjon av flere usikkerhetsfordelinger. I evalueringsfasen kombineres resultatene fra estimeringsfasen med alle de tidligere fasene for å revurdere alle viktige avgjørelser og bedømmelser. Hva man får ut av denne fasen er avhengig av hvor langt og hvor dypt man har kommet i de tidligere fasene, og å gå tilbake til tidligere faser flere ganger før man går videre til neste fase er viktig for prosessen. Man vil da stadig forbedre resultatene i de ulike fasene, før man til slutt kan si seg fornøyd i evalueringsfasen, og kan fortsette prosessen i kontrollfasen. Et ønsket resultat for evalueringsfasen er å få full oversikt over alle muligheter og trusler i prosjektet, samt å fremskaffe en vurdering og sammenligning av de mulige løsningene for disse mulighetene og truslene.

I figur 2-1 er det vist en egen loop mellom evalueringsfasen og estimeringsfasen. Denne loop-en antyder at disse to fasene i stor grad henger sammen.

Evalueringsfasen inneholder fem hovedoppgaver:

- Velg en passende undergruppe av usikkerhetsmomenter
- Spesifiser avhengighet
- Integrer undergruppen av usikkerhetsmomenter
- Avbild effekten
- Diagnoser implikasjonene

**Velg en passende undergruppe av usikkerhetsmomenter.** Det første målet her er å finne frem til en undergruppe av usikkerhetsmomenter som er best egnet som startpunkt i denne fasen. De påfølgende momentene skal velges slik at den kausale sammenhengen av avhengigheter mellom dem er tydelig. Eventuelt kan man følge strukturen på den generelle modellen som brukes. Inneholder arbeidsgruppen som gjennomfører prosessen personer som er uerfarne i bruk av usikkerhetsprosesser, kan man starte med det momentet som er mest interessant og familiært for deltagerne. På den måten vil man gi en basislæring som vil være viktig for behandlingen av de påfølgende momentene.

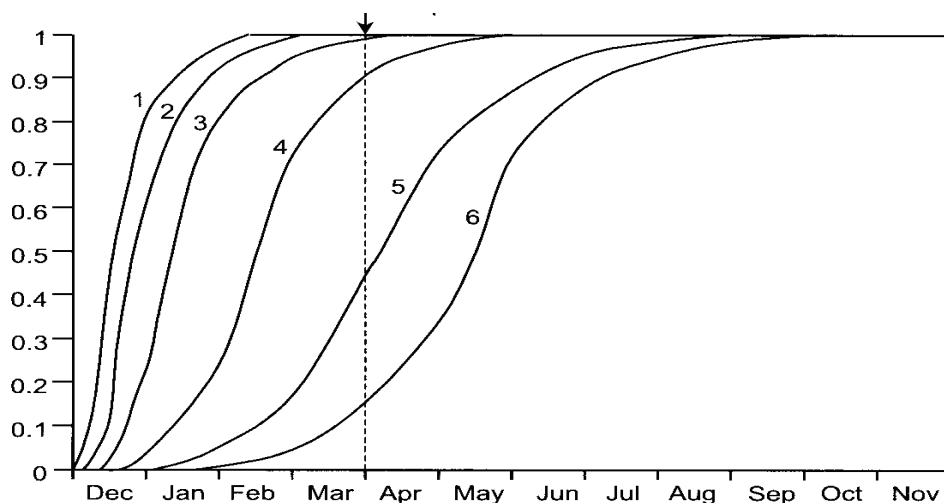
**Spesifiser avhengighet.** Før man kan kombinere usikkerheten av flere usikkerhetsmomenter må man finne frem til den interne sammenhengen mellom dem. Antar man sammenhenger som i virkeligheten ikke eksisterer vil dette gi store utslag på de beregningene man kommer frem til. Man vil danne et bilde av situasjonen som ikke er reelt. Dette kan selvfølgelig slå ut både i positiv og i negativ retning, men det er ønskelig å danne seg et så korrekt anslag som mulig.

Forskjellige modeller for avhengighet presenteres i (Chapman & Ward, 2003:207-215).

**Integrer undergruppene av usikkerhetsmomenter.** Ved å kombinere flere momenter kan man få frem et bilde av den totale effekten disse har på prosjektet. Dette er en forholdsvis enkel operasjon når man har tilgang til moderne dataverktøy, og man kan på en enkel måte kombinere store mengder data for å komme frem til en total usikkerhetsberegning. Faren her er å anta uavhengighet mellom momenter som i virkeligheten er avhengige av hverandre, og at man beregner usikkerheter som skal representere sluttresultatet og utelater mellomstadiene. Det vil da være vanskelig for en person som ikke har vært delaktig i prosessen å se hvordan man har kommet frem til sluttresultatet. På samme måte vil det være vanskelig å se på hvilken måte ulike fordelinger har blitt kombinert hvis dette ikke er dokumentert på en god og oversiktlig måte.

**Avbild effekten.** Grafer og figurer er en god måte å illustrere den usikkerhetssituasjonen man står ovenfor på, og de gir et godt bilde av viktigheten av avhengigheter. (Chapman & Ward, 2003) beskriver dette på følgende måte: "Such figures help to develop the story a completed analysis will tell".

Figur 2-3 viser et eksempel på en slik figur, og den viser den kumulative effekten av et antall ulike usikkerhetsmomenter. Figuren bygges opp gradvis ved at effekten av hver suksessiv fordeling legges til etter hvert, slik at hver kurve viser den kumulative effekten av de tillagte kurvene. Eksempelvis vil kurve 1 representere kun det første momentet, kurve 2 vil representere summen av kurve 1 og 2, og så videre til man kommer til den siste kurven som vil vise den totale effekten av alle de aktuelle momentene. Mellomrommet mellom to kurver representerer den relative viktigheten av hvert bidrag. På den vertikale aksens vises sannsynligheten for oppnåelse innen tidspunktene indikert på den horisontale aksens. Den stiplede linjen angir ferdigstillelsesdatoen i grunnplanen.



Figur 2-3 Kumulativ effekt av usikkerhetsmomenter. (Chapman & Ward, 2003).

**Diagnoser implikasjonene.** Her skal man benytte seg av den presentasjonen av resultatene man har kommet frem til for å oppnå den tilstrekkelige innsikten som er nødvendig for å kunne beskrive prosjektet på best mulig måte. Diagnoseringen er sentral i risikoevalueringsprosessen og skal være med å underbygge de tilhørende avgjørelsene. Dette punktet inneholder seks underpunkter som bør gås igjennom på en strukturert måte.

- **Følsomhet:** Følsomhetsanalyser skal vise den relative viktigheten av de elementene som analysen inneholder. Dette kan gjøres på flere måter, blant annet ved å bruke en figur som den over. Alternativt kan man vise følsomheten til de ulike elementene ved å holde dem konstante på en bestemt verdi, for så å variere en og en av dem etter tur.
- **Behov for data:** Et viktig aspekt ved den iterative tilnærmingen i SHAMPU-prosessen er dens bruk for å anviser behov for dataanskaffelse og analysetid effektivt. Finner man at den relative viktigheten for et moment er spesielt høy (slik som for momentet i kurve 5 i figur 2-3), vil det være behov for å samle inn mer relevant informasjon om dette momentet, og å foreta dypere analyser. Det vil være lønnsomt å bruke mer tid på dette momentet fremfor andre momenter med lavere viktighetsnivå.
- **Behov for avgjørelser:** Et annet viktig punkt ved iterative tilnærmingen i SHAMPU-prosessen er dens behov for å avsette tid til analyser som ligger til grunn for avgjørelser. Oppdages det momenter med stor usikkerhet som man ønsker å redusere, må det iverksettes analyser for å komme frem til alternative løsninger. Deretter kan man vurdere hvilken løsning som vil være den beste, og ofte vil dette ikke være den mest åpnebare løsningen.
- **Prosjektets risikoeffektivitet:** Prosjektets risikoeffektivitet kan forbedres på forskjellige måter. Det må gjøres enten fordi analyseresultatene viser at det er behov for å finne en alternativ løsning, eller ved at man spesifikt leter etter forbedringer uten at en analyse ligger til grunn for det. Eksempler på dette kan være å benytte mer avansert utstyr enn det undersøkelser viser er nødvendig, eller å benytte seg av mer ressurser i starten av et prosjekt, for så å kutte ned på dette dersom prosjektet viser en god frem-

gang. Dette punktet dreier seg om å utnytte den innsikten man har fått for prosjektet under usikkerhetsstyringsprosessen til å lete etter slike forandringer på en effektiv måte.

- **Bedriftens risikoeffektivitet:** I noen tilfeller kan avgjørelser som ikke er gunstige for prosjektet likevel bli tatt hvis det er noe å tjene på risikoeffektiviteten på bedriftsnivå.
- **Andre avveininger:** Andre avveininger kan også vurderes i dette punktet. Man kan stille spørsmål som for eksempel: Dersom man senker kravet til kvalitet på et delprodukt i prosessen, vil dette bli veid opp for av lavere kostnader eller mindre tidsbruk? Eller motsatt; vil økt tidsbruk på en oppgave føre til tilsvarende høyere kvalitet på produktet?

**Er evalueringen av undergruppene egnet for formålet?** Man kan komme frem til at det er et behov for å revurdere et eller flere av usikkerhetsmomentene man har tatt for seg i denne fasen av prosessen. Det er flere måter dette kan gjøres på. Enten kan man gå tilbake til begynnelsen av evalueringsfasen og utvide undergruppene av momenter. Er det behov for større endringer går man tilbake til estimeringsfasen for å angi nye, forbedrede estimater på usikkerheten av noen momenter. Det kan også være behov for mer inngående forandringer og man kan da gå helt tilbake til defineringsfasen for å foreta en restrukturering av hele prosessen. Har man derimot vurdert alle momentene og man finner disse tilfredsstillende, kan man fortsette videre til neste fase i prosessen, kontrollfasen.

## STEG 8 - Kontrollere og justere

Denne åttende fasen av SHAMPU-prosessen innebærer å jobbe med en rekke ulike typer planer:

- Prosjektets referanseplaner er de planene man kommer frem til i defineringsfasen, og er dermed utgangspunktet for hele SHAMPU-prosessen. De reflekterer prosjektbeskrivelsen på et strategisk nivå.
- Prosjektets strategiske planer er referanseplanene med tilhørende formeninger om løsninger på usikkerheten eller andre endringer kommet frem i de tidlige fasene av prosessen. Referanseplanene kan sies å være prototyper av de strategiske planene.
- Prosjektets taktiske planer er versjoner av de strategiske planene med en høyere detaljeringsgrad, som gjør dem egnede for realisering.
- Prosjektets katastrofeplaner er planer som iverksettes som en følge av en uforutsett hendelse som krever en reaksjon. Det angis utløsende hendelser som hvis inntreffer vil føre til iverksettelse av disse alternative planene.

De ønskede resultatene etter kontrollfasen er å komme frem til tydelig formulerte prosjektplaner av alle typene beskrevet over, og i tillegg til dokumenterte usikkerhetsanalyser knyttet til disse planene. Kontrollfasen deles inn i tre hovedoppgaver:

- Konsolidere og forklare strategien
- Formulere taktikken
- Støtte og overbevise

**Konsolidere og forklare strategien - referanseplaner.** Det essensielle ved dette punktet er å sørge for at det er tilgjengelig en egnet referanseplan som er nøye utarbeidet, og som gir en forenklet forklaring av prosjektets natur på et strategisk nivå. En slik referanseplan vil ofte være til stor nytte for å gi oversikt til ledere og direktører som ikke jobber direkte med prosjektet. Ofte vil det avdekkes svakheter i referanseplaner utviklet helt i starten av prosessen, og en viktig del av en vellykket usikkerhetsstyringsprosess er å glemme tidligere misoppfatninger ved å revidere disse referanseplanene. For å hindre forlegenhet blant deltakerne bør grove misoppfatninger som blir rettet opp holdes konfidensielle for analytikerne og den ansvarlige, slik at folk ikke blir tilbakeholdne og redde for å komme med sine meninger.

**Konsolidere og forklare strategien - usikkerhetsanalyser.** En rapport fra usikkerhetsanalysene på dette nivået bør inneholde en omfattende liste av risiko og muligheter som vurderes i sammenheng med anbefalte proaktive og reaktive tiltak. I tillegg bør det foretaes en bedømmelse i sammenheng med alternative løsninger. Dokumentasjon av analysene er vesentlig for å kunne forsvare anbefalingene og for å kunne gi en forklaring på hvorfor det er nødvendig med både proaktive og reaktive tiltak. Analyseprosessene utføres nedenfra-og-opp, og den tilhørende dokumentasjonsprosessen vil dermed også være nedenfra-og-opp. Det er imidlertid behov for at analysen presenteres som ovenfra-og-ned for å først forklare den generelle posisjonen, og deretter arbeide videre med det som driver den vesentlige usikkerheten. Denne prosessen med å forklare usikkerhetsanalysene på denne måten er hovedpoenget med dette trinnet i kontrollfasen.

**Konsolidere og forklare strategien - strategiske planer.** Etter å ha forklart referanseplanen og usikkerhetsanalysene kan man utvikle de strategiske planene. Dette gjøres ved å ta utgangspunkt i en rimelig referanseplan og raffinere eller rekonstruere denne ved å innlemme de proaktive løsningene man har kommet frem til under usikkerhetsanalysene.

**Konsolidere og forklare strategien - katastrofeplaner.** Under utviklingen av strategien for et prosjekt vil det være hensiktsmessig å utarbeide reaktive løsninger, inkludert såkalte trigger points, hendelser som utløser et behov for tiltak, for samtlige betydelige trusler og muligheter som ikke dekkes av de proaktive løsningene. Ofte vil slike kriseplaner være eneste effektive måten å forholde seg på til hendelser som har lav sannsynlighet for å inntreffe, men som har stor innvirkning på prosjektet.

**Støtte og overbevise på et strategisk nivå.** De personene som sitter ansvarlige for å ta avgjørelsen hvorvidt prosjektet skal kjøres, kanskje kjøres, eller eventuelt stoppes, må overbevises om at det er forsvarlig å fremholde prosjektet. Oppgaven med å støtte og overbevise skal fungere som et grensesnitt mellom analysene dokumentert i formelle rapporter og det å skape en klar forståelse av momentene på en helhetlig måte.

**Bedømme strategien for godkjenning.** Når man bedømmer prosjektets strategi, er det viktig å ha fokus på usikkerheten på et strategisk nivå, og ikke på detaljene. I tillegg starter man med de kompliserte usikkerhetsmomentene og ikke de enkle. Bedømmelsen av strategien blir foretatt separat fra taktikken nettopp fordi det er lettere å holde et strategisk fokus hvis de detaljerte taktiske planene foreløpig ikke har blitt utarbeidet.

**Formulere taktikken - taktiske planer.** Usikkerhetsstyring for noen prosjekter krever en tidlig vurdering av passende planleggingsperioder med hensyn til prosjektets referanseplaner. Ofte er disse planleggingsperiodene innlemmet i definisjonen av de ulike prosjektfase-



ne, som er definert i form av resultater som for eksempel oppnåelighet, utvikling, tillatelse til å fortsette eller produksjon av en prototyp.

En viktig del er at avgjørelsene i de ulike fasene blir drevet av forskjellige typer avgjørelsesprosesser. Hvordan analyseprosessen som ligger til grunn for en avgjørelse utføres, avhenger av hvor komplisert avgjørelsen er. Det vil være behov for helt forskjellige analyser ved for eksempel å avgjøre om det skal brukes plasstøpte eller prefabrikkerte betongelementer i et bygg, og å avgjøre om man skal bygge fabrikk A eller B over en tiårsperiode og timingen på konstruksjonsarbeidet av alternativ B hvis det velges. Jo lenger inn i fremtiden man planlegger, desto mindre er behovet for detaljering og høyere er behovet for fleksibilitet med tanke på strategiske valg i planene. Kjernen i dette punktet er derfor først å velge et passende detaljeringsnivå for den taktiske planleggingen. Deretter kan utviklingen av de taktiske planene starte ut fra de strategiske planene og deres avgrensinger.

Planleggingsperioder er vesentlige for alle typer planer, og før utførelsen starter, må de taktiske planene med tilhørende kriseplaner tildeles en passende planleggingsperiode - en såkalt taktisk periode. En viktig del av denne taktiske perioden er å identifisere de tilhørende handlingsperiodene, det vil si startfasene av planleggingsperiodene, der det kreves handlingsplaner og fastsatte forpliktelser. Handlingsplaner på det taktiske nivået er de taktiske planene og kriseplanene fra start til slutt, som involverer forpliktelse for realisering.

Erfaringer fra ulike risikostyringsprosesser viser at for mye detaljert planlegging utover en rimelig taktisk periode er bortkastet arbeid. Slik detaljert planlegging gjøres ofte ut ifra den formening at det er det man planlegger som også vil inntreffe, og man planlegger derfor prosjektet ned til minste detalj. Men er det noe man kan være sikker på, er det at ting ikke vil inntreffe nøyaktig som planlagt. Så i stedet bør detaljert planlegging for implementeringsformål begrenses til en kort taktisk periode, og detaljeringsgraden i prosjektet reduseres.

**Formulere taktikken - usikkerhetsanalyser.** Usikkerheten forbundet med strategiske planer med tilhørende kriseplaner kommer man frem til gjennom formingsfasene i SHAMPU-prosessen (se tredelingen i tabell 2.2). Imidlertid vil detaljene fremskaffet under punktet foran kunne angi et behov for usikkerhetsstyringsprosesser på et lavere nivå for å raffinere og utvikle proaktive og reaktive løsninger. En slik prosess involverer nødvendigvis et høyere detaljeringsnivå i form av aktivitetsstrukturen og de andre fem H-ene. Dette vil vanligvis føre til en mindre effektiv usikkerhetsstyring og derfor bør som regel enklere modeller brukes. Står man ovenfor en spesielt kritisk deloppgave som har behov for et høyt detaljeringsnivå kan det allikevel være fornuftig å benytte seg av en slik modell.

En usikkerhetsstyringsprosess som kun benytter ett nivå under planleggingen vil være ineffektiv, da strategi og taktikk ikke vil bli atskilt på en effektiv måte. (Chapman & Ward, 2003) mener det kreves minst to nivåer for å øke denne effektiviteten, og at det i noen tilfeller bør benyttes opptil tre eller fire. Hvor mange nivåer det er fordelaktig å benytte seg av, avgjøres også av i hvilken grad arbeid gjennomføres i egen bedrift eller kontraheres bort til andre parter, og i hvilken grad det arbeidet som utføres av bedriften selv styres sentralt i bedriften eller lokalt i prosjektet. Små prosjekter som ikke inneholder store usikkerheter bør kun benytte fem til ti aktiviteter i referanse- og strategiplanleggingsnivået, for så å benytte en klar deterministisk fremgangsmåte under planleggingen på det taktiske nivået. Bruk av to nivåer i planleggingen på denne måten vil være egnet for de fleste prosjekter selv om antallet aktiviteter på det strategiske nivået vil øke.



**Formulere taktikken - kriseplaner.** Utvikling av tydelige kriseplaner på det taktiske nivået vil som regel være svært viktig. Man må identifisere reaktive løsninger på hendelser som mulig vil inntreffe, fastsette utløsningspunktene, samt bestemme andre forholdsregler før man forplikter seg til de taktiske planene.

**Formulere taktikken - handlingsplaner.** Uansett hvor mange nivåer i planleggingen man benytter seg av, og utførelsen av disse, er det vesentlige resultatet å komme frem til handlingsplaner med inkluderte kriseplaner. Utviklingen av disse, bygger på tidligere analyser, og har man tidligere utført en effektiv usikkerhetsstyringsprosess vil mye av jobben være gjort. Nøye oppmerksomhet rundt detaljer er viktig i denne sammenheng.

**Formulere taktikken - bedømme taktikk for iterative formål.** Prinsippet for SHAMPU-prosessen bygger på iterasjon av de ulike fasene i prosessen. På samme måte som at det er lagt opp til iterasjon av de ulike formingsfasene, må dette også gjøres for utviklingen av taktiske planer og handlingsplaner ut fra de strategiske planene. Taktikkformulering er en versjon av strategiutformingen på et lavere nivå. De har viktige forskjeller, men begge trenger en iterativ tilnærming for sammenlikning.

**Støtte og overbevise på et taktisk nivå.** Å overbevise og støtte planene på et taktisk nivå vil være en ganske klar oppgave. Men man bør etter hvert prøve å gå utover de formelle, rapporterte resultatene av prosessen og skape en dialog for å imøtekomme bredere usikkerhetsmomenter. Det er viktig i dette steget å forsikre seg om at de ansvarlige for oppgavene på det taktiske nivået er inneforståtte og tilfredse med planene.

**Bedømme taktikken for å oppnå godkjennelse.** Dette punktet er det siste punktet før gjennomføringen av prosjektet begynner, og det kan sees på som et av de mest kritiske i hele SHAMPU-prosessen. Man kan forvente at det oppstår behov for visse korrigeringer for å forbedre taktikken selv om dette ikke vil være noen ønskelig situasjon. Det ekstreme tilfellet der man finner ut at det er behov for en fullstendig revurdering av strategien er en situasjon som vil være svært frustrerende og uønsket, men samtidig kan man tenke seg at det vil være bedre å gjøre det nå enn senere. Stoppes prosjektet på dette nivået vil det reises seriøse spørsmål rundt prosjektteamets kompetanse, samt funksjonaliteten av prosessen.

## STEG 9 - Styring

Prosjektstyring kan generelt deles inn i to deler; planlegging og kontroll. I denne siste fasen av SHAMPU-prosessen kan man si seg ferdig med planleggingen, og man går nå over på kontrolldelen, samtidig som man opprettholder en viss oppmerksomhet for planleggingen. Denne fasen dreier seg om å bygge på de tidligere fasene i prosessen for å støtte usikkerhetsstyringsprosessen. Fasen inneholder fire spesifikke oppgaver:

- Styre planlagte handlinger
- Utvikle handlingsplanene forover
- Overvåke og kontrollere
- Styre kriser og være forberedt på å takle katastrofer

**Styre planlagte handlinger.** Driftsplaner for den nærmeste handlingsperioden krever implementering i styringsfasen, og det er dette som er grunnlaget for utviklingen mot å nå prosjektets mål. Her skal planene overføres til handling, og driftsplaner for handlingsplanene

fra forrige fase må utarbeides. Mange mener nøkkelen her er detaljer i planene, mens SHAMPU-prosessen bygger mer på innsikt i hva som kan skje i motsetning til hva man håper vil skje. Motivasjonen til deltakerne i prosjektet og en klar visjon om hva som virkelig er viktig, og hva som ikke er det, og denne motivasjonen vil være avgjørende for hvor suksessfull gjennomføringen blir.

I de fleste lagspill innenfor idretten har samtlige spillere på laget en klar formening om hva målsetningen med spillet er, for eksempel å få ballen i mål. Laget har før kampen blitt enige om en plan for hvordan dette skal gjøres, en taktikk, og i mange tilfeller også ønsket ut en eller flere reserveplaner dersom motstanderens lag effektivt klarer å stoppe den originale planen. I tillegg har laget øvet inn en rekke ulike trekk, der hver enkelt spiller har sin spesifikke oppgave.

Slik fungerer det også i prosjekter, bortsett fra at prosjektplanene ikke er prespesifiserte trekk og at de fleste prosjekter følger basisplanen mer grundig enn innen idretten. Allikevel er det mulig å trekke en rekke paralleller.

**Utvikle handlingsplanene forover.** Det er like viktig å forstå hva som ikke er viktig som hva som er viktig i prosjektet, og når man har forstått dette kan man utvikle handlingsplanene videre. Det er viktig å hele tiden se fremover og bestemme seg for neste trekk. Man må planlegge gjennomføringen så langt frem i tid som det lar seg gjøre, men det vil være umulig å planlegge alt som vil skje i detalj helt frem til avslutningen av prosjektet. Man må avvente og se hva som skjer, og derfor er detaljert planlegging av absolutt alle arbeidsoppgaver i fremtiden bortkastet, da prosjektet høyst sannsynlig vil ta en litt annen vending enn det man planlegger. Forventninger til hva som vil skje er derimot svært viktig, for at man er forberedt på hva som kan skje. Det som skiller en erfaren prosjektplanlegger fra en uerfaren, er evnen til å forutse hva som vil skje, uten å gjennomføre detaljerte analyser for alle mulige handlinger.

**Overvåke og kontrollere.** Dette punktet innebærer en klar atskillelse mellom overvåking og kontrollering på forskjellige autoritetsnivåer. Også her kan en sammenlikning med lagspill fra idretten være forklarende. Underveis i spillet oppstår det stadig ting der de enkelte spillerne må vurdere situasjonen, og på egenhånd ta avgjørelser på brøkdelen av et sekund, og det er derfor svært viktig at samtlige spillere har basisplanen i bakhodet, slik at de intuitivt kan reagere, og handle i henhold til denne planen. Under timeout eller små avbrekk i spillet får spillerne kommentarer og påpekninger fra treneren om spesifikke endringer i spillet, før kampen oppsummeres og vurderes i pausen og etter kampen der gjerne manageren også er med. Etter sesongavslutningen avholdes gjerne et møte der styret i klubben foretar en vurdering av sesongen, og eventuelt iverksetter tiltak som innkjøp av nye spillere for å forbedre laget foran neste sesong.

En slik overvåking av prosjektet på ulike autoritetsnivåer finner man også i prosjektsammenheng, selv om denne sammenlikningen er noe søkt. Den enkelte ansatte i prosjektet må hele tiden underveis i prosjektgjennomføringen overvåke situasjonen, og løpende ta små, reaktive beslutninger i samsvar med de overordnede "spillereglene". Prosjektlederen vil overvåke hvordan det totale prosjektet holder frem og vil underveis ta beslutninger om de videre trekkene på et høyere nivå, og når hele prosjektledelsen eller styret samles i ukes- eller månedsmøter vil overvåkingen og kontrolleringen foregå på et enda høyere nivå.

Et verktøy som har vist seg meget nyttig for overvåkning av prosjekter er Gantt-diagrammer som viser den planlagte progresjonen i relasjon til den virkelige oppnådde progresjonen på en lett forståelig og visuell måte. Folk som er involverte i prosjektet er imidlertid vanligvis svært oppmerksomme på når ting går galt i prosjektet. Bekymringene er derfor ikke et behov for anretninger som oppdager når ting går galt, men å ha måter å forklare hva som går galt, for så å sette de rette folkene til å foreta de rette handlingene.

**Styre kriser og være forberedt på å takle katastrofer.** Et svært viktig element under usikkerhetsstyringen er å unngå ubehagelige overraskelser som skaper kriser, og dermed behov for krisestyring. En krise kan defineres som en periode med akutt fare eller vanskeligheter, og generelt kan det sies at de beste løsningene på kriser er basert på innsikt, effektive informasjonssystemer, at man er forberedt, at man har mulighet til å reagere raskt og at man er besluttsom. Krisestyring kan sees på som alternativ styring av betydelige uspesifiserte og uforutsette hendelser. Det vil si at en effektiv strategi for krisestyring vil gjøre det effektivt å bruke mindre tid på alternativ planer for spesifiserte og forutsigbare hendelser. En katastrofe kan defineres som en krise som man ikke klarer å styre effektivt, og det noe ethvert prosjekt må være forberedt å reagere på.

**Bedøm: redefinere, replanlegge eller ingen av delene?** I dette punktet skal man bedømme om prosjektet kan fortsette som planlagt. Finner man ut at prosjektet ikke kan fortsette på dette tidspunktet, kan det være behov for å gå helt tilbake til defineringsfasen eller eventuelt foreta en loop tilbake til starten av styringsfasen. Eventuelt kan man foreta en skjønnsom vurdering av hvor i prosessen det er behov for omplanlegging, og gå direkte tilbake dit.

## 2.2 Trinnvisprosessen

Dette kapitlet omhandler metoden Trinnvisprosessen (Klakegg, 1993) og hvordan denne kan utnyttes for å ivareta og utnytte usikkerheten som ligger i all planlegging. Hovedsaken med Trinnvisprosessen er at den utnytter de erfaringene planleggerne sitter inne med, deres intuisjon, de opplysninger som foreligger om prosjektet, og alle de utenforliggende forhold og vilkår som påvirker prosjektet. Man er dermed i stand til å lage planer som tar hensyn til mest mulig av den tilgjengelige kunnskapen om prosjektet. Dette er det mest realistiske bildet av prosjektgjennomføringen man kan skaffe på forhånd. I tillegg er det viktig at denne kunnskapen blir tilgjengelig for flere av prosjektdeltagerne.

Det er mange årsaker til at det er behov for en videreutvikling av måten planer og beslutningsgrunnlag blir utarbeidet på. Mange forhold påvirker kvaliteten i beslutningene og dette må tas hensyn til i utviklingen av metoder, teknikker og verktøy. Formålet for en slik utvikling er å sikre at det blir gjort så gode vurderinger som mulig. Det viktigste steget for å sikre bedre beslutninger, planer og styring i prosjekter er å innføre en systematisk måte å håndtere informasjon på.

Metoden for planlegging bør ha følgende egenskaper:

- Støtte de faglige vurderingene.
- Få frem relevant informasjon så tidlig som mulig.
- Sikre oversikt over prosjektet.
- Motvirke fallgruvene i vurderingsprosessen.
- Fange opp endringer underveis både i prosjektet og rammebetingelsene.
- Gi et så realistisk bilde av resultatet som mulig på beslutningstidspunktet.
- Danne grunnlag for et rasjonelt valg av verktøy for planlegging i prosjektet.

Et svar på utfordringene er Trinnvisprosessen, og denne metoden ligger til grunn for både trinnvis kalkulasjon og trinnvis tidsplanlegging. Idégrunnet på problemsiden er i hovedsak beskrevet ovenfor, mens idégrunnet for løsningen på problemet i det vesentlige er hentet fra suksessivprinsippet (Lichtenberg, 1990). Suksessivprinsippet er utviklet av Dr. Steen Lichtenberg ved Danmarks Tekniske Høyskole, og hovedtrekkene er som følger:

- "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.

Trinnvisprosessens grunnlag er utviklet ved å samle erfaringer og kunnskap fra mange ulike fagområder, som gruppepsykologi, organisasjonsteori, beslutningsstøttemetoder, kreativ problemløsning, kvalitetsledelse og teambuilding.

Planleggingsprosessen avdekker hvilke forhold ved prosjektet som er usikre. Planen kan gjøres sikrere trinn for trinn ved å samle stadig mer opplysninger og arbeide målrettet med å forbedre grunnlaget for vurderingene.

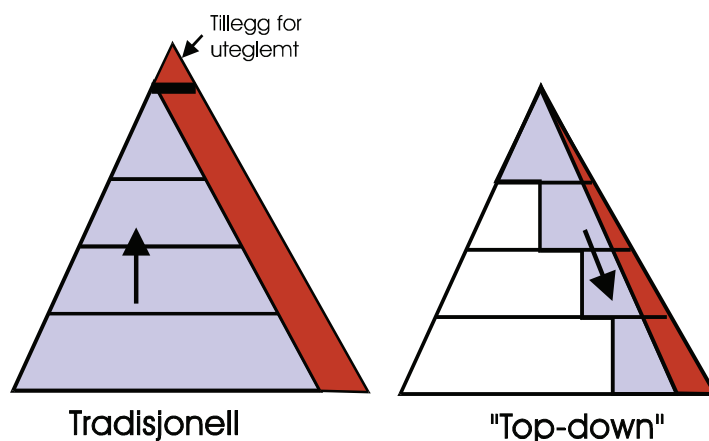
Kvaliteten på beslutningene og styringen underveis i prosjektet er avhengig av kvaliteten på planleggingen. På den andre siden kan man ikke lage en realistisk plan uten også på forhånd å vurdere hvordan beslutningsprosessen og styringen i prosjektet vil fungere. I tradisjonell planlegging har dette alltid blitt neglisjert, men Trinnvisprosessen ivaretar dette.

Målet er å oppnå bedre avgjørelser under alle forhold. Derfor er ikke Trinnvisprosessen eller subjektive vurderinger et standard svar, det finnes ikke én løsning som er best i alle situasjoner. Planleggere og beslutningstagerer bør mestre et utvalg av arbeidsmåter og verktøy, slik at de kan velge de metoder og verktøy som er best tilpasset den aktuelle situasjonen.

I tradisjonelle kostnadsanalyser vurderes kostnadene på det som er definert som kostnadsbærere, og det legges gjerne inn litt ekstra på hvert element som en form for usikkerhetspåslag. Alle andre forhold som påvirker kostnadsbildet forsøkes fanget opp ved et generelt påslag. Suksessivprinsippets tese om at "alt" skal med peker i retning av at det er viktig å få oversikt over disse påvirkningene og hva de virkelig kan bety for prosjektets kostnader.

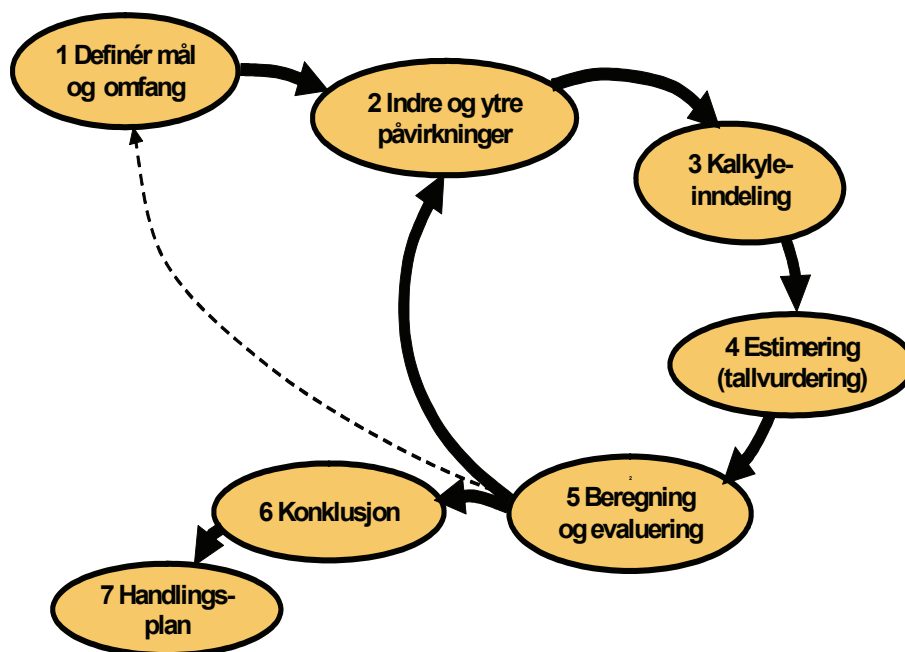
Nøkkelen til et godt resultat er å utnytte det forhold at flere hoder tenker bedre enn ett; altså gruppesynergi. For å nå målet bør derfor arbeidet foregå i gruppe av ressurspersoner med den nødvendige erfaringsbakgrunn og fagkompetanse. Det beste utgangspunktet får man ved å utnytte en bredt sammensatt gruppe; alders-, erfarings- og fagmessig. Det er også avgjørende for resultatet at prosessen blir ledet på en riktig måte, og prosesslederen har en nøkkelstilling her.

Forskjellene mellom tradisjonell deterministisk planlegging, og trinnvis planlegging kan illustreres som i figur 2-4. Den viktigste forskjellen er at usikkerheten i anslagene etter den tradisjonelle metoden tas inn som et "sikkerhetstillegg" til slutt, mens trinnvismetoden ("Top-down") tar for seg usikkerheten i estimatene gjennom hele prosessen slik at fremgangsmåten systematisk gjør usikkerheten mindre. Trinnvisprosessen gjør det følgelig mulig å koble spørsmålet om detaljering og informasjonsinnhenting til de feltene hvor mulighetene er størst for å redusere risikoen i prosjektet.



Figur 2-4 Prinsipiell forskjell mellom tradisjonell- og trinnvis "Top-down"-metode for estimering.

Arbeidsgangen i Trinnvisprosessen kan illustreres som en spiral (figur 2-5), der arbeidet går fra et definert startpunkt og i stadig nye runder (steg 2-5) i spiralen. I løpet av prosessen opparbeider ressursgruppa større bevissthet og mer informasjon og kunnskap om prosjektet. På denne måten arbeider man seg opp til et nivå der man har nådd det som er målet: En så realistisk plan som mulig for prosjektet.



Figur 2-5 *Trinnvisprosessen*

Prosessen er iterativ, så i tillegg til å gjennomgå de syv stegene én gang bør steg 2-5 gjennomføres flere ganger for å sikre kvalitet og detaljeringsgrad av analysen. Fremgangsmåten tar hensyn til hvordan prosessen og kommunikasjonen mellom deltakerne i planleggingsgruppa kan stimuleres og gjøres best mulig. I prosessen er det derfor tatt hensyn til følgende:

- Lederteori og teambuilding.
- Gruppeprosess, gruppeteori, problemer i gruppeprosessen og kommunikasjon.
- Personlige forhold og vurderingsproblemer.
- Stimulering av kreativitet og nytenking.

Formålet med en slik prosedyre for gjennomføring av planlegging er å sikre at problemet/prosjektet blir tatt opp i sin fulle bredde og belyst så godt som mulig. I tillegg er hensikten å hindre at planleggingen blir rammet av systematiske vurderingsfeil.

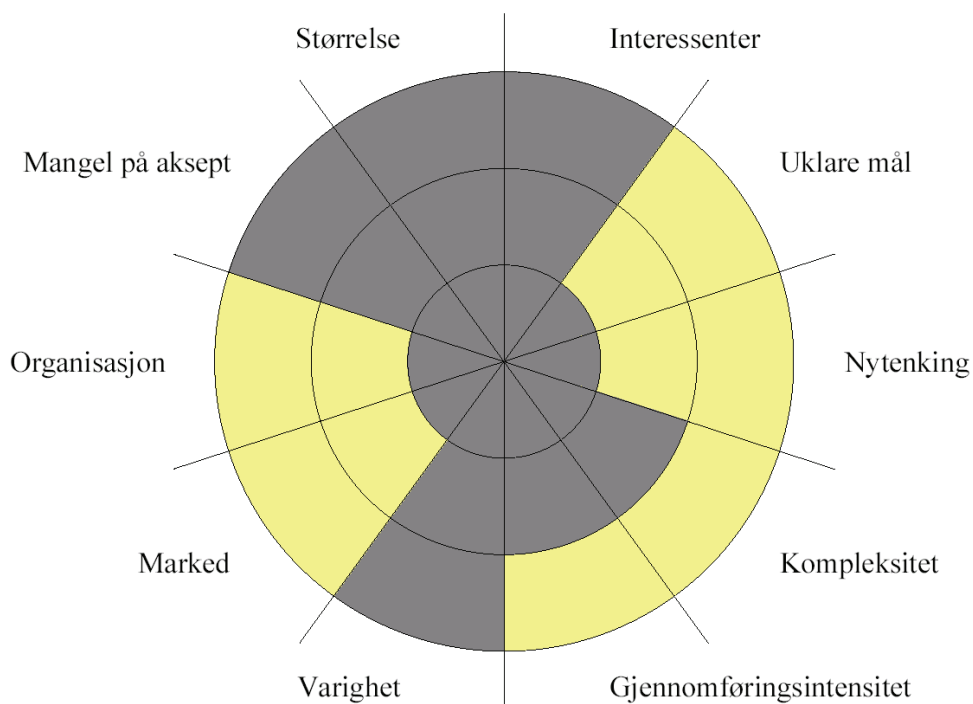
Man må ikke oppfatte fremgangsmåten som en diktat for hvordan planlegging skal gjennomføres, men kun som et forslag til hovedtrekk i planleggingen, formaliteter prioriteres ikke. Dersom prosjektet er svært usikkert, eller konsekvensene av eventuelt overskredne rammer er store, vil en systematisk gjennomføring av Trinnvisprosessen sikre et godt grunnlag for vurderinger og beslutninger. Trinnvisprosessen representerer således en nyttig balanse mellom systematikk og frihet i gjennomføringen.

## STEG 1 - Mål og omfang

Før planleggingen starter må målsettingen for analysen klart defineres. Det betyr at man må avklare hva som skal drøftes i planleggingsmøtet. Hva er formålet med vurderingene og analysene? Dette må være klart for at arbeidet skal gå rett mot målet uten å risikere avsporing mot utenforliggende problemer eller detaljer. Dessuten er det viktig at man har klart for seg hvor grensene for analysen går. Hva skal være med, og hva skal ikke være med i planleggingen? Prosjektomfanget må også klart defineres slik at det aldri er tvil om hva for eksempel kalkylen skal dekke.

Et hjelpemiddel i defineringen av forutsetningene for de resterende stegene i Trinnvisprosessen er situasjonskartet, se figur 2-6. Det forteller hvilket bilde ressursgruppen har av viktige forutsetninger rundt prosjektet og usikkerheten knyttet til disse. Øvelsen med situasjonskartet vil være nyttig fordi den;

- Starter viktige tankeprosesser hos deltagerne i ressursgruppa.
- Gir referanse for kontroll/evaluering av sluttresultatet.
- Gir overordnet og nyttig informasjon om bakgrunnen for vurderingene som er gjennomført i gruppesesjonen.
- Supplerer bakgrunnen for å tolke det resultatet som kommer frem av analysene.



Figur 2-6 *Situasjonskart for et stort og komplisert vegprosjekt med en latent miljøkonflikt.*

Dette eksempelet på et situasjonskart består av 10 sektorer eller karakterer som kan være årsaker til at gjennomføringen av prosjektet er usikker. Strålene ut fra sentrum er akser. Ved å angi "liten, middels, stor", "klar, tvetydig, uklar", "enkel, sammensatt, kompleks", eller andre relative målestørrelser, kan man beskrive en karakteristikk for prosjektet. De utvalgte sektorene beskriver fakta og noen målbare størrelser knyttet til prosjektet:

- Mål - er målet for prosjektet klart og ambisjonsnivået definert?
- Aksept - er de nødvendige løyver og formaliteter inkl. finansiering i orden?
- Organisasjon - er det få aktører, god oversikt og få konflikter?
- Marked - finnes det alternative løsninger og leverandører?
- Nytenking - er det basert på kjente løsninger?
- Kompleksitet - er prosjektet oversiktlig og enkelt teknisk sett?
- Størrelse - er det et relativt lite prosjekt?
- Varighet - er det et prosjekt med kort gjennomføringstid?
- Interessenter - hvilke eksterne parter har interesser i prosjektet?
- Gjennomføringsintensitet - hvilke tidskrav ligger det på fremdrift?

Om svaret på alle disse spørsmålene er ja, er det lite usikkerhet knyttet til prosjektet, og det mørke feltet på situasjonskartet vil være lite. Er svarene helt eller delvis nei, vil prosjektet inneha usikkerhet. Tidlig i prosjektet er det mørke feltet størst, og mer og mer vil bli avklart etter hvert som prosjektet skrider frem, og usikkerheten avtar. Prosjektgjennomganger tidlig og seint i prosjektet vil altså ha ulike situasjonskart knyttet til seg.

## **STEG 2 - Indre og ytre påvirkninger**

Oppgaven i dette steget er å identifisere alle utenforliggende rammebetingelser, vilkår og interne krefter som påvirker prosjektet og gjennomføringen av det. Dette er prosjektets indre og ytre påvirkninger. Se for øvrig Conceptrapport nr 10 "Usikkerhetsanalyse- Kontext og grunnlag"

Målet er å peke ut alle forhold som er avgjørende for ressurser, kostnader og tid i prosjektet. Dette er et ambisiøst mål, og det krever erfaring og dyktighet for å nærme seg dette. Når dette lykkes har man imidlertid oppnådd en avdekking av alle de usikre momentene som påvirker prosjektet. Det mest effektive hjelpemidlet i dette arbeidet er å gjennomføre en idé-dugnad med ressursgruppa. Vanligvis fremkommer det da fra 50 til opp i mot 150 forhold avhengig av beslutningstakers ambisjonsnivå og prosjektets størrelse, kompleksitet, lokale forhold osv (denne informasjonen sendes ressursgruppen før analysen skal gjennomføres).



Etter hvert som ressursgruppen kommer med forslag til indre- og ytre påvirkninger, er det vanlig at de noteres ned fortløpende og settes opp på vegg, overhead eller tavle. Forholdene kan enten settes opp i en fastlagt matrise med gitte kategorier som vist i figur 2-7 eller figur 2-8, eller de kan listes opp uten noen form for strukturering. Merk at forholdene som er beskrevet i figur 2-7 og figur 2-8, langt fra er komplette, og at en må være oppmerksom på at det vil være ulike forhold som er aktuelle i ulike faser av et prosjekt.

Fordelen med å legge de fremkomne indre- og ytre påvirkningene i en fastlagt matrise med gitte kategorier, er at en tydeligere kan avsløre om gruppen har skjevt fokus eller om gruppen er skjevt sammensatt. En kan for eksempel tenke seg en skjevt sammensatt ressursgruppe med overvekt av personer fra en bestemt fagbakgrunn. Med en direkte opplisting av indre- og ytre påvirkninger kan en da risikere å ikke fange opp at forholdene som kommer frem er for ensidige.

		TYPE FORHOLD		
		Teknisk	Sosialt	Økonomisk
TILKNYTNING TIL PROSJEKTET	Eksternt	Teknologi Utdanning Forskning Kursing	Kulturelle forhold Holdninger Tradisjoner Normer	Marked/økonomi Utvikling Vekst Endring
	Relatert	Tradisjoner Kvalitet Funksjonskrav Komponenter	Prosjekt mål Målforståelse Prioritet Prosjektledelse	Prosjektverdi Lønnsomhet Strategi Markedsverdi Prosjektøkonomi
	Internt	Kompetanse Erfaringer Firmastandard Rutiner/metoder	Bedriftsledelse Mål/strategi Beslutningsevne Ambisjoner Resultater	Økonomisk strategi Risikovilje Prestisje Marked Investeringsnivå

Figur 2-7 De identifiserte indre- og ytre påvirkningene systematisert i en matrise. Alternativt kan påvirkningene listes opp direkte uten noen form for strukturering. Kilde: ISM-Danmark.

Politiske forhold	Geografiske forhold
Politisk klima Lover og reguleringer Arbeidsmarked Rentenivå Skatteforhold Konjunkturer	Klima, nedbør, temperatur Transport, adkomst Lokale reguleringer Lokal konkurranse Omgivelser Grunnforhold
Prosjektrelaterte forhold	Organisatoriske forhold
Byggetidspunkt og varighet Omfang, kompleksitet Miljø- og kvalitetskrav Ny teknologi og markedsutvikling Ambisjonsnivå Finansiering	Entrepriseform Fleksibilitet, byråkrati Beslutninger, endringer Erfaring, kompetanse Samarbeidsevne Kommunikasjonsevne

Figur 2-8 De identifiserte indre- og ytre påvirkningene samlet i fire kategorier. Alternativt kan påvirkningene listes opp direkte uten noen form for strukturering.

Det er uhensiktsmessig å gå videre i trinnvisprosessen med alle de fremkomne indre- og ytre påvirkningene, og det er derfor nødvendig med en bearbeiding for å redusere antallet. I bearbeidingen slås påvirkninger som ligner hverandre, eller angår samme type problemstilling, sammen til én påvirkning. Det etableres altså nye samleposter (vanligvis 10-15 stk) som dekker disse påvirkningene.

Denne bearbeidingen kan i prinsippet gjøres på to måter. Den ene er at gruppen gjør hele dette arbeidet i en interaktiv gruppeprosess. Den andre, mindre tidkrevende måten, er at alle i ressursgruppa tar utgangspunkt i de kartlagte forholdene og stemmer på de fem viktigste. Prosesslederen og datastøtten bearbeider så resultatene i en pause, evt. etter samlingen på samme måte som beskrevet over. Når dette er gjort blir resultatene presentert for gruppen, slik at de kan gjøre eventuelle endringer, og deretter godkjenne forholdene.

Uavhengig av hvilken fremgangsmåte man benytter i bearbeidingen, skal samtidig vurderes om noen av påvirkningene er hendelser (forhold som er av en slik karakter at de enten vil oppstå eller ikke oppstå). Dette kan være utsatt vedtak om igangsetting, vinterstormer, konkurser, osv. Disse forholdene er hendelser, og påvirkningen fra disse kalles hendelsesusikkerhet. Hendelsesusikkerheten størrelse fremkommer gjennom en vurdering av sannsynligheten for at hendelsen inntreffer og konsekvensen av hendelsen for prosjektet. Hendelsesusikkerheten trekkes ut av vurderingene av de indre og ytre påvirkningene og behandles for seg.

Prosesslederens rolle i kartleggingen av indre- og ytre påvirkninger

Prosesslederen har en helt sentral rolle i kartleggingen av indre- og ytre påvirkninger, og idédugnaden kan bli mer eller mindre vellykket avhengig av hvordan prosesslederen gjennomfører den. For å få idédugnaden til å fungere godt er det viktig at prosesslederen:

- Er nøytral, og ikke velger side for eller mot et forslag.
- Forsvarer alle syn som kommer fram.
- Gir like mye respons uansett hvem som kommer med forslaget.
- Unngå at noen av deltakerne får dominere planleggingen.
- Drar med passive deltakere.
- Gjør det klart for deltakerne at det er lov å ta feil.

### **STEG 3 - Kalkyleinndeling**

Det tredje steget i Trinnvisprosessen er inndeling av prosjektet i uavhengige kostnadsposter, eventuelt definering av en nettverksstruktur for tidsplanen. Inndelingen er svært viktig for de videre vurderinger av kostnader og fremdrift. Første gangen planleggingen kommer til dette punktet i rundgangen i figur 4-1 skal inndelingen være grov. Strukturen/inndelingen gjøres trinnvis mer detaljert etter behov. Dette er i tråd med gangen i mange typer ingeniørarbeid, men motsatt arbeidsmåte av mange deterministiske planer der helheten er bygd opp av en rekke detaljer.

Inndelingsprinsippet fra første nivå vil danne utgangspunkt for inndelingen på lavere nivåer. Det viktigste med inndelingen er at den dekker hele prosjektet, slik at ingen poster eller aktiviteter faller utenfor planen.

Generelt kan man dele inn etter hvilket prinsipp som helst, for eksempel etter kontoplan, arbeidsoppgaver, fysiske deler, prosess, organisasjon, fag og produksjon. Det avgjørende er å velge et delingsprinsipp som stemmer overens med de erfaringsdata som ressurspersonene sitter inne med, og som passer for prosjektet.

Man kan også velge om man vil gi anslag i form av rundsummer eller mengde/pris (faktorkalkyle). I trinnvis tidsplanlegging må man i tillegg til inndeling i aktiviteter (samme prinsipp som over), knytte aktivitetene sammen i et nettverk for planen, en strukturplan. Dette for å bygge inn alle viktige logiske og nødvendige hensyn til rekkefølge i planen.

#### **STEG 4 - Estimering**

Det skal gjøres tre anslag for hver post/aktivitet og for hver av de indre- og ytre påvirkningsfaktorene. Postene i kostnadsanalysen gis anslag i mengder og kroneverdier, mens aktivitetene i tidsanalysen gis anslag i tidsverdier. De indre- og ytre påvirkningene i kostnadsanalysen kan gis anslag enten i kroneverdier eller i form av et prosentvis påslag. I tidsanalysen gis imidlertid de indre- og ytre påvirkningene kun anslag i tidsverdier. 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.

Det skal også gjøres en estimering av de indre- og ytre påvirkningene som vi i steg to klassifiserte som hendelser.

##### Trippelanslag

De tre anslagene for hver post/aktivitet eller indre/ytre påvirkningsfaktor skal være en minimumsverdi, en maksimumsverdi, og en mest sannsynlig verdi.

1. Minimumsverdien er laveste verdi for posten eller korreksjonsfaktoren innenfor det valgte konfidensintervall.
2. Maksimumsverdien er høyeste verdi innenfor det samme konfidensintervall.
3. Mest sannsynlige verdi er den verdien ressursgruppa mener er det beste anslaget av verdien. Denne størrelsen tilsvarer den som blir brukt i en deterministisk plan eller kalkyle.

Minimums- og maksimumsverdier må defineres slik at det er klart hvilke kvantiler som benyttes. Det mest vanlige er 1/99- eller 10/90 kvantiler. Brukes 1/99 kvantilene betyr dette at det er en prosent sjanse for at kostnaden/tiden blir mindre enn eller lik minimumsverdien, og en prosent sjanse for at kostnaden/tiden blir større enn maksimumsverdien. Velges 10/90 er det ti prosent sjanse for at kostnaden/tiden blir mindre enn eller lik minimumsverdien, og ti prosent sjanse for at kostnaden/tiden blir større enn maksimumsverdien.

Et interessant spørsmål er om de subjektive anslagene er avhengig av den rekkefølge de tre verdiene angis i. Vil en ved å angi mest sannsynlige verdi først fikse så mye på det "normale" at spredningen undervurderes? I virkeligheten er 1%- og 99%-kvantilene ekstremver-

dier som erfaringsmessig er vanskelige å angi. Erfaringer med bruk av Lichtenbergs metode og forsøk på å teste subjektive vurderinger tyder på at grensene angis med for snevre verdier. Det er derfor utviklet programmer som gjør det mulig å operere med 10 % - og 90 % -kvan- tilene. Hva som er mest hensiktsmessig av 1/99- og 10/90 kvantiler, er et åpent spørsmål. Det viktigste er at ressursgruppa vet hvilke ekstremalverdier de setter og at disse blir behand- let korrekt.

Ved fastsetting av de tre anslagene bør ekstremalverdiene bestemmes før mest sannsynlig verdi. Vurderingene og anslagene bør gjøres i denne rekkefølgen for å sikre at man ikke får for sikre anslag på grunn av fokusering på det mest sannsynlige tallet.

Anslagene bør bygge på en realistisk vurdering av ressursbehov og metode for gjennomfø- ringen. Dette fordi kalkylen og tidsplanen henger sammen med disponeringen av ressursene. Setter man en tid på en aktivitet i tidsplanen og senere vurderer fremdriften slik at den må ha flere ressurser for å holde tidsrammen, vil dette slå ut på kostnadssiden. Klare ressursfor- utsetninger i kostnadsestimatet og tidsplanen er nødvendig for å kunne håndtere dette sam- spillet.

Erfaring viser at kvaliteten på anslaget ikke behøver å bli dårlig selv om man ikke skulle treffe godt med alle de estimerte verdiene. Grunnlaget for gode anslag er at man fordomsfritt vur- derer alle inngangsdata nøytralt. Når hele ressursgruppa får uttale seg vil resultatet de sammen kommer frem til være nokså nært den objektive sannheten. Det gjør ikke noe om de hver for seg er optimister eller pessimister av legning. Utvalget av ressurspersoner skal være slik at begge kategorier er representert. Gjennomsnittet vil være nokså nært et "nøy- tralt" utgangspunkt. Man kan ta hensyn til spesiell fagkompetanse hos enkelte av deltagerne ved anslag av sannsynlige verdier.

Det er viktig å sette yttergrensene slik at de dekker den reelle usikkerheten. Dette vil sikre to forhold:

1. Det vil bidra til at utfallsrommet for anslaget rommer den virkelige verdien selv om den skulle avvike en del fra det sannsynlige anslaget.
2. Det sikrer at usikkerheten ikke blir skjult for beslutningstagerne.
3. Det gir rett prioritering av innsatsen fordi det virkelig usikre kommer opp på pri- oriteringslista.

Å fremstille anslagene som sikrere enn de virkelig er, vil føre alle som senere skal vurdere, beslutte eller styre etter planen, bak lyset. De blir ikke gjort oppmerksomme på avgjørende forhold i prosjektet. Dermed har man mistet sjansen til å dra full nytte av en plan som tar hensyn til usikkerhet. En av konsekvensene av å gi for sikre anslag på postene er at de ikke vil nå opp på prioriteringslista. Dette er en "10 på topp" oversikt over de postene/faktorene som bidrar mest til at planen er usikker. Dermed vil de ikke bli håndtert i tide, og man kan miste verdifull informasjon til planen.

Erfaring tilsier at det er vanskelig å få utrenede planleggere til å akseptere i tilstrekkelig grad at usikkerheten er til stede, de vil gi for sikre anslag. Vurderingene og tallanslagene kan for- bedre med trening i bruk av metoden og den måten anslagene gjøres på. I starten bør delta-

gerne skrive anslagene sine ned på papir, uten å snakke sammen, før anslagene blir lest opp. Dette hindrer påvirkninger og bidrar til at den virkelige usikkerheten kan komme til syne.

I et kostnadsestimat eller tidsplan må man forvente at enkelte anslag og forutsetninger vil være feil. Praktisk erfaring viser at de tilfeldige feilene slår ut både positivt og negativt i forhold til de forventede størrelsene, slik at totalresultatet likevel blir rett. Det er dette som blir kalt "de store talls lov". De tilfeldige feilene i anslagene er ikke noe problem i subjektive vurderinger. Det kan derimot de systematiske feilene være. De blir omtalt senere.

### **Virkingen fra indre- og ytre påvirkningsfaktorer**

I fase 2 ble de indre- og ytre påvirkningsfaktorene kartlagt. Deretter ble de viktigste plukket ut. Neste oppgave i planleggingen er å vurdere hvor stor betydning disse indre- og ytre påvirkningene har på prosjektet i form av endret ressursbehov, kostnader eller tidsforbruk. Dette er i stor grad et spørsmål om å utnytte de samlede erfaringene til planleggingsgruppa.

For å kunne vurdere hvor stor innvirkning de aktuelle forholdene (samlepostene) har på prosjektet, er det viktig å kartlegge hvilke erfaringer planleggerne har med det enkelte forholdet fra tidligere. Deretter må de vurdere hvordan dette forholdet vil arte seg i det konkrete prosjektet.

De erfaringstallene som er tilgjengelige baserer seg på historiske forhold. Den realistiske planen må basere seg på aktuelle forhold og disse vil aldri være identiske med forholdene som gjelder for de historiske erfaringstallene. Man må justere, ved å legge til litt her og trekke fra litt der, for å få frem det realistiske bildet av prosjektet.

Korreksjonene blir lagt inn i planen i form av tre anslag for hvert indre/ytre påvirkning. Det kan være påslag i reelle kroneverdier/tidspåslag eller prosentpåslag som nevnt tidligere.

En av de store utfordringene er å ta hensyn til samme forhold kun en gang. Det er alltid en fare for at ressursgruppa i sine vurderinger først tar høyde for et forhold i usikkerhetsestimatet til en kostnadspost/aktivitet, og samtidig trekker det ut som en indre/ytre påvirkning. Dette vil føre til en dobbeltvirkning og gir et galt bilde av usikkerheten i prosjektet. En slik feilkilde motvirkes med en systematisk prosess og klare definisjoner av forutsetningene for analysen. Dette er i stor grad prosessleders ansvar.

Forhold som påvirker bare én post, tar man vanligvis med i anslaget på den aktuelle posten. Husk på at dette forholdet kan måtte dras ut og behandles som en indre- eller ytre påvirkning senere, om detaljering av posten/aktiviteten tilsier det. Dette kan være tilfelle for eksempel om forholdet dekker flere underposter/aktiviteter.

I steg 2 ble noen av de indre- og ytre påvirkningene karakterisert som hendelser (se kapittel 2.4). Disse skal også estimeres. Dette innebærer å vurdere sannsynligheten for at de skal inntreffe, og konsekvensen dersom de inntreffer. I tabell 2-4 vises hvordan man grovt kan vurdere de ulike indre- og ytre påvirkningene ved å plassere de i en matrise.

**Tabell 2.4** Ressursgruppen tar for seg hendelsene og gjør en vurdering av sannsynligheten for at de inntreffer, og konsekvensen uttrykt i kroner vist de inntreffer. I praksis vil det bli angitt størrelser for sannsynlighet og konsekvenser i tabellen over. Til hjelp for å finne sannsynligheter kan feiltrær benyttes.

Sannsynlighet (%)	Liten	Middels	Stor
Konsekvenser (kr)			
Liten	Hendelse 1 Hendelse 4		Hendelse 2
Middels	Hendelse 5	Hendelse 3, Hendelse 7	
Stor	Hendelse 6		

Alternativt til å behandle hendelsene i en slik matrise er å gå mer detaljert til verks ved å sette opp hendelsestrær, og eventuelt benytte feiltrær til å bestemme sannsynligheten for at hendelsen skal inntreffe. En slik detaljert analyse gjøres kun i spesielle tilfeller.

## STEG 5 - Beregning og evaluering

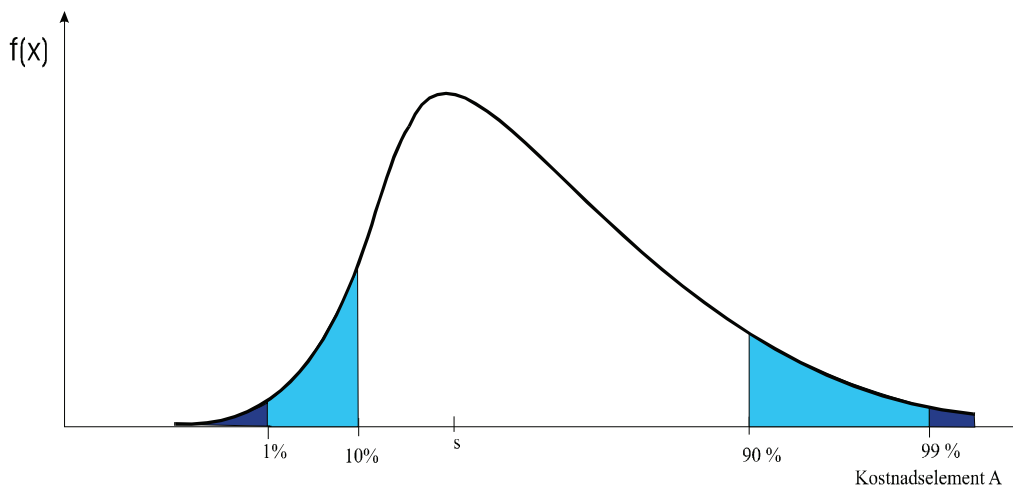
De tre anslagene for hver post/aktivitet må knyttes til en eller annen fordelingsfunksjon. Institutt for bygg, anlegg og transport har ikke utført egne undersøkelser for å vurdere hvilken type fordelingsfunksjon som det er rimelig å anta for postene/aktivitetene. Den mest brukte fordelingen er imidlertid høyreskjev Erlang fordeling (se Conceptrapport nr. 11 “Usikkerhetsanalyse - Modellering, estimering og beregning”). Den skjeve formen er realistisk og kan forklares med at det faktisk finnes en nedre grense for hvor lavt en kostnad kan komme, mens det som regel ikke er grenser for hvor dyrt det kan bli, hvis det først går galt.

Det kan selvsagt tenkes andre fordelinger f.eks. trekantfordeling, rektangulær fordeling eller trapesfordeling. Også andre kontinuerlige fordelinger som for eksempel normalfordelinger og gamma-fordelinger kan tenkes (Erlang-fordeligen er en type gamma-fordeling). Spørsmålet er så om valget av fordelingsfunksjon for postene/aktivitetene påvirker det endelige kostnadsestimater. Undersøkelser indikerer at valg av fordelingsfunksjon har liten innvirkning på sluttestimater. Usikkerheten i de subjektive vurderingene er betydelig større enn usikkerheten som følger av valg av fordelingsfunksjon.

Erlangfunksjonen er gitt ved:

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

På grunnlag av analyser av tilgjengelige data hevder Lichtenberg (Lichtenberg, 1990) at en rimelig verdi for  $k$  ligger i nærheten av 10. ( $\mu$  er en skaleringsfunksjon) Figuren under illustrerer forskjellen mellom 1/99 og 10/90 kvantilene.



**Figur 2-9** *Figuren illustrerer Erlangfunksjonen for  $k=10$  (grafene er ikke eksakt tegnet), og forskjellen mellom 1/99 og 10/90 kvantilene.*

Figur 2-9 viser både  $n$  og  $\sigma$  verdier som tilsvarende 1/99 kvantilene og 10/90 kvantilene.  $s$  er sannsynlig verdi som forutsettes å representere toppen av fordelingskurven. Formlene for beregning av forventningsverdi  $E$  og standardavvik for den aktuelle post/aktivitet er ulike for 1/99 kvantilene og 10/90 kvantilene. Formelverket som metoden bygger på er beskrevet i Conceptrapport nr. 11 "Usikkerhetsanalyser - Modellering, estimering og beregning".

### Betydningen av indre- og ytre påvirkninger

Noen indre- og ytre påvirkninger virker på alle poster/aktiviteter. Andre påvirkninger påvirker imidlertid bare en post/aktivitet (som nevnt tidligere). Der en  $i/y$  påvirkning kun påvirker en post/aktivitet tas dette vanligvis hensyn til i anslaget på den aktuelle posten/aktiviteten. Hvordan innvirkningen av  $i/y$  påvirkninger skal utføres regneteknisk beskrives ikke nærmere her, men det håndteres vanligvis enkelt i et dataprogram.

### Beregne forventningsverdi og standardavvik for hele planen

Når planen er inndelt i poster eller aktiviteter sammensatt i en strukturplan, og alle postene/aktivitetene har fått sine tre verdianslag må planen gjennomregnes for å finne resultatet av de data som er innlagt. Til dette bruker man vanligvis et dataverktøy. Regnemodellene som er bygd inn i de verktøyene tar hensyn til usikkerhet og er naturlig nok mer kompliserte enn vanlig summering av poster. Ved hjelp av statistiske metoder eller Monte Carlo simulering blir usikkerheten i hvert anslag regnet inn i planen. I trinnvis tidsplanlegging innebærer dette spesielt store regneoperasjoner. Vanligvis løses disse ved simuleringer (MC Simuleringer).

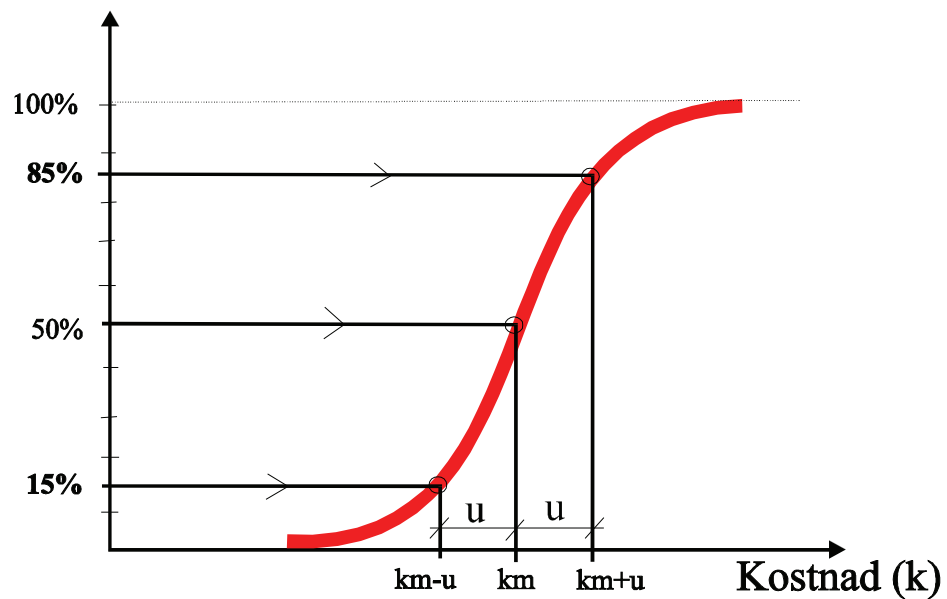
Sentralgrenseteoremet sier at summen av stokastisk uavhengige variable vil nærme seg en normalfordeling når antallet variable er stort. Se Conceptrapport nr 11 om teori. Anvendt på en kostnadskalkyle kan teoremet oppsummeres slik:

1. De enkelte poster forutsettes å være statistisk uavhengige av hverandre.
2. Ingen enkeltpost dominerer kostnadsestimatet.
3. Antall poster overstiger 10.
4. Da kan vi med tilstrekkelig nøyaktighet si at sluttsummen er normalfordelt

Spørsmålene rundt tilnærming til normalfordelingen er grundig behandlet i Conceptrapport nr 13 om feilkilder.

Resultatet av beregningene vil bestå i en kumulativt sannsynlighetsfordeling, kombinert med en prioritetsliste. En kumulativt sannsynlighetsfordeling, også kalt S-kurve, er vist i figur 2-10 og viser forventet verdi med tilhørende usikkerhet.

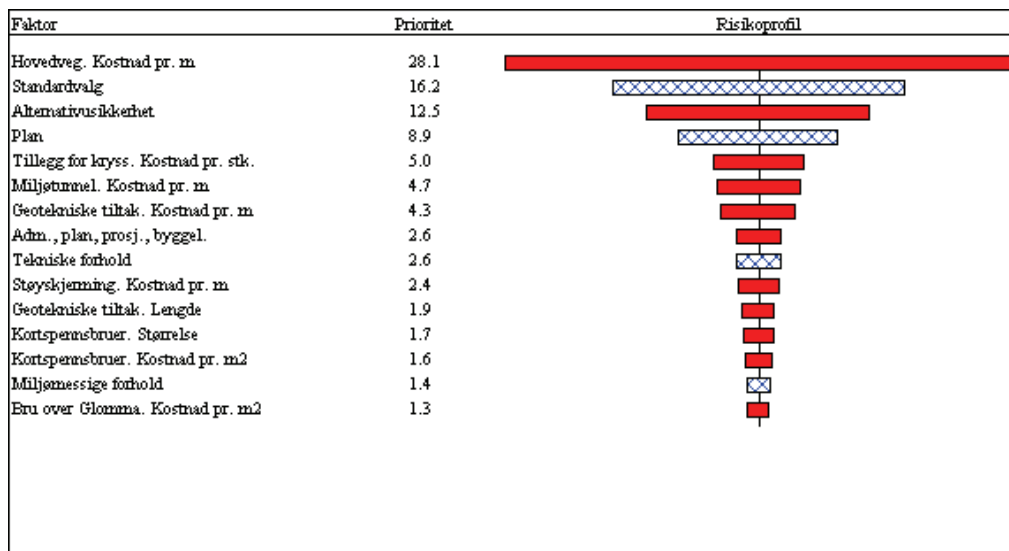
### Sannsynlighet for at kostnadene ikke overskrider (k) kroner



Figur 2-10 *Kumulativt kostnadsdiagram med sannsynlighet for at totalkostnaden ikke overstiger kroner (k).*



Prioritetslisten i figur 2-11 illustrerer de 10 største usikkerhetselementene. Diagrammet viser størrelsen på usikkerhetene i tillegg til å vise om usikkerheten representerer mulighet eller risiko. Det forteller også hvilke forhold det er viktigst å gripe fatt i for å redusere usikkerheten, eller eventuelt å øke potensialet i prosjektet. Usikkerhet reduseres ved økt kunnskap, og ved å foreta preventive tiltak eller øke beredskapen.



Figur 2-11 Prioritetslisten viser de viktigste bidragene til usikkerheten i et prosjekt

## Evaluerings

På bakgrunn av analyseprosessen og resultatene i form av en S-kurve og en prioritetsliste må resultatene vurderes. Eksempel på spørsmål som bør stilles kan være.

- Er det forhold ved planen (definisjon, avgrensning, inndeling, generelle forhold eller ressursforutsetninger) som virker urimelige eller urealistiske?
- Har alle påvirkningsfaktorer/poster/aktiviteter kommet med?
- Har samme usikkerheten blitt tatt med flere ganger, både i en post og i et generelt forhold?
- Bør nye påvirkningsfaktorer vurderes eller gamle vurderinger endres?
- Er alle opplysninger som er kjente på planleggingstidspunktet tatt tilstrekkelig omsyn til?
- Er dimensjonsforholdet mellom usikkerhet i påvirkningsfaktorene og usikkerhet i kostnadsbærerne rimelig?
- Stemmer prioritetslista og usikkerheten overens med situasjonskartet?
- Dekker det resultatet som foreligger behovet for kostnadsestimat/tidsplan?
- Er planen sikker nok?
- Er planen detaljert nok?
- ER RESULTATENE OG PRESENTASJONEN VELEGNET SOM BESLUTNINGSGRUNNLAG?

Svarene på disse spørsmålene vil vise om man må bearbeide kostnadsoverslaget videre før man kan anbefale en ramme for prosjektet. Er svaret på et av de to siste spørsmålene nei, må man legge mer informasjon inn i planen. For å utnytte planleggingsressursene best mulig bør man arbeide videre med de postene som ligger øverst på prioritetslista. Man kan arbeide videre med (og revurdere) postene og korreksjonsfaktorene, eller bryte ned i mer veldefinerte biter for nye estimat. Det siste er detaljering, og innebærer å gjøre steg 2-5 om igjen. Man oppnår å arbeide systematisk med de sidene ved prosjektet som er mest usikre ved å følge prioritetslista.

Kan ikke planen gjøres sikrere, vil dette komme av at opplysninger mangler og ikke kan innhentes. Ofte vil dette bety at det er utenforliggende, upåvirkelige og usikre forhold som dominerer prioritetslista. Da kan man bare vente med videre detaljering til disse forholdene blir bedre kjent, eller påvirke de gjennom å fatte en beslutning eller gjøre undersøkelser. Andre ganger kan det være forhold i prosjektet som enda ikke er avklart. Da må man ta de nødvendige beslutningene før planen kan bli vesentlig sikrere.

Om man er fornøyd med resultatet, kan man hoppe av spiralen og akseptere den planen som foreligger, og gå til steg 6.

I visse tilfeller kan det være på sin plass å detaljere poster/aktiviteter som ikke ligger øverst på prioriteringslista. Dette gjelder når formålet med detaljeringen ikke er å gjøre planen sikrere, men å gjøre planen bedre egnet til spesielle formål. Om planen skal være grunnlag for styring av prosjektet kan en større detaljeringsgrad også være nødvendig, selv om dette ikke gjør planen vesentlig sikrere totalt sett.

## **STEG 2-5 OM IGJEN - Iterasjon**

Steg 2-5 gjennomføres flere ganger, og dette vil gjøre analysen mer detaljert og presis. Detaljeringen består i å bryte en grov post/aktivitet ned i mindre og mer veldefinerte deler. I hver iterasjon skal man normalt bare konsentrere seg om å detaljere én av de grove postene fra tidligere trinn. Planleggerne håndterer den nye delplanen på samme måte som beskrevet i steg 2-5 i Trinnvisprosessen. På denne måten øker detaljeringsgraden i planen. Man samler mer og mer opplysninger om prosjektet, gjennom de nye postene/aktivitetene. Disse mer veldefinerte postene kan man sette sikrere størrelser for tid og kostnad på, fordi man nå har mer informasjon i planen. Dette innebærer et systematisk arbeid for å oppnå en sikrere plan.

Planleggerne klarer hele tiden å holde oversikt over planen fordi man systematisk går videre i detalj på klart definerte poster/aktiviteter. Samtidig sparer man arbeid med unødvendige detaljer. Postene/aktivitetene som ikke kommer høyt på prioritetslisten tilfører ikke prosjektet stor usikkerhet og kan beholdes slik de er. Prosessen fortsetter til planen ikke kan gjøres sikrere ved ytterligere detaljering, eller det ikke er ønskelig å gå mer i detalj.

Med denne måte å arbeide frem detaljer i planen, oppnår man at den systematisk blir gjort sikrere uten unødvendig detaljarbeid. Planleggingsarbeidet blir effektivt og gode planer kan utarbeides på et minimum av tid.

## STEG 6 - Konklusjon

Når planen er tilstrekkelig detaljert kan konklusjonene trekkes. Konklusjonene bygger på målene som ble definert for planleggingen i starten av møtet, resultatet av beregningene i form av en S-kurve samt prioriteringsliste og de vurderingene som er gjort i planleggingsprosessen. Om prosessen er gjennomført systematisk og dokumentasjon sikret underveis vil grunnlaget inneholde svært mye relevant informasjon. Konklusjonen beskriver hva slags oppfølging planleggingen skal få og eventuelt hva som er svaret på den definerte problemstillingen.

Rapporten som utkommer fra Trinnvisprosessen, og forsåvidt også fra alle andre usikkerhetsanalyser, bør som et minimum inneholde følgende:

### 1. Sammendrag/konklusjon

### 2. Identifikasjon

2.1 Hvilket prosjekt

2.2 Hvem deltok

### 3. Beskrivelse av prosjektet

3.1 Mål, omfang, kart, ambisjonsnivå

3.2 Forutsetninger

3.3 Referanser

3.4 Fase, beslutninger hittil

### 4. Trinnvisprosessen

4.1 Metodebeskrivelse

4.2 Mål

4.3 Faste forutsetninger

4.4 Inndeling og struktur

4.5 Vurderinger og inngangsdata

4.6 Resultater av beregninger

4.7 Kostnadsoverslag med vurderinger

### 5. Anbefalte tiltak og handlingsplan

### 6. Vurdering av gruppeprosessen

Rapporten har gjerne brukere på flere nivåer, fordi oppdragsgiver og prosjektet ofte ikke er samme instans. Oppdragsgiver er som regel beslutningstakerne, som krever overordnede konklusjoner og anbefalinger. Prosjektet stiller på den andre siden større krav til detaljer og nøyaktighet samt anbefalte tiltak som kan utvikle prosjektet i positiv retning. Rapporten må derfor ha disse kvalitetene. I tillegg bidrar rapporten i den generelle erfaringsoverføringen, og er således et viktig dokument i den fremtidige prosjektplanleggingen.

## STEG 7 - Handlingsplan

I de fleste tilfeller lages det en handlingsplan for prosjektet. Handlingsplanen lages med utgangspunkt i de indre og ytre påvirkningene, og prioritetsliste som identifiserer de viktigste risikoelementene og mulige forbedringene. Målet er å unngå risikoen og utnytte mulighetene. Handlingsplanen inneholder også en liste med anbefalte tiltak for å imøtekomme de indre og ytre påvirkningene. Typiske tiltak er å innhente opplysninger, foreta beslutninger eller vurdere alternative muligheter.

Handlingsplanen er en del av rapporten fra analysen.

## 2.3 PMI's metode for usikkerhetsanalyse

Project Management Institute (PMI) i USA er en av de tyngste aktørene i verden innenfor prosjektledelsesfaget. Organisasjonen har lokalforeninger over hele verden, og har som mål å fremme og utvikle prosjektledelse, spre informasjon og skape nettverk for prosjektledelse (PMI, 2005).

Gjennom deres PMBoK, "A Guide to the Project Management Body of Knowledge" (PMI, 2000), bidrar de nettopp til å spre kunnskap om prosjektledelsesfaget. Boka har etablert seg som en veileder og standard innenfor prosjektledelsesfaget, og inneholder grunnleggende kunnskap innenfor emner. PMBoK inneholder et kapittel om det de betegner som usikkerhetsledelse. Vi har i denne rapporten gjengitt bokens kapittel 11 om usikkerhetsledelse, med tillatelse fra PMI og PMBoK's norske oversetter.

Boka presenterer på en enkel og oversiktlig måte en metode for usikkerhetsanalyse av prosjekt, og fokuserer også på den videre usikkerhetsstyringen av prosjektet etter at analysen er utført.

(PMI, 2000) deler prosessen for usikkerhetsanalyse i seks steg:

1. Planlegge usikkerhetsledelse
2. Identifikasjon av usikkerhet
3. Kvalitativ usikkerhetsanalyse
4. Kvantitativ usikkerhetsanalyse
5. Planlegge tiltak mot usikkerhet
6. Overvåking og styring av usikkerhet

For hvert steg angis hva som trengs av grunnlagsdata ("inndata") før en kan gjennomføre steget. Videre presenteres metoder ("verktøy og teknikker") for å gjennomføre steget, og til slutt hva som skal være resultatet fra steget.

Innholdsmessig er det ikke store metodiske forskjeller mellom PMI's metode for usikkerhetsanalyser, og de metodene som før er presentert i dette kapitlet. En positiv forskjell er likevel at den vier usikkerhetsstyringen mer plass, og kommuniserer på denne måten at usik-

kerhetsanalyse ikke bare skal gjøres én gang, men være et grunnlag for kontinuerlig usikkerhetsstyring i prosjektet.

En annen fordel ved metoden er at dens presentasjonsform, altså hvordan selve metoden er presentert, gjør det enkelt for utenforstående å forstå *hvorfor* ting skal gjøres, og *hvordan* man skal gjøre det.

Metoden fra PMI (2000) gjengis i det følgende.

## Kapittel 11

# Usikkerhetsledelse i prosjekter

Usikkerhetsledelse i prosjekter er den systematiske prosessen med å identifisere, analysere og møte prosjektets usikkerheter. Det innebærer å maksimalisere sannsynligheten og konsekvensene av positive hendelser og minimalisere sannsynligheten og konsekvensene av negative hendelser i forhold til prosjektets målsettinger. **Figur 11-1** gir et overblikk av de følgende hovedprosesser:

**11.1 Planlegge usikkerhetsledelse** – bestemme hvordan en skal tilnærme seg og planlegge usikkerhetsledelsesaktivitetene for prosjektet.

**11.2 Identifikasjon av usikkerhet** – bestemme hvilke usikkerheter som kan påvirke prosjektet og dokumentasjon av deres egenskaper.

**11.3 Kvalitativ usikkerhetsanalyse** – utføre en kvalitativ analyse av usikkerheter og betingelser for å prioritere deres påvirkning på prosjektets målsettinger.

**11.4 Kvantitativ usikkerhetsanalyse** – måle sannsynligheten og konsekvensen av usikkerhetene og beregne deres innvirkning på prosjektets målsettinger.

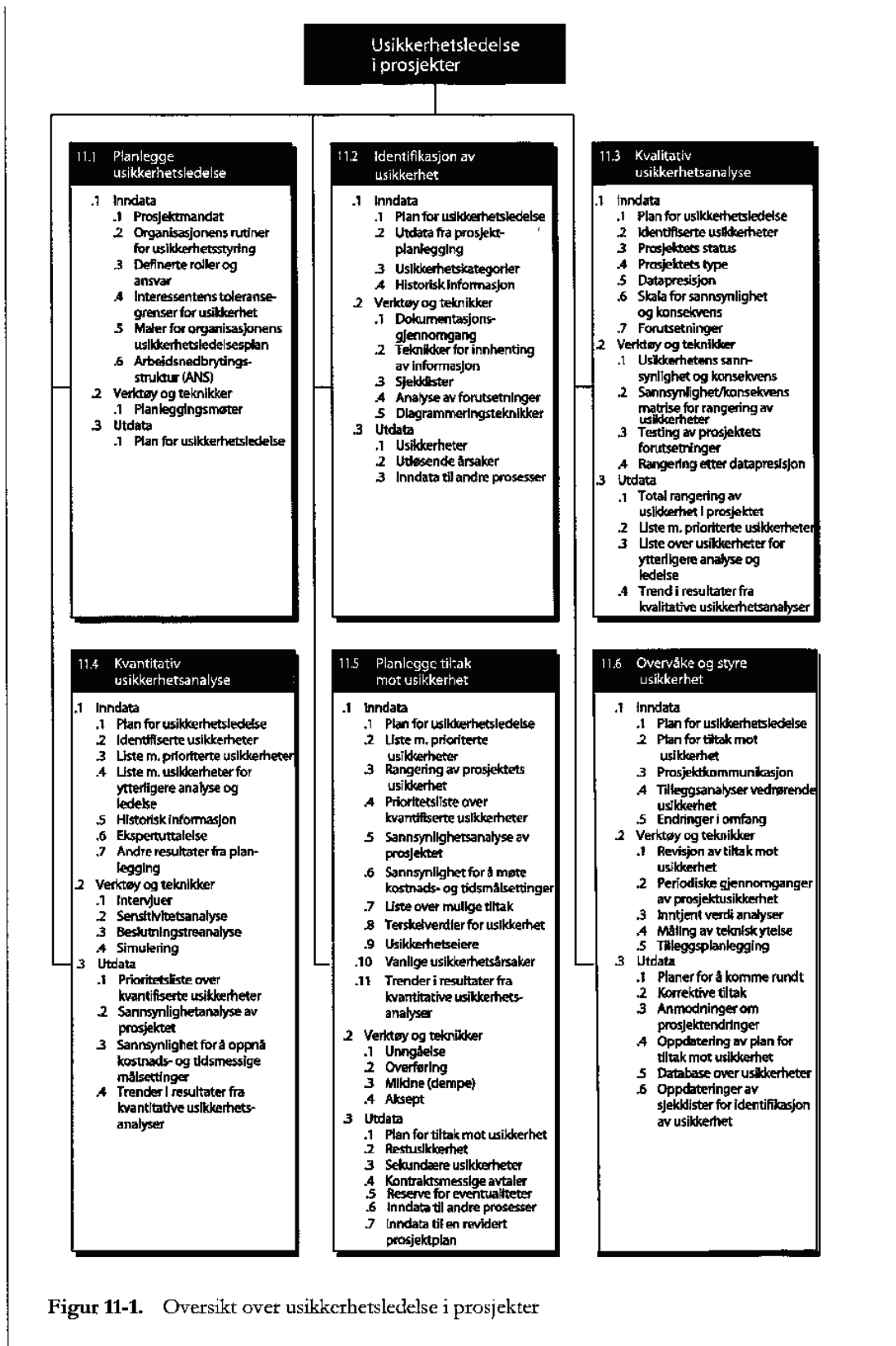
**11.5 Planlegge tiltak mot usikkerhet** – utvikle prosedyrer og teknikker for å øke mulighetene og redusere truslene mot prosjektets målsettinger.

**11.6 Overvåking og styring av usikkerhet** – overvåke gjenværende usikkerhet, identifisere nye usikkerheter, gjennomføre planer for reduksjon av usikkerhet, og evaluering av hvor effektive de er gjennom hele prosjektet.

Disse prosessene innvirker på hverandre og på andre prosesser i andre kunnskapsområder. Hver prosess opptrer vanligvis minst en gang i ethvert prosjekt. Selv om prosessene her er vist som atskilte deler med klart definerte grensesnitt, kan de overlappe i praksis og påvirke hverandre på måter som ikke er beskrevet i detalj her. Hvordan prosesser påvirker hverandre er diskutert i detalj i Kapittel 3.

Prosjektusikkerhet er en usikker hendelse eller tilstand som, dersom den oppstår, har en positiv eller negativ effekt på en projektmålsetting. En usikkerhet har en årsak og, hvis den oppstår, en konsekvens. For eksempel, en årsak kan være et behov for en tillatelse eller å ha begrenset med kvalifisert personell tildelt prosjektet. Usikkerhetshendelsen kan være at tillatelsen kan ta lengre å få enn planlagt, eller at personellet ikke har de nødvendige kvalifikasjoner for arbeidet. Dersom en av disse usikre hendelsene inntreffer, vil det ha innvirkning på prosjektet. Betingelser i omgivelsene som kan bidra med usikkerhet i prosjektet er slikt som utøvelse av dårlig prosjektledelse, eller avhengighet av eksterne deltakere som ikke kan styres.

Prosjektusikkerhet inkluderer både trusler mot prosjektets målsettinger og muligheter for å forbedre målsettingene. Dette har sin årsak i usikkerhetene som er tilstede i alle prosjekter. Kjente usikkerheter er de som er blitt identifiserte og analyserte og



Figur 11-1. Oversikt over usikkerhetsledelse i prosjekter

som det kan være mulig å planlegge på hvilken måte en vil møte de. Ukjente usikkerheter kan ikke styres selv om prosjektledere kan adressere de ved å være generelt forberedt på eventualiteter basert på erfaring fra tilsvarende prosjekter.

Organisasjoner håndterer usikkerheter etter hvordan de utgjør trusler mot prosjektets suksess. Usikkerhet som er en trussel mot prosjektet kan aksepteres om den er i balanse med det som kan vinnes ved å ta risikoen. For eksempel, ved å benytte en kort gjennomføringstid som kan overskrides, økes usikkerheten bevisst for å oppnå en tidligere sluttdato. Usikkerheter som er muligheter kan utnyttes for bedre prosjektets målsettinger.

For at en skal lykkes må organisasjonen være innstilt på å adressere usikkerhetsstyring gjennom hele prosjektet. Et mål på om organisasjonen er innstilt på dette er dens evne og vilje til å samle inn data av høy kvalitet om prosjektets usikkerheter og karakteren av disse.

## 11.1 PLANLEGGE USIKKERHETSLEDELSE

Planlegging av usikkerhetsledelse er prosessen med å bestemme hvordan en tilnærmer seg og planlegger slike aktiviteter i prosjektet. Det er viktig å planlegge for de usikkerhetsledelsesprosesser som følger for å sikre at nivå, type og synliggjøring av usikkerhetsstyringen står i et rimelig forhold til både usikkerhetene og hvor viktig prosjektet er for organisasjonen.



### 11.1.1 Inndata til å planlegge usikkerhetsledelse

- .1 *Prosjektmandat*. Prosjektmandatet er diskutert i Seksjon 5.1.3.1.
- .2 *Organisasjonens rutiner for usikkerhetsstyring*. Noen organisasjoner har forhåndsdefinerte rutiner for hvordan en analyserer usikkerheter og utformer tiltak som må tilpasses det enkelte prosjekt.
- .3 *Definerede roller og ansvar*. Forhåndsdefinerte roller, ansvar og myndighetsnivåer for beslutninger vil innvirke på planleggingen.
- .4 *Interessentenes toleransegrenser for usikkerhet*. Ulike organisasjoner og ulike personer har ulike toleranser for usikkerhet. Disse kan uttrykkes i skriftlige regler eller gjøres kjent gjennom handlinger.
- .5 *Maler for organisasjonens usikkerhetsledelsesplan*. Noen organisasjoner har utviklet maler (eller en proforma standard) for prosjektteamets bruk. Organisasjonen vil forbedre malene kontinuerlig basert på hvordan de er anvendt og hvor nyttige de har vist seg å være i prosjektet.
- .6 *Arbeidsnedbrytingsstruktur (ANS)*. ANS er beskrevet i Seksjon 5.3.3.1.



### 11.1.2 Verktøy og teknikker for å planlegge usikkerhetsledelse

1. *Planleggingsmøter.* Prosjektteamet avholder planleggingsmøter for å utvikle plan for usikkerhetsledelse. Deltakere inkluderer prosjektlederen, teamledere i prosjektet, enhver i prosjektet som har ansvar for å lede usikkerhetsplanleggings- og –styringsaktiviteter, nøkkelinteressenter og andre etter behov. De benytter maler for usikkerhetsledelsesplaner og andre inndata etter behov.

### 11.1.3 Utdata fra å planlegge usikkerhetsledelse

1. *Plan for usikkerhetsledelse.* Plan for usikkerhetsledelse beskriver hvordan identifikasjon, kvalitativ og kvantitativ analyse, tiltaksplanlegging, overvåking og styring vil bli strukturert og utført gjennom prosjektets livssyklus. Plan for usikkerhetsledelse adresserer ikke tiltak for enkeltusikkerheter – dette utføres i tiltaksplan for håndtering av usikkerheter, som er diskutert i Seksjon 11.5.3.1. Plan for usikkerhetsledelse kan inneholde følgende:
  - **Metodikk.** Beskriver tilnæringsmåte, verktøy og datakilder som kan benyttes for å utføre usikkerhetsledelse på dette prosjektet. Ulike typer vurderinger kan være formålstjenlige, avhengig av prosjektets utviklingstrinn, hvor mye informasjon som er tilgjengelig og fleksibiliteten som er igjen til usikkerhetsledelse.
  - **Roller og ansvar.** Definerer for hver aksjonstype i plan for usikkerhetsledelse hvem som leder, hvem som støtter og hvem som deltar. Usikkerhetsledelsesteam uten organisatorisk tilknytning til prosjektkontoret kan være i stand til å utføre en mer uavhengig og upartisk usikkerhetsanalyse av prosjektet enn de fra prosjektets eget team.
  - **Budsjettering.** Etablerer et kostnadsbudsjett for usikkerhetsledelse i prosjektet.
  - **Tidsplanlegging.** Bestemmer hvor ofte usikkerhetsledelsesprosessen skal utføres i løpet av prosjektets livssyklus. Resultater bør utvikles så tidlig at de kan påvirke beslutningene. Beslutningene bør gjennomgås periodisk under prosjektgjennomføringen.
  - **Poenggivning og tolkning.** Poenggivning og tolkningsmetoder som er egnet for type og tidspunkt av den kvalitative og kvantitative usikkerhetsanalysen som utføres. Metoder og poenggivning må bestemmes på forhånd for å sikre konsistens.
  - **Terskelverdier.** Kriterier for terskelverdier som vil bli gjenstand for tiltak, av hvem og hvordan. Prosjekteier, kunden eller sponsoren kan ha ulike terskelverdier for usikkerhet. De aksepterte terskelverdier utgjør målsettingen som prosjektteamet vil måle mot hvor effektivt en har gjennomført plan for usikkerhetsledelse.
  - **Rapportformater.** Beskriver innhold og format på plan for tiltak mot usikkerhet beskrevet i Seksjon 11.5.3.1. Definerer hvordan resultatene fra usikkerhetsledelsesprosessene vil bli dokumentert, analysert og kommunisert til prosjektteamet, interne og eksterne interessenter, sponsorer og andre.
  - **Oppfølging.** Beskriver hvordan alle fasetter av usikkerhetsledelsesaktivitetene vil bli dokumentert til fordel for det pågående prosjekt, fremtidige behov og erfaringer. Beskriver om og hvordan en vil revidere usikkerhetsledelsesprosessene.

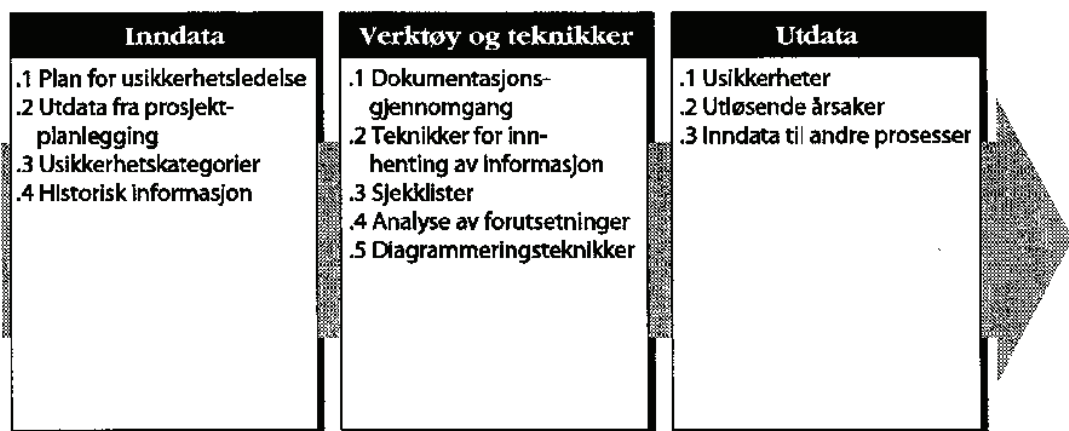
## 11.2 IDENTIFIKASJON AV USIKKERHET

Usikkerhetsidentifikasjon innebærer å fastslå hvilke usikkerheter som kan påvirke prosjektet og dokumentere egenskapen til hver av de.

Deltakere i usikkerhetsidentifisering inkluderer vanligvis de følgende om mulig: Prosjektteamet, usikkerhetsstyringsteamet, spesialister på saksområdet fra andre deler av selskapet, kunder og sluttbrukere, andre prosjektledere, interessenter og eksterne eksperter.

Usikkerhetsidentifikasjon er en iterativ prosess. Den første iterasjonen kan gjennomføres av en del av prosjektteamet, eller av usikkerhetsledelsesteamet. Hele prosjektteamet og de viktigste interessentene kan delta i den andre iterasjonen. For å oppnå en upartisk analyse kan personer som ikke er involvert i prosjektet utføre den endelige iterasjonen.

Ofte kan enkle og effektive tiltak mot usikkerhet utarbeides og endatil iverksettes så snart som usikkerheten er identifisert.



### 11.2.1 Inndata til identifikasjon av usikkerhet

- .1 *Plan for usikkerhetsledelse.* Denne planen er beskrevet i Seksjon 11.1.3.
- .2 *Utdata fra prosjektplanlegging.* Identifikasjon av usikkerheter krever en forståelse av prosjektets formål, omfang og de målsettinger som eier, sponsor eller interessentene har. Utdata fra andre prosesser bør gjennomgås for å identifisere mulige usikkerheter som kan påvirke hele prosjektet. Disse kan inkludere, men er ikke begrenset til:
  - Prosjektmandatet.
  - ANS.
  - Produktbeskrivelsen.
  - Tidsplan og kostnadsestimater.
  - Ressursplanen.
  - Innkjøpsplanen.
  - Liste over forutsetninger og begrensninger.
- .3 *Usikkerhetskategorier.* Usikkerheter som kan påvirke prosjektet på en ufordelaktig eller fordelaktig måte kan identifiseres i usikkerhetskategorier. Disse bør være godt definerte og bør gjenspeile vanlige kilder til usikkerhet for den aktuelle industri eller anvendelsesområde. Kategoriene inkluderer de følgende:
  - Tekniske, kvalitetsmessige eller ytelsesmessige usikkerheter – slik som avhengighet av uprøvd eller kompleks teknologi, urealistiske ytelsesmålsettinger, endringer i benyttet teknologi eller i industristandarder under prosjektets gang.

- Usikkerhet i relasjon til prosjektledelse – slik som dårlig samsvar mellom tildeling av tid og ressurser, ikke adekvat kvalitet på prosjektplanen, dårlig anvendelse av prosjektledelse.
  - Organisasjonsmessige usikkerheter – slik som kostnader, tid og omfangsmålinger som ikke er konsistente seg i mellom, manglende prioritering mellom prosjekter, ikke tilstrekkelig eller avbrutt finansiering, og ressurskonflikter med andre prosjekter i organisasjonen.
  - Eksterne usikkerheter – slik som endringer i lovverk og forskrifter, områder relatert til arbeidskraften, endringer i eierens prioriteringer, usikkerhet i landet generelt og vær. Force majeure usikkerheter slik som jordskjelv, flom, og sivil oppstand krever vanligvis krisehåndtering mer enn usikkerhetsledelse.
- .4 *Historisk informasjon.* Informasjon fra tidligere prosjekter kan være tilgjengelige fra følgende kilder:
- Prosjektarkiver – en eller flere av de organisasjoner som er involvert i prosjektet kan ha arkiver fra tidligere prosjektresultater som kan benyttes for å identifisere usikkerheter. Disse kan være slutt-rapporter eller planer for tiltak mot usikkerheter. De kan inneholde organiserte erfaringer som beskriver problemer og hvordan de er løst, eller være tilgjengelige gjennom erfaringen til prosjektets interessenter eller andre i organisasjonen.
  - Publisert informasjon – kommersielle databaser, akademiske studier, sammenligninger og andre publiserte studier kan være tilgjengelige innen mange anvendelsesområder.

### 11.2.2 Verktøy og teknikker for identifikasjon av usikkerhet

- .1 *Dokumentasjonsgjennomgang.* En strukturert gjennomgang av prosjektplaner og antakelser fra tidligere prosjektarkiv og annen informasjon, både på et overordnet nivå for prosjektet og detaljert for prosjektomfanget, er vanligvis det første steg som tas av prosjektteamene.
- .2 *Teknikker for innhenting av informasjon.* Eksempler på teknikker for innhenting av informasjon for benyttelse i identifikasjon av usikkerheter kan inkludere idédugnad; Delfi; intervju; samt analyse av styrker, svakheter, muligheter og trusler (Strength, weakness, opportunity, threat (SWOT-analyse)).
  - Idédugnad. Idédugnad er trolig den mest hyppig anvendte teknikken i forbindelse med usikkerhetsidentifikasjon. Formålet er å få frem en omfattende liste med usikkerheter som kan adresseres senere i den kvalitative og kvantitative delen av usikkerhetsanalyseprosessen. Prosjektteamet utfører vanligvis idédugnaden, selv om et tverrfaglig team med eksperter kan også utføre denne teknikken. Under ledelse av en fasilitator kan disse personene generere ideer om usikkerheter i prosjektet. Årsaker til usikkerheter i grove trekk gis til alle for gjennomgang i neste møte. Usikkerheter blir deretter kategorisert i type usikkerhet og definisjonene blir mer presise.
  - Delfiteknikk. Delfiteknikken er en metode for å oppnå konsensus mellom eksperter vedrørende et emne slik som prosjektusikkerhet. eksperter på prosjektusikkerhet er identifiserte, men deltar anonymt. En fasilitator benytter et spørreskjema for å anmode om ideer om viktige prosjektusikkerheter. Svarene innhentes så og sirkuleres deretter til ekspertene for ytterligere kommentar. En kan oppnå konsensus på de viktigste usikkerhetene i løpet av noen få runder med en slik prosess. Delfiteknikken hjelper til med å redusere skjevhet i data og forhindrer at en bestemt person kan få utilbørlig mye innvirkning på resultatet.
  - Intervjuer. Usikkerheter kan identifiseres ved hjelp av intervjuer utført av erfare prosjektledere eller eksperter på angjeldende tema. Personen som er ansvarlig for identifikasjonen av usikkerhetene identifiserer de angjeldende personer, orienterer dem om prosjektet, og besørger

informasjon slik som ANS og listen med forutsetninger. De som blir intervjuet identifiserer usikkerheter basert på sin erfaring, prosjektinformasjon og andre kilder som de finner nyttige.

- Styrke, svakhet, mulighet og trussel analyse (SWOT). Sørger for at prosjektet blir undersøkt fra hver og en av SWOT perspektivene for å øke bredden av de usikkerhetene som blir lagt til grunn.
- .3 *Sjekkklister*. Sjekkklister for identifikasjon av usikkerhet kan utvikles på basis av historisk informasjon og kunnskap som har blitt samlet fra tidligere lignende prosjekter og fra andre informasjonskilder. En fordel med å benytte sjekkklister er at identifikasjon av usikkerheter blir rask og enkel. En ulempe er at det er umulig å lage en fullstendig sjekklister for alle typer usikkerheter, og brukeren kan bli begrenset til kategoriene på listen. En må sørge for å utvide med temaer som ikke står på en standard sjekklister dersom dette synes relevant for et visst prosjekt. Sjekklisten bør liste opp alle typer usikkerhet i relasjon til prosjektet. Gjennomgang av sjekklisten bør være et formelt trinn i enhver prosjektavslutningsprosedyre for å forbedre listen med hensyn til potensielle usikkerheter og for å forbedre beskrivelsen av usikkerhetene.
- .4 *Analyse av forutsetninger*. Ethvert prosjekt er klekket ut og utviklet basert på et sett med hypoteser, scenarier eller forutsetninger. Analyse av forutsetninger er en teknikk som utforsker gyldigheten av forutsetningene. Den identifiserer usikkerheter i prosjektets forutsetninger med hensyn til unøyaktighet, inkonsistens eller mangler.
- .5 *Diagrammeringsteknikker*. Diagrammeringsteknikker kan være:
- Årsak – virkning diagrammer (også kjent som Ishikawa- eller fiskebeinsdiagram) – egnet for å identifisere årsaker til usikkerhet (beskrevet i Seksjon 8.1.2.3).
  - System- eller prosessflytskjema – viser hvordan ulike elementer av et system samvirker samt mekanismen i årsaksammenhengen (beskrevet i Seksjon 8.1.2.3).
  - Influensadiagrammer – en grafisk fremstilling av et problem som viser årsaksammenhengen, rekkefølgen av hendelser og andre sammenhenger mellom variabler og resultater.

### 11.2.3 Utdata fra identifikasjon av usikkerhet

- 1 *Usikkerheter*. En usikkerhet er en usikker hendelse eller tilstand som, dersom den inntreffer, har en positiv eller negativ innvirkning på et av prosjektets målsettinger.
- 2 *Utløsende årsak*. Utløsende årsak, noen ganger kalt usikkerhetssymptomer eller varseltegn, er indikasjon på at en økt usikkerhet er i ferd med å oppstå eller er oppstått. For eksempel, at en mislykkes i å oppnå delmålpaaler kan være et tidlig varsel på en forsinket fremdrift.
- 3 *Inndata til andre prosesser*. Identifikasjon av usikkerhet kan identifisere et behov for ytterligere tiltak på et annet område. For eksempel, ANS kan vise seg å mangle tilstrekkelig detaljnivå for å sørge for adekvat identifikasjon av usikkerheter, eller at tidsplanen ikke er komplett eller helt logisk.

## 11.3 KVALITATIV USIKKERHETSANALYSE

Kvalitativ usikkerhetsanalyse er prosessen med å adressere virkningen og sannsynligheten av identifiserte usikkerheter. Denne prosessen prioriterer usikkerheter i henhold til deres mulige innvirkning på prosjektets målsettinger. Kvalitativ usikkerhetsanalyse er en fremgangsmåte for å bestemme hvor viktig det er å adressere spesifikke usikkerheter og samt å styre håndteringen av tiltakene. Hvor tidskritisk et usikkerhetsrelatert tiltak er, kan mangedoble viktigheten av en usikkerhet. En evaluering av kvaliteten på den tilgjengelige informasjonen hjelper også med å presisere vurderingen av usikkerheten. Kvantitativ usikkerhetsanalyse krever at sannsynligheten og konsekvensen av de ulike usikkerheter blir evaluert ved å benytte etablerte kvalitative analysemetoder og verktøy.

Trender i resultatene når kvalitative usikkerhetsanalyser blir gjentatt kan indikere behov for mer eller mindre tiltak for usikkerhetsledelse. Bruken av disse verktøy kan hjelpe til med å korrigere skjevheter som ofte er tilstede i prosjektplaner. Kvantitative usikkerhetsanalyser bør gjentas gjennom hele prosjektets livssyklus for å holde seg oppdatert med endringer i prosjektets usikkerhetsbilde. Denne prosessen kan lede til ytterligere analyser i den kvantitative usikkerhetsanalysen (11.4) eller direkte til planlegging av tiltak mot usikkerhet (11.5).



### 11.3.1 Inndata til kvalitativ usikkerhetsanalyse

1. *Plan for usikkerhetsledelse.* Denne planen er beskrevet i 11.1.3.
2. *Identifiserte usikkerheter.* Usikkerheter som er oppdaget gjennom usikkerhetsidentifikasjonsprosessen er evaluert sammen med deres mulige innvirkning på prosjektet.
3. *Prosjektets status.* Usikkerheten er ofte avhengig av prosjektets fremdrift gjennom dets livssyklus. Tidlig i prosjektet har mange usikkerheter ennå ikke vist seg, utformingen av prosjektet er ennå umoden og endringer kan oppstå, hvilket gjør det mer sannsynlig at flere usikkerheter vil oppdages.
4. *Prosjektets type.* Ved prosjekter som er av en type som er vanlige eller som gjentas, har en vanligvis bedre forståelse med hensyn til hvor sannsynlig en usikkerhet oppstår og hvilken konsekvens den vil ha. Prosjekter som benytter den nyeste tilgjengelige teknologi eller er det første i sitt slag – eller er svært komplekse prosjekter – har vanligvis mer usikkerhet.
5. *Datapresisjon.* Presisjon beskriver i hvilken grad en usikkerhet er kjent og forstått. Den måler graden av de tilgjengelige data så vel som påliteligheten i data. Datakildene som ble benyttet for å identifisere usikkerhetene må evalueres.
6. *Skala for sannsynlighet og konsekvens.* Disse skalaene, som beskrevet i Seksjon 11.3.2.2, må benyttes for å fastslå de to nøkkeldimensjoner i usikkerhet, beskrevet i Seksjon 11.3.2.1.
7. *Forutsetninger.* Forutsetninger identifisert under prosessen med å identifisere usikkerheter er evaluert som mulige usikkerheter (se Seksjon 4.1.1.5 og 11.2.2.4).

### 11.3.2 Verktøy og teknikker for kvalitativ usikkerhetsanalyse

1. *Usikkerhetens sannsynlighet og konsekvens.* Usikkerhetens sannsynlighet og konsekvens kan beskrives i kvalitative uttrykk som svært høy, høy, moderat, lav og svært lav.

*Usikkerhetens sannsynlighet* er sannsynligheten for at en bestemt usikkerhet vil oppstå.

*Usikkerhetens konsekvens* er virkningen på prosjektets målsettinger om en bestemt usikkerhet oppstår.

Disse to usikkerhetsdimensjoner benyttes mot spesifikke usikkerheter, ikke på hele prosjektet. Usikkerhetsanalyse ved bruk av sannsynlighet og konsekvens hjelper til med å identifisere de usikkerheter som bør styres med stor innsats.



2. *Sannsynlighet/konsekvens, matrise for rangering av usikkerheter.* En matrise kan lages for å tilordne valideringer (svært lav, lav, moderat, høy og svært høy) til usikkerheter eller tilstander basert på en kombinasjon av skalaene for sannsynlighet og konsekvens. Usikkerheter med høy sannsynlighet og stor konsekvens vil sannsynligvis kreve ytterligere analyse, inkludert kvantifisering og styring av disse usikkerhetene med stor innsats. Validering av usikkerhet gjennomføres ved hjelp av en matrise og en skala-verdi for usikkerhet for hver enkelt usikkerhet.

En *usikkerhets sannsynlighets skala* faller naturlig mellom 0,0 (ingen sannsynlighet) og 1,0 (sikkert). Å anslå sannsynligheten for en usikkerhet kan være vanskelig fordi ekspertuttalelse benyttes, ofte uten fordelene av tilgang til historiske data. En ordenstallskala, som representerer relative sannsynlighetsverdier fra svært usannsynlig til nesten sikkert, kan benyttes. Alternativt, spesifikke sannsynligheter kan tildeles ved å benytte en generell skala (f.eks. 0,1/ 0,3/ 0,5/ 0,7/0,9).

Usikkerhetens *konsekvensskala* reflekter hvor sterkt den påvirker prosjektets målsettinger. Konsekvens kan være ordenstall eller grunntall, beroende på kulturen i den organisasjonen som utfører analysen. Ordenstall er ganske enkelt verdier i en rangordning, slik som svært lav, lav, moderat, høy, svært høy. Grunntallskalaer tilordner tallverdier til disse konsekvensene. Disse tallverdiene er vanligvis lineære (f.eks. 0,1/0,3/0,5/0,7/0,9), men er ofte ikke lineære (f.eks. 0,05/0,1/0,2/0,4/0,8), noe som gjenspeiler organisasjonens ønske om å unngå usikkerheter med stor konsekvens. Intensjonen med begge tilnæringer er å tildele relative verdier for konsekvensen av usikkerhetene i forhold til prosjektets målsettinger dersom den omhandlede usikkerhetshendelsen oppstår. Godt definerte skalacer, enten de er ordenstall eller grunntall, kan utvikles ved å benytte definisjoner som er godkjent i organisasjonen. Disse definisjonene øker kvaliteten på dataene og gjør prosessen lettere å gjenta.

**Figur 11-2** er et eksempel på evaluering av konsekvens i forhold til prosjektets målsettinger. Den illustrerer både bruk av ordenstall og grunntall. Disse skalerte beskrivelsene av relativ konsekvens bør utføres av organisasjonen før prosjektet påbegynnes.

**Figur 11-3** er en sannsynlighet – konsekvens (SK) matrise. Den illustrerer den enkle multiplikasjonen mellom skalaverdiene i et estimat tilordnet verdier for usikkerhet og konsekvens, en vanlig måte å kombinere disse dimensjoner på for å bestemme om en usikkerhet er betegnet lav, moderat eller høy. Denne figuren viser en ikke lineær skala som et eksempel på aversjon mot usikkerheter med stor konsekvens, men lineære skalaer er også ofte benyttet. Alternativt, SK matrisen kan lages ved bruk av ordenstallskala. Organisasjonen må bestemme hvilke kombinasjoner av sannsynlighet og konsekvens som vil føre til en usikkerhet som klassifiseres som høy usikkerhet (rød tilstand), moderat tilstand (gul tilstand) og lav usikkerhet (grønn tilstand) for hver tilnærming. Rangeringen av usikkerhetene hjelper til med å plassere usikkerheten inn i en kategorisering som vil være veiledende for tiltak for usikkerhetsstyring.

3. *Testing av prosjektets forutsetninger.* Identifiserte forutsetninger må testes mot to kriterier: Forutsetningens stabilitet og konsekvensene for prosjektet dersom forutsetningen er feil. Alternative forutsetninger som kan være sanne bør identifiseres og konsekvensene av disse på prosjektets målsettinger bør testes i den kvalitative usikkerhetsanalyseprosessen.
4. *Rangering etter datapresisjon.* Kvalitativ usikkerhetsanalyse krever nøyaktige og balanserte data dersom de skal være til nytte for prosjektets ledelse. Rangering etter datapresisjon er en teknikk som evaluerer hvorvidt data om usikkerhet er nyttige til bruk i usikkerhetsstyring. Det innebærer å undersøke:
- Hvor godt usikkerheten er forstått.
  - Tilgjengelige data om usikkerheten.
  - Kvaliteten av data.
  - Påliteligheten og integriteten av data.

Evaluere innvirkning fra en usikkerhet på prosjektes hovedmålsettinger (ordenstallskala eller grunntall, ikkelineær skala)					
Prosjekt- målsetting	Svært lav .05	Lav .1	Moderat .2	Høy .4	Svært høy .8
Kostnad	Ubetydelig kostnadsøkning	<5% kostnadsøkning	5-10% kostnadsøkning	10-20% kostnadsøkning	>20% kostnadsøkning
Tid	Ubetydelig tidsforsinkelse	Tidsforsinkelse <5%	Hele prosjektet tidsforsinket 5-10%	Hele prosjektet tidsforsinket 10-20%	Hele prosjektet tidsforsinket >20%
Omfang	Omfangsreduksjon knapt merkbart	Mindre områder av omfanget er berørt	Betydelige områder av omfanget er berørt	Omfangsreduksjonen er uakseptabel for kunden	Prosjektets sluttleveranse i praksis ubrukbar
Kvalitet	Kvalitetsreduksjonen knapt merkbar	Bare svært krevende applikasjoner er berørt	Kvalitetsreduksjonen krever kundens godkjenning	Kvalitetsreduksjonen uakseptabel for kunden	Prosjektets sluttleveranse i praksis ubrukbar

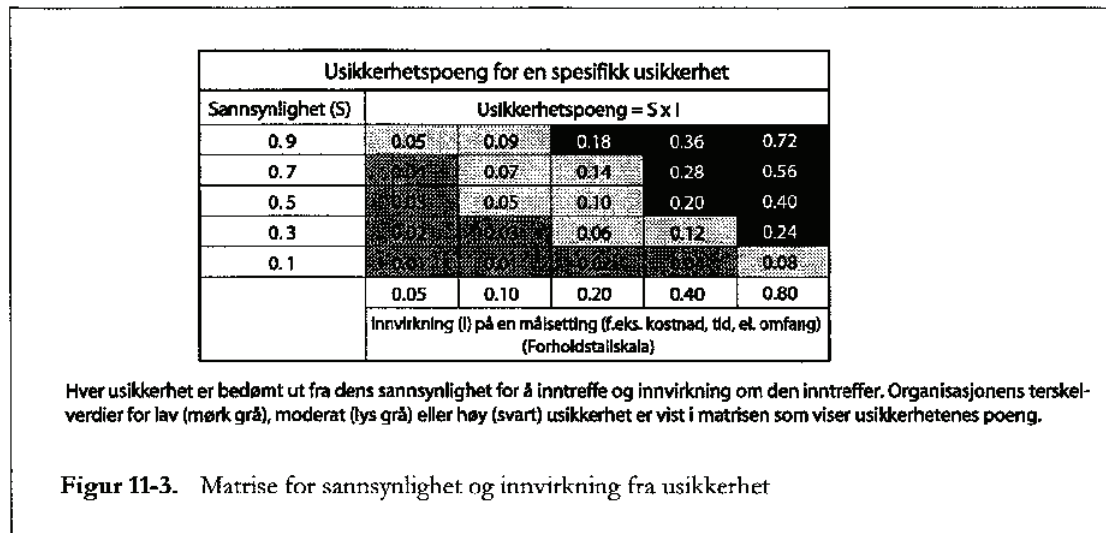
Innvirkningen på prosjektets målsettinger kan vurderes på en skala fra svært lav til svært høy eller på en numerisk skala. Den numeriske (grunntall) skalaen her er ikkelineær, for å indikere at organisasjonen spesielt ønsker å unngå usikkerheter med høy og svært høy innvirkning.

**Figur 11-2.** Gradering av innvirkning fra usikkerhet

Bruk av data med lav presisjon – for eksempel, dersom en usikkerhet ikke er godt forstått – kan føre til en kvalitativ usikkerhetsanalyse som ikke er til særlig nytte for prosjektlederen. Dersom en rangering av datanøyaktighet er umulig, kan det være mulig å samle inn bedre data.

### 11.3.3 Utdata fra kvalitativ usikkerhetsanalyse

1. *Total rangering av usikkerheter i prosjektet.* Rangering av usikkerhet kan indikere den totale usikkerheten i et prosjekt relativt til tilsvarende i andre prosjekter ved å sammenligne verdiene for usikkerhet. Rangeringen kan benyttes for å tildele personell eller andre ressurser til prosjekter med ulike verdier for usikkerhet, å gjøre en nytte-/kostnadsanalyse for beslutning om prosjektet, eller for å underbygge en anbefaling om prosjektets iverksettelse, fortsettelse eller kansellering.
2. *Liste med prioriterte usikkerheter.* Usikkerheter og tilstander kan prioriteres ved hjelp av mange kriterier. Disse inkluderer rangering (høy, moderat og lav) eller nivået i ANS. Usikkerheter kan også grupperes etter om de krever umiddelbar aksjon eller om de kan håndteres senere. Usikkerheter som angår kostnader, tidsplan, funksjonalitet og kvalitet kan adresseres separat med ulike skalaer. Signifikante usikkerheter bør ha en beskrivelse av basisen for den antatte sannsynlighet og konsekvens.
3. *Liste av usikkerheter for ytterligere analyse og ledelse.* Usikkerheter klassifisert som høy eller moderat vil være de fremste kandidater for ytterligere analyse, inkludert kvantitativ usikkerhetsanalyse og gjenstand for tiltak for usikkerhetsledelse.



- 4 *Trend i resultater fra kvalitative usikkerhetsanalyser.* Etter hvert som analysene gjentas, kan resultatene synliggjøre en trend, og gjøre tiltak eller ytterligere analyse mer eller mindre presserende og viktig.

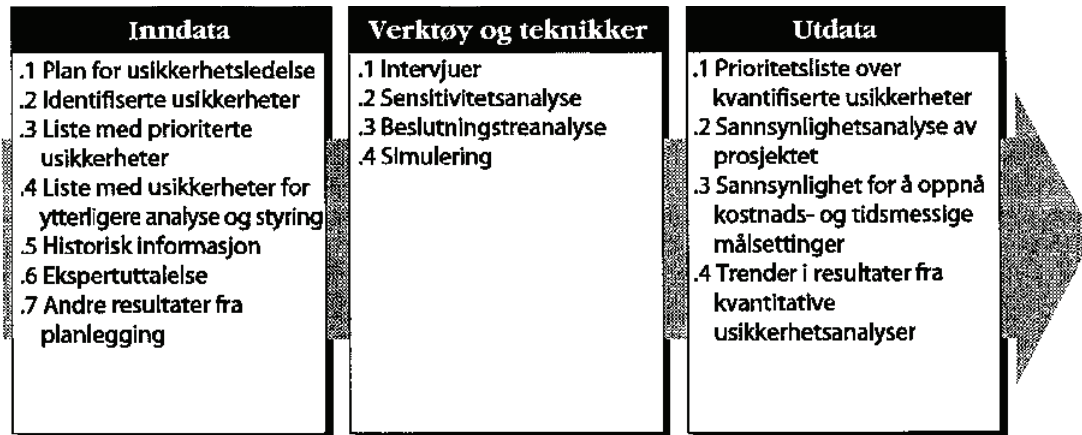
## 11.4 KVANTITATIV USIKKERHETSANALYSE

Den kvantitative usikkerhetsanalyseprosessen sikter til en numerisk analyse av sannsynligheten for hver enkelt usikkerhet og dens konsekvens for prosjektets målsettinger, så vel som omfanget av den totale usikkerhet i prosjektet. Denne prosessen benytter teknikker som Monte Carlo simulering og beslutningsanalyse for å:

- Bestemme sannsynligheten for å nå en bestemt prosjektmålsetting.
- Kvantifisere hvor utsatt prosjektet er for usikkerhet, og bestemme størrelsen av kostnads- og tidsreserver som kan behøves for å dekke eventualiteter.
- Identifisere usikkerheter som krever størst oppmerksomhet ved å kvantifisere deres relative betydning for prosjektets usikkerhet.
- Identifisere realistiske og oppnåelige målsettinger for kostnader, tidsplaner eller omfang.

Kvantitativ usikkerhetsanalyse påfølger vanligvis den kvalitative usikkerhetsanalysen. Den krever at identifikasjon av usikkerheter er utført. De kvantitative og kvalitative prosesser for analyse av usikkerhet kan benyttes hver for seg eller sammen. Vurderinger med hensyn til tid og tilgang på budsjettmidler og nødvendigheten av kvalitative og kvantitative beskrivelser vedrørende usikkerhet og konsekvens vil bestemme hvilke metoder en vil benytte. Trenden i resultatene når kvantitative analyser gjentas kan indikere behov for mer eller mindre oppmerksomhet fra ledelsen.





#### 11.4.1 Inndata til kvantitativ usikkerhetsanalyse

- .1 *Plan for usikkerhetsledelse.* Denne planen er beskrevet i Seksjon 11.1.3.
- .2 *Identifiserte usikkerheter.* Disse er beskrevet i Seksjon 11.2.3.1.
- .3 *Liste med prioriterte usikkerheter.* Dette er beskrevet i Seksjon 11.3.3.2.
- .4 *Liste med usikkerheter for ytterligere analyse og ledelse.* Dette er beskrevet i Seksjon 11.3.3.3.
- .5 *Historisk informasjon.* Informasjon fra tidligere, lignende ferdigstilte prosjekter, studier av lignende prosjekter gjennomførte av spesialister på usikkerhetsledelse, og databaser om usikkerhet som kan være tilgjengelige fra industrien eller kommersielle kilder (se Seksjon 11.2.1.4).
- .6 *Ekspertuttalelse.* Inndata kan komme fra prosjektteamet, andre som er spesialister på saksområdet i organisasjonen og fra andre utenfor organisasjonen. Andre informasjonskilder inkluderer eksperter innen engineering og statistikk (se Seksjon 5.1.2.2).
- .7 *Andre resultater fra planlegging.* Mest nytting er resultater fra prosjektlogikken og estimater om varigheter som er benyttet under utarbeidelsen av prosjektets tidsplan, ANS som lister opp alle kostnadselementene med kostnadsestimater samt modeller av prosjektets tekniske målsettinger.

#### 11.4.2 Verktøy og teknikker for kvantitativ usikkerhetsanalyse

- .1 *Intervjuer.* Intervjuteknikker benyttes for å kvantifisere sannsynligheten og konsekvensen av usikkerheter i forhold til prosjektets målsettinger. Et intervju med prosjektets interessenter og spesialister på relaterte problemstillinger om usikkerhet kan være første skritt mot å kvantifisere usikkerheten. Den informasjon som behøves avhenger av type sannsynlighetsfordelinger som vil bli benyttet. For eksempel, en vil samle inn informasjon om den optimistiske (lav), den pessimistiske (høy) og det mest sannsynlige scenario dersom man benytter trekantfordelinger, eller om gjennomsnitt og standardavvik dersom normale og lognormale fordelinger benyttes. Eksempler på trepunktsestimater for et kostnadsestimat er vist i **Figur 11-4**.

Kontinuerlige sannsynlighetsfordelinger benyttes vanligvis i kvantitative usikkerhetsanalyser. Fordelingen representerer både sannsynligheter og konsekvenser for angjeldende deler av prosjektet. Uniform, normal, triangulær, beta og lognormal er de fordelinger som vanligvis benyttes. To eksempler på disse fordelingene er vist i **Figur 11-5** (hvor den vertikale akse viser sannsynligheten og den horisontale akse viser konsekvensen).

Dokumentasjon av begrunnelsen for størrelsen av usikkerheten er en viktig del av intervjuteknikken angående usikkerheter, da det kan lede til effektive strategier i planleggingen av tiltak mot usikkerhet, beskrevet i Seksjon 11.5.

Prosjektkostnadsestimater og variasjonsbredde			
ANS element	Lav	Mest sannsynlig	Høy
Design	4	6	10
Bygge	16	20	35
Test	11	15	23
Totalt prosjekt		41	

Intervjuer om usikkerhet bestemmer trepunktsestimatene for hvert ANS element. Det tradisjonelle estimat på \$ 41, som en finner ved å summere de mest sannsynlige kostnadene, er relativt usannsynlig, som vist i Figur 11-7.

**Figur 11-4.** Kostnadsestimater og variasjonsbredde fra intervjuer om usikkerhet

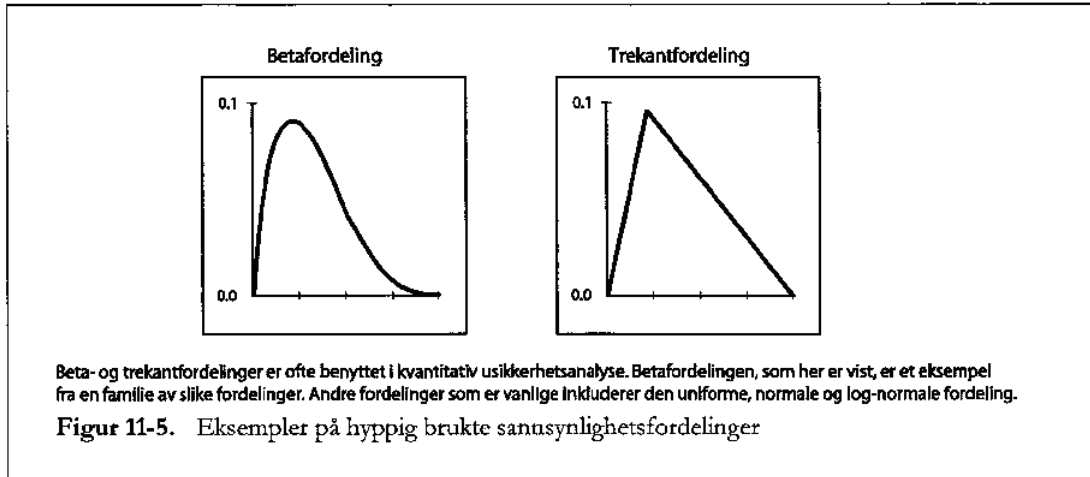
2. *Sensitivitetsanalyse.* Sensitivitetsanalyse hjelper til med å bestemme hvilke usikkerheter som har størst potensial til å påvirke prosjektet. Den undersøker i hvilken grad usikkerheten angående en viss del av prosjektet påvirker den målsetting som en undersøker når alle andre usikkerhets-elementer holdes konstante og som forutsatt.
3. *Beslutningstreanalyse.* En beslutningsanalyse er vanligvis strukturert som et beslutningstre. Beslutningstreet er et diagram som beskriver en beslutning under hensyntaken og med konsekvensene av å velge den ene eller den andre av de tilgjengelige alternativene. Den omfatter sannsynligheten til usikkerheter og kostnadene eller belønningen for hver logiske linje av hendelser og fremtidige beslutninger. Løsningen av beslutningstreet indikerer hvilken beslutning som innebærer den største forventede verdi for beslutningstakeren når alle de usikre implikasjoner, kostnader, belønninger og etterfølgende beslutninger er kvantifiserte. Et beslutningstre er vist i **Figur 11-6**.
4. *Simulering.* En prosjektsimulering benytter en modell som oversetter de spesifiserte usikkerheter på et detaljert nivå til deres potensielle virkning på prosjektets overordnede målsettinger. Prosjektsimuleringer utføres typisk ved hjelp av Monte Carlo teknikken.

For en kostnadsusikkerhetsanalyse, kan en i simuleringen benytte den tradisjonelle prosjekt-ANS som modell. For en tidsusikkerhetsanalyse, benytter en prosjektets logiske tidsnettverk (PDN) (se Seksjon 6.2.2.1).

Resultatet fra en simulering av kostnadsusikkerhet er vist i **Figur 11-7**.

### 11.4.3 Utdata fra kvantitativ usikkerhetsanalyse

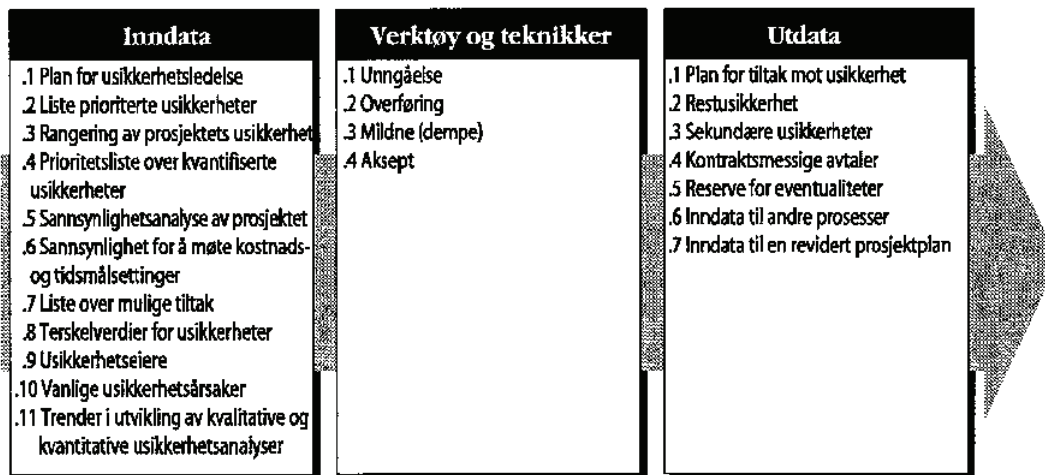
1. *Prioritetsliste over kvantifiserte usikkerheter.* Denne listen med usikkerheter inkluderer slike som utgjør den største trussel eller utgjør den største mulighet for prosjektet sammen med et mål på konsekvensen.
2. *Sannsynlighetsanalyse av prosjektet.* Prognoser av mulige resultater angående prosjektets tidsplan og kostnader, og lister opp mulige sluttdatoer eller prosjektvarigheter og kostnader sammen med deres tilhørende sannsynlighetsnivå.
3. *Sannsynlighet for å oppnå kostnads- og tidsmessige målsettinger.* Sannsynligheten for å oppnå prosjektets målsettinger med den foreliggende plan og med den foreliggende kunnskap om de usikkerheter som fronter prosjektet kan estimeres ved hjelp av kvantitative metoder.
4. *Trender i resultatene fra kvantitative usikkerhetsanalyser.* Etter hvert som en gjentar analysene kan en trend i resultatene bli synlig.



## 11.5 PLANLEGGJE TILTAK MOT USIKKERHET

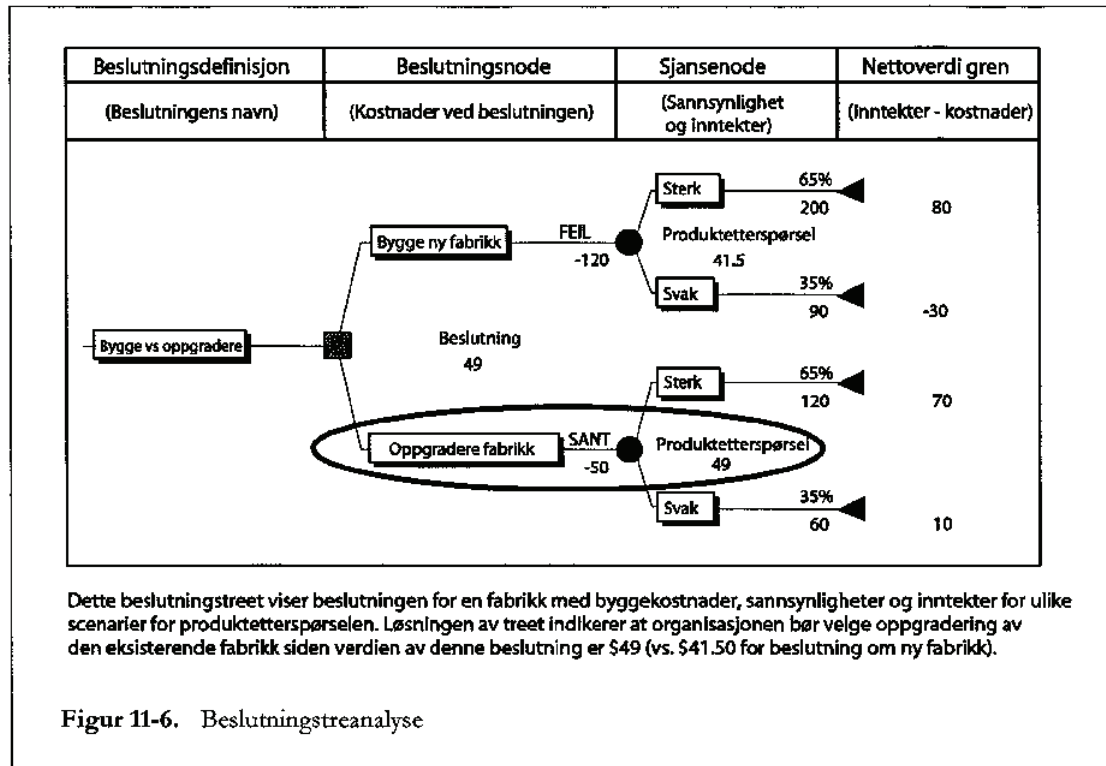
Planlegging av tiltak mot usikkerhet er prosessen med å utvikle alternativer og bestemme hvilke aksjoner vil øke mulighetene og redusere truslene mot prosjektets målsetninger. Det innebærer å gi ansvar til personer eller parter for å gjennomføre de omforente tiltak mot usikkerhet. Denne prosessen sikrer at de identifiserte usikkerhetene blir ivaretatt på en skikkelig måte. Effektiviteten av planlegging av tiltak mot usikkerhet vil direkte bestemme om usikkerheten øker eller minsker i prosjektet.

Planlegging av tiltak mot usikkerhet må tilpasses konsekvensen av usikkerheten, være kostnadseffektiv i å møte utfordringen, i rett tid for å lykkes, realistisk innen prosjektets rammer, omforent med alle de involverte parter og eid av en ansvarlig person. Valg av de beste tiltak blant flere muligheter er ofte påkrevd.



### 11.5.1 Inndata til å planlegge tiltak mot usikkerhet

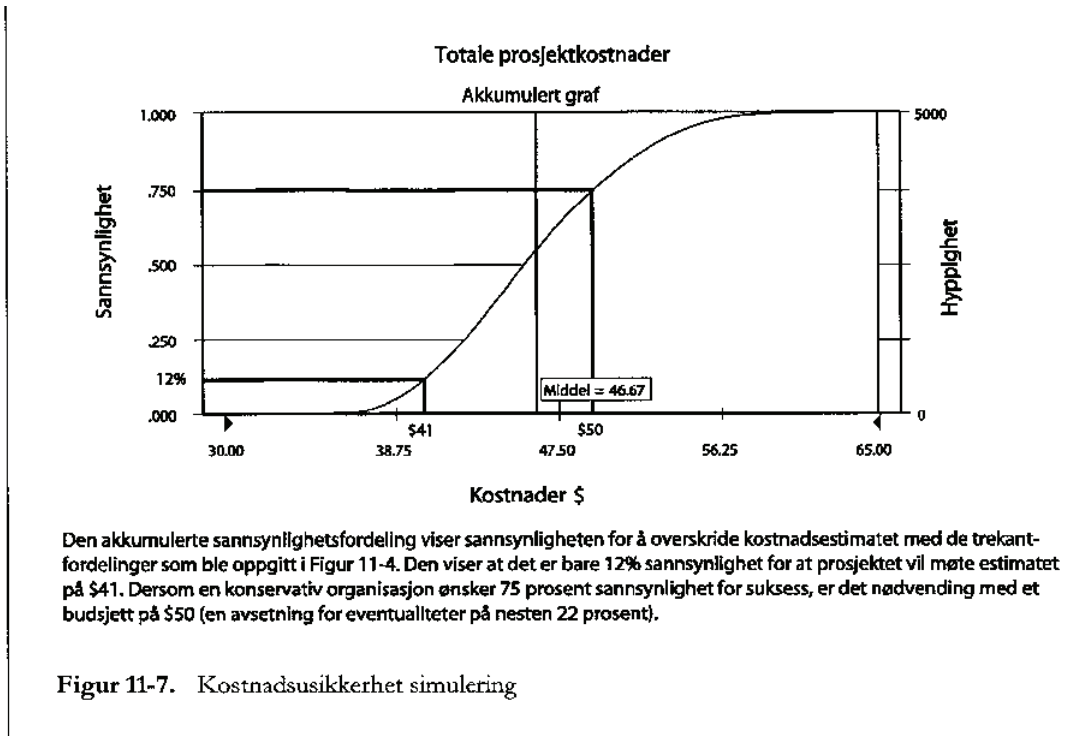
- .1 *Plan for usikkerhetsledelse.* Denne planen er beskrevet i Seksjon 11.1.3.
- .2 *Liste over prioriterte usikkerheter.* Denne listen fra den kvalitative usikkerhetsanalysen er beskrevet i Seksjon 11.3.3.2.
- .3 *Rangering av prosjektets usikkerhet.* Dette er beskrevet i Seksjon 11.3.3.1.



- .4 *Prioritetsliste over kvantifiserte usikkerheter.* Denne listen fra den kvantitative usikkerhetsanalysen er beskrevet i Seksjon 11.4.3.1.
- .5 *Sannsynlighetsanalyse av prosjektet.* Dette er beskrevet i Seksjon 11.4.3.2.
- .6 *Sannsynlighet for å møte kostnads- og tidsmålsettinger.* Dette er beskrevet i Seksjon 11.4.3.3.
- .7 *Liste over mulige tiltak.* Under prosessen med å identifisere usikkerheter kan en identifisere tiltak som møter enkelte usikkerheter eller kategorier usikkerheter.
- .8 *Terskelverdier for usikkerheter.* Nivået på hvilken usikkerhet som er akseptabel for organisasjonen vil påvirke planlegging av tiltak mot usikkerhet (se Seksjon 11.1.3).
- .9 *Usikkerhetseiere.* En liste over de prosjektinteressenter som vil være i stand til å opptre som eiere av tiltak mot usikkerhet. Usikkerhetseiere bør være involvert i utarbeidelsen av tiltak mot usikkerhet.
- .10 *Vanlige usikkerhetsårsaker.* Flere usikkerheter kan ha en felles årsak. Denne situasjonen kan avdekke muligheter for å redusere to eller flere usikkerheter i prosjektet med et felles tiltak.
- .11 *Trender i utviklingen av resultater fra kvalitative og kvantitative usikkerhetsanalyser.* Dette er beskrevet i Seksjonene 11.3.3.4 og 11.4.3.4. Trender i resultater kan gjøre tiltak mot usikkerheter eller ytterligere analyser mer eller mindre presserende og viktig.

## 11.5.2 Verktøy og teknikker for å planlegge tiltak mot usikkerhet

Flere strategier for tiltak mot usikkerheter er tilgjengelige. Den strategi som har den største sannsynlighet for å være effektiv bør velges for hver usikkerhet. Deretter bør en utvikle spesifikke aksjoner for iverksetting av strategien. Primær- og støttestrategier kan velges.



- .1 *Unngåelse.* Å unngå usikkerhet ved å endre prosjektets plan for å eliminere usikkerheten eller tilstanden eller å beskytte prosjektets målsetninger mot virkningene fra disse. Selv om prosjektteamet aldri kan eliminere alle usikkerhetene, så kan noen spesifikke usikkerheter unngås.

Noen usikkerheter som viser seg tidlig i prosjektet kan håndteres gjennom klarlegging av krav, innhenting av informasjon, forbedring av kommunikasjonen eller innhenting av ekspertise. Reduksjon av prosjektomfang for å unngå aktiviteter med stor usikkerhet, legge til ressurser eller tid, benytte en kjent fremgangsmåte istedenfor en ny og ukjent, eller unngå en ukjent underleverandør kan være eksempler på hvordan en unngår usikkerhet.

- .2 *Overføring.* Overføring av usikkerhet er å søke å legge konsekvensene av en usikkerhet på en tredjepart sammen med eierskapet av tiltaket mot usikkerheten. Overføring av usikkerheten gir kun den andre part ansvar for håndteringen av den, en eliminerer ikke usikkerheten.

Overføring av ansvar for usikkerhet er mest effektiv der en håndterer finansiell usikkerhetseksponering. Overføring av usikkerhet innebærer nesten alltid å betale et påslag for usikkerhet til den som tar på seg ansvaret for usikkerheten. Den inkluderer bruk av forsikring, oppfyllelsesgarantier, garantier og sikkerheter. Kontrakter kan benyttes for å overføre ansvar for spesifikke usikkerheter til den andre part. Benyttelse av en fastpriskontrakt kan overføre usikkerheten til selgeren dersom prosjektets forutsetninger er faste. Selv om en kostnadsbasert kontrakt etterlater mer av usikkerheten hos kunden eller sponsoren, kan en slik kontraktsform hjelpe til med å redusere kostnadene dersom det er endringer midt i prosjektet.

- .3 *Mildne (dempe).* Ved å mildne (dempe) søker en å redusere sannsynligheten og/eller konsekvensene av en ufordelaktig hendelse ned på et akseptabelt nivå. Ved å ta tiltak tidlig for å redusere sannsynligheten for at en usikkerhet oppstår eller redusere dens virkning på prosjektet, er mer effektivt enn å forsøke å reparere konsekvensene etter at hendelsen har inntrådt. Kostnader for mildning av usikkerhet må stå i forhold til hendelsens sannsynlighet for å inntreffe og dens konsekvenser.



Mildning av usikkerhet kan ta form av iverksetting av en annen løsningsmetode som kan redusere problemet – f.eks. anvendelse av en mindre kompleks prosess, gjennomføring av flere seismiske eller engineering tester, eller valg av en mer solid leverandør. Det kan innebære å endre betingelser slik at sannsynligheten for at hendelsen oppstår reduseres – f.eks. legge til ressurser eller tid. Det kan innebære å utvikle en prototyp for redusere usikkerheten ved oppskalering fra laboratorieforsøk.

Der hvor det ikke er mulig å redusere sannsynligheten, kan en foreta reduserende tiltak ved å adressere sammenhenger som bestemmer hvor stor konsekvensen vil bli. For eksempel, ved å legge inn reserver i et delsystem kan en redusere omfanget av en hendelse som oppstår som følge av at hovedsystemene svikter.

- 4 *Aksept*. Denne teknikken indikerer at prosjektteamet har besluttet å ikke endre prosjektpånen for å håndtere en usikkerhet eller er ikke i stand til å identifisere en annen passende tiltaksstrategi. Aktiv aksept kan innebære å utvikle en alternativ plan som skal gjennomføres dersom hendelsen oppstår. Passiv aksept krever ingen tiltak, og en overlater til prosjektteamet å ta seg av hendelsene når de oppstår.

En *eventualitetsplan* benyttes for å identifisere usikkerheter som oppstår gjennom prosjektet. Utviklingen av en eventualitetsplan på forhånd kan betydelig redusere kostnadene ved en aksjon skulle hendelsen inntrø. Symptomer på usikkerhet, slik som at en ikke oppnår delmål, bør defineres og følges opp. En *plan å falle tilbake på* utvikles dersom hendelsen har stor konsekvens, eller dersom den valgte strategi ikke er fullt ut effektiv. Dette kan inkludere avsetning av et beløp for alternativet, utvikling av alternative muligheter, eller endring av prosjektets omfang.

Den mest vanlige måten å håndtere aksept på er å etablere en *avsetning for eventualiteter*, eller reserver, inkludert verdier for tid, penger, eller ressurser for å ta høyde for kjente usikkerheter. Avsetningen bør bestemmes av konsekvensen, beregnet ved et akseptabelt nivå for usikkerhetseksponering, for de usikkerheter som er blitt aksepterte.

### 11.5.3 Utdata fra å planlegge tiltak mot usikkerhet

- 1 *Plan for tiltak mot usikkerhet*. Plan for tiltak mot usikkerhet (noen ganger kalt usikkerhetsregister) bør beskrives til det detaljnivå hvor tiltakene tas. De bør inneholde noen eller alle av de følgende:
  - Identifiserte usikkerheter, deres beskrivelser, hvilke områder av prosjektet (f.eks. ANS element) som berøres, deres årsaker, og hvordan de virker inn på prosjektets målsetninger.
  - Eiere av usikkerheter og tildelte ansvar.
  - Resultater fra de kvalitative og kvantitative usikkerhetsanalyseprosessene.
  - Omforente tiltak inkludert unngåelse, overføring, mildning eller aksept for hver usikkerhet i plan for tiltak mot usikkerhet.
  - Hvilket nivå restusikkerheten vil ligge på etter implementering av strategien.
  - Spesifikke aksjoner for å iverksette den valgte tiltaksstrategi.
  - Budsjett og tidspunkter for tiltak.
  - Eventualitetsplaner og planer å falle tilbake på.
- 2 *Restusikkerhet*. Restusikkerhet er det som blir igjen etter at en har iverksatt tiltak for unngåelse, overføring eller mildning. De inkluderer også mindre usikkerheter som har blitt aksepterte og adresserte, f.eks. ved å legge til avsetninger for eventualiteter til kostnader eller tidsplan.
- 3 *Sekundære usikkerheter*. Usikkerheter som oppstår som direkte følge av et tiltak mot usikkerhet betegnes som sekundære usikkerheter. Disse bør identifiseres og tiltak planlegges.

- .4 *Kontraktsmessige avtaler.* Kontraktsmessige avtaler kan inngås for å spesifisere hver parts ansvar for bestemte usikkerheter, dersom de oppstår, samt for forsikring, tjenester og andre deler eller behov for å unngå eller redusere trusler.
- .5 *Reserve for eventualiteter.* Sannsynlighetsanalysen av prosjektet (11.4.3.2) og terskelverdier for usikkerhet (11.1.3.1) hjelper prosjektlederen med å bestemme størrelsen av buffer eller reserve for eventualiteter som er påkrevd for å redusere usikkerheten mot overskridelser i forhold til prosjektets målsettinger ned til et nivå som er akseptabelt for organisasjonen.
- .6 *Inndata til andre prosesser.* De fleste tiltak mot usikkerhet innebærer utlegg av ekstra tid, kostnader, eller ressurser og krever endringer til prosjektplanen. Organisasjoner krever at det sannsynliggjøres at utlegget kan rettferdiggjøres i forhold til reduksjonen i usikkerhet. Alternative strategier må tilbakeføres, inn i de angjeldende prosesser i andre kunnskapsområder.
- .7 *Inndata til en revidert prosjektplan.* Resultater fra planlegging av tiltak mot usikkerhet må bygges inn i prosjektplanen for å sikre at tiltakene gjennomføres og blir overvåket som del av det pågående prosjektet.

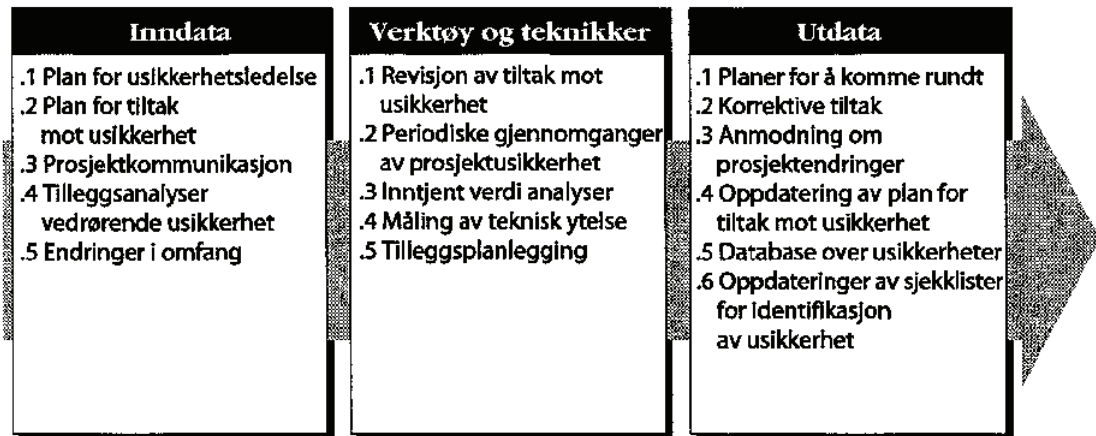
## 11.6 OVERVÅKE OG STYRE USIKKERHET

Overvåking og styring av usikkerhet er prosessen med å holde oppsyn med de identifiserte usikkerheter, overvåke restusikkerhet og identifikasjon av nye usikkerheter, sørge for gjennomføring av tiltaksplaner, og evaluering av hvor effektive de er for å redusere usikkerhet. Overvåking og styring av usikkerhet dokumenterer usikkerhetsstørrelser som har sammenheng med gjennomføring av alternativplaner. Overvåking og styring av usikkerhet er en prosess som pågår gjennom hele prosjektets liv. Usikkerheten endres etter hvert som prosjektet modnes, nye usikkerheter dukker opp, eller antatte usikkerheter forsvinner.

Gode prosesser for overvåking og styring av usikkerhet sørger for informasjon som hjelper til med å ta effektive beslutninger før usikkerheten oppstår. Kommunikasjon med alle prosjektets interessenter er nødvendig for periodisk å fastslå hvilken aksept prosjektets usikkerhetsnivå har.

- Formålet med overvåking av usikkerhet er å kunne fastslå at:
- Tiltak mot usikkerhet er blitt tatt som planlagt.
- Tiltak mot usikkerhet er så effektive som antatt, eller om nye tiltak bør iverksettes.
- Prosjektets antakelser er fortsatt gyldige.
- Omfanget av usikkerhet har endret seg fra sin tidligere status, ved å analysere trender.
- Et symptom på usikkerhet har oppstått.
- At adkvate regler og prosedyrer er blitt fulgt.
- Usikkerheter er oppstått som ikke tidligere har vært identifiserte.

Usikkerhetsstyring kan inkludere valg av alternative strategier, implementering av en alternativ plan, ta korrektive tiltak, eller replanlegge prosjektet. Eieren av tiltaket bør rapportere periodisk til prosjektlederen og til usikkerhetsteamleder på effektiviteten av planen, alle uventede effekter, og alle nødvendige korreksjoner underveis for å redusere usikkerhet.



### 11.6.1 Inndata til å overvåke og styre usikkerhet

- Plan for usikkerhetsledelse.* Plan for usikkerhetsledelse er beskrevet i Seksjon 11.1.3.
- Plan for tiltak mot usikkerhet.* Plan for tiltak mot usikkerhet er beskrevet i Seksjon 11.2.3.1.
- Prosjektkommunikasjon.* Arbeidsresultater og andre data fra prosjektet som beskrevet i Seksjon 10.3.1 gir informasjon om prosjektets ytelse og usikkerheter. Rapporter som vanligvis er benyttet for å overvåke og styre usikkerheter inkluderer *saksregister*, *aksjonsliste*, *varsel om fare*, eller *meldinger om utviklingen*.
- Tilleggsanalyser vedrørende usikkerhet.* Etter hvert som prosjektet måles og rapporteres, kan potensielle usikkerheter som ikke tidligere er identifiserte dukke opp. Syklusen med de seks prosesser for usikkerhetsledelse bør iverksettes for disse usikkerhetene.
- Endringer i omfang.* Endringer i omfang krever ofte nye usikkerhetsanalyser og tiltaksplaner. Omfangs- endringer er beskrevet i Seksjon 5.5.3.1.

### 11.6.2 Verktøy og teknikker for å overvåke og styre usikkerhet

- Revisjon av tiltak mot usikkerhet.* Revisorer undersøker og dokumenterer effektiviteten av tiltakene med henblikk på unngå, overføre eller redusere at de oppstår, samt effektiviteten til den som eier usikkerheten. Revisjoner angående prosjektusikkerhet utføres gjennom hele prosjektet for å styre usikkerheter.
- Periodiske gjennomganger av prosjektusikkerhet.* Gjennomganger av prosjektusikkerhet bør planlegges regelmessig. Prosjektusikkerhet bør være fast på agendaen i alle teammøter. Rangering og prioritering av usikkerheter kan endres under prosjektets gang. Enhver endring kan kreve at det utføres kvalitative eller kvantitative tilleggsanalyser.
- Inntjent verdi analyser.* Inntjent verdi benyttes for å overvåke den samlede ytelsen i forhold til en basisplan. Resultater fra en inntjent verdi analyse kan indikere potensielle avvik ved prosjektets slutt med hensyn til målsettinger for kostnader og tid. Dersom et prosjekt avviker betydelig fra basis, bør en utføre en oppdatering av identifikasjon og analyse av usikkerheter. Inntjent verdi analyse er beskrevet i Seksjon 10.3.2.4.
- Måling av teknisk ytelse.* Måling av teknisk ytelse sammenligner det som oppnås på den tekniske siden gjennom prosjektet med prosjektets tidsplan for teknisk måloppnåelse. Avvik, slik som at en ikke klarer å vise teknisk funksjonalitet ved en planlagt milepæl, kan tyde på en usikkerhet med hensyn til å oppnå prosjektets omfang.
- Tilleggsplanlegging.* Dersom en usikkerhet oppstår som ikke var forutsatt i plan for tiltak for styring av usikkerhet, eller dens innvirkning på prosjektets målsettinger er større enn forventet, kan det hende at det planlagte tiltak ikke er tilstrekkelig. Det vil være nødvendig å utføre tilleggsplanlegging for å komme frem med tiltak for styring av denne usikkerheten.



### 11.6.3 Utdata fra å overvåke og styre usikkerhet

- .1 *Planer for å komme rundt.* Planer for å komme rundt er ikke planlagte tiltak mot oppdøkkende usikkerheter som tidligere ikke var identifiserte eller aksepterte. Planer for å komme rundt må dokumenteres skikkelig og innarbeides i prosjektplanen og i plan for tiltak for styring av usikkerhet.
- .2 *Korrektive tiltak.* Korrektive tiltak består i å utføre alternativplaner eller planer for å komme rundt.
- .3 *Anmodning om prosjektendringer.* Iverksetting av alternative planer eller planer for å komme rundt, resulterer ofte i et krav om å endre prosjektplanen for å svare på usikkerheten. Dette resulterer i en anmodning om prosjektendring som håndteres av den integrerte endringsstyringen, som beskrevet i Seksjon 4.3.
- .4 *Oppdateringer av plan for tiltak mot usikkerhet.* Hendelser kan oppstå eller ikke. Hendelser som oppstår bør dokumenteres og evalueres. Iverksetting av usikkerhetsstyring kan redusere konsekvensen eller sannsynligheten til en identifisert usikkerhet. Rangering av usikkerhet må gjennomgås på nytt slik at nye, viktige usikkerheter kan styres på en skikkelig måte. Hendelser som ikke oppstår bør dokumenteres og lukkes i plan for tiltak mot usikkerhet.
- .5 *Database over usikkerheter.* En database som sørger for innsamling, vedlikehold og analyse av data som er samlet inn og benyttet i prosessen med å styre usikkerhet. Bruk av denne databasen vil være til nytte for styringen av usikkerhet i hele organisasjonen og etter hvert som tiden går, bli basis for et program for erfaringer.
- .6 *Oppdateringer av sjekklister for identifikasjon av usikkerhet.* Sjekklister som oppdateres av erfaringer vil være til hjelp i usikkerhetsstyringen av fremtidige prosjekter.

## 2.4 Metoder for identifisering og håndtering av hendelsesusikkerhet

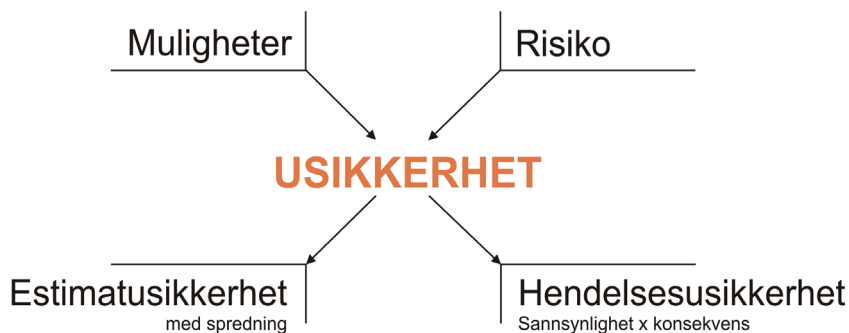
Kapittelet tar for seg fenomenet hendelsesusikkerhet, hvordan hendelsesusikkerhet karakteriseres, og hvordan den skal behandles. Kapittelet baserer seg i hovedsak på Austeng (1994), Austeng og Hugsted (1995) i tillegg til en rekke interne notater og forelesningsmaterieell fra Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.

### 2.4.1 Hendelsesusikkerhet som fenomen

Usikkerhet består av muligheter og risiko som vi ikke vet utfallet av, eller uttrykt på en annen måte: Usikkerhet har et oppside- og et nedsidepotensiale. (Chapman & Ward, 2003:6)

Et typisk kostnadsestimat for et prosjekt inkluderer en vurdering av usikkerhet i kostnadselementer, samt effekten av det vi kan kalle generelle kostnadsdrivere. Alle anslag og vurderinger er beheftet med det vi kaller estimatusikkerhet. Estimatusikkerhet gir uttrykk for den mulige variabiliteten i kostnader for aktiviteter og poster i prosjektet. I tillegg til kostnader innebærer estimatusikkerhet også usikkerhet knyttet til parameteren tid.

Kostnadsestimatet kan i tillegg inkludere en forventet effekt av hendelsesusikkerhet. Dette er usikkerhet som knyttes til forhold som kanskje kan opptre i vårt prosjekt, men mest sannsynlig ikke vil opptre. Mens estimatusikkerhet er kontinuerlig er altså hendelsesusikkerheten diskret av natur, hendelser skjer, eller de skjer ikke. Hendelsesusikkerhet uttrykkes med sannsynlighet for at hendelsen i det hele tatt oppstår multiplisert med konsekvensen av dette. Figur 2-12 illustrerer hvordan usikkerhet kan klassifiseres i estimatusikkerhet og hendelsesusikkerhet.



Figur 2-12 "Usikkerhet" er et samlebegrep for "muligheter" og "risiko". Usikkerhet kan igjen deles opp i estimatusikkerhet og hendelses-usikkerhet.

Hendelsesusikkerheten skyldes oftest forhold utenfor selve prosjektet, og som prosjektorganisasjonen har begrenset kontroll over. Prosjektet må imidlertid bære konsekvensen av hendelsene, og utfordringen består i å finne fram til, og iverksette tilpassede tiltak for enten å motvirke risikoen, eller å øke mulighetene. "Tilpasset" betyr i denne sammenheng å finne en "god nok medisin, og den rette doseringen".

Eksempel på hendelsesusikkerhet finner vi i forhold knyttet til naturen enten som engangshendelser for eksempel kvikkleireskred eller brann, eller hendelser med returperioder, eksempelvis 30-års flom og 100-års bølger. Typisk er også usikkerhet knyttet til resultatet av

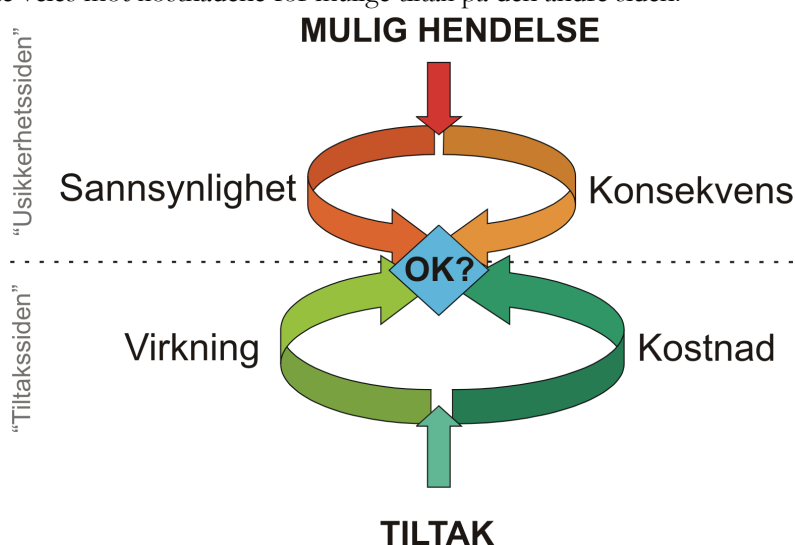
beslutningsprosesser, for eksempel får vi enten ja eller nei på våre anmodninger, eller renten blir enten satt ned eller ikke.

Overgangen mellom hva som i praktisk sammenheng bør håndteres som estimatusikkerhet og hva som bør håndteres som hendelsesusikkerhet er svært flytende. Det viser seg at hendelser som har en sannsynlighet på 70-80% og, i enkelte tilfeller også lavere, fort blir betraktet som sikre, og sannsynligheten for at de ikke vil opptre fanges opp innenfor estimatusikkerhet. Resultatet fra en prosess for å identifisere mulig hendelsesusikkerhet vil oftest være en liste av hendelser med sannsynlighet i området 1-30 %.

## 2.4.2 Analyse og behandling av hendelsesusikkerhet

Ved behandling av i hvert fall den negative side av usikkerheten, risikoen, er det viktig å merke seg at større sikkerhet kan kjøpes, enten ved at vi betaler noen andre for å overta noe av risikoen, eller at vi selv bekoster tiltak for å redusere risikoen. I praktisk prosjektsammenheng står vi overfor situasjoner hvor sikkerhet må kjøpes for å tilfredsstillere lover, reguleringer eller andre bestemmelser, men også situasjoner hvor vi ønsker å kjøpe sikkerhet for derved å redusere prosjektets økonomiske risiko.

En systematisk behandling av hendelsesusikkerhet består på den ene siden i å finne sannsynlighet for hendelsene, på en skala fra 0-1, og multiplisere med konsekvensene målt i kroner. Dette veies mot kostnadene for mulige tiltak på den andre siden.



**Figur 2-13** *Å finne den riktige ballansen mellom hendelsesusikkerhet og tiltak. Figuren illustrerer hvordan man må møte hendelsesusikkerhet. For hver mulige hendelse må man vurdere om prosjektet kan tåle konsekvensene av den. Er svaret nei må det settes i verk tiltak for å møte hendelsen. Det er da vesentlig å finne det tiltaket som gir mest mulig virkning i forhold til kostnad. Av og til kan det å ikke gjøre noe fremstå som det beste alternativet.*

Utfordringene for en prosjektleder vil på "usikkerhetssiden" (se figur 2-13) være å identifisere mulige hendelser og å estimere sannsynlighet samt konsekvenskostnader. På "tiltakssiden" vil utfordringen bestå i å finne det beste av flere mulige tiltak. Hva som er det beste er avhengig av de kriterier som legges til grunn, men i de fleste tilfeller vil det dreie seg om å oppfylle bestemte sikkerhetskrav og/eller finne de tiltak som gir mest sikkerhet for hver

investerte krone. En tilleggsutfordring i denne sammenheng vil være å dimensjonere forhåndsundersøkelser slik at de får et omfang som står i forhold til den usikkerhet man står overfor.

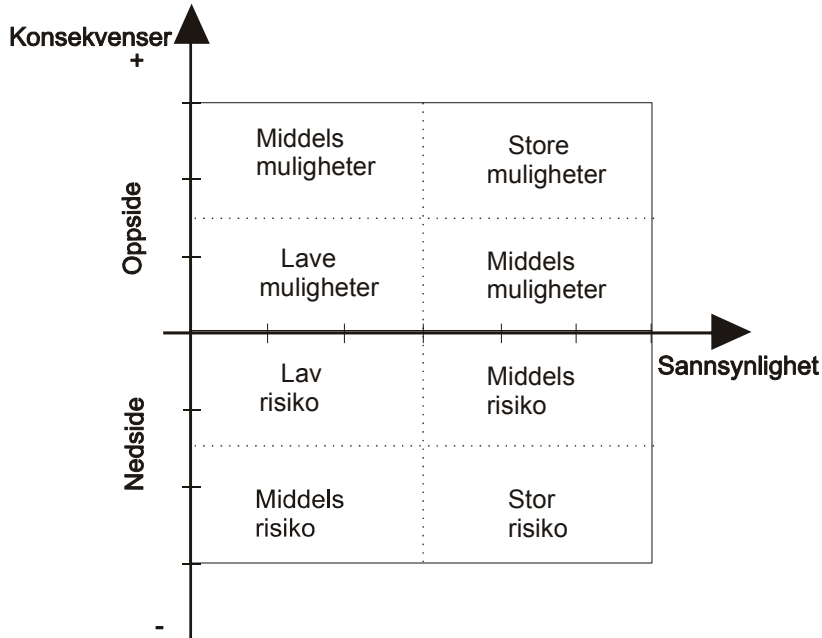
Uansett dosering av forhåndsundersøkelser og tiltak vil man sitte igjen med en restrisiko som, avhengig av risikoens art, må svares opp av en eller annen form for økonomiske eller avtalemessige buffere. Noe av risikoen kan spres på flere hender ved avtaler og kontrakter, noe risiko kan løftes over på andre ved kjøp av forsikringer, og noe av risikoen kan dekkes opp ved økte kostnadsoverslag.

En buffer som har vært lite påaktet, men som har et stort utviklet potensial, er den som ligger i å ha beredskap i forhold til usikkerheten. Denne beredskapen oppnås ved at det innarbeides en kultur for å tenke usikkerhet i organisasjonen (bedriften). En slik "usikkerhetskultur" vil sørge for at usikkerhet og usikkerhetsarbeide er i fokus, og at usikkerhetsbildet med mulige tiltak derved blir kontinuerlig vedlikeholdt.

Det finnes begrensninger for hvor mye det er mulig å sikre seg, og vi vil i en praktisk prosjektsituasjon alltid sitte igjen med noen mulige hendelser som har konsekvenskostnad i en størrelsesorden som ikke kan dekkes av prosjektet eller dets eiere og parthavere, og heller ikke lar seg forsikre. Det som da er avgjørende er at sannsynligheten er så liten at den er til å leve med for den enkelte beslutningstaker, og at det eneste tiltaket han kan iverksette, nemlig å uttrykke et sterkt ønske om at det ikke skjer, føles tilstrekkelig.

Identifisering av mulige hendelser gjøres sikrest i gruppeprosessen i tilknytning til identifisering av generelle påvirkningsfaktorer. Når det gjelder hjelpemidler for å håndtere hendelsesusikkerhet er det viktig å skille mellom de mange små hendelser og de store få. Dette er videre beskrevet i kapittel 2.4.5.

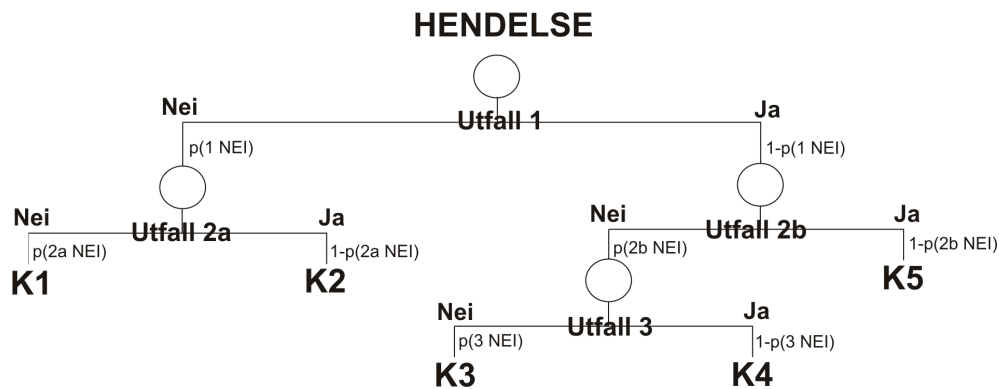
Risiko og muligheter knyttet til de mange små hendelsene håndteres best i en sannsynlighets-konsekvensmatrise (P/K-matrise), figur 2-14. Ved plassering av usikkerhetselementene i forhold til deres sannsynlighet for å påvirke prosjektet, og deres konsekvenser dersom de inntreffer, kan vi luke ut de elementene som har lav til middels risiko og muligheter. Vi kan så konsentrere innsatsen om de som gir middels til høy risiko eller muligheter.



Figur 2-14 Sannsynlighets- konsekvensmatrise (P/K-matrise). Matrisen brukes til hjelp for å rangere og håndtere hendelsesusikkerhet.

De hendelsene som hvis de inntreffer vil medføre de alvorligste konsekvensene, må underlegges nærmere analyser. Hendelsestrær er et mye brukt hjelpemiddel for en systematisk behandling av usikkerheten og mulige tiltak. Et eksempel på et såkalt binært hendelsestre er vist i figur 2-15.

Fordelen ved slike trær er at man hele tiden har såkalte komplementærsituasjoner. I figur 2-15 er det gitt at en hendelse skjer. Sannsynligheten for at utfall 1 ikke inntreffer er  $p(1 \text{ NEI})$ , sannsynligheten for at utfall 1 inntreffer blir da  $1-p(1 \text{ NEI})$ . Slike utfall kan resultere i påfølgende utfall, helt til dette får en konsekvens. I figuren er konsekvensene merket K1, K2 osv.



Figur 2-15 Hendelsestre, til hjelp for å beregne sannsynligheten for mulige utfall og konsekvenser.

Figuren hjelper oss til å finne sannsynlighet for de mulige konsekvensene. Sannsynligheten for K1 er .

$$P(K1) = p(1NEI) \cdot p(2aNEI)$$

### 2.4.3 Hvordan finne hendelsesusikkerhet

I mange bygg- og anleggsprosjekter er hendelsesusikkerheten knyttet til naturgitte forhold, for eksempel geologi, grunnforhold og flom. Usikkerhet knyttet til slike forhold reduseres gjerne ved økt kunnskap som fås gjennom forundersøkelser. Det er imidlertid viktig å merke seg at økt kunnskap, altså mindre usikkerhet, godt kan føre til at vår vurdering av risikonivået kan øke. Forundersøkelser kan avdekke forhold som gjør at vi anser sannsynlighet, for eksempel for ras i tunnel, for større.

Risiki av en viss størrelse krever forhåndstiltak. I etterkant kan det være vanskelig å forklare høye kostnader til forundersøkelser der hvor intet alarmerende ble avdekket. På den annen side kan det være enda vanskeligere å forklare manglende forundersøkelse der hvor det gikk galt. Til tross for dette er det vanskelig å finne dokumentasjon på at dosering av forundersøkelser og forhåndstiltak står i forhold til vurdering av risiko. Det samme gjelder dokumentasjon på tiltak for å redusere identifisert risiko.

Når det gjelder forundersøkelse er det viktig å anvende midlene der de gir mest kunnskap og størst reduksjon av usikkerheten, og der hvor konsekvensene av feilvurdering blir størst. Forhåndstiltak som beskyttelse mot mulige fremtidige hendelser er ofte investeringstunge, og det er viktig å finne de tiltak som gir mest mulig sikkerhet for pengene. Dette gjøres best ved en strukturert analyse. I det følgende er det listet en del relevante punkter for en slik analyse av hendelsesusikkerhet (Austeng, 1994).

1. Analyseobjektet vil med visse sannsynligheter bli utsatt for fysiske, miljømessige eller økonomiske belastninger.
2. Sannsynligheten for at objektet skal utsettes for tidligere nevnte belastninger er som oftest tidsavhengige. Det er derfor nødvendig å legge en tidshorison som grunnlag for analysen.
3. Objektets evne til å motstå belastningen eller redusere konsekvensene gir, sammen med belastningens art, grunnlag for å gjøre antakelser om hendelsesutvikling og konsekvenser.
4. Antakelser om hendelsesutvikling, gjerne i form av hendelsestrær, kombineres med sannsynlighetsvurderinger.
5. Konsekvensene og tilhørende kostnader defineres gjennom en konsekvensanalyse.
6. Sannsynligheten for gitte konsekvenser multiplisert med konsekvenskostnadene utgjør objektets risiko i form av forventet kostnad som følge av hendelsen.

7. For at risikoen ved flere mulige alternativer skal kunne sammenliknes, må de uønskede hendelsene plasseres i tid innenfor denne tidshorizonten, slik at konsekvenskostnadene kan diskonteres ned til et felles nåtidspunkt.
8. Sammenlikningsgrunnlaget blir derved nåverdien av risiko, på samme måte som man i økonomiske analyser sammenlikner nåverdien av f.eks. kostnader.
9. Hvis risikoens størrelse ikke er akseptabel foretas en analyse av mulige tiltak for å redusere den. Tiltakene kan enten rettes mot å begrense belastningens størrelse eller sannsynlighet. Man kan også øke analyseobjektets evne til å tåle belastningen, eller redusere virkningen.
10. De forskjellige tiltaksalternativer kostnadssettes, og ny analyse foretas med hvert tiltaksalternativ som en forutsetning.
11. For hvert alternativ finnes summen av tiltakskostnad og risiko.
12. Sammenlikning av alternativene vil nå være et av flere grunnlag for beslutning om valg av tiltak.

En hovedsak i analysen er å vurdere sannsynlighet for at hendelsen opptrer, og estimere eventuelle kostnadskonsekvenser. Begge disse forholdene er avhengig av type hendelse, og vi vil i det etterfølgende se nærmere på dette.

## 2.4.4 Hendelsestyper

For å kunne kvantifisere sannsynlighet og konsekvenser skal vi se på noen typer av hendelser. Noen hendelser kan direkte knyttes sammen med en kostnadskonsekvens, f.eks. et jordskred. Andre hendelser har mer indirekte virkning, for eksempel kan jordskredet være utløst av en flom. Atter andre hendelser kan ha både direkte og indirekte konsekvenser. En storm kan forårsake skade direkte av vind og den kan skape bølger som i sin tur over skade.

I risikoanalyse skiller en ikke særlig mellom dette, da det jo til syvende og sist er konsekvensene som betyr noe.

Her er valgt å skille hendelser etter graden av forutsigbarhet og hvor ofte de opptrer. Ut fra dette kan en skille mellom tre hovedtyper (Austeng, 1994:46):

- A.** Hendelser som skjer en gang (kvikkleireskred, blokkfall etc.).
- B.** Hendelser som har en "statistisk syklus" med en gitt returperiode (100-års orkan, 10-års flom etc.).
- C.** Hendelser som kommer "som lyn fra klar himmel", og som kan komme igjen flere ganger (sykdomsangrep, brann etc.). Det utenkelige!

Vi skal i det følgende presentere disse tre hendelsestypene.

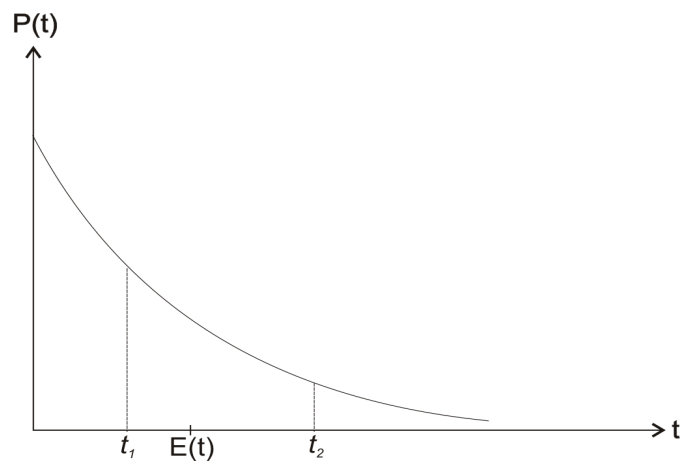
### Type A: Engangshendelser

Begrepet "en gang" må ikke tas helt bokstavelig. En bestemt jordmasse eller en oppsprukket fjellhammer kan skli ut i flere omganger, men poenget er at når steinen er falt så faller den ikke en gang til. Hvis det skal ha noen mening å snakke om sannsynlighet for slike hendelser må man definere en tidshorisont fra analysetidspunktet og frem til analyseperiodens slutt, og stille spørsmålet: "Hva er sannsynligheten for at hendelsen skal opptre i løpet av denne perioden?" Hendelser av type A kan grovt sett inndeles i tre grupper:

A1: Tiden virker stabiliserende.

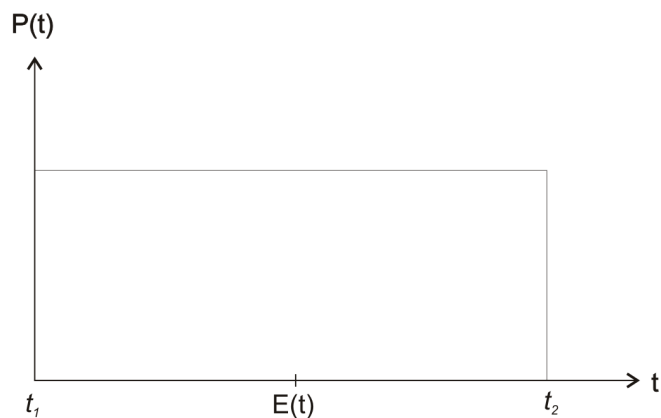
Dette har to åpenbare effekter. Den ene er at sannsynligheten for at hendelsen skal opptre går mot 0 etter som tiden går. Den andre effekten er at tidspunktet da hendelsen er forventet å inntreffe skyves framover. Sannsynlighetstettheten har en eller annen eksponentiell funksjon hvor  $T$  er tiden fra årsaken til hendelsen oppstod og frem til hendelsestidspunkt. Tiden  $t_2 - t_1$  er vår tidshorisont. Det vil si at vi står i  $t_1$  og betrakter tiden fram til  $t_2$ .





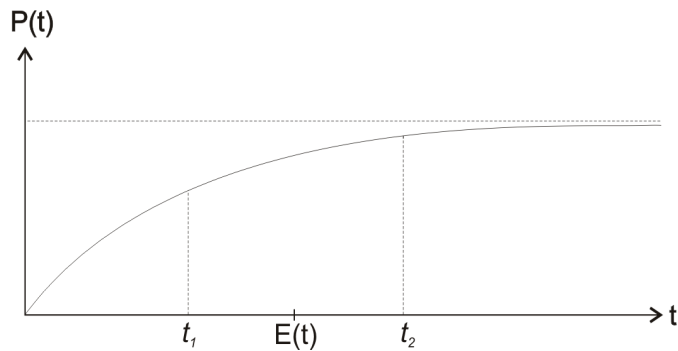
Figur 2-16 *Sannsynlighetsfordeling med hensyn på tid for ulykkeshendelser som blir mindre sannsynlig etter som tiden går.*

A2: Tiden påvirker ikke stabiliteten. Her er tetthetsfunksjonen konstant over tidsintervallet. Vi har da en funksjon som på figur 2-35, hvor forventet hendelsestidspunkt ligger midt i tidsintervallet.



Figur 2-17 *Fordelingsfunksjon med hensyn på tid når tiden ikke påvirker sannsynligheten.*

A3: Sannsynligheten øker med tiden. Her er effektene slik at sannsynligheten for at hendelsen skal opptre snart går mot 1, og forventet tidspunkt skyves bakover.



Figur 2-18 Sannsynlighetsfordeling med hensyn på tid, når tiden virker drivende.

Type A2 og A3 er av typen: "Det kommer helt sikkert til å hende, men ikke nødvendigvis innenfor vår tidshorisont"

### Type B: Hendelser med statistisk syklus.

Disse hendelsene er kanskje de enkleste å behandle, da sannsynligheten er en direkte følge av tiden som betraktes, og returperioden. Sannsynligheten for at hendelsen skal opptre én gang innenfor et tidsintervall fra nå er gitt ved en eksponentialfordeling:

$$P(T < t) = \int_0^t \frac{1}{R} e^{-t/R} dt$$

Returperioden  $R$  er avhengig av den størrelsen på hendelsen som vi anser for å være kritisk i forhold til vårt analyseobjekt. For eksempel er 100-årsbølgen så stor at den gjennomsnittlig opptre bare én gang hvert 100 år, altså returperioden er 100 år. Viten om dette er gjerne mulig å finne med bakgrunn i statistiske målinger for stedet, eller noen ganger simuleringer og beregninger. Beregningsmessig er det enklest å si at hendelsen opptre med sannsynlighet  $\frac{1}{R}$  hvert år

### Type C: "Lyn fra klar himmel".

Hendelser av type C er vanskelig å håndtere, særlig fordi de kan være av den art at man ikke en gang er oppmerksom på muligheten for faren. Dette kan være en engangshendelse, men også være gjentakbar i en syklus. Returperioden kan imidlertid være så lang at ingen har hørt om dette før. Det er også mulig at hendelsen har opptrådt mange ganger innenfor "manns minne", men blitt forvekslet med noe annet, eller rett og slett ikke blitt registrert fordi det er først nå samfunnsutviklingen har ført til at hendelsen har betydning for oss. Grunnen til at vi ønsker å skille disse hendelsene ut, er at for å få noe grep på denne typen hendelser må man klare å skape et miljø i analysen som gjør det mulig både å tenke det utenkelige, og kunne gi uttrykk for tankene.

## 2.4.5 Eksempler på beregning av hendelsesusikkerhet

Figur 2-13 viser at vi gjør en sammenveining av hendelsens forventete virkning, og tiltaks-kostnaden. For at denne sammenveiningen skal være reell i en økonomisk sammenheng, må kostnadene henføres til samme tid. Tiltakskostnadene blir utløst "nå", eller etter en tidsplan som vi bestemmer, mens konsekvenskostnadene hvis vi ikke gjør noe materialiserer seg en gang i framtiden. Derfor må konsekvenskostnadene henføres til det samme tidspunkt som tiltakskostnadene ved at man finner et forventet tidspunkt for når hendelsen skjer, hvis den skjer, og diskonterer forventet konsekvenskostnad til "nåtidspunktet". Forventet konsekvenskostnad finnes ved at sannsynligheten for at hendelsene skal opptre multipliseres med de antatte kostnader for konsekvensen av hendelsene.

### Diskontering av risiko

Hendelsestype A er definert som engangshendelser, og bør behandles som sådanne. Sannsynligheten P for at hendelsen vil opptre i løpet av tidshorisonten og tilhørende konsekvenskostnader K anslås, og risikoen plasseres i tid som antydnet under omtalen av hendelsestypen, hvoretter man finner nåverdien med en valgt rente ( $r$ ).

$$NV_{engangs} = \frac{P(K) \cdot K}{(1+r)^{E(T)}}$$

### EKSEMPEL

Engangshendelse hvor tiden virker drivende.  $P = 0,20$ .

Konsekvens 1:  $p = 0,5$  gir  $P(K) = 0,10$ .  $K = 10\ 000$  kr

Konsekvens 2:  $p = 0,1$  gir  $P(K) = 0,02$ .  $K = 50\ 000$  kr

Konsekvens 3:  $p = 0,4$  gir  $P(K) = 0,08$ .  $K = 20\ 000$  kr

Forutsetninger: Tidshorisont på 20 år og kalkylerente 7%.

$$NV_{E(K)} = \frac{0,1 \cdot 10000 + 0,02 \cdot 50000 + 0,08 \cdot 20000}{(1+0,07)^{\left(20 \cdot \frac{3}{5}\right)}} = 1600$$

Annuitet av nåverdien over de samme 20 årene vil si oss noe om hvor mye vi bør betale i årlig premie for å kjøpe oss fri fra risikoen:

$$"Forsikringspremie" = 1600 \frac{1,07^{20} \cdot 0,07}{1,07^{20} - 1} = 150$$

En riktig forsikringspremie i dette tilfellet er altså 150 kr pr år.

For hendelser av type B er årlig sannsynlighet  $1/R$  ( $R$  er returperioden). Denne sannsynligheten er uavhengig av vår tidshorizont. (Naturen bryr seg ikke om hvordan vi regner). Risikoen (sannsynlighet \* konsekvenskostnad) blir en annuitet over tidshorizonten ( $L$ ). Nåverdien fremkommer som en diskontert sum av årlig forventet kostnad med en valgt renteandel ( $r$ ).

$$NV_{syklisk} = \frac{1}{R} \cdot K \frac{(1+r)^L - 1}{(1+r)^L \cdot r}$$

### EKSEMPEL

100-års flom med konsekvens 50 000.

Forutsetninger: Tidshorizont på 20 år og 7 % kalkylerente.

$$NV_{E(K)} = \frac{1}{100} \cdot 50000 \frac{1,07^{20} - 1}{1,07^{20} \cdot 0,07} = 5300$$

### "De store få"

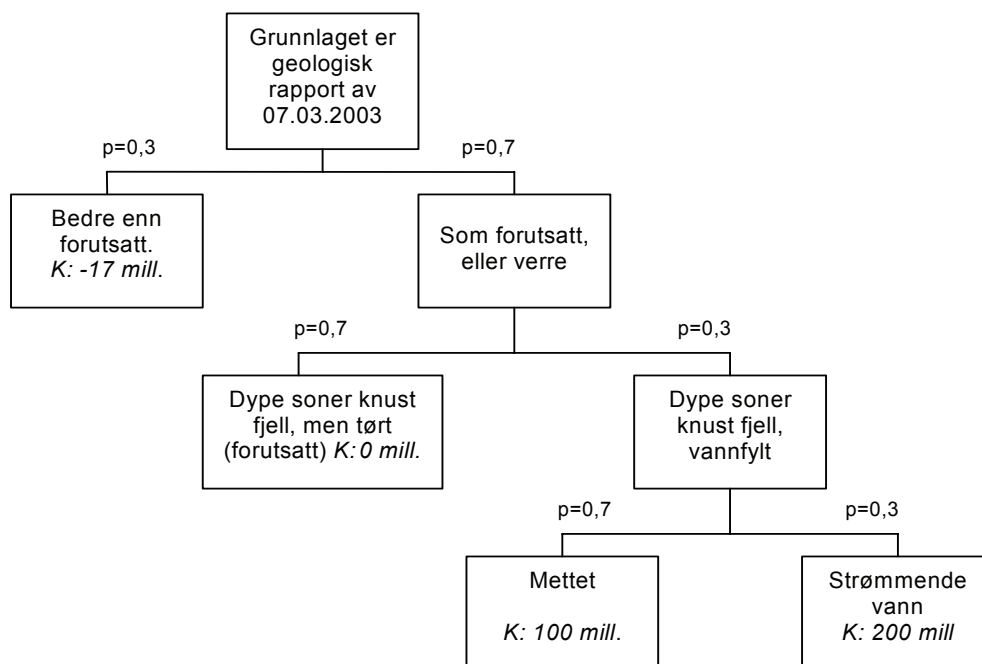
Vi skal se på et forhold som er vanskelig å behandle i kalkylesammenheng; mulige hendelser med relativt liten sannsynlighet for at de oppstår, men som til gjengjeld kan ha store konsekvenser. Hva skal man ta overhøyde for? Mest sannsynlig blir konsekvensen 0, men hvis forholdet først oppstår vil kostnadene bli store.

Vi skal ta for oss et eksempel. I et fjordkrysningsprosjekt kostnadsberegnet til ca. 800 millioner kroner er det usikkerhet knyttet til geologien i svakhetssoner i traseen for den undersjøiske tunnelen. Denne usikkerheten kan karakteriseres blant "de store få". Det foreligger en geologisk rapport som konkluderer med at det mest sannsynlig foreligger dype soner med knust fjell, men at det over disse ligger et tykt og tett lag med leirige løsmasser. Geologiske undersøkelser er naturlig nok alltid beheftet med usikkerhet, og det foretas derfor en vurdering av denne.

Analysen er basert på at det bygges opp et hendelsestre med rom for flere mulige utfall. Hendelsestreet i figur 2-15 beskriver på enklest mulige måte hvordan de geologiske forhold i virkeligheten kan vise seg å være i forhold til de forutsetninger som ligger til grunn for kost-

nadstallene for tunnelen. Til hver grein i treet er det knyttet sannsynlighet og kostnader for mulige konsekvenser.

Treet er utviklet i vekselvirkning med en stokastisk analyse av mulige kostnadskonsekvenser opp eller ned i forhold til det som allerede er lagt inn i tunnelkostnadene. Inngangsdataene samt hele resultatet er vist i tabell 2.5.



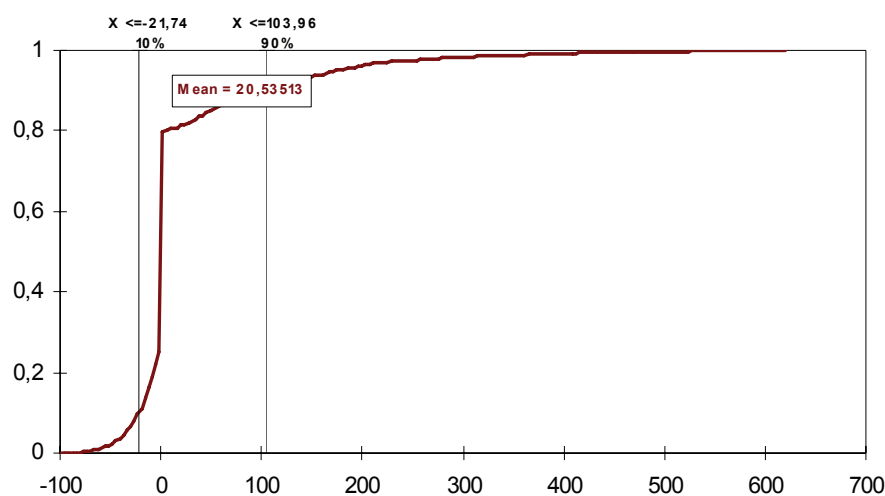
Figur 2-19 Hendelsestre over mulige geologiske forhold i en svakbetsone.

Tabell 2.5 Usikkerhet knyttet til svakbetsone i tunnel.

Alternativer:	Sannsynlighet	Konsekvens i mill. kr.	Middel i mill. kr.	Forventet i mill. kr.	Best case i mill. kr.	Worst case i mill. kr.
Bedre enn forventet	0,30	-40/0/0	-17	-5		
Dype soner knust fjell, men tørt (forventet)	0,50	0	0	0		
Dype soner knust fjell, vannmettet	0,15	20/50/200	+100	+15		
Dype soner knust fjell, strømmende vann	0,05	50/100/400	+200	+10		
				<b>+20</b>	<b>-20</b>	<b>100</b>

Bakgrunnen for trippelverdiene som er oppført i kolonnen "konsekvens" i Tabell 2.5 er grundig behandlet i Conceptrapport nr 11 "Usikkerhetsanalyser - Modellering, estimering og beregning". Her vil vi bare anføre at det dreier seg om 10% kvantilen, moden (mest sannsynlig verdi), og 90%-kvantilen i en sannsynlighetsfordeling.

Best case og worst case i tabellen er oppført med henholdsvis -20 og 100 millioner. Som vi ser av figur 2-20 er dette 10%- og 90%-kvantilene i en sannsynlighetsfordeling for situasjonen. Ekstreme best- og worst-cases slik de fremkommer av trippelanslagene på konsekvenser i tabellen er henholdsvis -40 og 400 millioner. Sannsynligheten for disse er hhv 3 % og 0,5 %. Disse størrelsene har sin verdi for å beskrive hva kostnadskonsekvensene kan bli hvis ekstremtilfellene slår til. Man kan selvfølgelig spørre seg hva som er vitsen med å legge inn 20 millioner i kostnadsoverslaget når kostnaden kan bli inntil 400 millioner hvis det verste tilfellet skulle slå til. Spørsmålet er relevant, og vi har ikke noe godt svar utover det at 20 millioner er det man har regnet seg fram til som forventningsverdi, og at det vil være naturlig å ta overhøyde i hvert fall for det man forventer.



Figur 2-20 Sannsynlighetsfordeling utviklet ut fra figur 2-19 og tabell 2.5.

Som vi ser av figur 2-20, hvor hendesestreet er behandlet i en simuleringsmodell, gir dette eksemplet et svært høyreskjev sannsynlighetsfordeling. Dette er typisk for denne type vurderinger hvor det meste av sannsynlighetsmassen ligger rundt 0, men hvor worst case blir vurdert til å være relativt dramatisk. Kurven viser at 10 %-kvantilen ligger på ca. -20 mill., mens 90%-kvantilen ligger på drøyt 100 mill. Forventningsverdien er beregnet til 20 mill.

For å gjøre forholdet synlig i en kalkyle må man ta hensyn til hvilket kalkylehjelpemiddel man har. I en simuleringsmodell kan hendesestreet modelleres direkte og vi får ut resultater som vist i figur 2-20. Hvis vi benytter en analytisk tilnærming, og verktøyet gir anledning til å angi en svært høyreskjev fordeling, kan den beskrives ganske nøyaktig ved for eksempel trippelanslaget -20/0/100. Hvis man har et "stivere" verktøy, som for eksempel Statens vegvesens Anslag, må trippelanslaget tilpasses slik at man for det første får synliggjort spredningen, og for det andre at forventningsverdien blir ca. 20 mill. Anslaget -35/0/85 vil tilfredsstillende disse kriteriene.

Analyseresultatet som er presentert i Figur 2-20 gir et godt grunnlag for vurderinger av hva som bør tas med i kostnadsoverslaget og eventuelle reserveavsetninger. Metodens største

fordel er imidlertid at den synliggjør hendelsesusikkerheten og worst case, og at den gir grunnlag for beslutninger om nye eller utvidede undersøkelser og avklaringer.

### “De mange små”

Vi skal også se på et eksempel hvor vi tar inn de mange små hendelsene som blir identifisert. Det er viktig å merke seg at vi må se hendelsene i sammenheng med analysens formål. Akkurat denne analysen gjennomføres primært for å avdekke økonomisk usikkerhet. "Små" i denne sammenheng betyr at det er beskjedne økonomiske konsekvenser.

I det samme fjordkrysningsprosjektet som ovenfor ble det identifisert følgende tenkelige hendelser:

1. Flom i elv
2. Mindre utrasning i ur
3. Kranvelt
4. Arbeidsulykke
5. Streik
6. Konkurs hos en av entreprenørene
7. Brann
8. Sprengningsuhell
9. Strømbrydd med pumpevikt

Disse plasseres i en P/K-matrise som vist i Tabell 2.6.

Tabell 2.6 *P/K-matrise for kvantifisering av risiko.*

Sannsynlighet \ Konsekvens	Liten (<5%)	Middels (5% - 20%)	Stor (> 20%)
Liten (< 1 mill.kr.)	4	2	
Middels (1 - 5 mill.kr.)	3,9	7	1
Stor (> 5 mill.kr.)	6,8	5	

Denne grovsorteringen gir grunnlag for å knytte sannsynlighet og kostnad til hendelsene. Resultatet er vist i tabell 2.7.

Tabell 2.7 Risiko knyttet til hendelser.

Hendelse:	Sannsynlighet	Konsekvens i mill. kr.	Forventet i mill. kr.	Best case i mill. kr.	Worst case i mill. kr.
Flom i elv	0,30	3	0,90		
Mindre utrasning i ur	0,10	0,5	0,05		
Kranvelt	0,05	3	0,15		
Arbeidsulykke	0,05	1	0,05		
Streik	0,10	10	1,00		
Konkurs hos en av entreprenørene	0,05	7	0,35		
Brann	0,10	3	0,30		
Sprengningsuhell	0,03	10	0,30		
Strømbrydd med pumpevikt	0,05	3	0,15		
			<b>3,25</b>	<b>0</b>	<b>8</b>

Vi ser at selv om vi hadde tatt med alle hendelsene ville forventningsverdien blitt ganske liten i forhold til prosjektkostnaden. Det er imidlertid viktig å gjøre øvelsen for å sikre oss at vi ikke har oversett noen virkelige skumlinger. I de tilfellene vi ser på bare risiko, vil best case være 0; det at ingen av hendelsene opptrer. I dette tilfellet er sannsynligheten for at ingen av hendelsene opptrer ca 40%. Worst case vil selvfølgelig være at alle hendelsene opptrer. Ut fra konsekvenskolonnen vil worst-case innebære en merkostnad på ca 40 millioner, men sannsynligheten er kun 1:17 milliarder! Hvis vi skal bygge dette inn i kalkylen som en sannsynlighetsfordeling, vil et trippelanslag på henholdsvis 10%-, 50%- og 90% kvantilen på for eksempel 0, 0 og 8 gi et rimelig bra bilde med en forventningsverdi på 3,3 mill. og et standardavvik på 3,1 mill. Worst-case i tabell 2.5 henspiller på øvre verdi i trippelanslaget.

Resultatene fra figur 2-20 samt tabell 2.5 eller tabell 2.7 kan brukes til å ta hendelsesusikkerheten inn i kostnadsoverslaget.

## 2.4.6 Oppsummering

Hendelsesusikkerhet skyldes muligheten for ulike typer hendelser som kan påvirke prosjektet, og som det kan være behov for avsetninger til å dekke konsekvensene av. Dersom disse hendelsene ikke inntreffer, skal avsetningene leveres tilbake. Det er imidlertid viktig å ha midler til å håndtere disse hendelsene dersom de inntreffer. Hva som trengs av avsetninger for å dekke de ulike usikkerhetene, og når avsetningene trengs, eller hvor lenge det er behov for dem vil variere med type hendelser.



## 2.5 Integrated Risk Modelling Approach (IRMA)

Forskningsprogrammet Demo 2000 gjennomføres i regi av Norges Forskningsråd, og har som mål blant annet å bidra til langsiktig konkurransedyktighet i oljenæringen og fortsatt lønnsom utvikling av ressursene på norsk sokkel. (Demo 2000, 2005). Forskningsprogrammet gjennomførte i 2000-2001 delprosjektet "Integrert Usikkerhetsstyring". Målet for prosjektet var følgende (Pedersen et al., 2001):

"To improve economic performance of oil and gas fields by developing and demonstrating work processes, methodologies and tools within uncertainty management. This will result in efficient identification and communication of uncertainty and improved decision support throughout the lifecycle of an offshore field. Special focus shall be put on early phases up to and including award of major contracts"

For å imøtekomme dette har delprosjektet utviklet IRMA-metoden (Integrated Risk Modelling Approach), en metode for å lage en modell for usikkerhetsanalyse av prosjekter, gitt i rapporten "Standardized method for multidisciplinary uncertainty analysis" (Pedersen et al., 2001).

Metoden beskrives som en kvantitativ metode for å predikere total usikkerhet relatert til ulike investeringsalternativer. Metoden er dermed et instrument for å identifisere kritiske risiki, rangere løsninger og identifisere tiltak for å redusere usikkerhet relatert til fremtidig kontantstrøm. Total usikkerhet består i denne sammenhengen av alle signifikante prosjektinterne eller -eksterne risiki, tekniske, operasjonelle, økonomiske, markeds, politiske etc. Metodikken bidrar til å frembringe et klarere og mer fullstendig beslutningsunderlag gjennom å belyse både oppsiden og nedsiden ved alternativet i et tverrfaglig helhetsperspektiv (Solem, 2003).

Metoden er utviklet for offshore-prosjekter, og har til hensikt å forbedre beslutningsgrunnlaget for prosjektene, ved å integrere usikkerhet fra alle involverte fagdisipliner i én modell. På denne måten kan beslutningsunderlaget baseres på et totalt usikkerhetsperspektiv, og gi en samlet effekt av usikkerhet, både kommersiell, økonomisk og teknisk. (Solem, 2003).

(Pedersen et al, 2001) lister følgende mål for metoden:

- Dekke alle faser i livssyklusen til prosjektet, samt alle de fagdisipliner som er involvert
- Skal gi en integrert sannsynlighetsbasert usikkerhetsanalyse
- Være en beslutningsstøtte for å oppnå deler av målsetningen, som for eksempel høy nåverdi, internrente etc.
- Være en beslutningsstøtte ved å måle kostnadseffektiviteten til ulike alternativer
- Være en beslutningsstøtte ved å avveie kostnadseffektiviteten mot redusert fleksibilitet
- Inneholde en modell for å måle påliteligheten og tilgjengeligheten av produksjonssystemer
- En modell for nåverdiberegninger

- Inneholde en modell for ny teknologi som kan benyttes, eller komme til under livssyklusen (effekten av å ta i bruk ny teknologi)
- Inkluderer en modell som viser avhengighetene mellom basisvariablene

Et av målene med metoden var at den skulle være en standard for bruk i et vidt spekter av situasjoner og behov. Metoden er derfor overordnet, men samtidig bygd opp slik at prosjektspesifikke detaljer kan integreres. Metoden er bygd opp i steg som skal gjennomføres etter hverandre, med klare krav til leveranser fra hvert steg. Når alle steg er gjennomført har man bygd opp en modell av prosjektet, der all usikkerhet er forsøkt integrert. Modellen brukes så til å se hvilke kvantitative effekter usikkerhetselementene har på den totale prosjektkostnaden.

I den følgende gjennomgås metoden steg for steg. Formålet med denne gjennomgangen er å presentere en metode for å lage en modell av virkeligheten, slik at man på forhånd kan ta hensyn til usikkerhet i beslutninger og planleggingen av prosjektstyringen. Beskrivelsen bygger på (Pedersen et al, 2001), og alle figurer er hentet derfra, noen er oversatt til norsk.

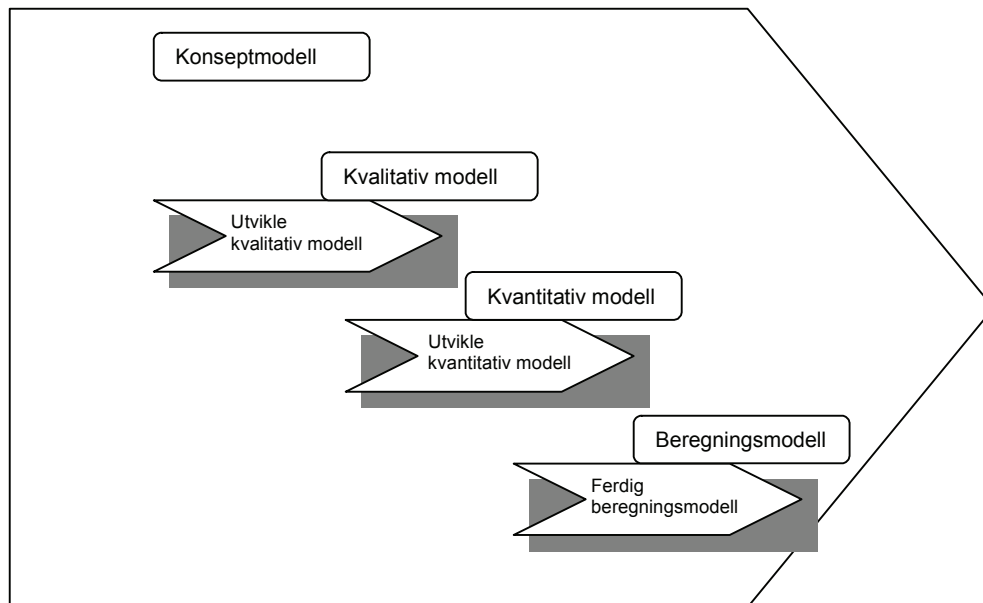
Det er viktig å poengtere at det vi har tatt med her ikke er en beskrivelse av hvordan man gjennomfører usikkerhetsanalysen, ved eksempelvis bruk av tilpassede verktøy som ekspertvurderinger, gruppeprosesser og simuleringsmodeller. Beskrivelsen er snarere en gjennomgang av hvordan man bygger opp en modell av prosjektet, som de nevnte verktøy så kan brukes på. Metoden er altså en generell metode for å bygge en prosjektspesifikk usikkerhetsanalysemodell.

Arbeidet med å utvikle metoden er rettet mot oljeindustrien, noe en del av figurene også bærer preg av- Metoden vurderes imidlertid så generell at den er hensiktsmessig å anvende innenfor alle typer industrier.

Det Norske Veritas, som var en betydelig aktør i Demo 2000, opplyser at svært mye av deres modell for usikkerhetsanalyser bygger på IRMA og det arbeidet som ble gjort i prosjektet.

## 2.5.1 Innholdet i metoden

Metoden består av fire steg vist i figur 2-21.



Figur 2-21 Hovedtrinnene i metoden.

Steg 1, Utvikling av konseptmodell, består av følgende arbeidsoppgaver:

- Identifiser hovedmål for prosjektet, samt beslutningsregler
- Definere omfang og avgrensninger til modellen
- Finne frem til en felles, representativ konseptmodell
- Definere et hensiktsmessig nøyaktighetsnivå

Steg 2, Kvalitativ modell:

- Identifisere indikatorer og indikatormodeller for hovedmålsettingene
- Identifisere nødvendige og tilgjengelige adferdsmodeller
- Identifisere nødvendige og tilgjengelige strukturelle modeller
- Identifisere sammenhenger mellom elementene
- Identifisere en logisk rekkefølge av beregningene

Steg 3, Kvantitativ modell:

- Spesifisere avhengighetene matematisk

- Beskrive adferdsmodellene ved algoritmer
- Detaljere objektene i strukturmodellen med tilhørende egenskaper

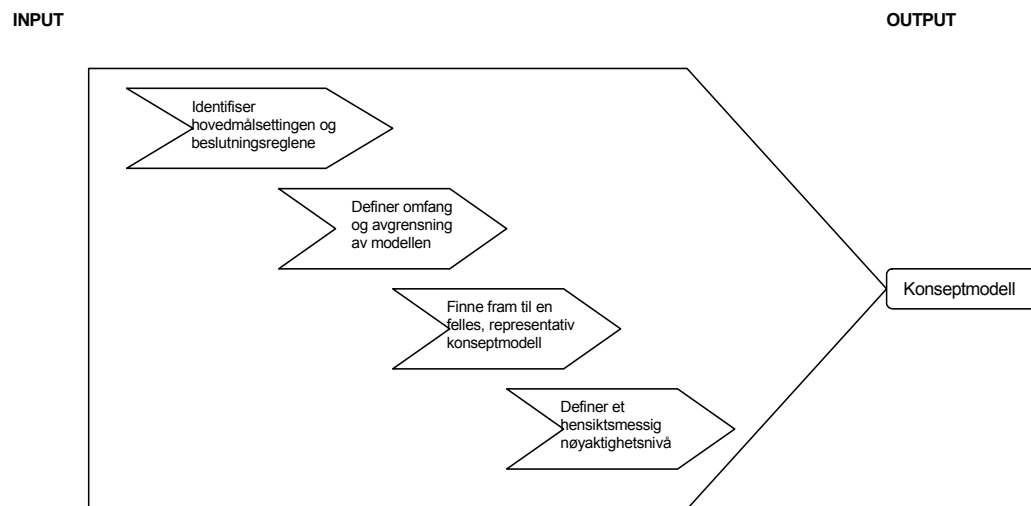
Steg 4, Beregningsmodell:

- Velge en softwaremodell som adekvat beskriver modellen ved de foregående stegene
- Implementere en beregningsmodell basert på spesifikasjonene gitt fra de foregående stegene

I det følgende skal vi se nærmere på innholdet og leveransene fra de ulike stegene.

## Steg 1: Utvikle konseptmodellen

Aktivitetene i steg 1 er vist i figur 2-22.



Figur 2-22 Innholdet i steg 1.

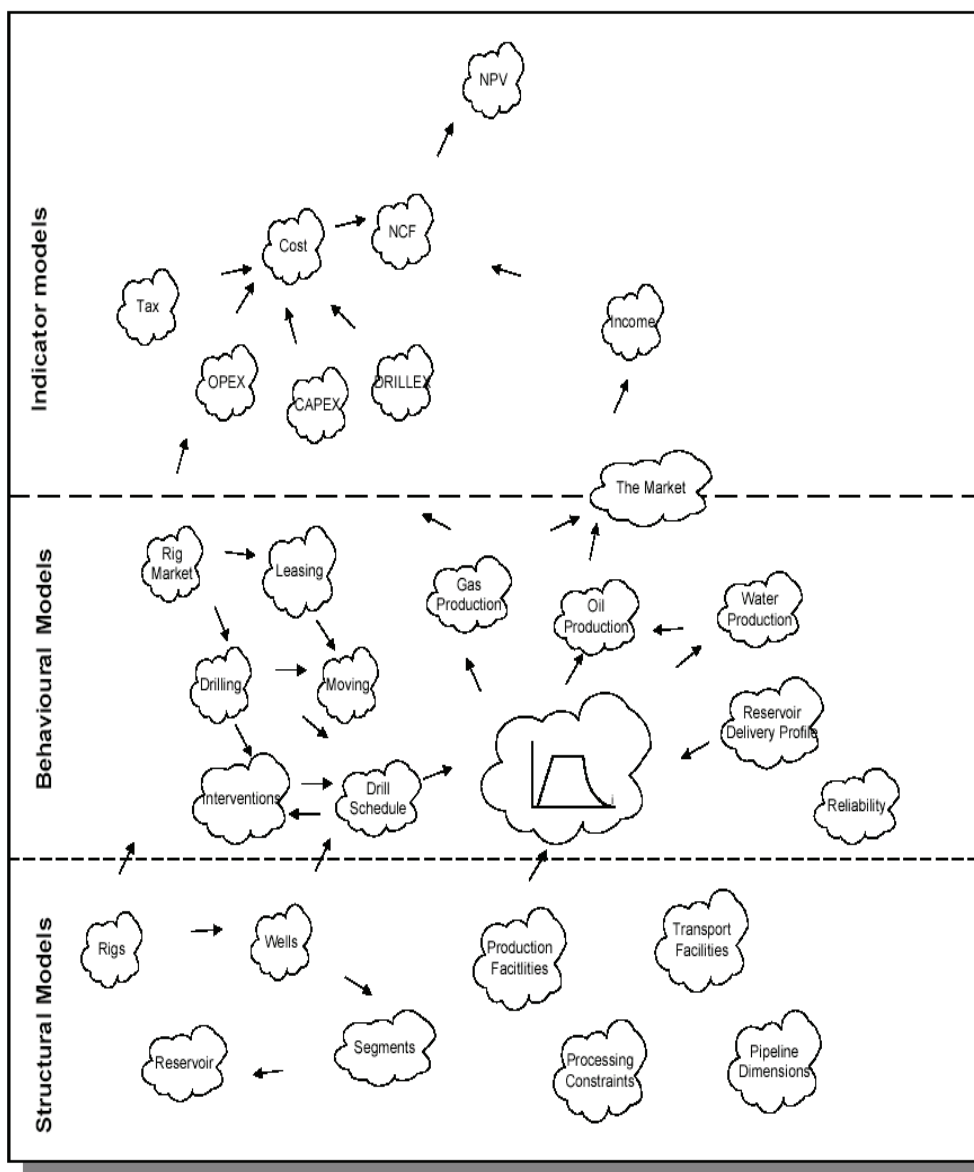
**Identifisere hovedmålsettingen og beslutningskriterier.** Her skal en identifisere hvilke mål en ønsker beregnet (nåverdiberegninger, prosjektets internrente, tid til de første nytteeffektene opptrer, osv). Modellen må inkludere målindikatorer som er relevante for prosjektet. I denne delen av arbeidet er det kun identifisering av hovedmålsettingene som gjennomføres. I tillegg til dette må det etableres beslutningskriterier, slik at det er mulig å rangere de ulike alternativene effektivt.

**Definere omfang og avgrensninger til modellen.** Dette består i å bestemme hvilke parametre og deler av prosjektet som skal inkluderes i modellen. Den integrerte modellen benytter informasjon og data som kommer fra de forskjellige fagdisipliner som er representert i prosjektet. Denne informasjonen aggregeres før den kan benyttes i den integrerte modellen, slik at informasjonen blir på et format som gjør den egnet for beslutningstaking.

**Finne fram til en felles, representativ konseptmodell.** Dette innebærer å utvikle en konseptmodell som dekker de elementer som befinner seg innenfor målområdet til de definerede grensene. Konseptmodellen vil ikke ha den nøyaktighet som det endelige produktet, men vil inneholde de elementer som den endelige modellen vil inneholde.

Ved å dele opp undermodellene i konseptmodellen i henhold til den rollen de skal spille, som definert i figur 2-23, genereres en lagdelt presentasjon som her er kalt en arkitektonisk fremstilling.

De prosjektinterne faktorer som inngår i modellen kan også deles opp i ulike mindre enheter, for lettere å kunne se hva som inngår i denne prosessen. For eksempel om en skulle bruke nåverdi som et kriterium for beslutning vil det være naturlig å dele denne inn i flere deler. Dette vises i figur 2-23, et eksempel for et oljeprosjekt



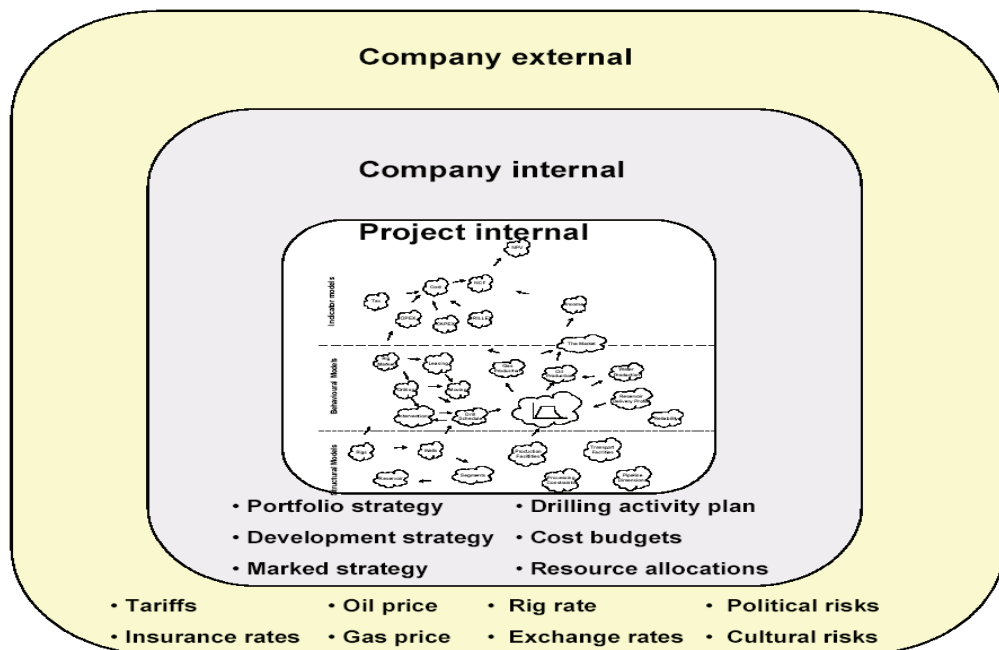
Figur 2-23 Eksempel på inndeling av undergrupper for beregning av nåverdi for prosjektet (Pedersen et al., 2001).

Den øverste delen av denne figuren inneholder indikatormodeller. I dette tilfelle er det snakk om å beregne nåverdi ved hjelp av kontantstrømmer. Det midterste laget illustrerer hvordan adferdsmodeller brukes til å skaffe inngangsdata til indikatormodellene. Nederst i figuren finner vi de strukturelle elementene som adferdsmodellen referer til. Denne delen inneholder normalt sett fysiske og logiske elementer. Eksempelvis rigger, reservoarer, logistikk osv.

I tillegg kan en se for seg at en legger på informasjon og restriksjoner med tanke på bedriftsinterne og bedriftseksterne informasjoner. Bedriftsintern informasjon i denne sammenhengen inneholder variabler eller restriksjoner i henhold til bedriftsstrategien, planer og eksisterende data og informasjonssystemer. Dette er eksterne faktorer til modellen, men kan føre til restriksjoner i modelloppbyggingen. Eksempler på hva som hører hjemme her er: porteføljestrategien, utviklingsstrategien, kostnadsbudsjett, markedsstrategi osv.

Bedriftseksterne restriksjoner inneholder uavhengige variabler som inngår i andre modeller, slik at samspillet mellom disse vil virke restriktivt på modellen. Eksempler på dette er inngåtte tariffes, forsikringspremier, olje- og gasspriser, politiske og kulturelle risikoer, valutaforhold osv.

Når disse tre rammene (bedriftseksterne, bedriftsinterne og prosjektinterne) legges oppå hverandre, fremkommer de rammer som ligger til grunn for den analyse som skal gjennomføres.



Figur 2-24 Illustrasjon på inndeling av de rammer/undergrupper som inngår i planleggingsfasen (Pedersen et al., 2001).

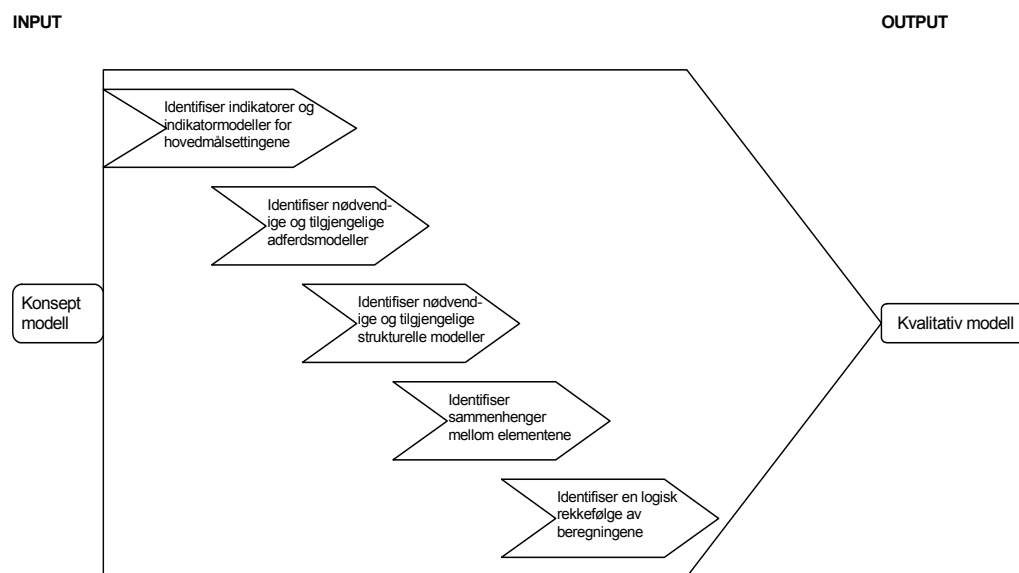
Definere et hensiktsmessig nøyaktighetsnivå. Konkretiseringen i den konseptuelle modellen er lav, slik at nøyaktigheten vil variere. Nøyaktigheten refererer til detaljeringsnivå, som kan variere fra høyt til lavt avhengig av prosjektets fase. For å finne detaljeringsnivået i tidlig fase av prosessen kan en benytte seg av noen generelle regler:

- Undermodellene skal ikke erstatte de mer detaljerte modellene som blir laget av de ulike fagdisipliners eksperter.
- Undermodellenes detaljeringsnivå skal holdes på et minimum. Den skal kun inneholde nok informasjon til å få frem effekten som de identifiserte usikkerhetselementene representerer, og avhengighetene som følger av disse.
- Detaljeringsnivået skal være konsistent i alle inputdata i beregningene, og i forhold til den nødvendige nøyaktighet i outputdataene.

Resultat fra steg 1. Resultatet fra steg 1 er en konseptuell modell med tilpasset ("god nok") nøyaktighet og relativt lavt konkretiseringsnivå. Den viser hovedkonseptet og de viktigste sammenhengene. Implisitt vil modellen definere grensene mellom modell og den virkelige verden eller andre systemer og disipliner som måtte spille inn.

## Steg 2: Utvikle den kvalitative modellen

Steg 2 består av fem ulike aktiviteter, vist i 2-25.



Figur 2-25 *Aktivitetene i steg 2*

Dette steget bringer oss fra konseptmodellen, som gir input informasjon, til prosessen i steg 2 som skal gi informasjon til utformingen av den kvalitative modellen.

Basert på identifiserte hovedmålsetninger fra steg 1, er det utviklet adekvate indikatorer og indikatormodeller som skal gi signaler om i hvor stor grad vi nærmer oss målene, eller i det minste styrer i riktig retning. Eksempler på indikatorer er nåverdi, produksjonsrater, kostnadsutvikling etc. Indikatormodeller er da beregningsmodeller for å finne indikatorene. Fra indikatormodellene blir et antall atferdsmodeller identifisert. Eksempler på slike er produksjonsplaner, fremdriftsplaner og budsjetter (periodiserte). De ulike atferdsmodellene refererer til strukturmodellene, som også kan klarlegges i steg 2. Eksempler på strukturmodeller er riggplaner og transportplaner.

Avhengighetene mellom alle disse modellene er også identifisert i dette trinnet. Spesielt avhengighet av informasjonsflyt mellom de ulike trinnene, for eksempel nødvendigheten av input fra andre modeller. Uansett, avhengighetene er ikke beskrevet matematisk. På dette detaljeringsnivået er det tilstrekkelig å beskrive sammenhengene kvalitativt.

Når en har identifisert sammenhengene mellom de ulike elementene, må den logiske rekkefølgen av beregninger klarlegges, slik at den informasjonen som er nødvendig for neste beregning er tilgjengelig.

Tilnærminger til hvordan en kan fremskaffe nødvendig informasjon. Dette er en metode som krever at en setter sammen en gruppe av mennesker som jobber sammen for å avdekke den nødvendige informasjonen. Det en må være klar over i denne sammenhengen er at mennesket har ulik personlighet, noe som kan føre til misforståelser med tanke på kommunikasjon.

En skal også være oppmerksom på at det kan oppstå interessekonflikter underveis i prosessen. I denne delen av prosessen snakker vi om kvalitativ informasjon, som kommer til ved subjektiv vurdering av den enkelte ekspert som er med i prosessen. Dette er noe som må tas hensyn til når en setter sammen gruppen som skal arbeide sammen.

Også organisasjonskulturen kan være en kilde til mangler i vurderingene. En kan tenke seg til at kulturen i organisasjonen er å unngå åpne konflikter og diskusjoner. Dette kan medføre at en ikke avdekker de nødvendige usikkerhetsmomentene, ved at en kanskje ikke legger frem de forslag en selv mener er riktig for å unngå en konflikt. Det er i denne sammenheng viktig at en har et åpent forhold innad i gruppen, slik at all informasjon fremkommer. En vil være bedre tjent med å heller sortere informasjonen i etterkant, enn at den ikke kommer frem i det hele tatt.

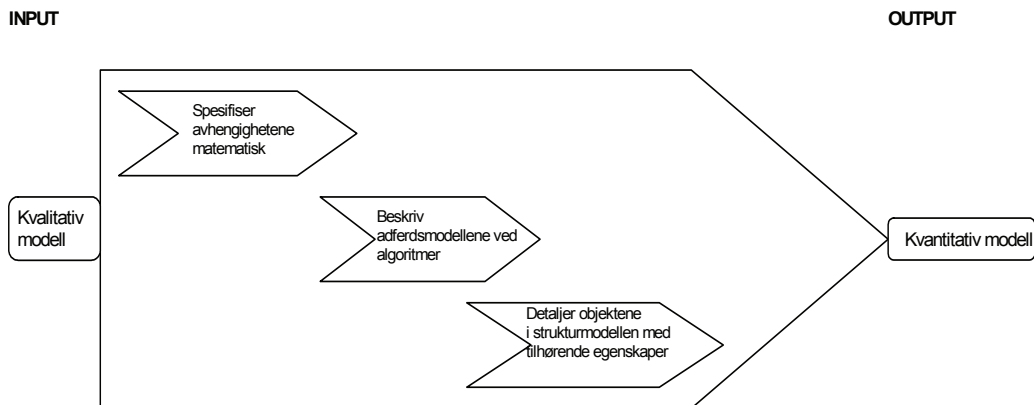
Resultat fra steg 2. Leveransen fra dette steget er ett sett av kvalitative modeller, for eksempel diagrammer eller verbale beskrivelser som viser til vesentlige elementer og avhengigheten mellom disse. De kvalitative modellene som blir til i dette steget er mer detaljerte enn i forrige steg, konseptmodellen.

Den kvalitative konteksten indikerer at modellen er funksjonelt avhengig av andre modeller. En har verken spesifisert eller kvantifisert disse avhengighetene på noen måte. Dette kommer inn i det neste steget i prosessen, ved for eksempel å skape en enhetlig kvantitativ modell.



### Steg 3: Utvikle den kvantitative modellen

De oppgaver som inngår i denne delen av prosessen er vist i figur 2-26.



Figur 2-26 Aktivitetene i steg 3.

Basert på de kvalitative modellene fra forrige steg, blir mer konkrete og matematiske modeller utviklet. Avhengighetene blir også beskrevet ved matematiske termer.

Den kvantitative modellen er mindre generell enn den kvalitative, på den måte at en kvalitativ modell kan lede til flere kvantitative modeller. Kvantitativ modell består av "det analytiske innholdet" i indikator-, atferds- og strukturmodellene. Inputdata, funksjonelle avhengigheter og korrelasjoner er kvantifisert, og sammenhengene (de matematiske) mellom indikatorene for måloppnåelse er definert.

Modellen inneholder en beskrivelse av hvordan outputvariablene er definert eller hvordan de er beregnet med de gitte input variablene. En modell vil da typisk inneholde algoritmer som beskriver hvordan beregningene er utført.

I tillegg til algoritmer, er det formålstjenelig å gi informasjon som gjør modellene lettere å standardisere og dermed bruke igjen ved en senere anledning. Dette inkluderer:

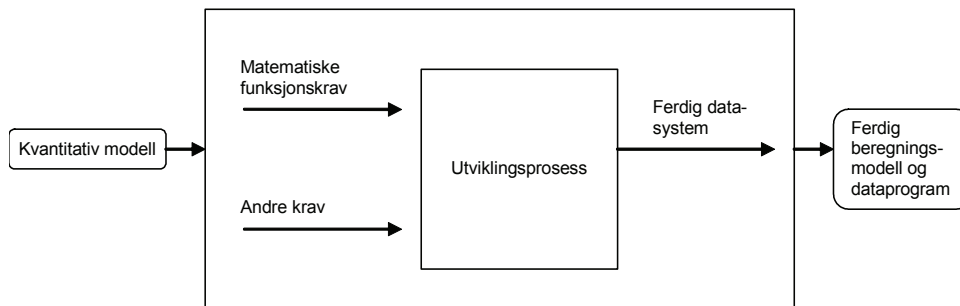
- Verbal informasjon om hensikt, anvendbarhet og antagelser i modellen.
- Beskrivelse av relasjoner og sammenhenger med andre modeller.
- Nødvendige inputvariabler.
- Hvilke variabler som blir beregnet (output variabler).
- Usikkerhetsdrivere for modellen.
- Matematiske avhengigheter mellom elementene i modellen.

Resultat fra steg 3. De resultatene som fremkom av steg 2, er her raffinert videre. Algoritmene og avhengighetene er kvantifisert gjennom produksjonen av den kvantitative modellen. I dette steget har en også konkretisert en del av parametrene. Resultatet fra steg

3 blir i praksis ofte implementert i kalkulasjonsmodellen for lettere å kunne gjøre beregninger av måloppnåelse.

#### Steg 4: Utvikle beregningsmodellen

Hensikten med steg 4 i den standardiserte metoden, er i hovedsak å omforme den kvantitative modellen til en beregningsmodell. For utvikling av beregningsmodellen benyttes de resultater som fremkom fra steg 3, den kvantitative modellen. Resultatet fra steg 4 kan for eksempel være et dataprogram som mer eller mindre realiserer den matematiske modellen som er utviklet i de foregående trinnene.

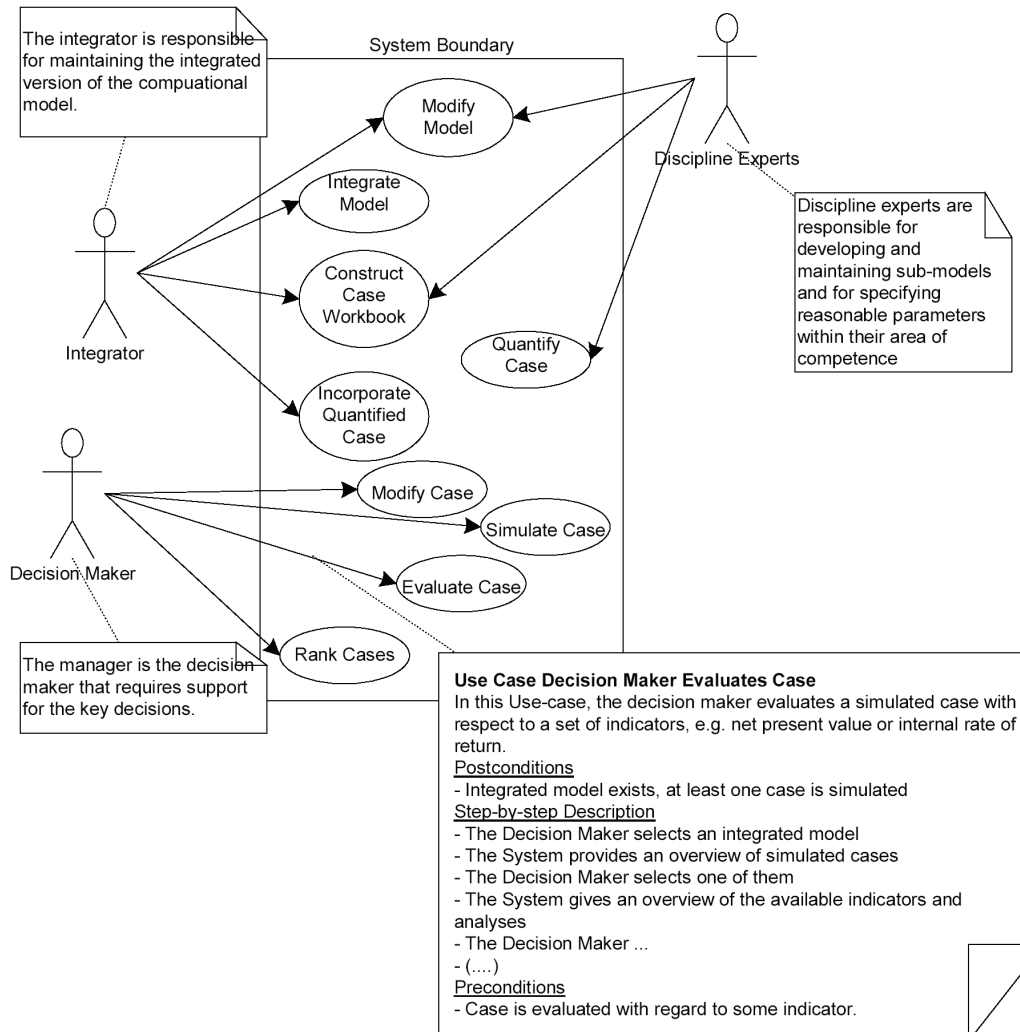


Figur 2-27 *Steg 4, å konvertere den kvantitative modellen til en dataløsning*

Figur 2-27 over viser aktivitetene som inngår i utviklingsprosessen mot et dataprogram. Her er det nødvendig med et verktøy som kan hjelpe til å komme frem til det ferdige produktet.

I (Pedersen et al, 2001) beskrives rammeverket til en prosess som er kalt "Unified Process", som benyttes i steg 4. Unified Process er en felles betegnelse for en prosess som kan spesialiseres avhengig av applikasjoner, type organisasjon, prosjektstørrelse og kompetansenivå. Unified Process er komponentbasert, i den betydning at den er bygd opp av softwarekomponenter som sammenkobles ved veldefinerte grensesnitt.

I stede for de tradisjonelle funksjonsspesifikasjoner, benytter Unified Process seg av "brukscaser" til å avgjøre hva systemet skal kunne forventes å gjøre. Brukscaser beskriver funksjonaliteten med tanke på interaksjonen mellom systemet og dets brukere. De brukes til å rette arbeide inn mot den design, implementering og test av arbeidsflyt som er ønskelig.



Figur 2-28 Illustrasjon av prinsippene for arbeidsflyt i Unified Process (Pedersen et al., 2001).

Når det gjelder Integratoren (se figur 2-28), er denne ansvarlig for å vedlikeholde den integrerte versjonen av beregningsmodellen, en slags driftsansvarlig. Fageksperten er ansvarlig for utvikling og vedlikehold av undermodeller, samt spesifisere akseptable parametere innenfor sitt kompetanseområde. Beslutningstageren/lederen er den som skal ta beslutninger, og er avhengig av et godt beslutningsgrunnlag for å fatte de riktige konklusjonene.

Resultat fra steg 4. The Unified Process tar sikte på en modular tilnærming, hvor systemet er bygget opp av software-komponenter som innbyrdes forbindes via veldefinerte grensesnitt. En kan se for seg at hele systemet er oppbygget av en rekke undermodeller som til sammen danner hele modellen - den standardiserte metoden for multidisiplinær usikkerhetsanalyse.

## 2.5.2 Ferdig modell

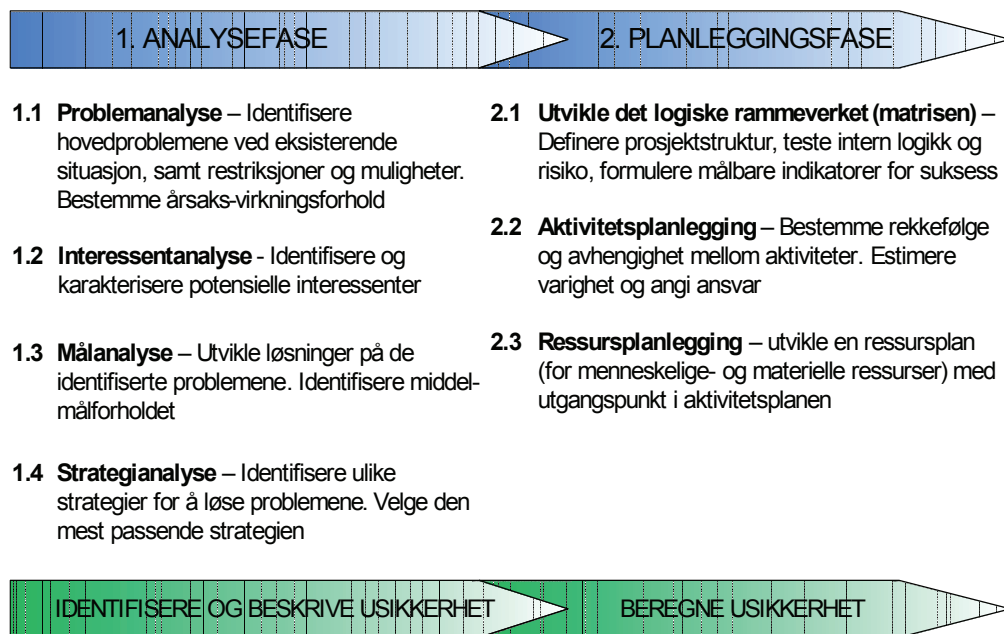
Når alle stegene i metoden er gjennomført har man så etablert en modell av prosjektet. Modellen mates så med input, og man kan få ut en kvantifisert størrelse på prosjektets usikkerhet. Etter hvert som prosjektet forløper vil man få mer og mer informasjon om

prosjektet, og informasjonen vil bli sikrere og sikrere. Derfor vil også prosjektets usikkerhet avta. Prinsippene i metoden er derfor hensiktsmessige for å kontinuerlig ha oversikt over prosjektets usikkerhet, men krever at prosjektet hele tiden mater modellen med ny og oppdatert informasjon.

## 2.6 Logisk rammeverk metode

Logisk rammeverk metode (LRM) er en kvalitativ metode for usikkerhetsanalyse. Hensikten med metoden i konseptfasen<sup>1</sup> er å finne den prosjektstrategien<sup>2</sup> som er realiserbar med utgangspunkt i identifiserte usikkerhetslementer. Metoden baserer seg i sin helhet på det som internasjonalt benevnes som "The Logical Framework Approach" (LFA). Metoden er illustrert i figur 2-29. Punktene i metoden vil bli nærmere beskrevet på de etterfølgende sider.

### Logisk rammeverk metode



Figur 2-29 Fasene i logisk rammeverk metode (LRM). Figuren er basert på European Commission (2004)..

LFA/LRM ble utviklet sent på 1960-tallet for å støtte arbeidet med prosjektplanlegging og prosjektevaluering i "The US Agency of International Development"<sup>3</sup>. Metoden er siden den gang blitt adoptert og utviklet av flere myndigheter og organisasjoner<sup>4</sup>.

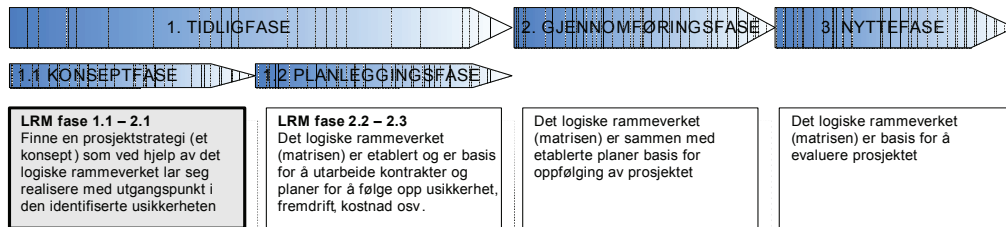
1. Konseptfasen defineres her som perioden fra ideen oppstår, frem til regjeringen tar beslutning om forprosjekt skal settes i gang (altså rett etter KS1).

2. Kombinasjon av samfunns mål, effektmål, resultatmål, aktiviteter og input (kan betraktes som selve konseptet, den overordnede ideen)

3. <http://www.usaid.gov/>

4. Blant annet "UK Department for International Development, DFID", "Canadian International Development Agency, CIDA", "The OECD Expert Group on Aid Evaluation", "The International Service for National Agricultural Research, ISNAR", "Australia's AusAID" og "Tysklands GTZ".

Metoden er nok mest benyttet i forbindelse med planlegging og evaluering av internasjonale bistandsprosjekter, men den er også anvendelig for andre typer prosjekter. I denne sammenheng vil LRM bli forsøkt fremstilt som en mulig metode for usikkerhetsanalyse i konseptfasen for store statlige investeringsprosjekter som er omfattet av statens kvalitetssikringsordning. I figur 2-30 er metodens anvendelighet i ulike faser av store statlige investeringer illustrert. Den grå boksen med tykk uthevet ramme er fokus for den videre beskrivelse.



Figur 2-30 LRM's anvendelse i ulike faser av store statlige investeringer.

En usikkerhetsanalyse er en systematisk fremgangsmåte for å identifisere, beskrive og beregne usikkerhet (Klakegg et al., 2003). I LRM både identifiseres og beskrives usikkerhet, men den verken beregnes eller presenteres som en kvantitativ størrelse (i hvert fall ikke i konseptfasen av prosjektet). Det gjøres imidlertid en subjektiv vurdering av både sannsynlighet og konsekvens av de ulike usikkerhetselementene i det planlagte prosjektet (se kapittel 2.6.2). Målet er som nevnt å finne den prosjektstrategien som lar seg realisere med utgangspunkt i de identifiserte usikkerhetselementene.

Selve testningen for å finne den optimale prosjektstrategien gjøres i et logisk rammeverk (fase 2,1 i LRM, se figur 2-29). Rammeverket er en måte å strukturere hovedelementer i et prosjekt på, der en tester ut logiske koblinger mellom tiltenkt input<sup>5</sup>, planlagte aktiviteter<sup>6</sup> og forventet resultat<sup>7</sup>. Det logiske rammeverket er en del av en fleksibel prosess der en kan teste ut ulike prosjektstrategier som skal løse et beskrevet problem. LRM innebærer også en beskrivelse av problemet, en beskrivelse av mål, og en kartlegging og beskrivelse av usikkerhets-elementer som har innvirkning på målene og ressursene (se figur 2-29). LRM i sin helhet omfatter også fasene aktivitetsplanlegging og ressursplanlegging, men disse beskrives ikke nærmere i denne sammenheng.

I innovative prosjekter der usikkerheten er stor og tilgjengelig informasjon er mangelfull, er en antagelig bedre tjent med systematisk bruk av enkle kvalitative vurderinger enn av mer avanserte kvantitative metoder (Samset, 2001). LRM kan derfor være velegnet i tidligfasen av store statlige investeringsprosjekter i perioden før KS1.

5. Fysiske eller ikke fysiske ressurser som er nødvendige for å gjennomføre de planlagte aktivitetene og lede prosjektet. Man kan skille mellom menneskelige ressurser og materielle ressurser.

6. Oppgaver som må gjennomføres for å oppnå resultatene. Eksempler på aktiviteter for bygging av nytt vannforsyningsanlegg til et nytt samfunn kan være: Videre prosjektering, etablere brukerkomiteé og vedlikeholdsprosedyrer, byggeplassplanlegging, innsamling av byggemateriell, prosjektere tank og legge rørledninger og igangkjøring.

7. Produktet av de iverksatte aktivitetene. Noen kilder, for eksempel AusAID (2005), benevner resultatene som "output". Eksempler på resultater/output er: Veien er bygget, barna er vaksinert, personalet er opplært, vannrenseanlegg er bygget osv.

Det gjøres oppmerksom på at usikkerhet i LRM formuleres i positive termer, som antagelser eller forutsetninger. For eksempel skal usikkerhetselementet<sup>8</sup> "dårlige grunnforhold" uttrykkes som "grunnforholdene er gode" (les mer om begrunnelsen for dette i kapittel 2.6.2). Videre i dette kapittelet om LRM vil altså usikkerhetselementer uttrykkes som antagelser.

### 2.6.1 Analysefase

Før en starter planleggingsfasen med å teste ut den valgte prosjektstrategien i det logiske rammeverket, er det nødvendig å gjøre en strukturert analyse av den eksisterende situasjonen i en analysefase. (Samset 2001) beskriver en tilnærming til dette som går via en systemanalyse<sup>9</sup>, mens EU-kommisjonen (European Commission, 2004) og (AusAID 2005) beskriver en tilnærming som består av de fire analytiske stegene:

1. Problemanalyse
2. Interessentanalyse
3. Målanalyse og
4. Strategianalyse

Hvert steg er nærmere beskrevet i de etterfølgende kapitler. Det understrekes imidlertid at man i praksis bør tilnærme seg planleggingen som en iterativ prosess, og ikke som en stegvis prosess der den ene oppgaven avløser den andre. For eksempel beskrives det her at interessentanalysen kommer etter problemanalysen. I praksis vil interessentanalysen være noe som pågår gjennom hele analysefasen og til dels planleggingsfasen. Det vil imidlertid være nødvendig å gjøre en innledende interessentanalyse før problemanalysen for å klargjøre hvem som skal være involvert i problemanalysen.

#### **Problemanalyse**

I en problemanalyse identifiseres alle de negative sidene ved en eksisterende situasjon, og det etableres "årsak-virkningskjeder" mellom de identifiserte problemene. Formålet med problemanalysen er å forsikre seg om at det er hovedårsakene som blir identifisert, og ikke bare "symptomer" av hovedproblemet.

For å eksemplifisere dette kan en tenke seg at en går til legen fordi en har hodepine, hvorav legen foreskriver smertestillende uten å stille en detaljert diagnose. Da behandler legen virkningen og ikke årsaken til hodepinen. Uten å finne den underliggende årsaken til hodepinen er det sannsynlig at smerten vil komme tilbake så snart virkningen av medisinen går ut. Prosjekter som bare løser symptomer av et problem, og ikke selve problemet vil derfor etter all sannsynlighet ikke ha varig virkning, relevans og bærekraft<sup>10</sup>.

---

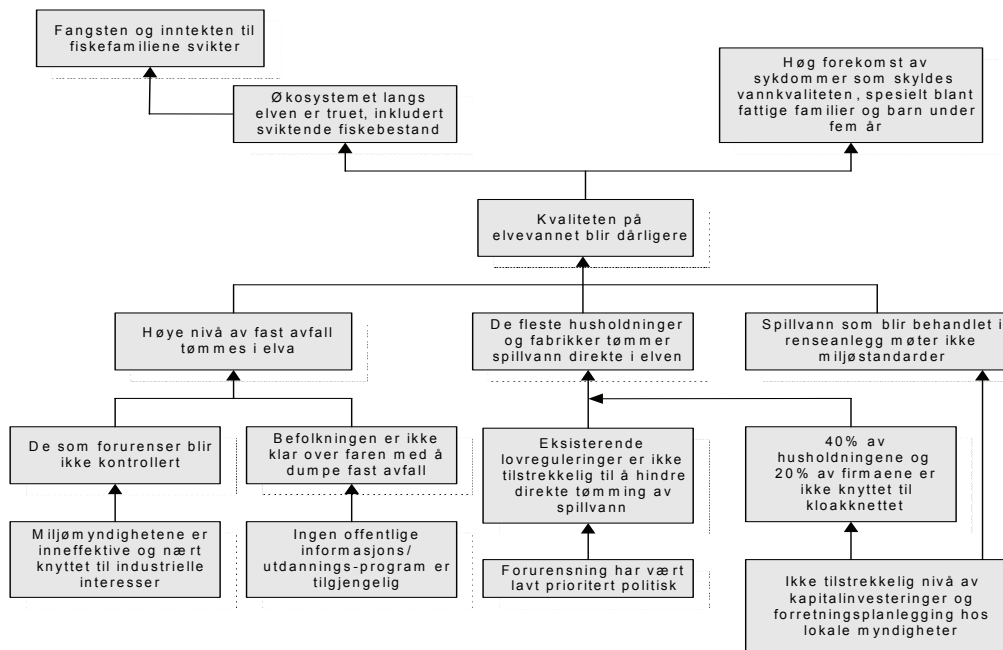
8. Eller mer riktig: "risikoelementet" (uttrykker negativt utfall av usikkerhet)

9. Fremgangsmåten i en systemanalyse beskrives ikke nærmere her. For mer informasjon, se Samset (2001).

10. De tre evalueringskriteriene, basert på OECD (2005).

Et vanlig verktøy i en problemanalyse er det såkalte "problemtreet". Figur 2-31 viser et eksempel på et slikt tre. Eksemplet er basert på en forurenset elv og dens innvirkning på inntekter og helse. Man starter nederst med grunnårsakene, og "rota" på treet blir et slags feiltre som viser årsakssammenhengene frem til hendelsen, tilstanden eller problemet. Hva hendelsen så kan føre til er utviklet videre i et kvalitativt hendelsestre.

Metoden med problemtre kan utvikles videre til hjelp for å finne sannsynlighet for uønsket tilstand og hva som vil være konsekvensene.



Figur 2-31 Problemtre som viser årsak-virkningsforholdet mellom de ulike problemene knyttet til en forurenset elv og dens innvirkning på inntekter og helse

Problemtreet representerer en slags oppsummering av den eksisterende negative situasjonen. I mange tilfeller vil problemanalysen være det mest kritiske steget i planleggingen, fordi det legger føringer på alle de etterfølgende stegene.

Mer informasjon om hvordan man går frem og hvilke ting man bør være spesielt oppmerksom på i en problemanalyse finnes blant annet i (European Commission, 2004) og (AusAID, 2005).

## Interessentanalyse

Når hovedproblemene er identifisert og forholdet mellom årsak og virkning er beskrevet, må en vurdere hvilke interessenter som påvirkes mest av problemet. Interessentene er alle personer, institusjoner eller firma som har en interesse knyttet til prosjektet.

I noen tilfeller kan det være tilrådelig å gjennomføre en innledende interessentanalyse før problemanalysen. Det kan for eksempel være sterke interessekonflikter blant interessentene som kan påvirke deres bidrag inn i analysen av problemet. Hvis det er tilfelle bør dette være

kjent på forhånd slik at problemanalysen kan bli mer objektiv, og prioritere den eller de som i virkeligheten har det største problemet.

Grovt sett går analysen ut på å kartlegge og beskrive interessentene sine behov, krav og forventninger. Hensikten er å maksimere de sosiale, økonomiske og institusjonelle fordelene med prosjektet for målgruppen og endelig sluttbruker, samt å minimere de potensielle negative virkningene (inklusive konflikter blant interessentene).

Hovedstegene i en interessentanalyse er (AusAID, 2005):

1. Identifiser alle interessentene (de kan være på ulike nivå, både lokalt, regionalt og nasjonalt)
2. Undersøk deres respektive roller, interesser, relative makt og kapasitet til å delta (styrker og svakheter)
3. Identifiser grad av samarbeid eller konflikt i forholdet mellom interessentene, og
4. Tolk funnene fra analysen og innarbeid den relevante informasjonen i planleggingen.

For å skille mellom de ulike interessentene kan det være nyttig med en oversikt over terminologi. Herunder gis en kortfattet oversikt over terminolog i som benyttes av EU-kommisjonen (European Commission, 2004). Begrepene er gitt på engelsk, men forklaringen på begrepene er oversatt til norsk.

1. Stakeholders: Personer eller institusjoner som kan, direkte eller indirekte, positivt eller negativt, påvirke eller bli påvirket av et prosjekt eller program <sup>11</sup>.
2. Beneficiaries: De som har nytte av implementering av prosjektet. Et skille kan settes mellom: Target group(s): Gruppe/instans som blir positivt påvirket av prosjektets formål. Final beneficiaries: De som har nytte av prosjektet på lang sikt, for eksempel samfunnet eller en større sektor.
3. Project partners: De som implementerer prosjektet (som er interessenter, og kan være "target groups")

Det henvises til underlagslitteratur for å få mer informasjon om stegene i interessentanalysen og hvordan man benytter verktøy for å gjennomføre den. Se for eksempel (European Commission, 2004) og (AusAID, 2005). Nyttig informasjon finnes også i (Johansen og Standal, 2004).

---

<sup>11</sup>. En gruppe prosjekter omtales ofte som en portefølje eller som et program (Berntsen og Sunde, 2003).



## Målanalyse

Analyse av mål er en metodisk tilnærming for å

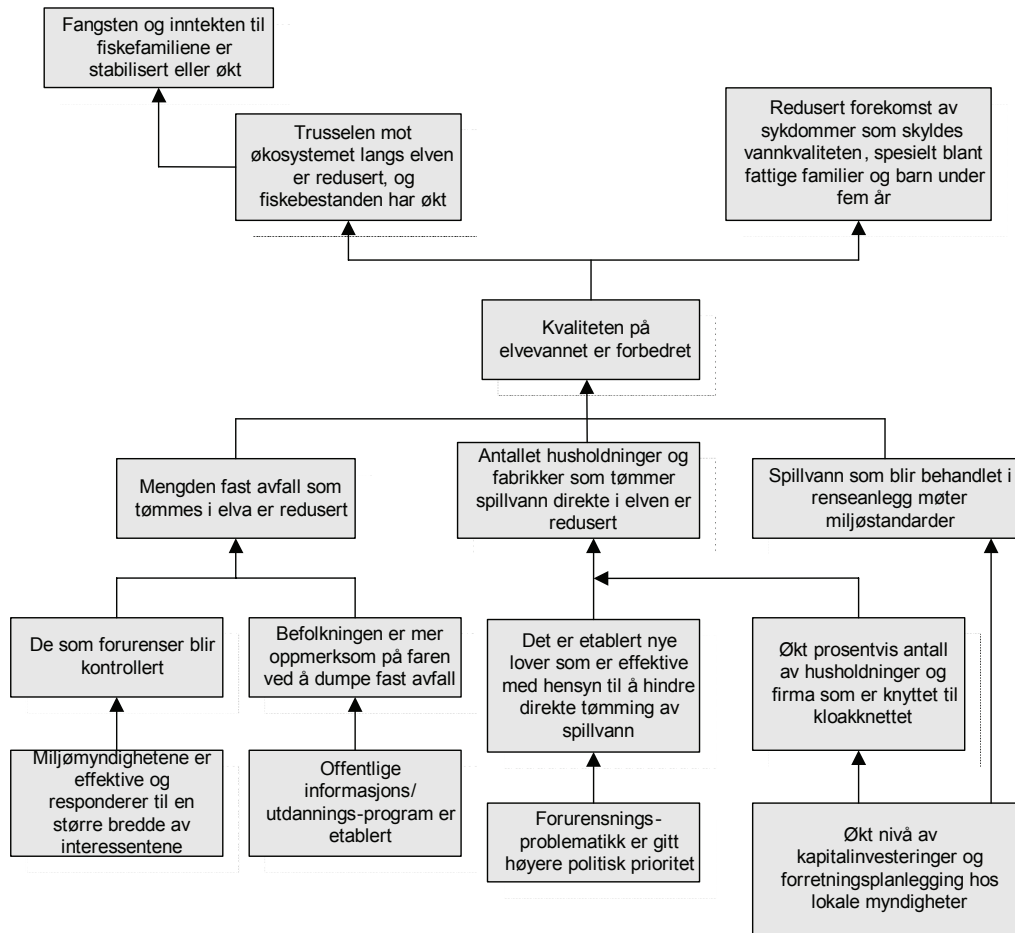
- Beskrive en situasjon i fremtiden etter at de identifiserte problemene har blitt løst
- Verifisere målhierarkiet (bekrefte at målene stemmer)
- Illustrere "middel-mål" forholdene i et diagram

De "negative situasjonene" fra problemtreet skal nå konverteres over til løsninger som er uttrykt som "positive oppnåelser". For eksempel skal "kvaliteten på ellevannet er dårlig" konverteres til "kvaliteten på ellevannet er forbedret". Disse "positive oppnåelsene" er i realiteten mål, og de kan presenteres i et diagram av mål som viser "middel-mål" hierarkiet. Et slikt diagram kan bidra til å skape en tydelig oversikt av den ønskede fremtidige situasjonen. Et eksempel på måltre er vist i figur 2-32.

Når måltreet er utarbeidet bør en sjekke følgende (AusAID, 2005):

- Er målene klare og entydige?
- Er linkene mellom målene logiske, fornuftige og tilstrekkelige? (Vil oppnåelsen av det ene målet støtte opp under oppnåelsen av målet/målene som ligger ovenfor i målhierarkiet?)
- Er det behov for å legge til nye mål?
- Er risikoen for å oppnå målene og få bærekraftige resultater håndterlig?
- Er den overordnede strukturen enkel og entydig? Forenkle hvis nødvendig.

Interessentgruppene bør konsulteres i prosessen med å svare på de ovennevnte spørsmålene. Når dette er gjort vil måltreet være en slags oppsummering av den ønskede fremtidige situasjonen.



Figur 2-32 Viser et måltre der de "negative situasjonene" fra problemtreet er konvertert over til "positive oppnåelser".

Se for eksempel (Klakegg, 2004) og kapittel fire i (Næss et al, 2004) for mer informasjon om mål knyttet til statlige investeringsprosjekter.

## Strategianalyse

Gjennom prosessen med interessentanalyse, problemanalyse og målanalyse vil det ha kommet frem synspunkter forbundet med å løse problemet på ulike måter. Det vil være både risiko og muligheter knyttet til de ulike måtene å løse problemet på. Dette må diskuteres videre slik at man kan bestemme det sannsynlige omfanget av prosjektet/konseptet før man setter i gang mer detaljert arbeid.

Typen spørsmål som bør stilles og besvares på dette steget kan være (AusAID, 2005):

- Skal alle de identifiserte problemer og/eller mål håndteres, eller bare noen få utvalgte?
- Hvilken prosjektstrategi<sup>12</sup> er det som mest sannsynlig gir det ønskede resultatet og fremmer bærekraftige fordeler?
- Hva er den sannsynlige investeringskostnaden og driftskostnaden for ulike prosjektstrategier, og hva har vi råd til?
- Hvilken prosjektstrategi ivaretar best behovene til identifiserte sårbare grupper?
- Hvordan kan potensielle negative hendelser (risiko) fra omgivelsene reduseres og unngås?

Dette steget er ofte det vanskeligste og mest utfordrende, fordi det dreier seg om å sette sammen en stor mengde informasjon for å deretter ta en kompleks beslutning om hvilken prosjektstrategi en vil gå videre med. I praksis må en kompromisse for å få en balansegang mellom de ulike interessentene og praktiske restriksjoner.

Beslutningen om valg av prosjektstrategi kan gjøres lettere hvis det finnes et avgjort sett av kriterier å vurdere prosjektstrategiene opp mot. Noen kriterier for valg av prosjektstrategi kan inkludere (AusAID, 2005):

- Nytte for målgruppene
- Bærekraftig nytte
- Totalkostnad
- Drift- og vedlikeholdskostnad
- Økonomisk levedyktighet
- Teknisk gjennomførbarhet
- Bidrag til institusjonell styrke
- Virkning på omgivelsene
- Samsvar med offentlige prioriteringer

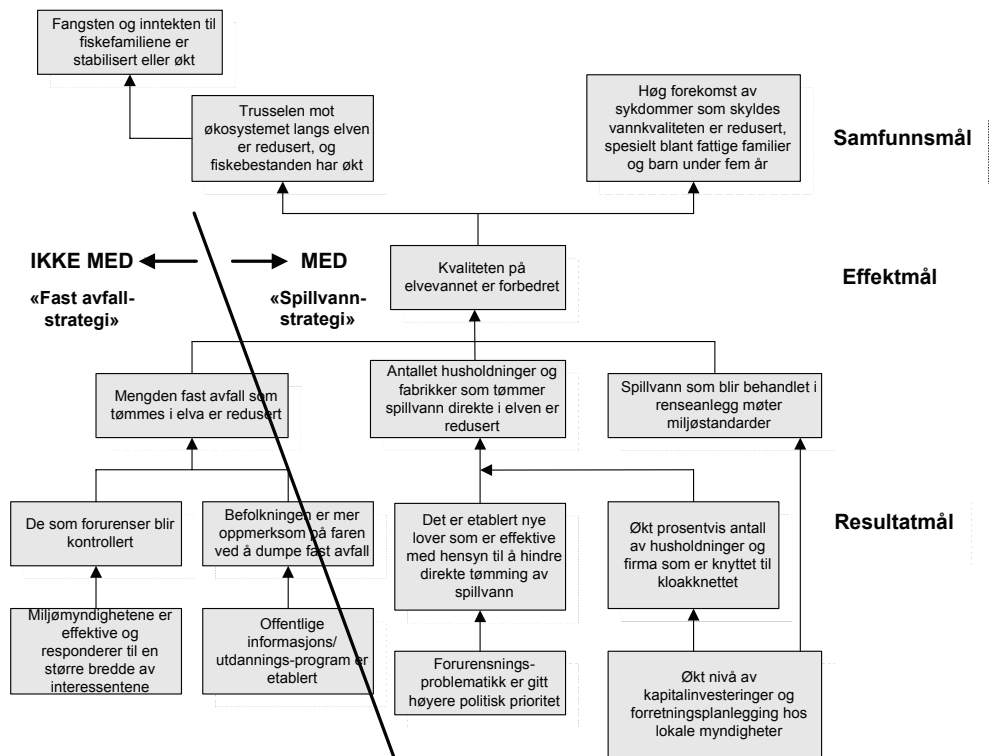
---

12. Kombinasjon av samfunns mål, effektmål, resultatmål, aktiviteter og input (kan betraktes som selve konseptet, den overordnede ideen).

Alternativt kan følgende kriterier basert på (Finansdepartementet, 2004) benyttes:

- Relevans i forhold til
  - Behov
  - Samfunnsprioriteringer
  - Eksisterende portefølje av prosjekter under det aktuelle departement/etat
  - Gjennomførbarhet i forhold til
  - Forventet kostnad
  - Tidsramme
  - Kvalitet
  - Sammensetning og rekkefølge av prosjektelementer til et totalprosjekt
  - Levedyktighet i driftsfasen med vekt på
  - Økonomisk samfunnsnytte
  - Finansiell bæreevne
  - Usikkerhet

I eksemplet med den forurensede elven er det på basis av en vurdering av et sett av kriterier valgt å fokusere på en "spillvannstrategi". Dette er illustrert i figur 2-33.



Figur 2-33 Hvordan man på basis av et sett av kriterier har valgt å gå for en bestemt prosjektstrategi (i dette eksemplet en "spillvannstrategi")

Den valgte prosjektstrategien vil deretter bli brukt til å formulere den første kolonnen i det logiske rammeverket.

## 2.6.2 Planleggingsfasen

Resultatene fra interessentanalysen, problemanalysen, målanalysen og strategianalysen skal brukes som grunnlag for å forberede det logiske rammeverket (matrisen). Matrisen skal fungere som en oppsummering av hele prosjektdesignet, men bør likevel ikke være på mer enn ca. fire sider. Generelt sett anbefales det at matrisen bare inkluderer prosjektets samfunns mål, effektmål og resultatmål, og at detaljaktiviteter blir beskrevet og dokumentert separat (for eksempel i en tidsplan). I følge (European Commission, 2004) og (AusAID, 2005) bør heller ikke detaljinformasjon om input<sup>13</sup> være med i matrisen, da dette også kan presenteres bedre på andre måter. Til tross for dette påpekes det at man må opprettholde den logiske linken mellom resultater, aktiviteter, ressurser og kostnader. (Samset, 2001) har imidlertid med en egen rad for input. Hvilket format man velger er likevel mindre viktig enn "The quality of thinking".

Matrisens oppbygging kan variere noe. I (European Commission, 2004) og (AusAID, 2005) presenteres en matrise som består av fire kolonner og et sett av rader, vanligvis tre eller fire stk. En slik matrise er illustrert på figur 2-34 under (en rad for aktiviteter er inkludert i dette eksemplet). (Samset, 2001) bygger opp matrisen ved hjelp av kun to kolonner, ved at den første og andre kolonnen i figuren under slås sammen til en kolonne. Den tredje kolonnen er strengt tatt ikke nødvendig i rammeverket og kan eventuelt dokumenteres separat.

Prosjekbeskrivelse / prosjektstrategi	Indikatorer	Kilder	Antagelser (usikkerhet)
<b>Samfunns mål:</b> Den overordnede virkningen som prosjektet bidrar til, på nasjonalt nivå eller sektor nivå	Måler graden av bidrag fra prosjektet til å oppnå samfunns målet. Brukes ved evaluering. Det er ofte ikke passende for prosjektet selv å samle denne informasjonen	Kilder til informasjon og metoder som blir brukt til å samle og rapportere. Bør også inneholde informasjon om «hvem» og «hvor ofte»	
<b>Effektmål:</b> Resultatet etter at prosjektet er ferdig; den forventede nytten for målgruppen	Hjelper til å svare på spørsmålet «hvordan vet vi at effekten er oppnådd?» Bør inneholde passende informasjon om kvantitet, kvalitet og tid	Kilder til informasjon og metoder som blir brukt til å samle og rapportere. Bør også inneholde informasjon om «hvem» og «hvor ofte»	Antagelser (faktorer utenfor prosjektledelsens kontroll) som som kan virke inn på linken mellom effektmål og samfunns mål
<b>Resultatmål:</b> De virkelige resultatene som prosjektet leverer, og som i stor grad er under prosjektledelsens kontroll	Hjelper til å svare på spørsmålet «hvordan vet vi at resultatene er oppnådd?» Bør inneholde passende informasjon om kvantitet, kvalitet og tid	Kilder til informasjon og metoder som blir brukt til å samle og rapportere. Bør også inneholde informasjon om «hvem» og «hvor ofte»	Antagelser (faktorer utenfor prosjektledelsens kontroll) som som kan virke inn på linken mellom resultatmål og effektmål
<b>Aktiviteter:</b> Oppgavene som må utføres for å levere de planlagte resultatene	<i>(I denne boksen er det noen ganger en oppsummering av fysiske og ikke-fysiske ressurser) (For eksempel menneskelige og materielle ressurser)</i>	<i>(I denne boksen er det noen ganger en oppsummering av kostnader/budsjett)</i>	Antagelser (faktorer utenfor prosjektledelsens kontroll) som som kan virke inn på linken mellom aktiviteter og resultatmål

Figur 2-34 Et logisk rammeverk bestående av fire kolonner og fire rader. (European Commission, 2004)

13. Fysiske eller ikke fysiske ressurser som er nødvendige for å gjennomføre de planlagte aktivitetene og lede prosjektet. Man kan skille mellom menneskelige ressurser og materielle ressurser.

En nærmere beskrivelse av innhold og formulering av samfunns mål, effektmål og resultatmål for store statlige investeringer finnes i (Klakegg, 2004) (utarbeidet uavhengig av LRM).

Det fylles inn informasjon i matrisen gjennom en iterativ prosess. Etter hvert som matrisen utvikler seg må gammel informasjon gjennomgås og om nødvendig endres. Det er likevel en generell rekkefølge i forhold til hva slags informasjon som skal først og sist inn i matrisen. Man starter øverst i den første kolonnen og jobber seg nedover, deretter starter man nederst i den fjerde kolonnen og jobber seg oppover. Den teoretiske rekkefølgen er nummerert fra 1 til 13 i matrisen på figur 2-35.

Prosjektbeskrivelse / prosjektstrategi		Indikatorer		Kilder		Antagelser (usikkerhet)	
Samfunns mål	1		8		9		
Effektmål	2		10		11		7
Resultatmål	3		12		13		6
Aktiviteter Valgfritt å ta med i matrisen	4	Ikke inkludert		Ikke inkludert		Valgfritt å ta med i matrisen	5

Figur 2-35 En generell rekkefølge for hva som gjøres først og sist i det logiske rammeverket. (European Commission, 2004)

## Første kolonne i matrisen

### Logikk

Den første kolonnen i det logiske rammeverket (les figur 2 30) oppsummerer "middel-mål-logikken" i det foreslåtte prosjektet. Når målhierarkiet leses fra bunnen og opp, kan det se slik ut:

- Hvis en har tilstrekkelig med input/ressurser, da kan aktivitetene settes i gang
- Hvis aktivitetene er satt i gang, da kan resultatene nås
- Hvis resultatene er nådd, da kan formålet/effektmålet bli nådd, og
- Hvis effektmålet er nådd, da kan dette bidra til å nå det overordnede målet/samfunns-målet.

Omvendt kan det samme fremstilles slik:

- Hvis vi ønsker å bidra til oppnåelsen av det overordnede målet, da må effektmålet oppnås
- Hvis vi ønsker å oppnå formålet, da må vi levere de spesifikke resultatene
- Hvis vi ønsker å levere resultatene, da må de spesifikke aktivitetene gjennomføres, og
- Hvis vi gjennomfører de spesifikke aktivitetene, da må vi bruke av ressursene/inputen.

Logikken mellom input, resultatmål, effektmål og samfunns mål testes i forhold til antagelsene i fjerde kolonne av matrisen (se neste delkapittel).

### *Påvirkning fra ledelsen*

Det logiske rammeverket hjelper til å indikere graden av kontroll som ledelsen har over de forskjellige målnivåene i prosjektet (altså et uttrykk for hvor godt ledelsen kan håndtere usikkerhet). Ledelsen skal ha en signifikant kontroll over inputen, aktivitetene og leveransen av resultatene, og den skal bli holdt ansvarlig for å effektivt lede disse elementene av prosjektet. Ledelsen kan imidlertid kun utøve påvirkning over oppnåelsen av prosjektets effektmål gjennom måten leveransen av resultatene er ledet. Prosjektledere har generelt ikke noen direkte innvirkning over bidraget prosjektet har til oppnåelsen av samfunns målet, og en kan bare forvente at de overvåker gjennomføringen og prosjektets omgivelser (usikkerhet) for å sikre at prosjektet fortsetter å være kontekstuel relevant.

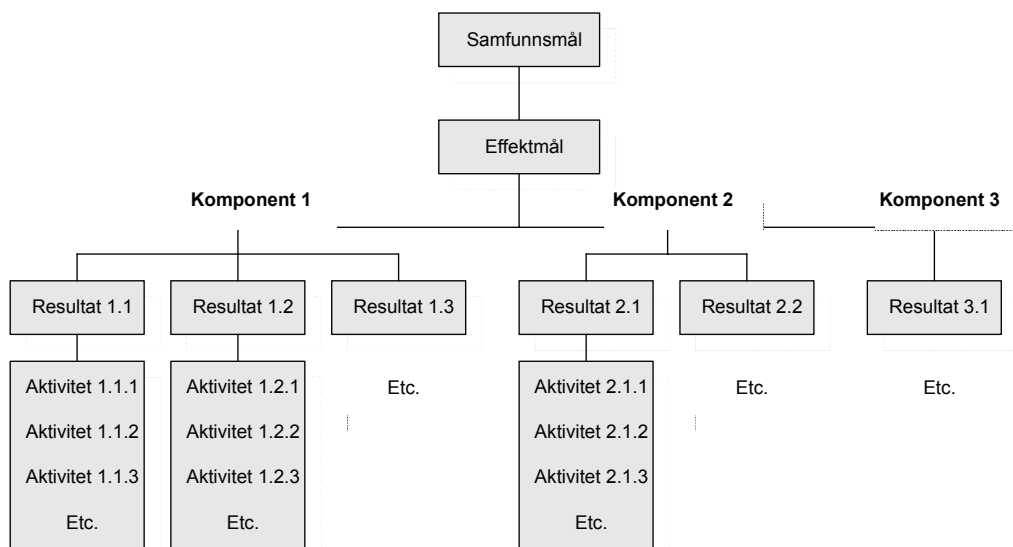
Det kan være nyttig å skille mellom prosjektresultater og kontraherte resultater. Et prosjektresultat, som vist i matrisen, er vanligvis et produkt av aktiviteter fra flere ulike interessenter. I slike tilfeller vil det være upassende for bestilleren å holde prosjektlederne for de kontraherte resultatene fullt ut ansvarlig for oppnåelsen av prosjektresultatene. De skal holdes ansvarlig for de kontraherte resultatene. Kontraherte resultater skal spesifikt definere hva kontraktøren må levere (innen deres kontroll) for å bidra til å oppnå prosjektresultatene.

### *Prosjektkomponenter*

Det kan være nyttig å gruppere relaterte prosjektresultater, aktiviteter og input inn i prosjektkomponenter. Dette gjelder spesielt for store komplekse prosjekter.

Komponentene kan struktureres ulikt, for eksempel på basis av:

- Teknisk fokus
- Ledelsesansvar/organisasjonsstruktur
- Geografisk lokalisering
- Fasemodell



**Figur 2-36** *Måltre som viser hvordan flere resultater kan slås sammen til komponenter. Målene har referansenummer, noe som kan være nyttig for å illustrere sammenhengen mot aktivitetsplaner, ressursplaner, budsjettplaner osv. (European Commission, 2004)*

## Lage klare mål og unngå vanlige logikkproblem

Målformuleringene i det logiske rammeverket må holdes så klare og konsise som mulig. Det er også nyttig å standardisere måten hierarkiet med mål er beskrevet på. I følge European Commission (2004) bør følgende benyttes:

- samfunnsmålet uttrykkes som "Bidra til...",
- effektmålet uttrykkes som fordeler/nytte for målgruppen, for eksempel "Økt.../Forbedret...",
- resultatmålene uttrykkes som konkrete resultater, for eksempel "Økt.../Produsert.../Gjennomført...", og
- aktivitetene uttrykkes i nåtid med et aktivt verb, for eksempel "Forberede.../Design.../Prosjekttere.../Undersøke..."

Et vanlig problem med å formulere mål er at formålet (effektmålet) er formulert som summen av resultatmålene. Dårlig praksis og god praksis er illustrert på figur 2-37 under.

DÅRLIG PRAKSIS	GOD PRAKSIS
Formålet er summen av resultatene: «Vannbehandlingen er forbedret og nivået av direkte tømning av spillvann i elven er redusert»	Formålet som en konsekvens av resultater: «Forbedret kvalitet på elvevannet»
Resultater: 1.1 Direkte tømning av spillvann i elven er redusert 1.2 Standarden på spillvannbehandlingen er forbedret og påbudt 1.3 Allmennhetens bevissthet i forhold til miljøansvar er forbedret	

Figur 2-37 God og dårlig praksis i målformuleringer. (European Commission, 2004)

## Fjerde kolonne: Antagelser

I denne kolonnen skal alle faktorer som kan påvirke prosjektet, utenom de som prosjektledelsen har direkte kontroll over, være med (benevnes ofte som den kontekstuelle usikkerheten<sup>14</sup>). Denne usikkerheten skal på samme måte som målene (se kapittel om målanalyse lenger opp) formuleres i positive termer, som antagelser eller forutsetninger. Grunnen til dette er at en da kan flytte komponentene innenfor rammeverket etter behov, uten å måtte omformulere de<sup>15</sup>. På denne måten kan en enkelt visualisere ulike prosjektstrategier<sup>16</sup> eller scenarier. En kan for eksempel drøfte sannsynlighet for realisering av mål på ulike nivå og omformulere urealistiske mål. En kan utvide prosjektet ved å innføre nye resultatmål, eller redusere omfanget ved for eksempel å løfte et av resultatmålene opp som effektmål. I så fall vil andre resultatmål forsvinne. En kan også endre en prosjektstrategi ved å trekke en antagelse inn i prosjektet og dermed ta kontroll over det (for eksempel ved å gjøre det til et resultatmål). En kan deretter vurdere hvilke konsekvenser dette får for den samlede

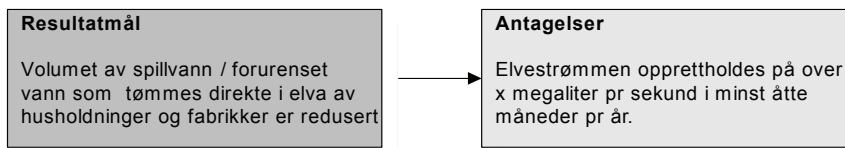
14.En annen kilde til usikkerhet er den som er knyttet til selve gjennomføringen av prosjektet og til de faktorer som prosjektet har en stor del av kontrollen over (benevnes ofte som den operasjonell usikkerheten). Den operasjonelle usikkerheten skal ikke være med i det logiske rammeverket.

15.Dette illustrerer at LRM ikke er en "rett frem prosess", men en iterativ prosess

16.Prosjektstrategi: En måte å løse problemet på (altså konseptet i vår terminologi).



prosjektstrategien. Som regel vil det øke sjansen for realisering, men også innebære en merkostnad som må inn i budsjettet.



**Figur 2-38** *Både målformuleringene og usikkerheten skal formuleres i positive termer.*

Antagelsene er en del av det vi kan kalle for "rammeverkets vertikale logikk". Den virker på følgende måte:

- Når aktivitetene er utført og antagelsene på dette nivået viser seg å være riktige, da kan resultatene bli oppnådd
- Når resultatmålene er oppnådd og antagelsene på dette nivået viser seg å være riktige, da kan prosjektets effektmål bli oppfylt
- Når prosjektets effektmål er oppnådd og antagelsene på dette nivået viser seg å være riktige, da kan prosjektet bidra til å oppnå samfunns målet.

Dette forholdet er vist på figur 2-39:

**Figur 2-39** *Vertikal logikk: Hvert nivå i målbierarkiet oppfylles bare visst antagelsene på hvert nivå viser seg å være riktig. Inputen er menneskelige og materielle ressurser.*

Som vist på figuren over, så er hver antagelse tilordnet ett bestemt målnivå. En betingelse for å akseptere en prosjektstrategi er at ingen antagelser utgjør en så stor risiko at realiseringen av målet på det tilhørende nivået settes i fare.

#### *Hvordan identifiserer vi antagelsene?*

Antagelsene identifiseres vanligvis underveis i analysefasen. I løpet av interessentanalysen, problemanalysen, målanalysen og strategianalysen vil det ha fremkommet en rekke usikkerheter (for eksempel politisk, institusjonelt, teknisk, sosialt eller økonomisk) som vil påvirke prosjektets omgivelser og som prosjektet ikke har direkte kontroll over. I tillegg kan det fremkomme nye usikkerhetslementer når prosjektet skal analyseres mer i detalj.

Visst vi ser på eksemplet med forurensning av elvevannet, så kan viktige antagelser være knyttet til:

- Nedbør og elveflom (potensielt kritisk i forhold til endring av konsentrasjon forurensning i elven)
- Huseiernes og bedriftenes vilje til å betale for et forbedret kloakksystem (i innledende diskusjoner er det uttrykt vilje til å betale, men det er ikke endelig bekreftet)
- Vedvarende politisk forpliktelse til å takle problemet (det er uttrykt vilje til å sikre dette, men det er på ingen måte sikkert). Holder ikke antagelsen så kan det ha en betydelig innvirkning på prosjektets bærekraft)

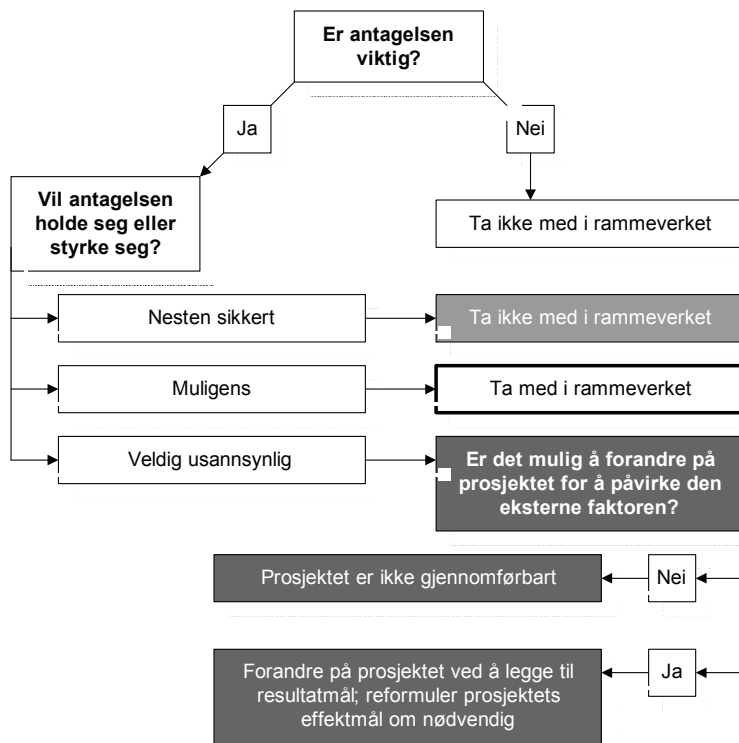
#### *Hva gjør vi med våre første antagelser?*

Sannsynligheten for at disse antagelsene skal vise seg å bli riktige må analyseres videre for å hjelpe til å fastsette prosjektets gjennomførbarhet (sannsynligheten for suksess). Det er ingen fast måte å gjøre dette på, og en viss grad av subjektivitet er involvert.

Hvis vi ser på eksemplet med forurensning av elvevannet, så hadde vi kanskje innledende antagelser som sa "x millimeter nedbør pr år i området" og "x megaliter elvestrøm pr sekund". Det neste spørsmålet som må besvares er "hva er sannsynligheten for at disse antagelsene holder stand?" Dette kan vi finne ut ved å se på historiske data. Hvis vi da finner ut at antagelsene er urealistiske (at nedbørsmengden og elvestrømmen historisk sett er lavere enn det vi har antatt), da må vi gjøre noen grep for å se om vi kan implementere dette i prosjektstrategien (for eksempel ved å tilføre mer input/ressurser, legge til flere aktiviteter og/eller resultater, eller andre mål). En kan for eksempel øke målene om å redusere spillvannet eller sette i gang andre tiltak for å redusere "bruken av elvevann" lengre oppstrøms. Kanskje må en sette i gang et annet prosjekt for å håndtere problemet. Dersom en ikke klarer å håndtere problemet må prosjektet stemples som "ikke gjennomførbart", i hvert fall ut fra nåværende forhold.

Sannsynligheten for at eksterne forhold skal inntreffe er derfor en del av å fastsette hvor risikabelt prosjektet er. Noen antagelser vil være kritisk for prosjektets suksess, mens andre kun har mindre betydning. Hovedpoenget er å sette sammen og analysere tilstrekkelig informasjon fra ett passende antall kilder, inkludert de forskjellige synspunktene til interessentene. Det som kan ses på som hovedantagelsen til en interessent, kan være mindre viktig for andre. Det er en viktig del av planleggingsprosessen å sette sammen disse perspektivene.

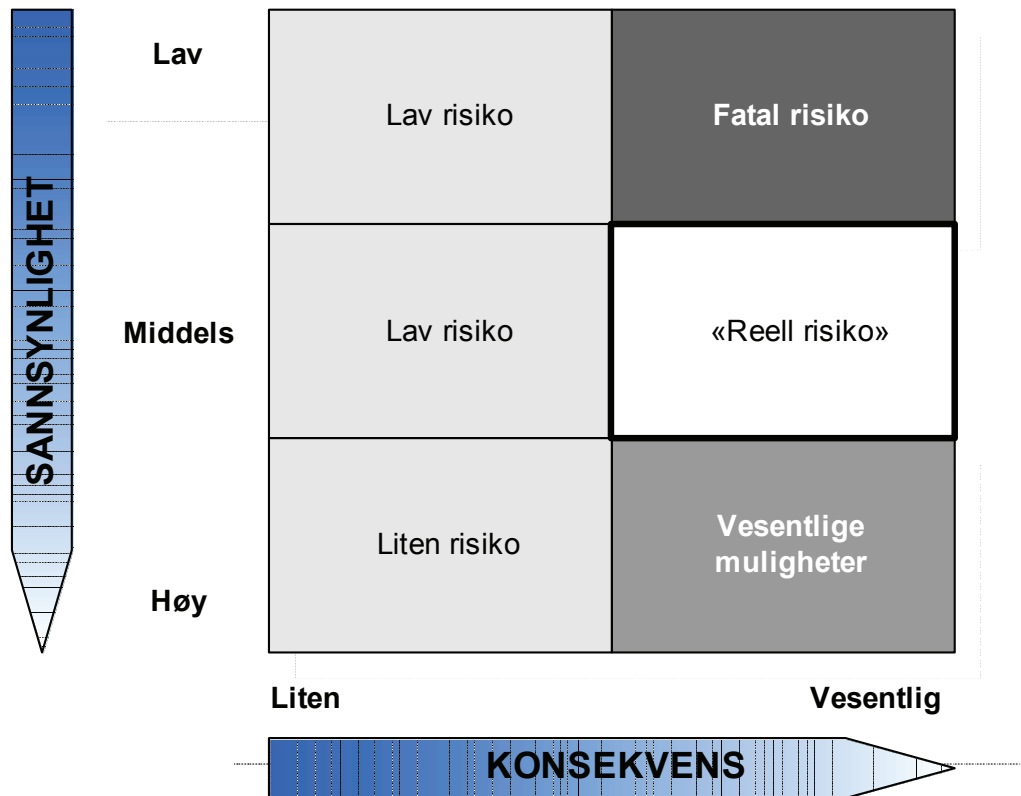
En nyttig måte å fastsette viktigheten av antagelsene er ved å bruke beslutningskartet på figur 2-40.



**Figur 2-40** *Beslutningskart for vurdering av hvilke antagelser. Fra European Commission (2004), noe bearbeidet.*

Usikkerheten knyttet til i hvilken grad antakelsene vil holde stikk eller ikke er gjenstand for usikkerhetsanalyser.

Et alternativ til beslutningskartet for å vurdere sannsynlighet og konsekvens til de fremkomne antagelsene er såkalt grovvurdering / grovanalyse, blant annet beskrevet i (Samset, 2001). Hver antagelse fra det "ubearbeidede" logiske rammeverket kan plasseres i ett av de seks områdene vist på figur 2-41. Les figuren som om at det fortsatt er snakk om usikkerhet uttrykt som *antagelser*. Det angis sannsynlighet for at antagelsen skal holde seg, og konsekvensen av at den ikke gjør det.



Figur 2-41 *Grovvurdering av antagelsene i det logiske rammeverket. Se fremgangsmåte for videre bearbeiding på neste side. Kun den reelle risikoen (hvitt område med uthevet ramme) skal være med i det "ferdig bearbeidede" logiske rammeverket. Fra (Samset, 2001) noe bearbeidet.*

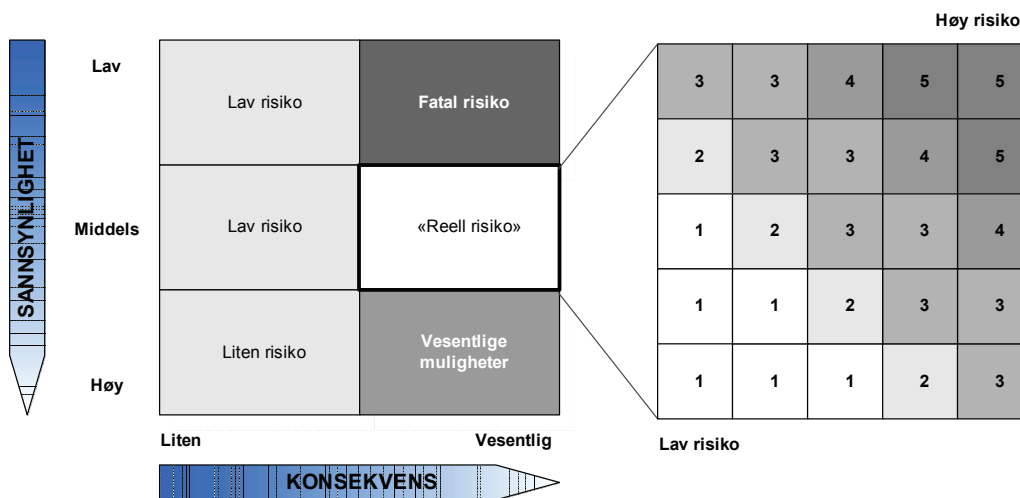
I eksemplet vårt med den forurensede elven, vil antagelsen "elvestrømmen opprettholdes på over x megaliter pr sekund" komme i kategorien "reell risiko"<sup>17</sup>. Sannsynligheten for at antagelsen holder seg antas å være "middels", og konsekvensen av at den ikke gjør det antas å være "vesentlig". Ergo skal denne antagelsen være med i det logiske rammeverket.

En fremgangsmåte for å komme frem til det "ferdig bearbeidede" logiske rammeverket er som følger (Samset, 2001):

1. Eliminer alle antagelsene som anses å være lite viktige, det vil si de som ligger innenfor området merket med lys grå til venstre i figur 2-41.
2. Finnes det antagelser som kommer i kategorien "fatal risiko" (mørkegrått område øverst til høyre i figur 2-41), må prosjektstrategien omdefineres slik at effekten av disse reduseres. Dersom det ikke er mulig må prosjektstrategien eventuelt forkastes.

17.All risiko er for så vidt "reell", men her benyttes begrepet kun om den risikoen som skal være med i det ferdig bearbeidede logiske rammeverket (den ferdige prosjektstrategien)

3. Antagelser som kommer i kategorien "vesentlige muligheter" (grått område nederst til høyre i figur 2-41) skal ikke være med i det logiske rammeverket, men vil likevel være med i en utvidet diskusjon om valg av prosjektstrategi.
4. En sitter da igjen med en gruppe antagelser mellom disse ytterpunktene som både anses viktige og som en antar kan holde seg med en viss sannsynlighet. Dette er her kalt "reell risiko" og ligger innenfor det hvite uthevede området til høyre i figuren. Disse antagelsene vurderes mot prosjektstrategien både enkeltvis og samlet. Det vil være naturlig å vurdere hvordan en kan ta hensyn til disse og eventuelt påvirke dem i prosjektets gjennomføringsfase. På et senere stadium vil det være hensiktsmessig å fokusere nærmere på disse for å kunne klassifisere dem etter graden av risiko de representerer, som illustrert på figur 2-42.

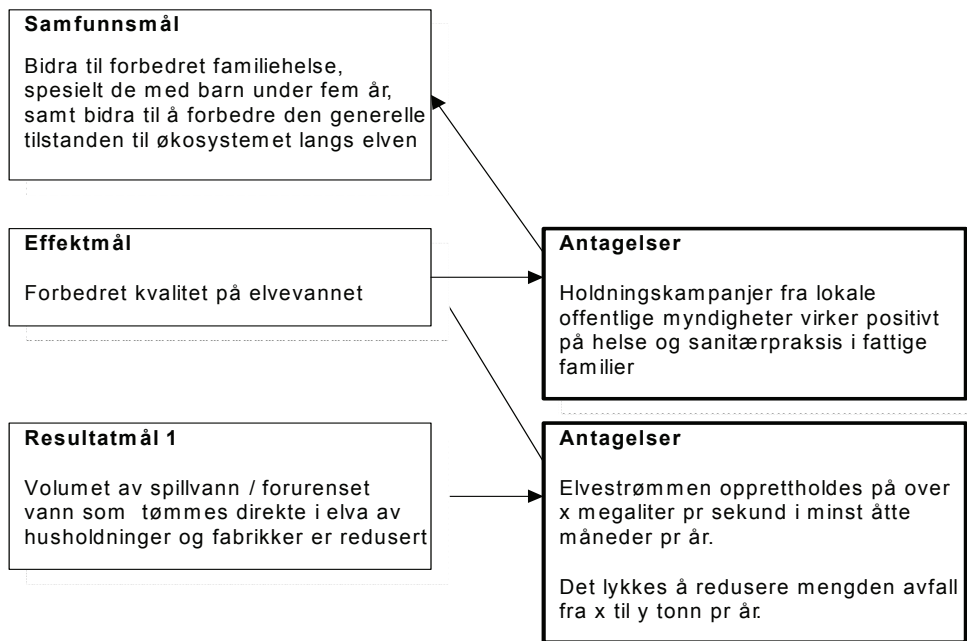


Figur 2-42 Nærmere klassifisering av risiko og muligheter. Fra Samset (2001), noe bearbeidet.

Denne typen enkle vurderinger, selv om de i stor grad bygger på subjektive anslag av konsekvens og sannsynlighet, har ofte vist seg å være et nyttig hjelpemiddel i å styre prosjektprosessen inn på et fornuftig spor på et tidlig tidspunkt (Samset, 2001).

Vurderingene kan gjøres på ulike nivåer. I innovative prosjekter der usikkerheten er stor og tilgjengelig informasjon er mangelfull, er en antagelig bedre tjent med systematisk bruk av denne typen enkle kvalitative metoder. Dette er illustrert på figur 2-42 over, der en går nærmere inn på en analyse av de elementene i grovanalysen som karakteriseres som reelle risikoelementer, og klassifiserer dem nærmere i fem risikoklasser i tråd med hva som er vanlig i risikoanalyse.

Når antagelsene har blitt analysert og testet, og prosjektet fortsatt er å anse som gjennomførbart, så skal de eneste antagelsene som er igjen i det logiske rammeverket (matrisen) være de som "sannsynligvis holder" (reell risiko) men som like fullt må følges opp undervegs i prosjektgjennomføringen. De øvrige er enten eliminert eller tatt kontroll over. Et eksempel på antagelser som kan være med i det logiske rammeverket er vist i figur 2-43.



Figur 2-43 Eksempler på antagelser og sammenhengen med mål.

### Andre- og tredje kolonne: Indikatorer og kilder

Når prosjektets beskrivelser (første kolonne) og antagelser (fjerde kolonne) er skissert (se eksempel i figur 2-44), er den neste oppgaven å bestemme indikatorer og kilder. Dette beskrives ikke nærmere i denne sammenheng. Som nevnt tidligere kan kolonnen med indikatorer slås sammen med den første kolonnen. Kolonnen for indikatorer kan dokumenteres separat. Det henvises til (European Commission, 2004) og (AusAID, 2005) for mer informasjon, og til figur 2-34 som kort beskriver hva kolonnene inneholder.

### Ferdigstillelse av det logiske rammeverket

På dette steget i planarbeidet er det logiske rammeverket fortsatt å betrakte som et utkast. Videre arbeid for å analysere aktivitetene samt fastsette ressursbruk og kostnader gjenstår.

I denne sammenheng er LRM for enkelthets skyld presentert som en stegvis prosess, mens det i praksis er en iterativ prosess som tar hensyn til at ny informasjon kommer til undervegs. For eksempel må en i praksis legge ned noe arbeid på detaljnivå i forhold til aktiviteter, ressurser og kostnader samtidig med at en analyserer effektmål og resultatmål. Visst ikke kan en risikere at hele rammeverket "faller sammen" på grunn av praktiske forhold eller kostnads/ressursbegrensninger.

Et eksempel på hvordan hovedelementene i et logisk rammeverk kan se ut på dette steget i planleggingen er vist i figur 2-44 under.

Prosjektbeskrivelse / prosjektstrategi	Indikatorer	Kilder	Antagelser (usikkerhet)
<b>Samfunns mål:</b> Bidra til forbedret familiehelse, spesielt de med barn under fem år, samt bidra til å forbedre den generelle tilstanden til økosystemet langs elven	Forekomsten av vannborne sykdommer forårsaket av tungmetaller er redusert med 50% innen 2008, spesielt blant fattige familier langs elven	Lokale klinikker og sykehus-journaler. Resultatene sammenstilles i en årlig rapport av myndighetenes miljøbyrå.	
<b>Effekt mål:</b> Forbedret kvalitet på elvevannet	Konsentrasjonen av tungmetaller (Pb, Cd, Hg) og ubehandlet spillvann; redusert med 25% (sammenlignet med nivået i 2003) og møter etablerte nasjonale helse/forurensnings-standarder i løpet av 2007	Ukentlige vannkvalitetsundersøkelser utført av myndighetenes miljøbyrå. Rapporteres månedlig videre.	- Holdningskampanjer fra lokale offentlige myndigheter virker positivt på helse og sanitærpraksis i familier - Kooperativ av «fiskebedrifter» begrenser medlemmenes rovdrift i utsatte områder
<b>Resultat mål:</b> 1. Mengden spillvann som tømmes direkte i elven av husholdninger og fabrikker er redusert 2. Standarder for behandling av spillvann er etablert og effektivt pålagt	1. 70% av spillvann produsert av fabrikker og 80% av spillvann produsert av husholdninger er behandlet i renseanlegg innen 2006 2. Spillvann fra fire eksisterende møter statens kvalitetsstandarder innen 2005	1. Årlige stikkprøver av husholdninger og fabrikker utført av kommunen mellom 2003 og 2006 2. Revisjoner utføres hvert kvartal av myndighetenes miljøbyrå og rapporteres videre.	1. Elveflommen opprettholdes på over x megaliter pr sekund i minst åtte måneder pr år 1. Oppstrøms vannkvalitet fortsetter å være stabil 2. Myndighetenes miljøbyrå har suksess med å redusere spillvann-nivåene fra fabrikkene fra x til y tonn pr år.
etc			

Figur 2-44 Eksempler på utkast til logisk rammeverk på dette steget i LRM.

Det neste steget videre vil være å ta med seg den informasjonen man har, og etablere mer detaljerte aktivitets-, ressurs- og kostnadsplaner. Det henvises til European Commission (2004) og AusAID (2005) samt tradisjonell prosjektstyringslitteratur for mer informasjon.

## 2.7 SWOT-analyse

SWOT-analyse kom i bruk på 1950-tallet, som et hjelpemiddel i strategisk planlegging og markedsanalyse. SWOT står for Strengths, Weaknesses, Opportunities og Threats. Metoden innebærer at et prosjekt beskrives i disse fire gjensidig utelukkende kategoriene, der en skiller mellom interne og eksterne effekter på den ene siden, og positive og negative effekter på den andre siden, se Tabell 2.8. (Samset, 2001)

Tabell 2.8 SWOT-matrise. De fire kategoriene er gjensidig utelukkende.

	Indre forhold	Ytre forhold
Positivt	<b>Styrke</b>	<b>Muligheter</b>
Negativt	<b>Svakheter</b>	<b>Trusler</b>

Formålet med en SWOT-analyse er således å kartlegge de muligheter og trusler (risiko) et prosjekt eller organisasjon står overfor, og samtidig vurdere prosjektets eller organisasjonens egne styrker og svakheter. Dette er med på å legge grunnlag for å utnytte de muligheter som

finnes på bakgrunn av prosjektets styrke, og å unngå ytre trusler og ta høyde for indre svakheter. (Samset, 2001)

Samset påpeker at metoden i første rekke er et hjelpemiddel til å kartlegge viktige forhold som er relevant for strategisk planlegging i tidligfasen, men metoden brukes også retrospektivt som et hjelpemiddel til å kartlegge positive og negative sider av hva som er oppnådd (Samset, 2001). PMI (2000) angir metoden som sentral i identifikasjon av usikkerhet i prosjekter. SWOT-analysen vil sørge for bredde i de usikkerhetene som legges til grunn i prosjektplanleggingen.

SWOT-analysen gjennomføres vanligvis ved gruppebaserte ekspertvurderinger eller idédugnader, der man identifiserer prosjektets eller organisasjonens styrker, svakheter, muligheter og trusler. Denne kreative prosessen kan ta utgangspunkt i følgende forhold (Samset, 2001):

- Økonomisk
- Teknisk
- Miljømessig
- Institusjonelt
- Sosialt
- Politisk

Man identifiserer så elementer knyttet til disse forholdene. Det foreslås videre å bygge denne prosessen på følgende:

1. Formuleringene er korte og poengterte
2. Styrke og svakheter relateres til kritiske suksessfaktorer der det er mulig
3. Det skilles klart mellom det eksisterende og det hypotetiske
4. Elementene bygger på nøkterne og realistiske vurderinger

Resultatet fra denne prosessen er da en liste med aktuelle forhold i prosjektet. Disse karakteriseres deretter i eksterne eller interne forhold, og hvorvidt de er positive eller negative for prosjektet eller organisasjonen. Man vil da sitte igjen med en oversikt over prosjektets styrker, muligheter, svakheter og trusler. Et eksempel på en slik konkretisering er gitt i Tabell 2.9.

Tabell 2.9 *Konkretisering av forhold som kan være vesentlige i strategisk planlegging av prosjekter (Samset, 2001).*

<p><b>Styrke</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Klare målsetninger</li> <li>• Kompetanse</li> <li>• Motivasjon</li> <li>• Erfaring</li> </ul>	<p><b>Muligheter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Behov</li> <li>• Markedspotensiale</li> <li>• Etterspørsel</li> <li>• Politisk prioritering</li> </ul>
<p><b>Svakheter</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Kostnadsnivå</li> <li>• Interne konflikter</li> <li>• Teknologivalg</li> <li>• Fremdrift</li> </ul>	<p><b>Trusler</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Konkurransen</li> <li>• Miljøkonsekvenser</li> <li>• Uforutsette virkninger</li> <li>• Opinionens respons</li> </ul>



Jessen påpeker at en slik SWOT-analyse gir tydelige signaler om prosjektets tilstand (Jessen, 1998). Det foreslås å summere antall forhold som er avdekket som styrke og muligheter, og så summere antall forhold som er svakheter og trusler. Er sistnevnte gruppe i overvekt, er dette i følge Jessen (1998) et signal om at prosjektets indre forhold kan være i fare, og man bør vurdere å sette i gang strakstiltak. Dette kan for eksempel være å fjerne åpenbare feil eller å utnytte potensielle muligheter så fort som mulig.

Videre foreslås å summere ytre forhold, det vil si muligheter og trusler, og deretter summeres de indre forholdene, styrkene og svakheterne. (Jessen, 1998) peker på at denne øvelsen kan si noe om hvilket tidsperspektiv som dominerer i prosjektet. Er det flere forhold for feil og styrke enn for muligheter og trusler, er man da kanskje for opptatte av hva som har skjedd, og har i mindre grad evne til å tenke nytt og langsiktig. I så fall må man stimulere aksene styrke-trusler, det vil si å bevare styrkeforhold og samtidig iverksette tiltak som forhindrer at alvorlige trusler blir virkelige hendelser.

Forholdene er foreløpig vektet likt, og dette er også hensikten i ovenstående øvelse. (Samset, 2001) påpeker imidlertid at vurderingene kan utdypes videre ved å vekte forholdene, eller å gå enda lenger ved å karakterisere forholdene etter både viktighet og sannsynlighet for realisering, man nærmer seg da en risikoanalyse.

SWOT-analysen bidrar til å belyse prosjektets utfordringer, men er også et godt idégenererende redskap. (Jessen, 1998) påpeker dette, men viser i tillegg til at SWOT-analysens kreative prosess også stimulerer til bedre samarbeid i prosjektorganisasjonen, både horisontalt og vertikalt. Horisontalt ved at mange faggrupper kan delta, og vertikalt ved at ulike sjikt i organisasjonen opplyses om hvordan situasjonen er i andre sjikt. Det gjøres for eksempel kjent for hele organisasjonen hvilke problemer og muligheter ledelsen ser. På denne måten spres også nye tanker og muligheter til alle lag av organisasjonen, og eierforholdet til organisasjonen og prosjektene økes. Dette karakteriseres av (Jessen, 1998) som teknikkens endelige mål.

Mens Jessen vektlegger det å gjøre opp status i prosjektet, er Samset, 2001 mer fokusert på prosjektets tidlige fase, og peker på at en SWOT-analyse i tidlige fase vil gi grunnlag for strategiske valg (Jessen, 1998; Samset 2001). Dette kan for eksempel være en konseptvurdering, eller valg av taktiske eller strategiske virkemidler. Det påpekes videre at analysen er konsistent og enkel og billig å gjennomføre. Samtidig opererer den også med følgende styrker:

1. Et utfallsrom som rommer helheten og at en derved unngår systematiske skjevheter.
2. Gjensidig utelukkende kategorier og derved unngår uklare gråsoner.

Samset (2001) viser imidlertid til at SWOT-analysens enkle beskrivelse av virkeligheten også kan være en svakhet. "Svakheter ved metoden er at en slik enkel beskrivelse av virkeligheten i kategorier ikke bidrar til å illustrere samspillet og dynamikken i de prosessene en studerer, og derfor bare kan brukes i en første tilnærming til en analyse. Det påpekes videre at siden analysen baseres på en kreativ prosess, avhenger mye av den innsikt og forståelse de involverte har.

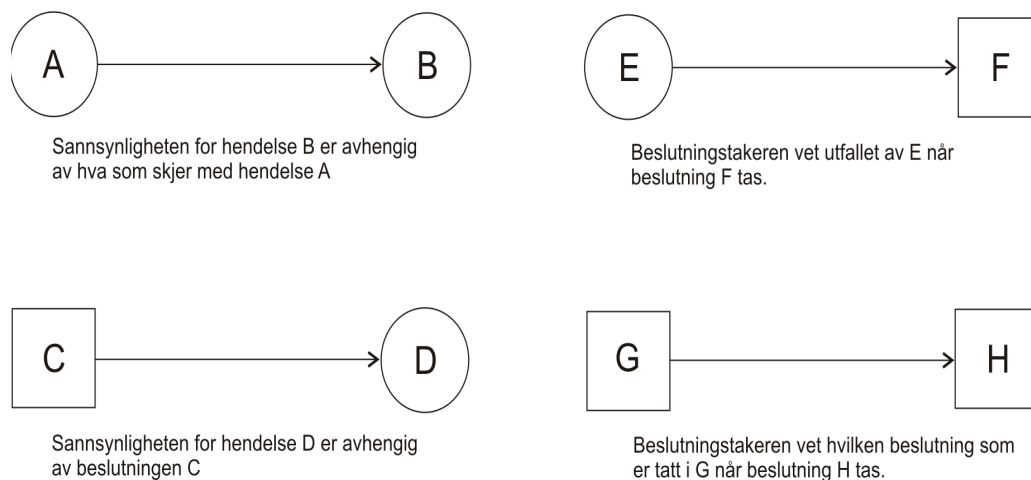
SWOT-analysen anses derfor som en nyttig teknikk for å identifisere og klassifisere usikkerhet i et prosjekt, men mye avhenger altså av kunnskapen til de som er involvert i analysen.

Det må heller ikke legges skjul på at det å gjennomføre en SWOT analyse også har en egenverdi for prosjektorganisasjonen. Slik er det også med mange andre analyser, og denne effekten er ofte undervurdert. Prosjektorganisasjonen som sammen analyserer prosjektet vil uansett resultat av analysen komme styrket ut av prosessen, med en høyere bevissthet om viktige elementer i prosjektet.

## 2.8 Influensdiagram

Et influensdiagram er et nyttig verktøy for å visualisere sammenhenger mellom ulike variable i et prosjekt. Influensdiagrammer knyttes ofte til beslutningssituasjoner, og er i den sammenhengen nyttig både for å synliggjøre et beslutningsproblem, og som et verktøy til å gjøre noe med dette problemet (Diekmann, 1992). Influensdiagrammet er også en meget anvendelig måte å strukturere usikkerhet i et prosjekt, og samtidig sette fokus på avhengigheter mellom usikkerhetselementene. Influensdiagrammer kan brukes både kvalitativt og kvantitativt.

Influensdiagrammet består av noder forbundet med piler. Pilene symboliserer sammenhenger og influens mellom nodene de forbinder. Det er hovedsakelig to typer noder som brukes: hendelsesnoder og beslutningsnoder. Hendelsesnoder kalles også sannsynlighetsnoder, og betegner således hendelser med en tilknyttet sannsynlighet (Goodwin and Wright, 1998). Hendelsesnodene illustreres som en sirkel, mens beslutningsnodene gis i form av et kvadrat. Hvordan sammenhengen mellom beslutningsnoder og hendelsesnoder kan fremkomme er gitt i figur 2-45. Når flere hendelses- og beslutningsnoder kobles sammen og danner et nettverk, får vi et influensdiagram.

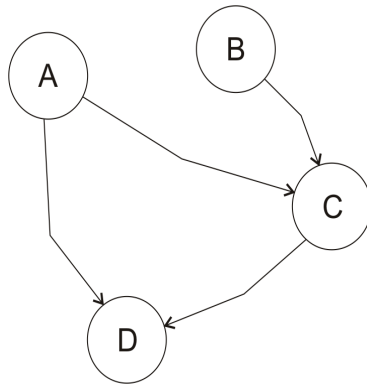


**Figur 2-45** *Beslutningsnoder og hendelsesnoder, og hva sammenhengen mellom dem uttrykker (Goodwin and Wright, 1998).*

Goodwin and Wright (1998) fokuserer på influensdiagrammets fortreffelighet som et verktøy i beslutningssituasjoner. Særlig påpekes det at influensdiagrammet vil appellere til beslutningstakere som ikke har erfaring med andre former for beslutningsteknikker, fordi influensdiagrammet på en oversiktlig måte fremstiller et beslutningsproblem. Det var som en hjelp ved beslutninger som var den opprinnelige motivasjonen for å utvikle influensdiagrammer, da inneholdende både hendelsesnoder og beslutningsnoder (Diekmann, 1992).

Vi skal her fokusere på influensdiagrammer i forbindelse med analyse av usikkerhet, og slike influensdiagram inneholder kun sannsynlighetsnoder, og ikke beslutningsnoder. Fra nå av betegner vi hendelsesnoder utelukkende som sannsynlighetsnoder. Sannsynlighetsnodene representeres fremdeles som sirkler, og pilene mellom dem fremstiller sammenheng eller influens mellom sannsynlighetsnodene. Sammenhenger kan være at et usikkerhetselement ikke slår til hvis ikke det eller dem det henger sammen med slår til. Influens kan være at et usikkerhetselement vil påvirke sannsynligheten og karakteristikken ved de usikkerhetselementene de influerer på.

Et eksempel på et slikt influensdiagram er vist i figur 2-46.

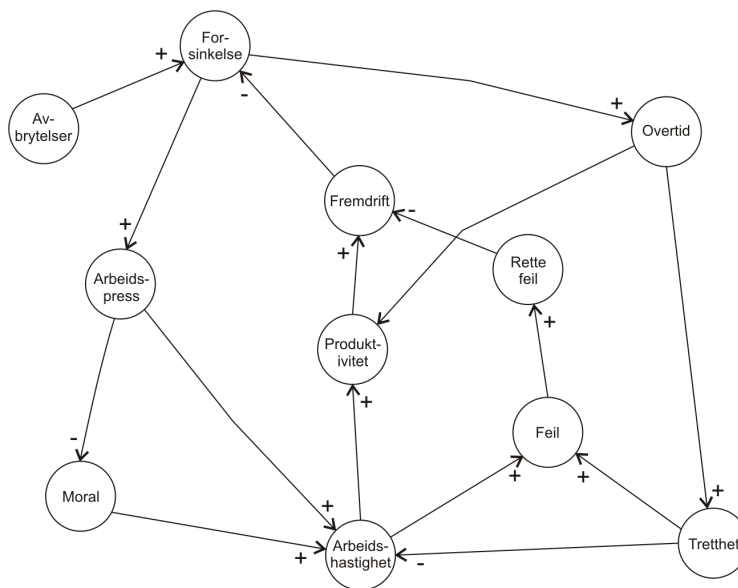


Figur 2-46 *Influensdiagram med fire sannsynlighetsnoder*

Dette influensdiagrammet kan illustrere et prosjekt med fire hendelser det er knyttet en sannsynlighet til. Influensdiagrammet har tre nivåer, et inputnivå, et mellomliggende nivå, og et resultatnivå.

Inputnivået inneholder alle initielle betingelser og antagelser om den usikkerhetssituasjonen som influensdiagrammet skal beskrive, i figuren er dette node A og B. Node C ligger på det mellomliggende nivået, og forbinder input-nodene med resultatnode D. Vi ser at node A influerer både direkte og indirekte på node D. Node B influerer bare indirekte på D gjennom C. På denne måten kan komplekse sammenhenger og influens mellom usikkerhets-elementer illustreres.

Pilene kvantifiserer eller karakteriserer ikke sammenhengen eller influensen mellom nodene. Hvis man derimot tillegger pilene et pluss eller et minus kan man indikere om influensen er positiv eller negativ, mye eller lite, bidrar til å redusere eller forsterke osv. Se figur 2-47.



Figur 2-47 *Influensdiagram som beskriver en situasjon der et prosjekt blir avbrutt for en periode. Avbrytelsen får blant annet konsekvenser for de prosjektansatte. Fra Eden et al. (2000).*

Sammenhengen mellom de ulike nivåene kan også beskrives som en årsakskjede. En inputvariabel tildeles en verdi (stokastisk eller deterministisk), som resulterer i en viss verdi for de mellomliggende variable, som igjen forårsaker forandring i verdien til en annen mellomliggende variabel. Slik fortsetter det inntil resultatvariabelen i influenskjeden er nådd.

Når man skal etablere et influensdiagram er første steg i prosessen å identifisere usikkerhet i prosjektet. Usikkerhetselementene representeres så med sirkler (sannsynlighetsnoder), og man setter piler mellom sirklene for å illustrere sammenheng og influens.

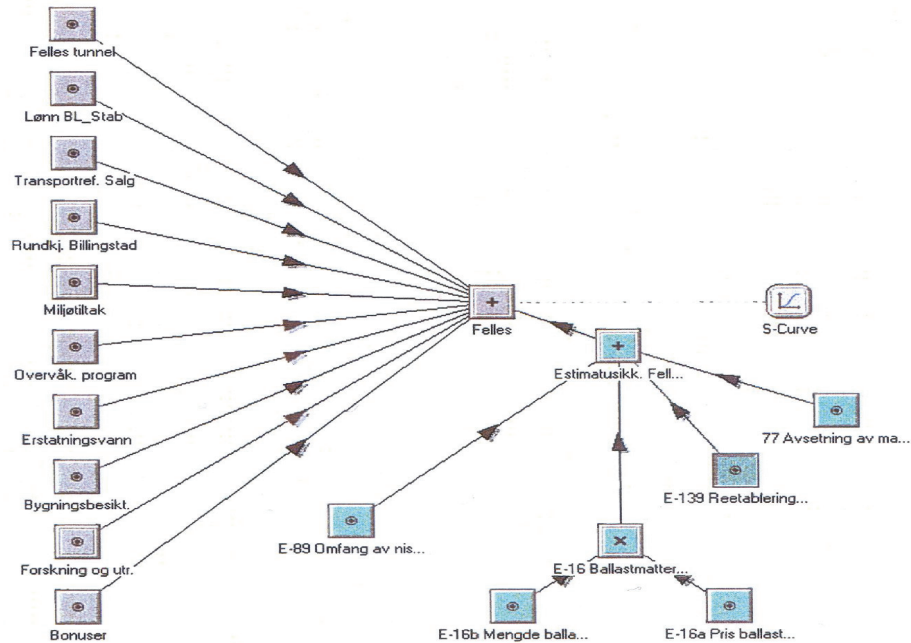
Diffenbach (1982) i (Chapman & Ward, 2003) foreslår noen retningslinjer i utarbeidelsen av influensdiagram, her er noder betegnet som faktorer:

1. Isolerte faktorer: En node som ikke er forbundet med andre betyr enten at den ikke er relevant i influensdiagrammet, eller at ikke alle faktorer eller sammenhenger/influens er identifisert.
2. Faktorer som bare influerer, og ikke selv blir influert: Hvis det finnes faktorer som bare influerer en eller flere andre, men ikke selv blir influert av noen, kan man ha oversett influens eller faktorer som i virkeligheten influerer denne faktoren.
3. Faktorer som bare blir influert, men ikke selv influerer: Hvis det finnes faktorer som ikke influerer på andre, men som bare selv blir influert, kan man ha oversett influens og faktorer denne i virkeligheten influerer på.
4. Andre- og høyere ordens konsekvenser: Kjeder av influens mellom faktorer kan forårsake forandring i faktorer i kjeden på grunn av andre- eller høyere ordens konsekvenser.
5. Indirekte influens: Kjeder kan åpenbare potensielle signifikante indirekte influenser mellom faktorer.
6. S sammensatt influens: En faktor kan influere på en annen, på mer enn én måte. Dette kan være direkte eller indirekte, av samme eller motsatt slag.

Her er det snakk om komplekse influensdiagram der man får sløyfer slik at faktorer kan influere indirekte på seg selv. Influensdiagrammet i figur 2-46 er langt enklere enn dette, men figur 2-47 gir et mer komplisert influensdiagram.

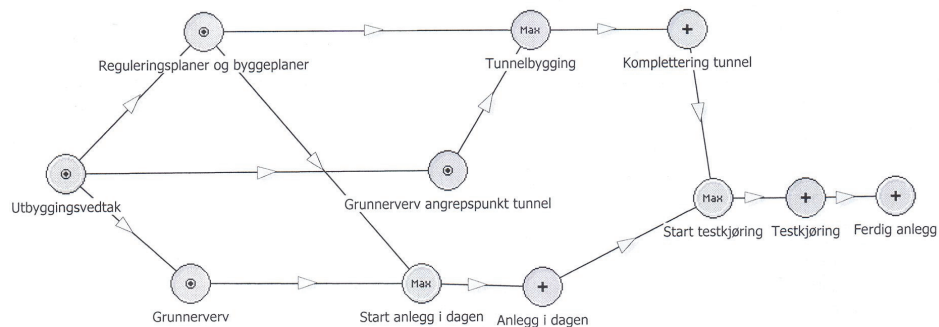
Ønsker man en kvantitativ analyse kan man knytte et tripplestimat til hver sannsynlighetsnode, enten tid- eller kostnadsestimat, og på denne måten modellere prosjektet. Selve beregningen foregår så på basis av influensdiagrammet ved hjelp av Monte Carlo simulering. Dette gjøres i dataprogrammer som for eksempel Riscue eller Definitive Scenario.

Eksempler på influensdiagrammer som er brukt som grunnlag for simulering i et dataprogram er gitt i de to neste figurene. Figur 2-48 viser en modell for kostnad og kostnadssammenhengene i forbindelse med byggingen av en tunnel, hver inputnode (markert med en prikk) er gitt et tripplestimat.



Figur 2-48 *Influensdiagram fra simuleringverktøyet Definitive Scenario. Influensdiagrammet modellerer kostnadsusikkerheten i et prosjekt.*

Figur 2-49 viser et tidnettverk for et annet tunnelprosjekt. Nettverket modellerer framdriften for prosjektet, der neste aktivitet i rekken er avhengig av den foregående. For eksempel er "Start testkjøring" avhengig av at både "Komplettering tunnel" og "Anlegg i dagen" er ferdig. Her er også hver inputnode (markert med en prikk) gitt et tripplestimat.



Figur 2-49 *Tidnettverk, brukes for å simulere tidsbruken i et prosjekt.*

Diekmann (1998) påpeker at influensdiagrammer er vesentlig for å gi et visuelt bilde av sammenhenger og influens mellom usikkerhetslementer, og vektlegger at influensdiagrammene er nyttige hjelpemiddel for å kommunisere usikkerhet. Chapman & Ward (2003) har

den samme oppfattelsen, og peker på at influensdiagrammene kan bidra til å forstå komplekse situasjoner. Influensdiagrammer foreslås brukt som et kvalitativt verktøy for å strukturere usikkerhetselementer, men kan således være et godt grunnlag for senere kvantitative analyser.

## 2.9 Grovanalyse

En grovanalyse av et prosjekt er en identifisering og kartlegging av usikkerhet i prosjektets tidligfase. Hensikten med grovanalysen er å kartlegge usikkerhet så tidlig som mulig i prosjektet, slik at man så tidlig som mulig kan ta hensyn til denne i planleggingen. Usikkerheten kan være både muligheter og risiko. Risiko må minimaliseres og kontrolleres, eller i beste fall elimineres. For mulighetene må man styre prosjektet slik at de med størst mulig sannsynlighet vil gjøre seg gjeldende.

Rausand (1991) fokuserer på grovanalysen som en metode for å kartlegge risiko i prosjektets tidligfase, og i dette inkluderer å beskrive mulige årsaker, samt effekter og alvorlighet for prosjektet hvis risikoelementet gjør seg gjeldende.

Grovanalysen deles i tre trinn:

1. Innsamling av nødvendig informasjon om prosjektet
2. Gjennomføring av analysen
3. Dokumentasjon av resultater

Informasjon om prosjektet samles inn for å ha et grunnlag for å kartlegge risiko. Detaljert informasjon foreligger sjelden i prosjektets tidligfase, men det er viktig å få oversikt over prosjektets konsept og hovedelementer. En bør også identifisere mulige referanseprosjekter som kan ha tilsvarende usikkerhetsmomenter, og der man kan trekke ut erfaringer.

Når denne informasjonen er på plass kan man begynne å identifisere risiko. Rausand (1991) gir ikke noen spesiell metodikk for dette, men peker på at i tillegg til å identifisere risiko må man også ha i tankene å se etter designkriterier eller alternativer som kan eliminere eller redusere farene.

Samme metodikk kan brukes for å identifisere muligheter, men her må man se etter designkriterier eller alternativer som kan øke deres konsekvens og sannsynlighet for at de slår til.

I risikoidentifiseringsfasen foreslår (Rausand, 1991) videre å betrakte prosjektet med grunnlag i:

- Farlig utstyr og elementer i prosjektet
- Elementer i prosjektet omgivelser
- Menneskelige faktorer
- Tilgang på sikkerhetsutstyr

Dokumentasjonsfasen tar utgangspunkt i skjemaet i Tabell 2.10. Dette oppsummerer på en hensiktsmessig måte de identifiserte risikoene (farene), årsaker til disse samt hvilke hovedeffekter de vil forårsake, og tiltak for å redusere faren.

Tabell 2.10 *Hjelpematrise for dokumentasjon fra grovanalysen.*

Fare	Årsaker	Hovedeffekter	Forebyggende/forbedrende tiltak

I likhet med (Rausand, 1991) foreslår også (Samset, 2001) å bruke grovanalysen i prosjektets tidligfase. Her fokuseres det imidlertid ikke bare på å kartlegge risiko, men også prosjektets vesentlige muligheter. Metoden bygger på en PK-matrise, og er beskrevet i kapittelet om Logisk rammeverk metode. Begge tilnærmingene til grovanalysen anbefaler imidlertid analysen som en god metode for å identifisere risiko og usikkerhet i prosjekters tidligfase.

## 2.10 Kvantifisering

Etter at usikkerhetsmomentene er identifisert og beskrevet slik at man har fått etablert den kvalitative modellen, bør usikkerheten, så lang som råd er, søkes kvantifisert. Grunnen til dette er at innenfor et system med økonomiske begrensninger er det nødvendig å prioritere, og prioritering gjøres best når rangeringen kan gjøres på basis av klart sammenlignbare størrelser.

Det er utviklet mange mer eller mindre velegnede metoder for kvantifisering av usikkerhet. Felles for de fleste er at de krever input i form av noen vurderinger, og at det finnes en eller annen matematisk behandling av input. De beste metodene gir et kvantifisert beslutningsgrunnlag i form av forventet, og et mål på usikkerheten.

Det viktigste her er så absolutt input, og den beste input er den som baserer seg på subjektive vurderinger. Subjektive vurderinger kan karakteriseres som kvalifisert gjetning basert på kompetente personers erfaring, kunnskap, intuisjon og evne til å trekke slutninger. Dette betyr at de viktigste deltakere i en analyse er fagfolkene, ikke analyseeksperter eller statistikere.

Den viktigste suksessfaktoren for pålitelig kvantifisering er altså å kunne vri ut kunnskap fra hodet på kompetente mennesker. For å få til dette må det skapes forutsetninger for at fagfolkene kan utøve sitt beste skjønn. En velprøvd metode i denne sammenheng er å sette sammen såkalte ressursgrupper. Hensikten med grupper er for det første å få en tilfredsstillende dekning av kunnskapsbehovet. For det andre er det viktig å utnytte synergieffekten av gruppearbeid.



Kvantifisering av usikkerhet dreier seg om å angi sannsynligheter for at forhold vil opptre, og å etablere sannsynlighetsfordelinger for de eventuelle konsekvensene. Konsekvensene kan være negative eller positive.

I denne sammenheng er det ingen prinsipiell forskjell på de forskjellige kategorier usikkerhet. Modellen med sannsynlighet multiplisert med konsekvens kan brukes over alt. Grunnen til at man i enkelte vurderinger, som for eksempel kostnadssetting av poster i WBS, bare snakker om konsekvensene, er at sannsynligheten for at forholdet vil opptre er høy, og faktoren derfor settes til 1,0.

Det er heller ingen prinsipiell forskjell på kostnadssetting av det vi vet vi skal gjøre og på kostnadssetting av konsekvensene av uventede hendelser. Spredningen i sannsynlighetsfordelingen blir naturlig nok forskjellig, da det vil være stor forskjell på hva vi vet i de enkelte tilfeller, men de grunnleggende forhold om at kostnadene initieres fra et sett med kostnadsdrivere som alle inneholder usikkerhet, og at vi er henvist til mer eller mindre god gjetting om hva dette vil føre til, er de samme.

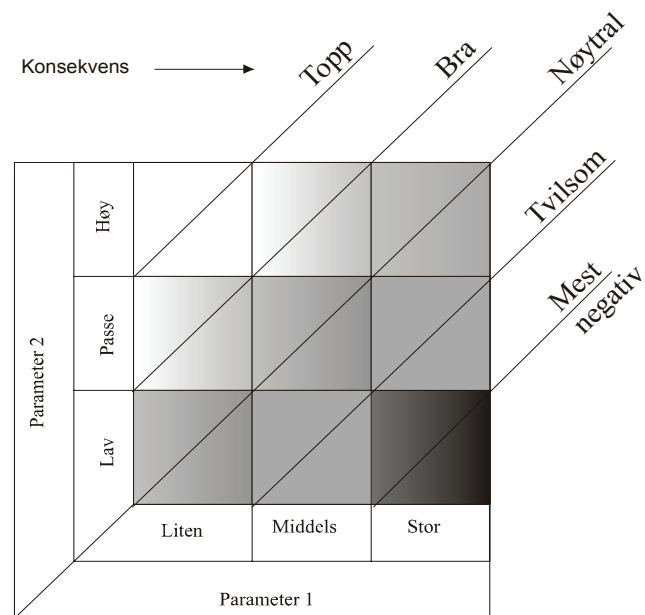
Nesten all praktisk estimering av konsekvenser med usikkerhet består i først å finne en teoretisk standard sannsynlighetsfordeling som tilnærmet dekker den praktiske situasjonen. Vi ser svært ofte at de fordelingene som velges er klokkeformede og høyreskjeve; av typen gamma- eller betafordelinger (Conceptrapport nr. 11 "Usikkerhetsanalyser - Modellering, estimering og beregning"). Mange benytter også trekantfordelinger som et enkelt og godt alternativ.

For å beskrive eksakt hvordan fordelingen ser ut, anslås i tillegg noen utvalgte punkter på tetthetskurven. De mest vanlige punktene er 10 %-kvanteren, 90 %-kvanteren og moden (toppunktet på kurven), eller i noen tilfeller 50 %-kvanteren (medianen). Dette trippe-lanslaget, sammen med fordelingstypen, danner grunnlag for en simulert beregning; enten ved hjelp av et simuleringsprogram eller ved hjelp av statistiske regneregler hvor man går veien gjennom forventningsverdi og standardavvik.

Et viktig element som også må vurderes og fanges opp i denne prosessen er grad av samvariasjon mellom de forskjellige elementene som skal estimeres. Samvariasjon måles ved en korrelasjonskoeffisient som ligger i intervallet  $[-1, 1]$ . Se Conceptrapport nr. 11 "Usikkerhetsanalyser - Modellering, estimering og beregning". I en estimeringsprosess må vi forsøke å angi hvor stor denne koeffisienten er mellom de forskjellige elementene som skal estimeres. Dette gjøres best ved at man setter opp en matrise med alle elementene langs to akser, og etter beste evne gjetter på størrelsen på parvis korrelasjon.

Noen ganger er elementene eller variasjonsbildene så komplekse, eller nytteparametrene så diffuse, at man ikke kommer lengre i forsøket på å kvantifisere, enn å skille mellom for eksempel høy, middels og lav. I kapitlet om flermålsanalyse i Conceptrapport nr. 10 "Usikkerhetsanalyser - Kontekst og grunnlag", er det beskrevet en metode for å få en mer presis kvantifisering også under slike betingelser.

Et bra hjelpemiddel hvis input kommer fra to kilder, er en såkalt konsekvensmatrise, se figur 2-50. Denne viser sammenhengen mellom påvirkningsparameterne og konsekvensene.



Figur 2-50 Konsekvensmatrise. (Konsekvens som funksjon av to parametere).

Ved hjelp av matrisen kan det etableres en skala over hvor attraktiv konsekvensen fremstår.

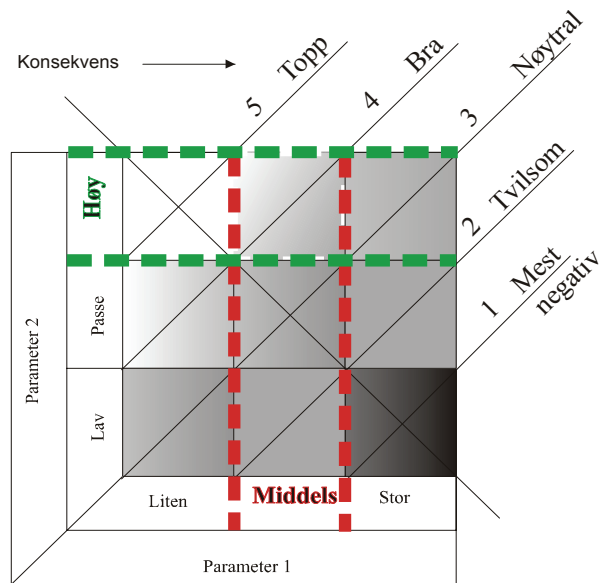
Hvis vi i matrisen i figur 2-50 går fra nederst høyre til øverste venstre hjørne, ser vi at en skalering fra for eksempel 0 til 6 kan falle naturlig. Se figur 2 47. Vi tar hensyn til at input er svært grov og usikker, og lager glidende overganger mellom konsekvensstørrelsene.

Dette gir følgende inndeling:

Mest negativ	1 poeng	(0–2)
Tvilsom	2 ”	(1–3)
Nøytral	3 ”	(2–4)
Bra	4 ”	(3–5)
Topp	5 ”	(4–6)

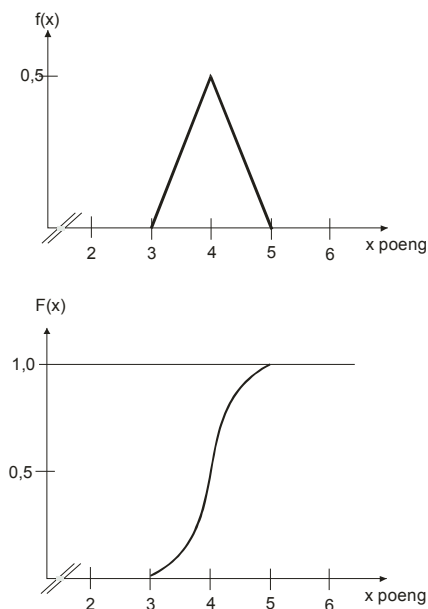
Vi skal i det følgende ta for oss et eksempel:

Hvis vi estimerer parameter 1 til "Middels" og parameter 2 til "Høy" vil konsekvensen antas å være "Bra". Se figur 2-51.



Figur 2-51 Skalert konsekvensmatrise

Konsekvens "Bra" går fra 3 til 5 poeng med et middel på 4. Dette kan brukes til å si noe om sannsynlighetsfordeling på poengskalaen ved at man for eksempel sier at yttergrensene er hhv. nedre og øvre verdi i en trekantfordeling, eller hhv. 10 og 90 % -kvantilene i en normalfordeling. Figur 2-52 viser hvordan dette kan se ut som en trekantfordeling.



Figur 2-52 Sannsynlighetsfordeling av konsekvens av gitte input.

En konsekvensmatrise som vist i figur 2-50 kan også brukes til å bygge opp en kvantifiseringsmodell ved hjelp av Fuzzy logic - metoder (Austeng, 1997).

Fuzzy logic er basert på erkjennelsen om at "everything is a matter of degree"; det vil si at det i prosjektsammenheng aldri er noe som er enten helt svart eller helt hvitt, men at man hele tiden må forholde seg til "shades of gray". Med bakgrunn i dette skjer det en utvikling av teorier og metoder for bruk av fuzzy logic i analyse av risiko, usikkerhet, nyttevurderinger etc. med formål å bedre grunnlaget for riktige beslutninger.

Anvendelsen av teori knyttet til fuzzy logic synes å være svært lovende når det gjelder å kvantifisere kvalitative mål basert på verbale utsagn.

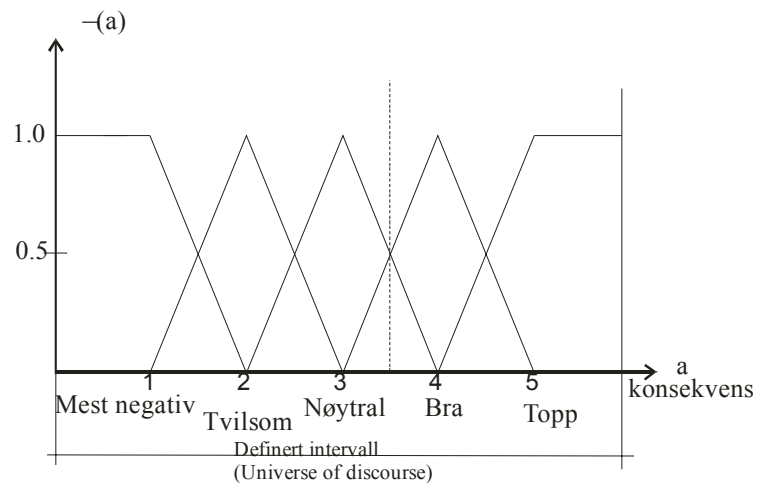
Den som har fått æren for å være opphavsmannen til utviklingen av teoriene om Fuzzy logic er professor Lotfi Zadeh ved University of California at Berkley. Han skrev i 1965 en artikkel kalt "Fuzzy Sets", og har siden den tid bidratt til fornyelse og videreutvikling av både det teoretiske grunnlaget og tilhørende praktiske applikasjoner. I starten fikk tankene til Zadeh en noe blandet mottakelse, inkludert den skepsis som nye ideer vanligvis vekker.

Briten Ebrahim Mamdani var i begynnelsen av 70-tallet den første som benyttet Fuzzy logic til styring av drivstoffpådraget til en maskin. Han tok utgangspunkt i Zadehs teorier og utviklet egne metoder for å beskrive følgene av fuzzy-logiske operasjoner. Mamdani har siden fått navnet sitt knyttet til disse metodene. Mamdani publiserte eksperimentene i en artikkel hvor han konkluderte med at "it was surprising how easy it was to design a rule-based controller based on a combination of linguistic and mathematical variables".

Siden har fuzzy logic fått mange anvendelsesområder; mest på styring av mer eller mindre kompliserte tekniske systemer, men også som hjelp for å bygge modeller, og som hjelpemiddel til å omsette "gråtonede" utsagn til kvantitative størrelser.

I det etterfølgende vil vi gi en liten smakebit på bruk av fuzzy logic - metode med utgangspunkt i matrisen i figur 2-50. Fuzzy logic vil bli grundigere beskrevet i en senere Conceptrapport som er under utarbeidelse.

Konsekvensene spres utover den definerte skalaen (Guruene innenfor fuzzy logic kaller dette The Universe of Discourse), og det defineres en possibilistisk funksjon som viser gramedlemskap i definerte konsekvensstørrelser (medlemskapsfunksjon) uttrykt ved semantiske variabler, som vist i figur 2-53.



Figur 2-53 Medlemskapsfunksjon for konsekvens.

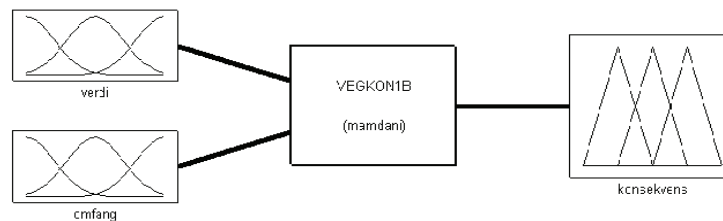
Vi ser at på en skala fra 0 til 6 vil konsekvens av verdi 3,5 være 50 % medlem i mengden "Nøytral" og 50 % medlem i mengden "Bra".

Denne modellen kan utnyttes til å lage en matematisk sammenheng mellom de to inngangsparameterne (se figur 2-50) og konsekvensvurderingen. Konsekvensen ( $z$ ) blir en funksjon av parameterne;

$$z = f(\text{parameter1}, \text{parameter2}).$$

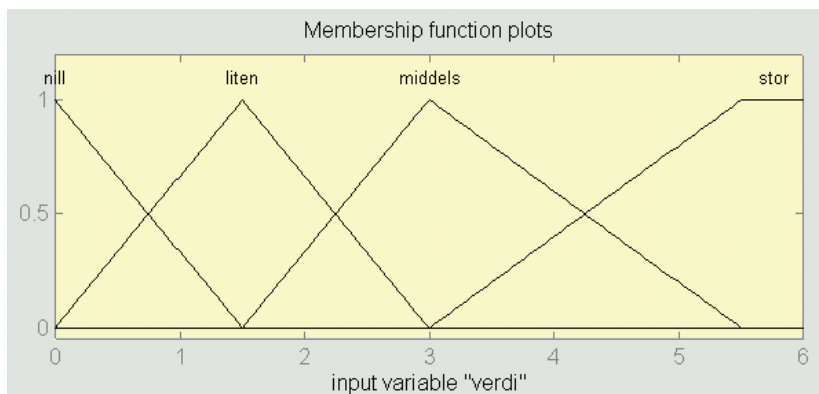
Eksemplet nedenfor viser hvordan vi kan bygge en flate i rommet som viser funksjonssammenhengen mellom to parametere og deres konsekvens. Parametrene er i dette tilfellet kalt "verdi" og "omfang", og hver av disse har sine egne medlemskapsfunksjoner. Se figur 2-55 og figur 2-56.

Figur 2-54 til figur 2-58 viser skjematisk hvordan "fuzzymaskinen" bygges opp, og hvordan input fra de to variablene går gjennom maskinen og danner konsekvensbildet.



Figur 2-54 Oppbygging av fuzzymaskin.

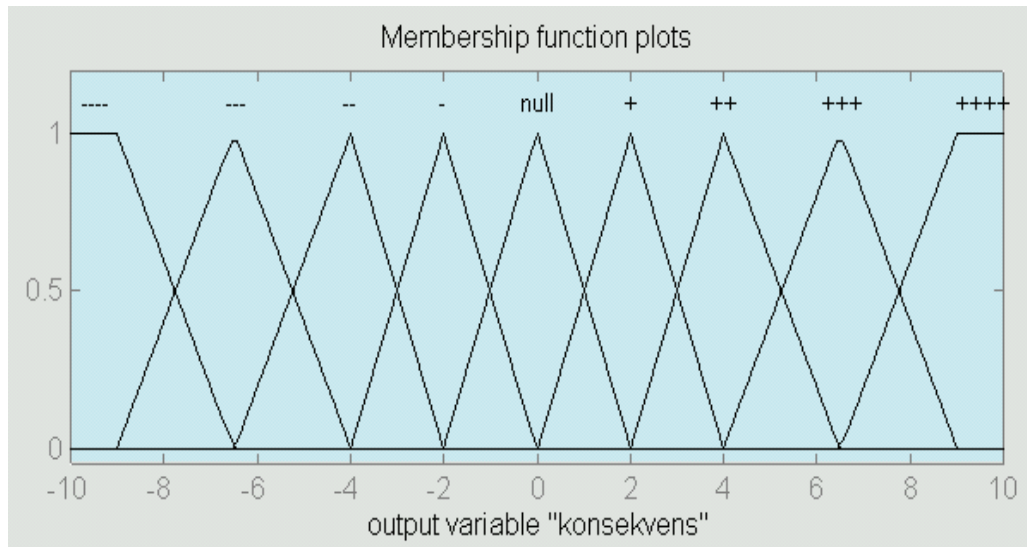
For parameteren "verdi" er det definert fire semantiske variabler innenfor en skala fra 0 til 6, og til hver av disse er det tilordnet en medlemskapsfunksjon som vist i figur 2-55.



Figur 2-55 Medlemskapsfunksjon for parameter "verdi".

Parameteren "omfang" har en skala fra -5 til +5, og inneholder fem semantiske variabler med hver sin medlemskapsfunksjon, men er forøvrig bygd opp på samme måte som parameteren "verdi".

Resultatfunksjonen "konsekvens" er definert innenfor en skala fra -10 til +10, og inneholder 9 variabler som vist i figur 2-56.



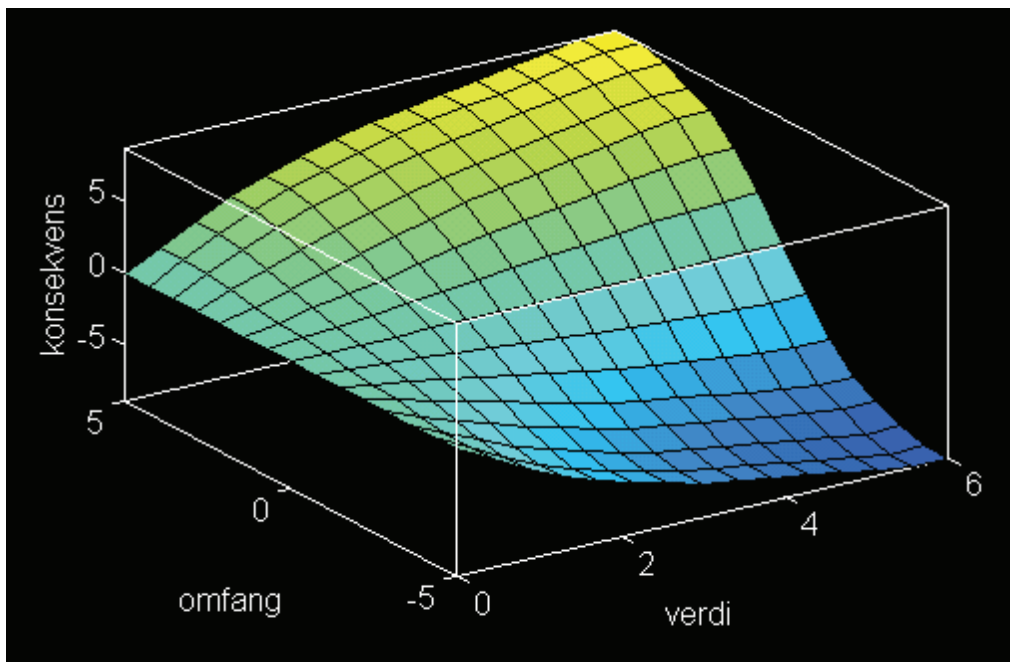
Figur 2-56 Medlemskapsfunksjon for resultatet "konsekvens".

Fuzzymaskinen er definert med 13 kjøreregler som vist i figur 2-57. Kjørereglene settes ved hjelp av if...then...else - betingelser og logiske operatører.

1. If (verdi is null) or (omfang is intet) then (konsekvens is null) (1)
2. If (verdi is liten) and (omfang is posstor) then (konsekvens is ++) (1)
3. If (verdi is liten) and (omfang is posmidd) then (konsekvens is +) (1)
4. If (verdi is liten) and (omfang is negstor) then (konsekvens is --) (1)
5. If (verdi is liten) and (omfang is negmidd) then (konsekvens is -) (1)
6. If (verdi is middels) and (omfang is posmidd) then (konsekvens is ++) (1)
7. If (verdi is middels) and (omfang is negmidd) then (konsekvens is --) (1)
8. If (verdi is middels) and (omfang is posstor) then (konsekvens is ++++) (1)
9. If (verdi is middels) and (omfang is negstor) then (konsekvens is ----) (1)
10. If (verdi is stor) and (omfang is posmidd) then (konsekvens is ++++) (1)
11. If (verdi is stor) and (omfang is negmidd) then (konsekvens is ----) (1)
12. If (verdi is stor) and (omfang is posstor) then (konsekvens is +++) (1)
13. If (verdi is stor) and (omfang is negstor) then (konsekvens is ---) (1)

Figur 2-57 Kjørereglene for "vår" fuzzymaskin.

I figur 2-58 ser vi den ferdige romflaten som viser verdien av konsekvensene som funksjon av inputverdiene.



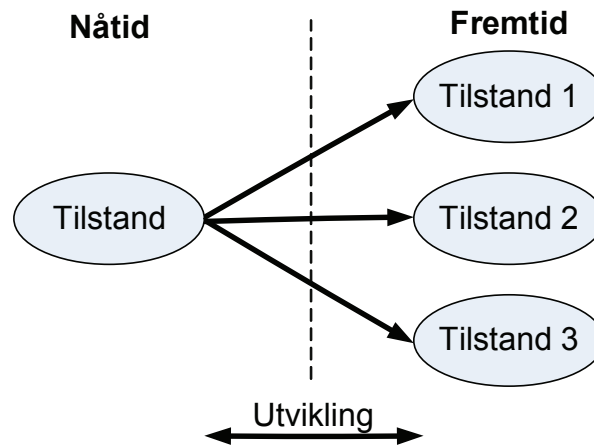
Figur 2-58 "Konsekvens" som funksjon av "verdi" og "omfang".

De kvantifiseringsmetodene som er omtalt her er bare noen få av en rekke mer eller mindre gode metoder, og er tatt med ene og alene for å gi en liten smakebit av noe som er litt annerledes enn de mer kjente metodene som for eksempel grenseverdimetoden og subjektive vurderingsteknikker.

## 2.11 Scenarioanalyse

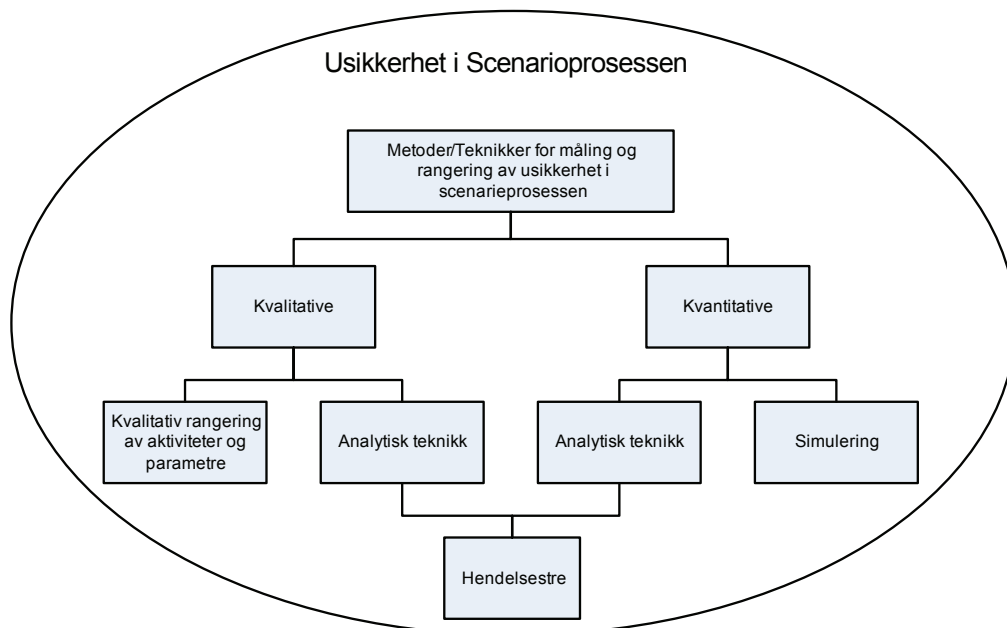
Scenario er en metode for å prøve ut mulige fremtider, og skissere veien til dem. Identifisering og rangering av prosjektets usikkerhet skal ved bruk av scenariometoden danne grunnlaget for utforming av strategier som er risikominimerte. Scenariometoden er en omfattende oppgave som krever en strukturert fremgangsmåte. Dette reflekterer også definisjonen (Reibnitz, 1988);

*"Scenarioprinsippet består av utvikling av fremtidige omgivelsessituasjoner (scenarier) og beskriver veien fra en nåværende situasjon til disse fremtidige situasjonene."*



Figur 2-59 Scenarioprinsippet

Scenariometoden bruker mange teknikker for beregning og rangering av usikkerhet i en trinnvis prosess. Scenarier utarbeides på bakgrunn av utvelgelse og behandling av bedriftsrelevant informasjon. I prosessen brukes det flere kvalitative og kvantitative teknikker, slik at scenariometoden ikke kan begrenses til noen få allmenngyldige teknikker, se figur 2-60 (Torp og Kilde, 1996).



Figur 2-60 Teknikker for usikkerhetsbehandling ved bruk av scenario



Scenarioteknikker er et mye brukt verktøy i dag. En kan skille mellom to situasjoner hvor det er brukt (Wallace, 2005):

1. Utfordringen å finne de gode alternativene i en beslutningssituasjon
2. Utfordringen å evaluere eksisterende beslutningsalternativ

Scenarioanalyse benyttet til situasjoner som under punkt 1 kan betraktes som det samme som følsomhetsanalyser. (Wallace, 2005) argumenterer for at dette ikke kan løses på en god måte ved scenarioanalyse, men at den riktige situasjonen å benytte scenarioanalyser er når en ønsker å studere hvordan ulike alternative beslutninger oppfører seg under forskjellige antakelser om fremtiden.

Scenarioanalyser kan benyttes til å si hvilken beslutning av de mulige beslutninger (strategier) som er best, men den kan ikke si noe om hvor god den er. Det kan også finnes beslutninger som er bedre, men scenarioanalysen kan ikke avdekke disse (Wallace, 2005).

**Eksempel:** *Det er en trend at sluttkostnadene for et vegprosjekt er mye høyere enn første kostnadsoverslag for prosjektet. Denne økningen skjer på en eller annen måte stegvis gjennom de ulike faser i prosjektprosessen. En ønsker å teste ut ulike scenarier for denne utviklingen for å etablere best mulig beslutningsgrunnlag for fremtidige prosjekt. Scenarioteknikken skal benyttes. Dette brukes som eksempel i den videre beskrivelsen av scenarioteknikken.*

(Reibnitz, 1988) beskriver en scenarioanalyse i 8 trinn. Beskrivelsene er basert på analyse av en organisasjon/bedrift eller strategisk forretningsenhet. Scenarioer kan utarbeides på ulike måter. De mest vanlige måtene er å benytte work-shops i en eller annen form. Det kan være alt fra mindre antall work-shops (eks. en til to ganger tre dager) til et større antall work-shops (eks. fire 2-3 dagers work-shops). Dette avhenger av prosjektets/situasjonens kompleksitet og omfang. Scenariene analyseres i følgende trinn (Reibnitz, 1998):

1. Analyse av aktiviteter

Målet med dette trinnet er å analysere dagens situasjon i prosjektet/organisasjonen. Analysen fokuserer på mål/strategier, identitet, og ender ut med en analyse av styrker og svakheter. Fremtidige utfordringer for prosjektet utformes som spørsmål som begynner med "Hvordan kan vi...". Spørsmålene skal ikke besvares på dette tidspunktet i prosessen. Tidligere hendelser og empirisk kunnskap vil legge for sterke føringer på svarene, mens det en er ute etter med en scenarioprosess er å bringe inn fremtidige perspektiver og alternative utviklinger i disse spørsmålene. I dette trinnet er det viktig å sette tidshorison(t)er på scenarioanalysen.

**Eksempel:** Som en beskrivelse av dagens situasjon angis for eksempel status for vegbygging generelt, hvilke faktorer som har påvirkning på vegkostnadene i dag, og hvordan status for disse er på nåværende tidspunkt. Dette gjelder for eksempel:

- Hvilke lover og regler som en må forholde seg til, hvilke vegnormaler som gjelder, og hva de sier om ulike typer veger, tunneler, bruer etc.?
- Hvordan er dagens entreprenørmarked?
- Hvordan organiseres og gjennomføres vegprosjekter i dag?
- Hvordan slår den politiske påvirkningene ut på prosjektene?
- Hvilke krav gjelder i forhold til de viktigste valgparametrene:

**Eksempel:** De sentrale spørsmål kan være hvordan vi får etablert en prosess for kostnadsestimering som:

- Tar hensyn til alt.
- Gir bedre forutsigbarhet enn vi klarer i dag med hensyn på påvirkningen på kostnadene for vegprosjekter fremover tid fra faktorer som marked, politiske forhold, miljøkrav etc.

**Eksempel:** Eksempel på noe som kan være styrker og svakheter ved kostnadsestimering i Statens Vegvesen i dag:

*Styrker:*

- Statens Vegvesen har etablert en systematisk prosess for å etablere kostnadsoverslag i ulike faser av prosjekter, og som tar hensyn til usikkerheten i prosjektene.
- Statens Vegvesen har nylig startet implementering av en kostnadsbank for å ta vare på erfaringer fra gjennomførte prosjekter.

*Svakheter:*

- Det er vanskelig å få tak i den reelle usikkerheten i prosjektene på tidlige tidspunkt i prosjektet.
- Prosjektene er utsatt for stor påvirkning fra interessenter, og dette er vanskelig å forutsi hvordan slår ut langt fram i tid.

*Tidshorizonten for analysen ble satt til 20 år.*

## 2. Analyse av påvirkninger

Gjennom dette steget skal de eksterne påvirkningsområdene på prosjektet/organisasjonen defineres. Påvirkningsområdene skal identifiseres, påvirkningsfaktorene innenfor områdene skal fastslås og vurderes. Innbyrdes avhengigheter mellom påvirkningsområdene vurderes. Eksempel på generiske påvirkningsområder som opptrer i de fleste sektorer er kundemarked, leverandørmarkedet, lovgivning, teknologi, økonomi og samfunnsutvikling. Under lovgivning kan avgiftsnivå, endringer i lovverk, godkjenning av foretak etc. være påvirkningsfaktorer for et byggeprosjekt. Det kan være vanskelig å jobbe med slike generelle overskrifter, da de vil bety så forskjellig for ulike bransjer. Overskriftene/områdene må iden-

tifiseres for hvert enkelt tilfelle, og påvirkningsfaktorene for hvert enkelt område må identifiseres.

**Eksempel:** Det kan identifiseres påvirkningsområder som er viktige for påvirkningen på kostnadene for vegprosjekter. Dette kan for eksempel være:

- A. Entreprenørmarkedet
- B. Organiseringen av prosjektet
- C. Teknologi
- D. Politikk og samfunnsutvikling
- E. Endring av ønsker og behov i samfunnet
- F. Økonomi

**Eksempel:** Neste trinn er å identifisere påvirkningsfaktorer under de identifiserte områdene. Her har vi tatt ut to av områdene, Entreprenørmarkedet, og Endringer i ønsker og behov i samfunnet.

Entreprenørmarkedet:

- Konjunkturer i markedet
- Antall leverandører
- Internasjonal interesse

Endringer av ønsker og behov:

- Endrede krav til utrustning (midtdeler, belysning, ...)
- Endrede krav til støy, støv, naturmiljø etc.
- Resultat fra reguleringsprosessen i enkeltprosjektet
- Informasjonshåndtering mot interessenter
- Utvikling av trafikkmengder

**Eksempel:** Innbyrdes avhengighet mellom påvirkningsområdene kan fremstilles som følger, se tabellen under. Påvirkningen det enkelte område har på et annet området angis ved 0 (Ingen påvirkning), 1 (Noe påvirkning), eller 2 (Stor påvirkning). I tabellen nedenunder er det da sagt at for eksempel Entreprenørmarkedet har stor påvirkning på Organiseringen av prosjekter.

Område	A	B	C	D	E	F	Aktiv total
A Entreprenørmarkedet	X	2	1	0	0	0	3
B. Organiseringen av prosjekter	0	X	1	0	0	0	1
C. Teknologi	1	1	X	1	0	1	4
D. Politikk og samfunnsutvikling	2	0	1	X	2	2	7
E. Endrede ønsker og behov	1	1	1	1	X	0	4
F. Økonomi	2	1	1	1	2	X	7
Passiv total	6	5	5	3	4	3	26

Ut fra dette kan det defineres en Aktiv Total for hvert område som sier noe om i hvilken grad området påvirker de andre områdene, og en Passiv total som sier noe om i hvilken grad området blir påvirket av de andre områdene. De sterkeste drivkreftene utenfra kommer fra de med høy aktiv total, altså i dette tilfellet Politikk og samfunnsutvikling, Økonomi, Endrede ønsker og behov og Teknologi.

### 3. Prosjeksjon av fremtiden

Dette steget skal fastslå, på basis av påvirkningsfaktorene fra trinn 2, beskrivelse av dagens situasjon og fremtidig status for hver påvirkningsfaktor. Beskrivelsene skal være nøytralt formulert. Erfaringer viser at hvis situasjonene formuleres nøytrale, så vil det være enklere å tenke på ulike fremtidige utviklinger. Antatt fremtidig utvikling (scenarier) etableres for hvert punkt.

<i>Eksempel: Beskrivelse av dagens status og mulig fremtidig status for påvirkningsfaktorene.</i>		
<b>Faktor</b>	<b>Dagens status</b>	<b>Projeksjon 2025</b>
<b>Entreprenørmarkedet</b>		
<i>Konjunktur i markedet</i>	<i>Stort press i markedet. Alle har mye å gjøre.</i>	<i>To alternativer: a) Det blir en stagnasjon i markedet. Det er mange store prosjekter i gang nå, og i etterkant av dette kan det komme en stagnasjon. b) Fortsatt stort press i markedet. Mange store oppdrag settes ut samtidig.</i>
<i>Antall leverandører</i>	<i>I dag er det fire-fem store firma som kan ta på seg store jobber. Ellers finnes et stort antall av mindre entreprenører.</i>	<i>To alternativer: a) Det finnes kun et eller to store firma igjen i Norge. Ellers bare små som ikke kan ta på seg større oppdrag. b) Det etableres flere store norske aktører som kan konkurrere om store oppdrag.</i>
<i>Internasjonale aktører på markedet</i>	<i>Liten eller ingen internasjonal interesse for vegprosjekter i Norge.</i>	<i>To alternativer: a) Fortsatt liten eller ingen interesse internasjonalt. b) Store internasjonale aktører kommer på banen og konkurrerer om oppdrag i Norge.</i>
<b>Endrede ønsker og behov i samfunnet</b>		
<i>Endrede krav til utrustning av veger</i>	<i>Dagens veger utrustes som minimum etter vegnormaler.</i>	<i>To alternativer: a) Dagens behov blir lagt til grunn, da en kan anta at de gjenspeiler fremtidens behov. b) I fremtiden blir midtdeler standard i nybygging av større veganlegg. I tillegg vil vi forvente stor økning i standard på utrustning av veger.</i>
....		

#### 4. Gruppering av alternativ

Målet med dette trinnet er å sjekke ut sammenhengen mellom de ulike utviklingsretningene identifisert i trinn 3, slik at de er konsistente, compatible og logiske. Dette kan gjøres ved en

ren kvalitativ diskusjon av sammenhengen mellom hver enkelt alternativ retning. Med en mer komplisert problemstilling anbefaler (Reibnitz, 1988) å bruke en matrise til vurdering av sammenhengen. I dette trinnet kan også følsomhetsanalyser utføres, og derigjennom nye scenario etableres ved å forandre hvert punkt i de valgte scenariene. Trinnet skal lede til to scenarier som står i kontrast til hverandre, men som likevel, i seg selv, er logisk konsistent og rimelige scenarier eller bilder av fremtiden.

*Eksempel: Etablering av to alternative scenarier.*

Påvirkningsområde	Påvirkningsfaktor	Alternativ A	Alternativ B
<b>Entreprenørmarkedet</b>	Konjunktur i markedet	Lavkonjunktur i markedet	Høykonjunktur i markedet
	Antall leverandører	Stor konkurranse	Nærmest monopol
<b>Organisering av prosjekter</b>	Statens Vegvesen som prosjektgjennomfører	Stor kapasitet og høy kompetanse	Lav kompetanse og kapasitet
<b>Teknologi</b>	Utvikling av ny teknologi	Høy utvikling som gir stor produktivitetsøkning	Dagens teknologi med noe utvikling
<b>Endrede ønsker og behov</b>	Krav til utrustning	Omtrent som dagens vegnormaler	Høye krav til utrustning
	Krav til miljø	Utvikling av trafikkmengder	Dagens trafikk, ÅTD = eks 10.000
			Høy økning av trafikkmengde, ÅDT = 15.000
....			

## 5. Fortolkning av scenarier

I dette steget organiseres og fortolkes scenariene, basert på analysen av konsistens i steg 4. En utfordring med dette trinnet er at scenariene ikke utvikler seg statisk i fremtiden, men at de har dynamiske egenskaper. Fortolkningene av scenariene må ta hensyn til sammenhengen mellom de ulike påvirkningsområdene, slik som beskrevet i steg 2. Scenarioene beskrives enten verbalt eller grafisk.

*Eksempel: Beskrivelse av de to scenariene*

Påvirkningsområde	Scenario A	Scenario B
<b>Entreprenørmarkedet</b>	Etter en lengre periode med mange store vegutbygginger er fokuset satt på vedlikehold av eksisterende vegmasse. Dette har medført stor overkapasitet i entreprenørmarkedet. Antall leverandører i markedet som kan utføre vegbygging er stort. Det er også stor internasjonal interesse for norsk vegutbygging.	Fokuset på nybygging av veger er opprettholdt, og det er mange store vegutbygginger i gang. Markedet er presset, og kapasiteten sprengt. Det er kun 3-4 store firma som kan ta på seg utførelse av store vegprosjekter, og den internasjonale interessen for vegbygging i Norge er fraværende.
....		

## 6. Konsekvensanalyser

Dette trinnet har som mål, basert på de to valgte scenariene, å utvikle muligheter og risiko, og å evaluere disse i forhold til viktighet for prosjektet, og å angi tiltak/aktiviteter. Målet med aktivitetene/tiltakene er å utnytte mulighetene så raskt og optimalt som mulig, og å redusere risikoen så mye som mulig, og eventuelt gjøre om risiko til muligheter. Det er ønskelig å vurdere i hvilket tidsperspektiv mulighetene og risikoen er relevante i (kort til medium, eller medium til lang).

**Eksempel: Konsekvensanalyse for de to scenariene:**

**Scenario A:**

- *Utvikle gjennomføringsmodeller som er tilpasset det markedet som eksisterer.*
- *Opprettholde gode ansettelsesforhold som gjør at en kan holde på de gode folkene.*
- *Etablere estimeringsprosesser som tar hensyn til fremtidige scenarier på en bedre måte enn i dag.*

**Scenario B:**

- *Utvikle gjennomføringsmodeller som er tilpasset det markedet som eksisterer.*
- *Markedsføre norsk vegbygging for det internasjonale markedet.*
- *Gå i tettere dialog med undervisningsinstitusjoner som NTNU for å utdanne høyt kvalifiserte ingeniører og dr.ing'er som kan gå inn i stillinger i Statens Vegvesen.*
- *Etablere et system for erfaringsoverføring som gjør at de yngre kan lære av de eldre på en systematisk og god måte.*
- *Skjerpe kravene til beslutningsgrunnlaget for vegprosjekter i ulike faser.*
- *Innføre belønninger til de prosjektteam som klarer å levere tilbake penger.*

## 7. Analyse av kritiske hendelser

Gjennom dette trinnet identifiseres mulige plutselig oppstående hendelser, både eksterne og interne, som har vesentlig påvirkning for prosjektet (både positive og negative). Dette for å evaluere deres viktighet for prosjektet, og for å utarbeide preventive tiltak i form av for eksempel kriseplaner. Hendelsene skal ikke analyseres med tanke på sannsynlighet. Dette fordi at store risikoer vil vanligvis klassifiseres som svært usannsynlige av et team som er knyttet til prosjektet. Det er i denne sammenhengen viktigere å evaluere effekten disse hendelsene vil ha på prosjektet (konsekvensene).

## 8. Overføring av scenarier

I dette trinnet skal de muligheter og risiki som er identifisert brukes til å formulere en hovedstrategi, definere alternative strategier og etablere et system for å overvåke omgivelsene til prosjektet/organisasjonen. De to utvalgte scenariene danner grunnlaget for to alternative strategier. Det etableres en sløyfe tilbake til steg 1, for å evaluere i hvilken grad mål og strategier listet i trinn 1 sammenfaller med den etablerte hovedstrategien fra scenarioanalysen, og om det er svakheter avdekket gjennom scenarioanalysen som kan gjøre det vanskelig å nå målene formulert i trinn 1.

Scenarioteknikkenes fortrinn som planleggingsverktøy er mulighetene til å behandle kvalitative og kvantitative aspekter likeverdig og på nøyaktig samme måte. Kvalitative faktorer vektlegges, sammenlignes og rangeres sammen med de kvantitative. En svakhet er at scenarioteknikkene benytter deterministiske beskrivelser av fremtiden (Wallace, 1994).

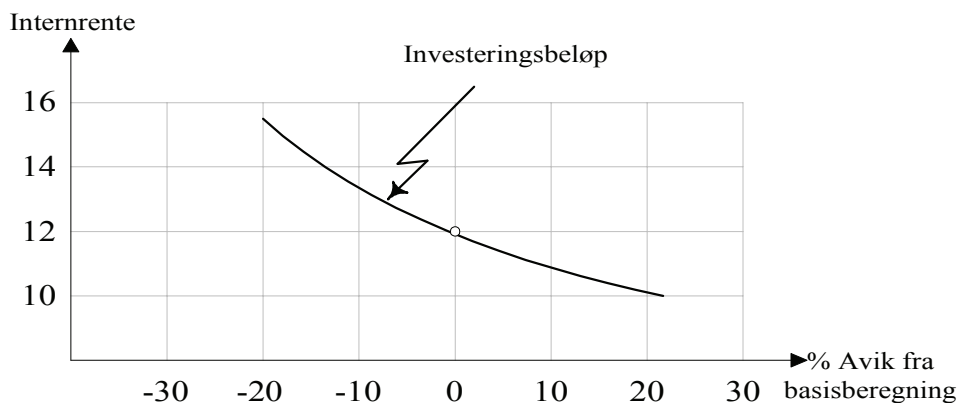
## 2.12 Følsomhetsanalyse

Dette kapitlet beskriver følsomhetsanalyse. Beskrivelsen er hentet fra teorirapporten.

Et av resultatene fra en usikkerhetsanalyse er en oversikt over de mest usikre elementene; en rangering av elementene etter absolutt størrelse på spredningen (målt i standardavvik eller varians). Dette brukes til å prioritere hva vi bør sørge for å få mer og sikrere kunnskap om.

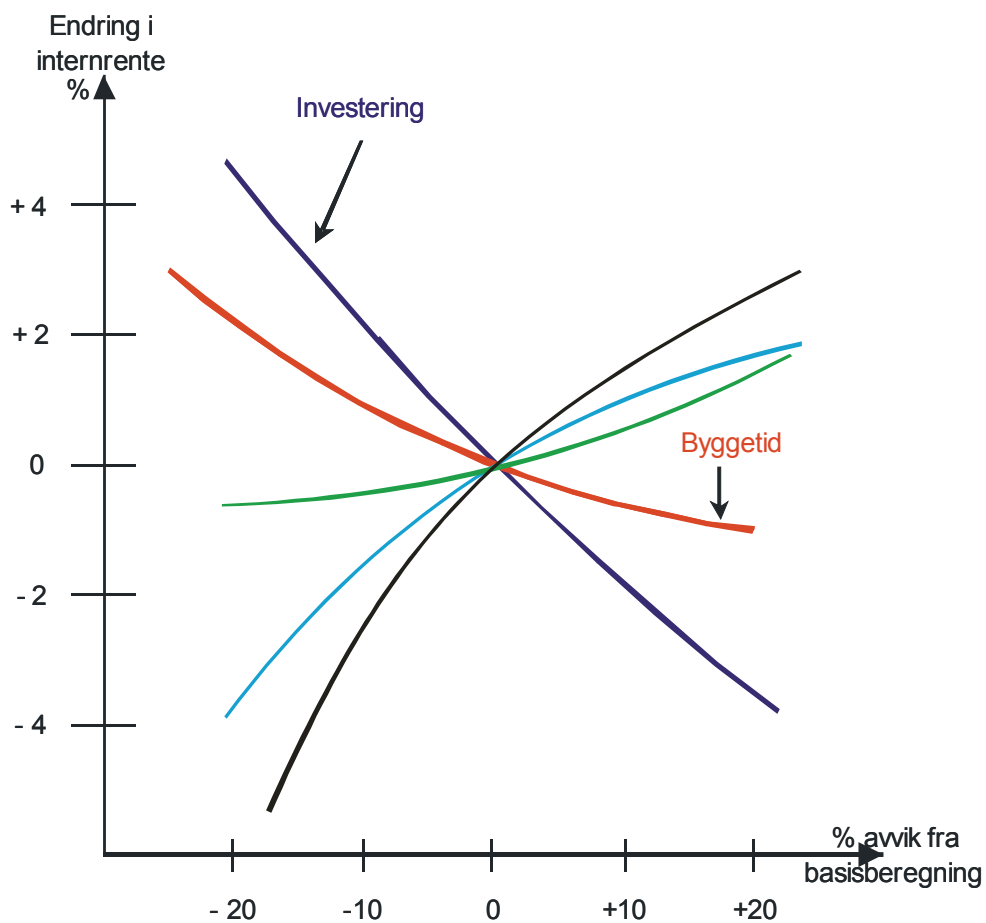
En annen viktig indikator på hvor vi bør rette innsats for å få mer kunnskap er i hvilken grad sluttresultatet er avhengig av variasjon i de enkelte elementer, eller sagt med andre ord; hvor følsomt er resultatet vi måler for variasjoner i inngangsparameterne?

For å få oversikt over dette benytter vi en såkalt følsomhetsanalyse. Vi gjør forutsetninger om de enkelte parametere og stipulerer for eksempel et forventet økonomisk resultat ut fra disse forutsetningene. Så endres en og en parameter nedover og oppover mens de andre holdes faste. Endringskalaen er relativ i forhold til forutsatt størrelse på parameteren; for eksempel % ned og % opp. Figur 2-61 viser hvordan internrenten endrer seg som følge av relative endringer av investeringskostnad.



Figur 2-61 *Hvor følsom er internrenten for endringer i investeringskostnad? (Rolstadås, 2001)*

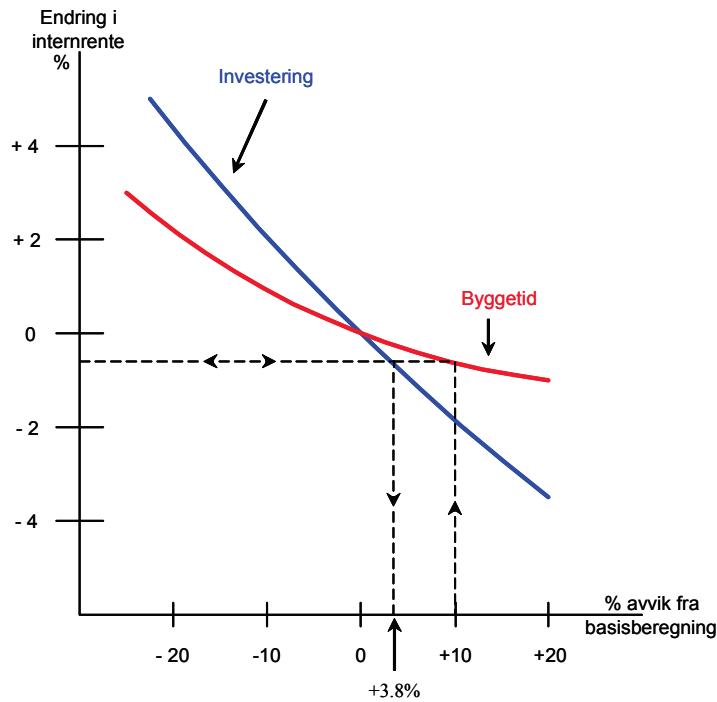
Figur 2-62 viser resultatet av en analyse av alle parameterne. Av åpenbare grunner går denne framstillingen under navnet "Spiderdiagram". De parameterne hvor endringer har størst virkning på resultatet; (disse sies, kanskje ikke helt semantisk korrekt, å ha størst følsomhet), og følgelig de det er naturlig å gi størst oppmerksomhet, har de bratteste kurvene.



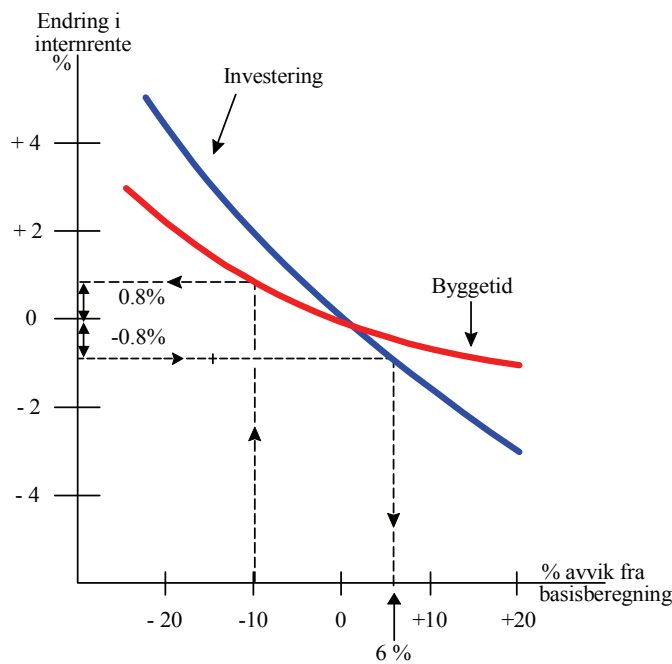
Figur 2-62 Eksempel på "spiderdiagram".



Resultatene fra en følsomhetsanalyse er gode og svært anvendelige som beslutningsstøtte i valg av løsninger, og også som styringssignaler i prosjektets gjennomføringsfase. Figur 2-63 og figur 2-64 er eksempler på det siste.



Figur 2-63 *Hvilken merinvestering kan forsvares for å unngå 10 % overskridelse av byggetid? (Rolstadås, 2001)*



Figur 2-64 *Hvilken merinvestering kan tillates for å oppnå 10 % kortere byggetid? (Rolstadås, 2001)*

Følsomhetsanalyser viser klart hvordan modellen er avhengig av den informasjonen som til enhver tid foreligger. Den viser hvor robust prosjektet er for endringer av de enkelte parametere, og kan således bidra til at det etableres forskjellige akseptnivåer for hvor usikre enkelte parametere får lov å være.

Følsomhetsanalyser er på denne måten nært knyttet til usikkerhetsstyring, som har som mål å kombinere resultater fra usikkerhetsanalysen med nødvendige tiltak.

Enkle følsomhetsanalyser, som beskrevet ovenfor, har en svakhet i at de forutsetter at alle de andre faktorene kan holdes uforandret mens én varierer. Denne forutsetningen er antakelig ganske ofte noe tvilsom. Hvis vi kan beskrive eventuell samvariasjon mellom de forskjellige faktorene, positiv eller negativ, finnes det gode simuleringsprogrammer som behandler dette og gir oss justerte følsomhetskurver. Dette blir ikke videre behandlet i denne rapporten.

## 2.13 Utviklingskjeder

Etter hvert som nasjonalkapitalen øker blir det mer og mer å vedlikeholde. Behovet for årlige budsjetter, men også behovet for periodiske vedlikeholdsinvesteringer av til dels betydelig størrelse, vil øke. Størrelsen på behovet for innsats for å hindre svekkelse av kapitalen, størrelsen på forfallet hvis denne innsatsen er for liten, og behovet for investeringer for å rette dette opp igjen, er beheftet med stor usikkerhet. Svært mye av denne usikkerheten kan avsløres ved hjelp av metoder som vi har beskrevet i det foregående. Det som imidlertid er typisk for behovene for vedlikeholdsinvesteringer er at de veldig tydelig er avhengig av hva vi fortar oss under veis, og at utviklingen derved, for en stor del, er underlagt vår kontroll.

Et hjelpemiddel for å kunne utøve denne kontrollen ved å prediktere tilstanden til analyseobjektet til forskjellige tidspunkter og under gitte forutsetninger, er såkalte utviklingskjeder. Tilstandsutviklingen modelleres ved bruk av sannsynligheten for overgang fra en tilstandsklasse til en annen i løpet av et tidsintervall. Noen kaller dette for en Markovanalyse, men for ikke å forveksle med Markovprosesser og kompliserte matematiske beregninger, velger vi de mer nøytrale begrepene utviklingskjeder og utviklingsmodell.

For å anskueliggjøre bruken av utviklingsmodellen har vi sett på tilstandsutviklingen for et vegsystem under forutsetning av at vedlikeholdsinnsatsen er for lav, og en tilsvarende utviklingsmodell som følge av en økning i innsatsen.

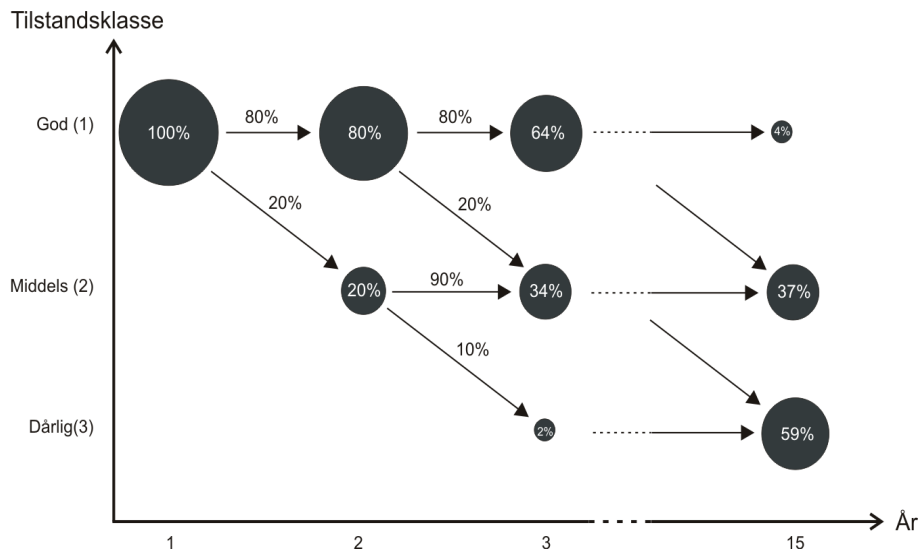
Modellen angir sannsynligheten for at vegen skal forbli i samme klasse ved slutten av tidsintervallet selv om det ikke blir utført vedlikehold, eller hvis vedlikeholdsmengden holdes konstant. Den komplementære sannsynligheten for at tilstanden opprettholdes er sannsynligheten for at den forringes til en lavere tilstandsklasse.

I figur 2-65 ser vi hvordan man på denne måten kan angi sannsynligheten for hvor stor del av vegsystemet som vil befinne seg i de forskjellige tilstandsklasser etter et gitt antall år.

Fordelen med utviklingskjeder er at de kan baseres på faktiske, målte data, og at den tar hensyn til at det er usikkerhet knyttet til modelleringen og antakelsene om fremtiden. Alternativene, årsak/virknings-kjeder mellom ytre påvirkning og tilstand, må hele tiden kalibreres

mot feltforhold. Ulempen er at utviklingskjeden ikke er velegnet hvis tiltaksdoseringen varierer mye i løpet av tidshorisonten.

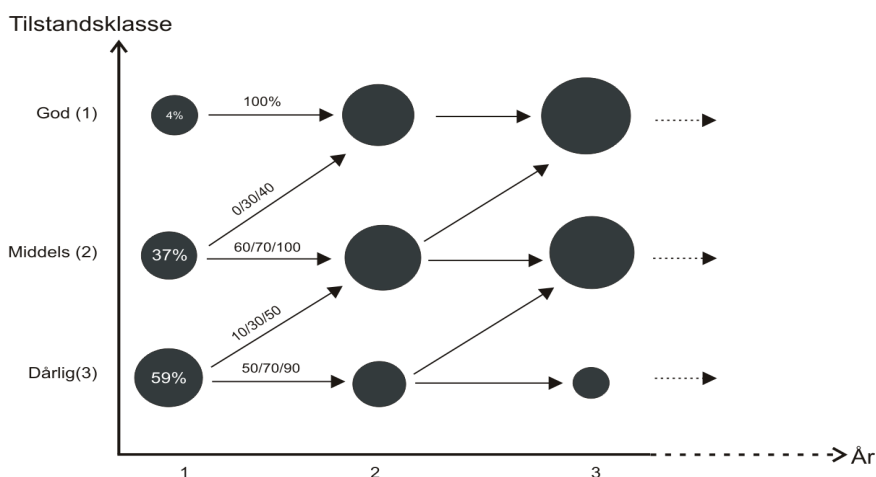
Vi ser at både tankegangen og metodikken minner om måten å beregne verdien av realoppsjoner på.



Figur 2-65 Tilstandsutvikling vist i en utviklingskjede.

Utviklingskjeder kan også benyttes for å se på virkningen av å øke tiltaksmengden. Vegsystemet vil da kunne gå fra en tilstand til en bedre. Hvor fort dette skjer, er avhengig av valgt tiltakskategori og tiltakspådrag.

I figur 2-66 er skissert en mulig utviklingsmodell av vegsystemet fra figur 2-65 hvor man har satt i gang et vedlikeholds- og oppgraderingsprogram med et fast pådrag pr år.



Figur 2-66 Utvikling av vegsystemet fra figur 2-65.

Hvor stor andel av vegen som går over fra en tilstandsklasse til en annen er gitt som en sannsynlighetsfordeling. Dette vil gjøre det mulig å få frem usikkerheten om hvor stor del av

vegsystemet som befinner seg i de forskjellige tilstandsklassene til enhver tid. Dette kan i neste omgang lett transformeres til en sannsynlighetsmodell for hvor stor innsats som trengs for å oppnå en besluttet tilstandsutvikling over tidshorisonen.

## 2.14 Stokastisk tidsanalyser med Critical Chain

I et forsøk på å unngå eller redusere effekten av usikkerhet søker vi å lage planer som tar hensyn til usikkerheten ved å legge til litt ekstra når vi estimerer kostnad eller varighet på aktivitetene.

I mange prosjekter er det imidlertid slik at de problemene vi har tatt overhøyde for ikke opptrer, og at det derfor ikke er bruk for den innebygde sikkerheten. Ideelt sett skulle det da bli tid og penger til overs for annen planlagt bruk. Så viser det seg dessverre alt for ofte at Parkinsons lov om at all tid og penger som er tilgjengelig blir brukt slår til.

Den beste måten å forholde seg til denne konflikten mellom å ha tilstrekkelig og å sløse, er å utvikle strategi for å hindre at man for eksempel bruker mer tid samtidig som man beskytter seg mot effekten av uventede hendelser.

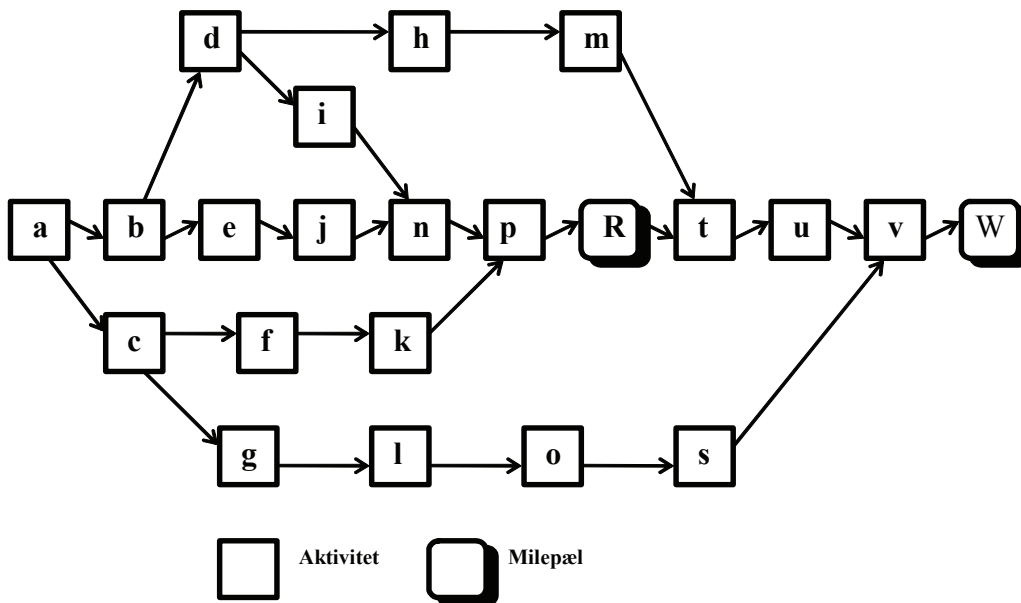
I det følgende vil vi presentere noen tanker om en mulig fremgangsmåte som kan kalles en kombinasjon mellom tidsplanlegging under usikkerhet, critical chain planlegging og bufferstyring

Prosedyren består av 8 steg:

1. Konstruer en nettverksplan
2. Identifiser indre og ytre påvirkningsfaktorer
3. Legg påvirkningsfaktorene inn i planstrukturen
4. Estimer varigheten til aktivitetene og tidsvirkningen fra påvirkningsfaktorene
5. Utarbeid tidsplanen med tilhørende usikkerhet
6. Definer viktige milepæler og bestem tidspunktene
7. Omform planen til arbeidskjeder med tidsbuffere
8. Utvikle strategi for bruken av bufferne

### Konstruer en nettverksplan

Eksemplet er basert på de sammenhengene som er vist i nettverksplanen (figur 2-67). Aktivitetene er identifisert med bokstaver. Aktivitetene med tid er kalt a, b ...v, mens R og W er definerte milepæler.



Figur 2-67 Nettverksplan

### Identifiser indre og ytre påvirkningsfaktorer

I tillegg til aktiviteter fra den såkalte prosjektnedbrytningsstrukturen (WBS) er det noen påvirkningsfaktorer som genererer kostnader og forbruk av tid. Dette er grundig behandlet i (Conceptrapport nr. 10, "Usikkerhetsanalyse - Kontekst og grunnlag") men for sammenhengens skyld tar vi med noe også her.

I praktiske usikkerhetsanalyser, for eksempel tidsanalyser med tilhørende usikkerhetsvurdering, velges det gjerne en tilnærming som tilsier et skille mellom de definerte aktivitetene og tidsbruken som knyttes direkte til disse, og det tidsforbruket som skyldes forhold utenom det som er definert i prosjektomfanget eller i WBS. Disse forholdene er gitt forskjellige betegnelser, som indre og ytre forhold eller generelle forhold.

Nødvendig tid til aktivitetene i WBS estimeres på grunnlag av gitte forutsetninger påvirkningsfaktorene innvirkning (se Conceptrapport nr. 10, "Usikkerhetsanalyse - Kontekst og grunnlag"). Disse forutsetningene har ofte sin basis i planleggenes erfaringsgrunnlag, eller det kan være forutsetninger om at den virkelighet vi har i dag også vil gjelde for fremtiden, eller det kan være forutsetninger som er definert av andre ut fra deres oppfatning av virkeligheten. Eksempler på det siste er geologiske rapporter, værprognoser etc.

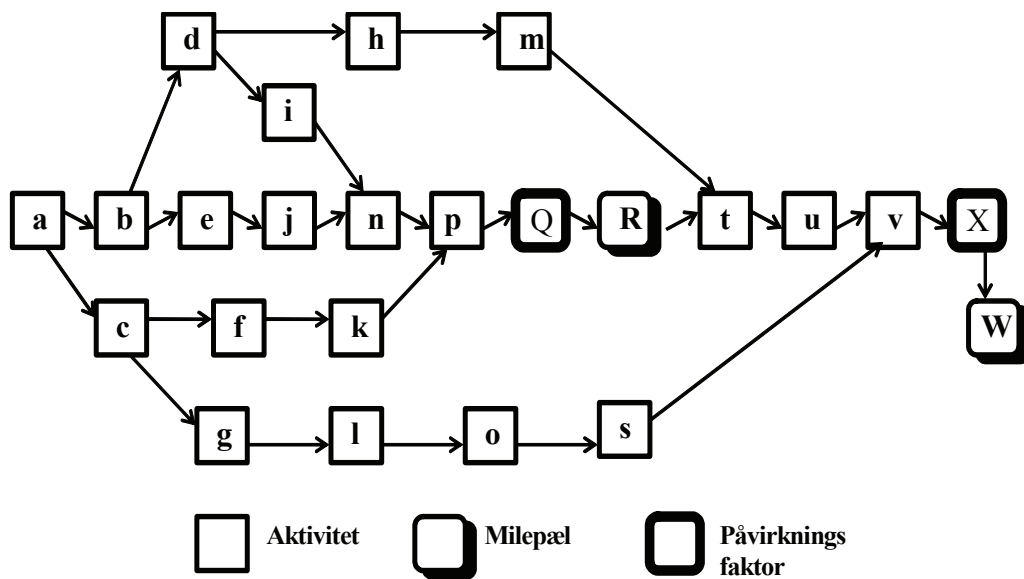
Det er viktig å klarlegge og kommunisere disse forutsetningene slik at det etableres en felles planleggingsbasis. Under planleggingens gang vil da aktivitetene i WBS ikke bli tildelt noe usikkerhet ut over den estimatusikkerheten som ligger i tidanslagene under de gitte forutset-

ningene. All annen usikkerhet, inklusive usikkerhet om riktigheten av de forutsetninger vi har gjort, ligger i generelle forhold.

Påvirkningene grupperes og legges inn i planen som såkalte påvirkningsfaktorer.

### Legg påvirkningsfaktorene inn i planstrukturen

I figur 2-68 har vi lagt inn påvirkningsfaktorene Q og X. Disse faktorene er dannet ved å gruppere sammen de generelle forhold som utgjør samme eller tilnærmet samme årsak til tidsusikkerhet. De estimerte effektene på tidsplanen er lagt inn etter de aktivitetskjedene de virker på, og rett før den milepælen vi ønsker å beskytte.



Figur 2-68 Nettverksplanen utvidet med påvirkningsfaktorer.

### Estimer varigheten til aktivitetene og tidsvirkningen fra påvirkningsfaktorene

Estimeringen består i å etablere antatt varighet for aktiviteter og påvirkningsfaktorene som sannsynlighetsfordelinger. (se kapittel 2.2 og Conceptrapport nr. 11 om Trinnvisprosessen). Ut fra disse sannsynlighetsfordelingene beregnes forventet varighet,  $E(T)$ , og tilhørende standardavvik,  $*T$ .

Sannsynlighetsfordelingen for hver aktivitet bestemmes ved å anta representativ fordelings-type og anslå tre punkter på kurven: Nedre kvantil ( $n$ ), øvre kvantil ( $o$ ) og mest sannsynlig verdi ( $s$ ). Her er det viktig å se koblingen opp mot optimal gjennomføringstid. Optimal tid for den enkelte aktivitet er den korteste tiden innenfor det området som gir høyest gjennomføringseffektivitet; det vil si den korteste tiden vi anser nødvendig for å gjøre jobben så billig som mulig. Mest sannsynlig anslag skal være det vi anser for realistisk optimalt for den enkelte aktivitet, under de forutsetninger vi har satt, og gitt at intet uventet skjer som medfører avvik i forhold til planen.

Anslagene på nedre og øvre kvantil og samt påvirkningsfaktorene fanger opp usikkerheten, og gir som oftest et tillegg til mest sannsynlig, slik at forventet tid blir noe høyere. Dette tillegget gjør oss i stand til å tåle "gjennomsnittet" av uregelmessigheter og hendelsesvirkninger, slik at optimal tid for en gjennomsnitt av aktiviteter antakelig ligger et eller annet sted mellom mest sannsynlig og forventet.

Anslagene og resultatene er vist i Tabell 2.11.

Tabell 2.11 *Tidsanslag på aktivitetene ved hjelp av tripplestimater, og resultatet av beregningene.*

Aktivitet	n	ø	s		E	$\sigma$	Prioritet
a	2	10	5		5.4	1.7	5
b	1	7	3		3.4	1.3	12
c	4	12	7		7.4	1.7	14
d	4	12	7		7.4	1.7	
e	3	12	6		6.4	2.0	7
f	7	16	10		10.6	2.0	
g	4	11	6		6.6	1.5	15
h	9	20	13		13.6	2.4	
i	2	7	3		3.6	1.1	
j	4	15	8		8.6	2.4	4
k	3	9	5		5.4	1.3	
l	7	22	12		13.0	3.3	10
m	6	18	9		10.2	2.6	
n	7	20	12		12.6	2.8	3
o	10	25	14		15.4	3.3	9
p	6	15	10		10.2	2.0	6
Q	0	15	4		5.4	3.3	1
R	0	0	0		0	0	
s	8	19	12		12.6	2.4	13
t	3	10	5		5.6	1.5	11
u	5	13	8		8.4	1.7	8
v	2	5	3		3.2	0.7	
W	0	0	0		0	0	
X	0	12	3		4.2	2.6	2

Kolonnen "Prioritet" rangerer aktivitetene etter deres andel av den totale usikkerheten i prosjektets gjennomføringstid. Prioritet 1 er den med størst usikkerhet. Listen er resultat av en kombinasjon av kritisk indeks (KI) fra figur 2-69 og standardavviket fra estimeringsprosessen. Kritisk indeks er sannsynligheten i % for at en aktivitet skal bli kritisk.

### Utarbeid tidsplanen med tilhørende usikkerhet

Figur 2-69 viser nettverksplanen med tidsestimatene konvertert til et Gantt-skjema ved hjelp av et dataprogram. Hattene på enden av aktivitetene er et uttrykk for at sluttiden for hver aktivitet er gitt ved forventningsverdien i en sannsynlighetsfordeling. Vi ser at usikkerheten, representert ved spredningen i sannsynlighetsfordelingen, øker etter hvert som det kommer nye aktiviteter til.

Legg også merke til det stokastiske tidstillegget (se Conceptrapport nr. 11) som har oppstått mellom aktivitetene (u) og (v). Dette kommer av at kjeden c, g, l, o og s har en viss sannsynlighet for å bli kritisk. Vi ser ikke noe markert tilsvarende tidstillegg andre steder hvor parallelle kjeder går sammen. Dette kommer av at de andre kjedene som kommer inn på "hovedkjeden" har svært liten sannsynlighet for å bli kritiske.

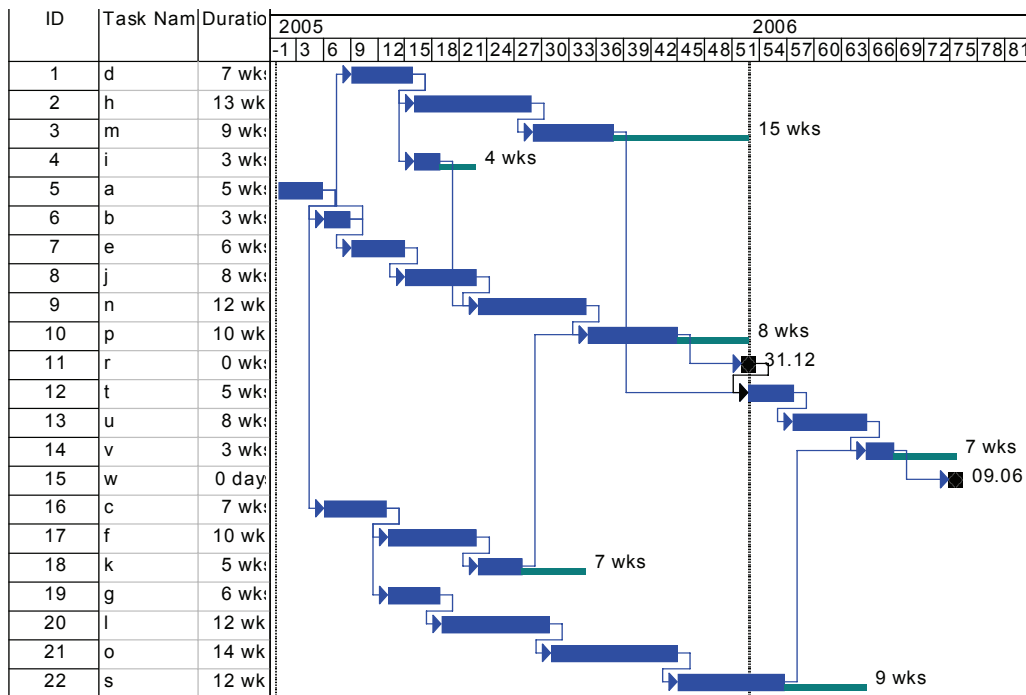




aktivitet til buffere som har til hensikt å beskytte milepælene, har vi laget en plan som er skapt for styring og tett oppfølging.

I det følgende vil vi vise hvordan vi med utgangspunkt i kritisk indeks og de definerte milepælene fra den stokastiske planen kan utvikle en plan med høykritiske og lavkritiske kjeder.

Vi går tilbake til nettverksplanen i figur 2-69 og anslagene fra Tabell 2.11. Mest sannsynlig verdi settes inn som tid for aktivitetene, og milepælene r og w låses til hhv tidspunktene uke 52 og uke 75 som vist i ovenfor. Ut fra dette arrangeres et Gantt-skjema som vist i figur 2-70 med den høykritiske kjeden i midten og de lavkritiske kjedene på hver side. Fri slakk for alle kjedene markeres.



Figur 2-70 Plan fremstilt som arbeidskjeder.

Fri slakk i den høykritiske kjeden gis betegnelsen prosjektbuffer, mens tilsvarende slakk i de andre kjedene får betegnelsen fødebuffere (eng. feeding buffers).



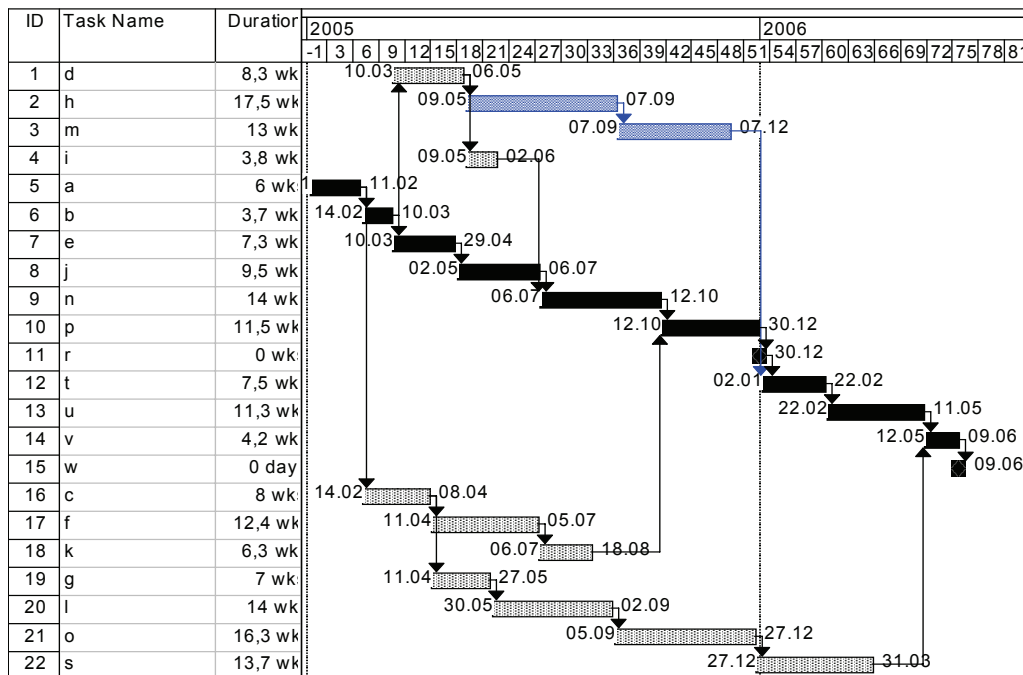
## Utvikle strategi for bruken av bufferne

For å kunne foreta en tetttest mulig oppfølging, og for å beskytte milepælene mot forsinkelser, må vi fordele bufferne på aktivitetene. Fordelingsnøkkelen kan være noe forskjellig, alt etter hvordan man ønsker å styre. I dette eksemplet har vi valgt en worst case tilnærming, og fordelingen av bufferne er foretatt pro rata ved å bruke den høyeste verdien på trippelanslagene.

Som et eksempel har kjeden a-b-d-h-m eierskap til fødebuffer 3. Bufferstørrelsen er 15 uker. Den korresponderende tidskjeden med høyeste anslag er 10-7-12-20-18, med til sammen 67 uker. Aktivitet (a) eier 10/67 deler av bufferen, som da representerer 2,3 uker. Det er viktig å passe på at vi ikke fordeler slik at "kritisk vei" forandres.

Det er også viktig å merke seg at det resultatet man får fram ved denne operasjonen er en form for worst case scenario hvor en ytterligere forsinkelse på nesten hvilken som helst av aktivitetene vil medføre stor sannsynlighet for overskridelse av tidsfristene, og at det absolutt er mulighet for å korte inn tiden hvis dette senere viser seg å være mer optimalt.

Resultatet er vist i figur 2-72 hvor startdatoen for aktivitetene er det man kan tåle uten å sette i verk tiltak for å øke tempoet.



Figur 2-72 Plan med angitt siste dag for å rope varsku

Hvilke tiltak eventuelle varskuer etter figur 2-72 skulle utløse er avhengig av hvilke hjelpemidler og ressurser prosjektet rår over. I tillegg til tidsbufferne finnes det forhåpentligvis også økonomiske buffere og andre former for ressursbuffer. Koblingen av disse, og kriterier for utløsning av bufferne er viktig for å få en komplett strategi.

---

## 3. Metoder hos rådgivere og etater

Kapitlet presenterer metoder for usikkerhetsanalyser i Terramar, Metier, Dovre International, PTL HolteProsjekt og Statens Vegvesen. Beskrivelsene baseres på intervju samt tilgjengelig materiell (notater, produktark og annet) fra rådgiverne. Referatene fra intervjuene ligger i egen rapport. Beskrivelsene av rådgivernes metoder er ikke utfyllende, og det vil sikkert finnes metoder som ikke er beskrevet. Metodebeskrivelsene tar utgangspunkt i rådgivernes usikkerhetsanalyser slik de gjøres i KS2. KS1-relaterte analyser er mindre behandlet, da rådgiverne ennå ikke har så mye erfaring med slike analyser.

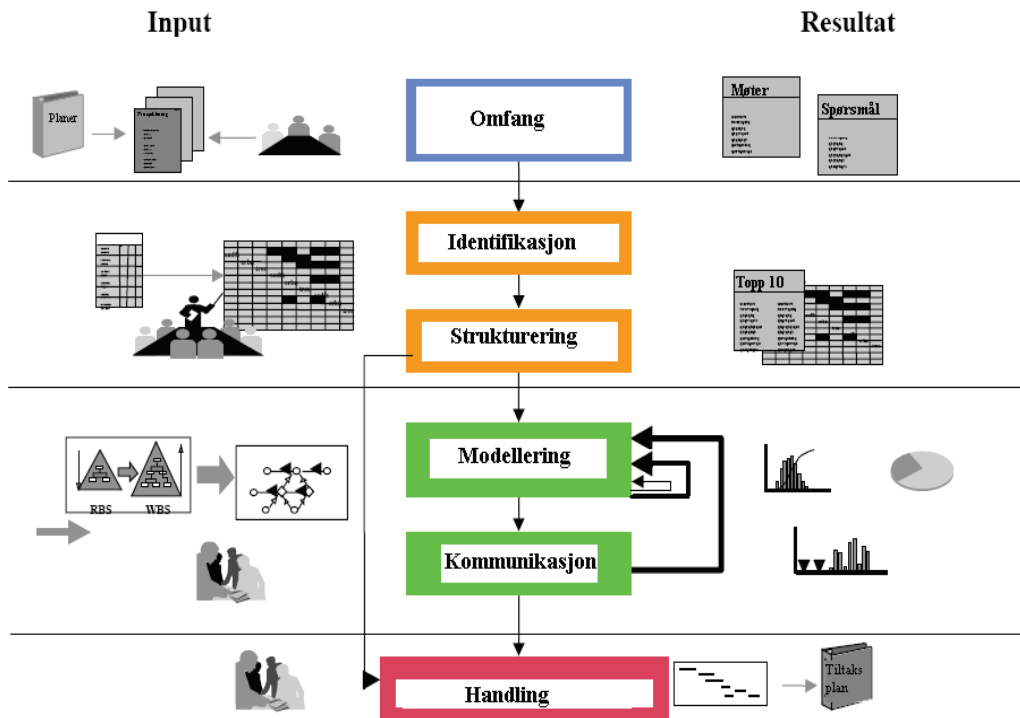
### 3.1 Terramar

Beskrivelsen av metodene til Terramar bygger på Intervju med Hagbarth Vogt Lorentzen i Terramar, samt notater han har gjort tilgjengelig.

I usikkerhetsanalyser er Terramars rolle generelt å være prosessdriver, og som regel deltar oppdragsgivers egne fageksperter aktivt for å gi innspill og grunnlagsdata for analysene. Terramar oppgir at omfanget av usikkerhetsanalysene som gjøres er avhengig av både prosjektets størrelse og dets kompleksitet.

### 3.1.1 Metodene

"Terramar-prosessen" for usikkerhetsanalyser er visualisert i Figur 3 1. Metoden er en trinnvis og iterativ arbeidsmetodikk som skal fokusere på oppdragsgivers behov og prioriteringer.



Figur 3-1 *Terramar-prosessen for usikkerhetsanalyser.*

Analysene utføres i hovedsak etter "top-down"-prinsippet, det vil si at problemstillingen deles opp og detaljeres etter hva som er mest hensiktsmessig i forhold til formålet for analysen. Ofte tas det utgangspunkt i en etablert WBS hos prosjektet som analyseres. Ved valg av detaljeringsgrad er det viktig å ta hensyn til den detaljeringsgraden personene som skal gi input til analysen er komfortable med.

#### Steg 1: Omfang

For ethvert prosjekt som skal gjennomføres må det etableres entydige milepæler for gjennomføringen, det samme gjelder for en analyseprosess. Man må derfor etablere milepæler for analyseprosessen, og på et tidlig tidspunkt avtale møter med oppdragsgiver for å kunne etablere en gjennomføringsplan. Sammen med oppdragsgiver avklares også formål med analysen, omfanget og eventuelle spesielle problemstillinger som prosjektet måtte ha.

Grunnlaget (input) for gjennomføring av analysen er den informasjonen som en får fra prosjektet. I første omgang foretas en gjennomgang av prosjektets sentrale styringsdokumenter, framdriftsplan og kostnadskalkyler. Resultater av denne gjennomgangen danner grunnlaget for spørsmål og problemstillinger som diskuteres med oppdragsgiver og

prosjektet. Målet med usikkerhetsanalysen er å definere og kvantifisere alle relevante usikkerheter og i hvilken grad disse kan påvirke prosjektets:

1. Direkte kostnad
2. Fremdrift
3. Kostnader knyttet til eventuell forsert fremdrift.

Videre skal analysene danne grunnlag for å identifisere tiltak som kan redusere, overføre eller utnytte relevant risiko knyttet til kostnader og fremdrift.

## Steg 2: Identifikasjon

Hensikten med identifikasjonsfasen er å få frem informasjon som grunnlag for gjennomføring av selve analysen. Dette er i hovedsak en kvalitativ informasjonsbehandling. Identifikasjonen av usikkerhet gjøres gjennom en kombinasjon av fellesmøter hvor oppdragsgivers personell deltar samlet, og gjennom møter mellom Terramar og enkeltpersoner hos oppdragsgiver. Det kan også være aktuelt å benytte en tredjepart som kan være med å verifisere de usikkerhetselementene som har blitt avdekket, samt komme med innspill på nye usikkerhetselementer.

Terramar påpeker noen vanlige fallgruver ved informasjonsinnhenting:

- Forutinntatte meninger

Det vil si at estimatene som oppgis reflekterer ledelsens ønsker. I en gruppe får man minsket effekten av dette, men den kan aldri helt fjernes. I praksis vil det være vanskelig å få en situasjon med full åpenhet på alle områder. Det vil ofte eksistere skjulte målsetninger, interne stridigheter, frykt for konfrontasjoner osv som vil være vanskelig å få frem.

- Feil bruk av erfaringer

Erfaringer fra tidligere prosjekter kan ikke uten videre overføres til nye. Man skal huske at erfaringer fra tidligere prosjekter er et resultat av den usikkerheten som var tilstede akkurat da. Usikkerheten må alltid tilpasses det nye prosjektet. Et individ kan f.eks. ha gode erfaringer med bruk av en teknikk i et tidligere prosjekt, men det er ikke sikkert at implementeringen går like greit i et annet prosjekt. I en gruppe vil man ha mulighet til å tilpasse tidligere erfaringer til det nye prosjektet, ettersom erfaringene ofte går på kryss av fagdisiplinene. En annen vanlig fare er at erfaringene fra det siste prosjektet man var med på, ofte overskygger tidligere prosjekter.

- Mangel på overblikk

For enkeltpersoner vil det ofte være vanskelig å se hele opp- og nedsidepotensialet til usikkerheten. Spesielt er dette tilfelle der usikkerheten går på tvers av fagdisipliner, f.eks. i forbindelse med grensesnitt mellom delprosjekter.

- Neglisjering av informasjon

Ting som har gått galt tidligere kan ofte bli avfeid, og man hører ofte at "det vil ikke skje igjen, for denne gangen..." I en gruppe kan man raskt bli "arrestert" for slike uttalelser, men like ofte vil optimismen ved prosjektoppstart være så stor at også resten av gruppen mener at "denne gangen... osv".

- "Gruppetenking"

Det er veldig vanlig at grupper trekker mot en sammenfallende vurdering, mens motargumenter til denne vurderingen ofte ikke får gehør. Noen årsaker til dette er:

- Gruppens vurderinger blir ikke vurdert av kvalifiserte, eksterne personer.
- Gruppen har en sterk leder, og det finnes ikke regler for hvordan diskusjonen skal foregå i gruppen.

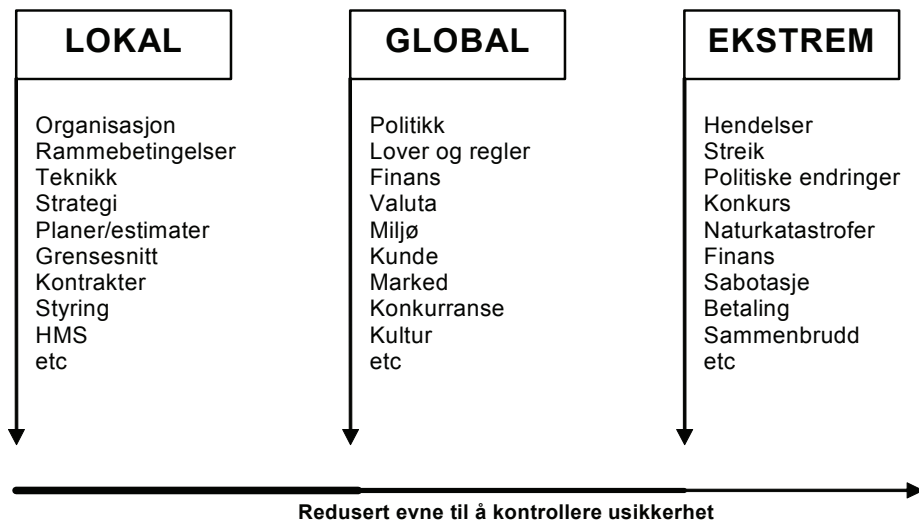
Det blir for stort press for å finne løsninger.

Gruppen har stor tro på seg selv, og vil ikke vurdere forslag fra eksterne kilder.

- Polarisering av gruppen

En gruppeprosess fører ofte til at en del av deltagerne skifter meninger underveis. Det vises til at en vanlig effekt hvis man f eks har en gruppe med konservative holdninger, vil være at gruppen etter diskusjoner vil bli enda mer konservativ.

Det er viktig å definere hvilke usikkerhetslementer som skal inkluderes i usikkerhetsanalysen, og hvilke som skal utelates. En måte Terramar bruker til å kategorisere usikkerhet er Figur 3 2.



Figur 3-2 Inndeling av prosjektusikkerheter i ulike kategorier.

"Lokal" er usikkerhet innenfor prosjektets grenser, som prosjektet kan kontrollere. "Global" er omgivelsesusikkerhet som påvirker prosjektet, og prosjektet i varierende grad kan kontrollere. "Ekstrem" usikkerhet har prosjektet lite kontroll på, denne usikkerheten har lav

sannsynlighet, men stor konsekvens. Når man skal identifisere usikkerhet i et konkret prosjekt må man definere hvilke av disse kategoriene (og underkategorier) man skal inkludere. Hvilke som skal tas med er avhengig av prosjektets egenskaper.

Det brukes samtidig tid på å finne tiltak som kan være med på redusere usikkerheten, og for å finne frem til disse benyttes stort sett de samme metodene som ved identifiseringen av usikkerhetselementene. Hvert usikkerhetselement utdypes ved at konsekvenser og eventuell samvariasjon (korrelasjon) med andre deler av prosjektet kartlegges.

### Steg 3: Strukturering

Etter at usikkerhetselementene er identifisert struktureres de for videre analyse. Steg 2 og 3 henger sammen, så i praksis bør struktureringen foregå parallelt med identifiseringen, om dette er praktisk mulig.

For å strukturere brukes normalt en PK-matrise (Figur 3 3), der konsekvens og sannsynlighet angis i kvalitative mål.

		SANNSYNLIGHET		
		Lav	Middels	Høy
KONSEKVENNS	Høy			
	Middels			
	Lav			

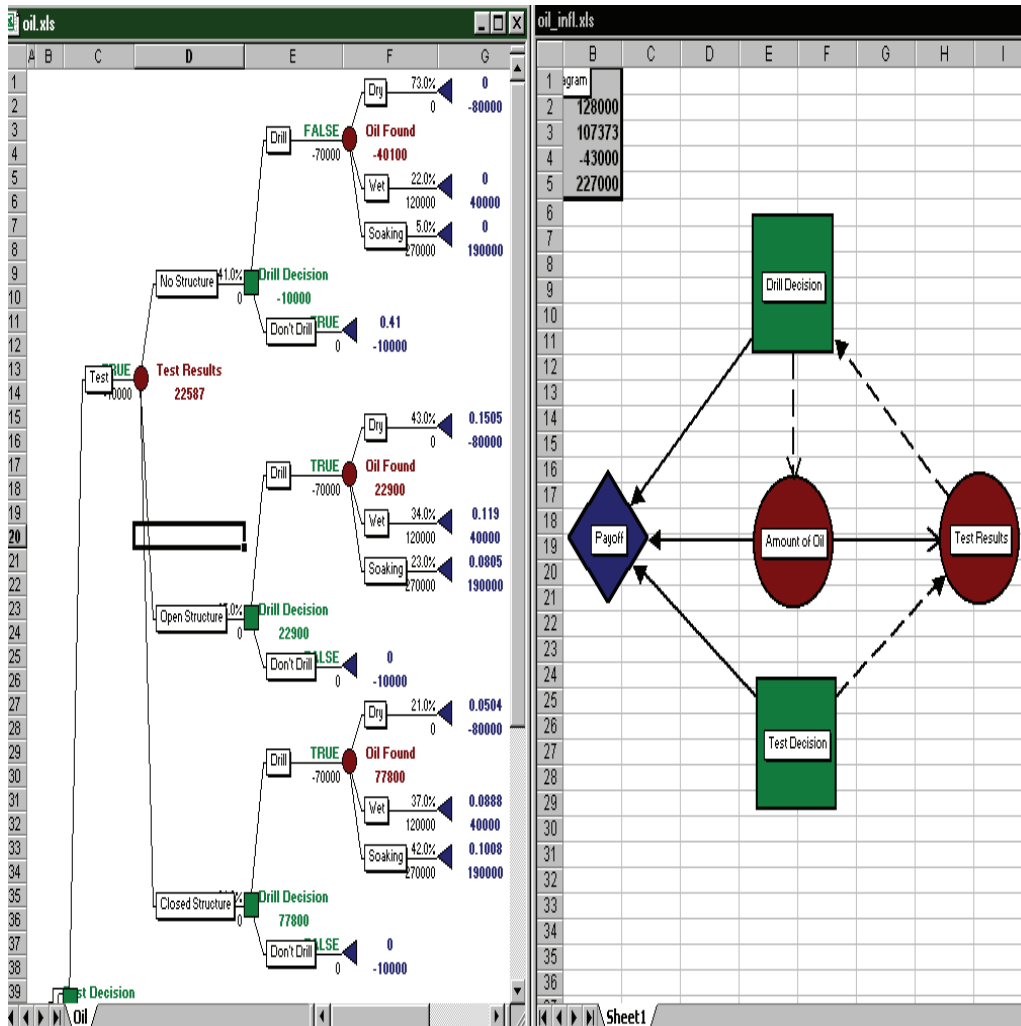
Figur 3-3 Usikkerhetsmatrise.

Det vurderes også i hvilken grad prosjektet kan påvirke usikkerheten gjennom eventuelle tiltak som enten vil redusere konsekvensene av usikkerheten, eller redusere sannsynligheten for at en hendelse inntreffer. Videre identifiseres mulige forenklinger og reduksjoner som kan iverksettes dersom kostnadsrammen for prosjektet skulle vise seg ikke å holde.

Struktureringsfasen innebærer også å ta bort de ulike usikkerhetselementene som er representert i flere grupper. Dette gjøres ved å bruke tilsvarende metodikk som beslutningstre eller logisk tankerekkefølge.



Verktøyet som benyttes til denne type oppgaver er Precision Tree, et skjermbilde derfra er vist i Figur 3 4. I dette dataverktøyet har en mulighet til å bygge opp analysemodellen grafisk ved hjelp av influensdiagram og beslutningstre. Beslutningstre gir en formell struktur på hvilke beslutninger som er knyttet sammen. Resultatet av dette vil være "roten" av treet til venstre og forgreningene til høyre. Terramar benytter også dette programmet til alternativvurderinger og beslutninger over tid.



Figur 3-4 Eksempel på influensdiagram og beslutningstre laget i Precision Tree (Palisade, 2005)

Bruk av beslutningstre benyttes av Terramar i sub-modellene til hovedmodellen som lages i RISCUE (se "steg 4"). Sub-modellen etableres primært for å kunne vurdere å forstå årsaks-sammenhenger og derved eliminere at usikkerhetsfaktorer tas med flere ganger under ulike samleoverskrifter i RISCUE-modellen.

Beslutningstreeet benyttes primært for å forstå årsakssammenhenger mellom ulike usikkerhetsfaktorer bedre, for derved å hindre at samme forhold eller usikkerhetsselement gir bidrag til ulike hendelser og dermed "overdimensjoneres" i forhold til usikkerhetsbildet.

## Steg 4: Modelling

På grunnlag av resultatene fra de tidligere stegene bygges en modell for å kvantifisere og analysere usikkerheten i prosjektet. Basert på kostnadstall fra prosjektet og egne referansesjekker (f eks mot erfaringsdata, ferske anbudspriser mv) danner Terramar seg en oppfatning av både estimat- og hendelsesusikkerheten. Alle usikre parametere (estimer og hendelser) kvantifiseres:

- Estimatusikkerhet kvantifiseres gjennom tripplestimat fra et optimistisk, via et mest sannsynlig til pessimistisk estimat. Ytterverdiene modelleres oftest som 10%- og 90%-nivå, mens korresponderende sannsynlighetsfordeling velges spesifikt for hvert element.
- Hendelsesusikkerhet modelleres som produktet av to faktorer: Sannsynligheten for at hendelsen inntreffer og konsekvensen dersom hendelsen inntreffer. Sannsynligheten modelleres ved en binær fordeling som et tall (eventuelt et intervall) mellom 0 og 1. Konsekvensen modelleres ved et tall eller et tripplestimat som beskrevet for estimatusikkerhet.

I alle større prosjekter vil det være betydelig samvirke mellom ulike elementer (systematisk risiko). Etter Terramars oppfatning er det generelt ikke mulig å strukturere modellen slik at denne samvariasjonen blir tilstrekkelig liten. I stedet bør denne samvariasjonen modelleres gjennom funksjonssammenhenger og korrelasjoner.

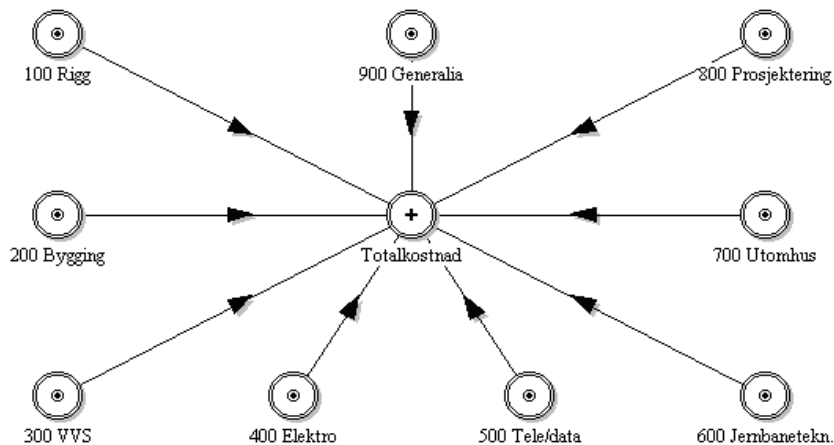
I tillegg til analyse av kostnader utarbeider Terramar også i noen tilfeller en modell for å analysere usikkerheten i fremdriften til prosjektet. Plananalysen vil da kunne bygges sammen med usikkerhetsanalysen for kostnadene for å gjenspeile prosjektets totale usikkerhet. Normalt transformeres således kostnadskonsekvenser av tidsforsinkelse inn i estimatusikkerheten,

I usikkerhetsanalyser som også skal dekke driftsperioder, vil det være en ekstra utfordring å modellere usikre parametere over tid. Disse vil oftest ikke være statistisk uavhengige fra år til år. Denne avhengigheten kan modelleres gjennom såkalt seriekorrelasjon.

Alle usikkerhetsanalyser er kritisk avhengige av input, og for å kvalitetssikre denne kjører derfor Terramar sensitivitetsanalyser på de viktigste inputparametrene for å teste modellens robusthet.

Tallene som fremkommer fra kvantifiseringen representeres med en sannsynlighetsfordeling og blir brukt som grunnlag for Monte Carlo-simuleringer i analyseprogrammet RISCUE. Monte Carlo simulering er en teknikk der en simulerer alle de uavhengige variablene, slik at en får et bilde av spredningen på resultatet. For hver variable post vil en generator velge verdier som er tilfeldige tall innenfor den fordelingen som er valgt. På denne måten vil også de mest ekstreme tilfellene bli representert i totalsummen. Teknikken krever bruk av dataverktøy, siden det gjennomføres et stort antall kalkulasjoner.

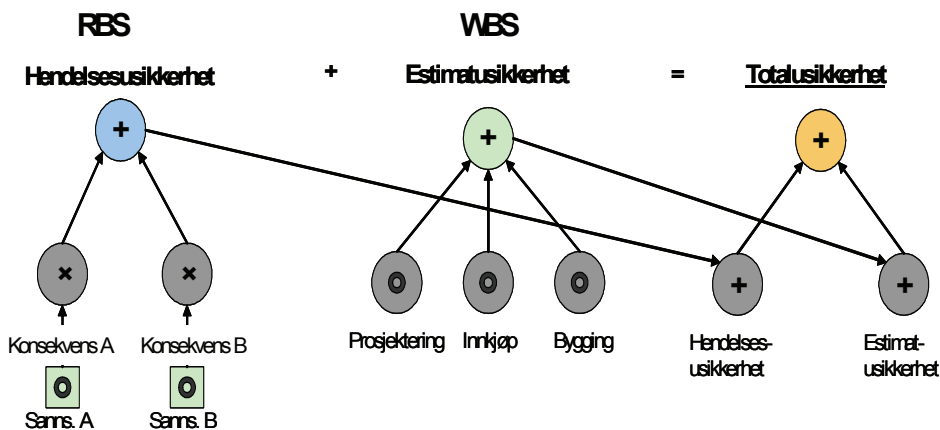
RISCUE baseres på influensdiagram der modellen bygges opp som et retningsangitt nettverk. I nettverket, vist med et eksempel Figur 3 5, er ulike usikkerhetsvariable representert som noder. Mellom nodene er det piler som viser avhengighetsforholdet mellom de ulike nodene.



Figur 3-5 Eksempel på overordnet influensdiagram for estimatusikkerhet.

Selve analysen utføres generelt på et aggregert nivå, for eksempel på delprosjekt nivå. Analysen omfatter ikke hendelser med svært liten sannsynlighet og stor konsekvens, for eksempel av typen force majeure.

Det som er viktig er at modellen ikke blir for detaljert. Ved å begrense antall aktiviteter vil modellen bli mer oversiktlig. I mer omfattende analyser er det viktig at modellen brytes opp slik at den blir mer oversiktlig både for kunde og konsulent. For å etablere totalmodellen, integreres de to delmodellene for estimat- og hendelsesusikkerheten, se Figur 3.6.



Figur 3-6 Eksempel på totalmodell for estimat- og hendelsesusikkerhet.

Tiltak for å redusere usikkerheten er identifisert i de forrige fasene. Disse kan nå revurderes, utdypes og gis et kvantitativt innhold. Tilsvarende vil de identifiserte forenklingene og reduksjonene nå kunne kvantifiseres og rangeres, sammen med en avklaring om seneste tidspunkt for beslutning om å gjennomføre forenklingen.

Basert på det samlede usikkerhetsbildet beskrevet i forrige fase samt identifiserte forenklinger/ reduksjoner, gir Terramar normalt en tilrådning om kostnadsrammer for prosjektet (hvis oppdragsgiver har bedt om det). I tillegg vil det som følge av analysen fremkomme en del tiltak som prosjektet bør realisere for å redusere usikkerheten i prosjektet.

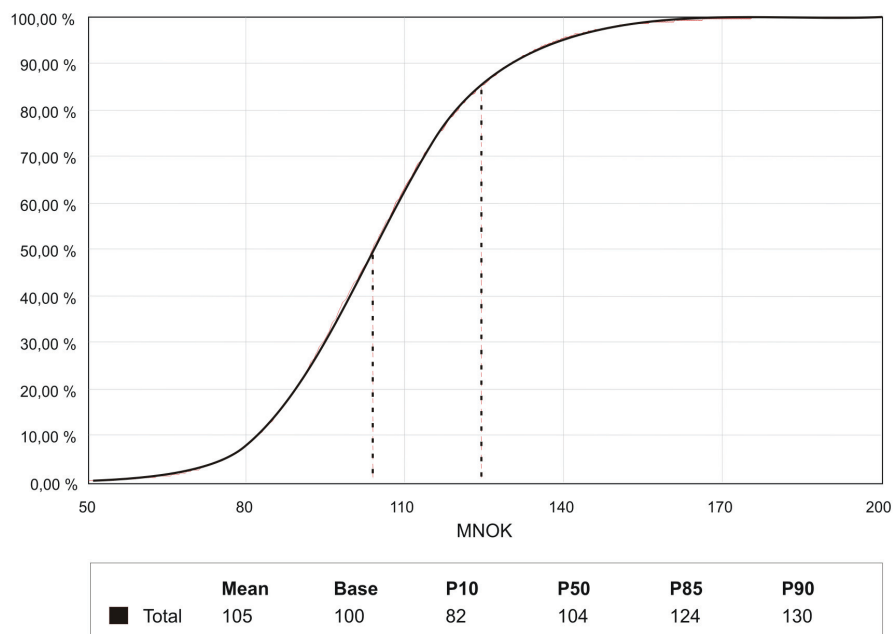
Terramars tilrådning baseres på de prinsipper som har vært benyttet innenfor rammeavtalen om KS2:

- Kostnadsramme angir hvor mye beslutningstakerne bør sette av for å finansiere prosjektet.
- Styringsramme angir rammen som bevilges til den utførende etat/ prosjektansvarlig for å gjennomføre prosjektet.

### Steg 5: Kommunikasjon av resultatet

Hovedresultatet fra analysen presenteres som en akkumulert sannsynlighetsfordelingskurve (S-kurve) for totalkostnadene (summen av estimat- og hendelsesusikkerheten), og et Tornado-diagram som viser hvilke faktorer som bidrar mest til totalusikkerheten.

Figur 3-7 er et eksempel på en S-kurve for kostnadsfordelingen til et tenkt prosjekt. Avlesningene fra figuren viser blant annet at P50 ligger på 104 mill, og P90 på 130 mill. S-kurver kan presenteres både på overordnet aggregert nivå (totalkostnader), og på underliggende nivåer i modellen, f eks på delprosjektnivå.

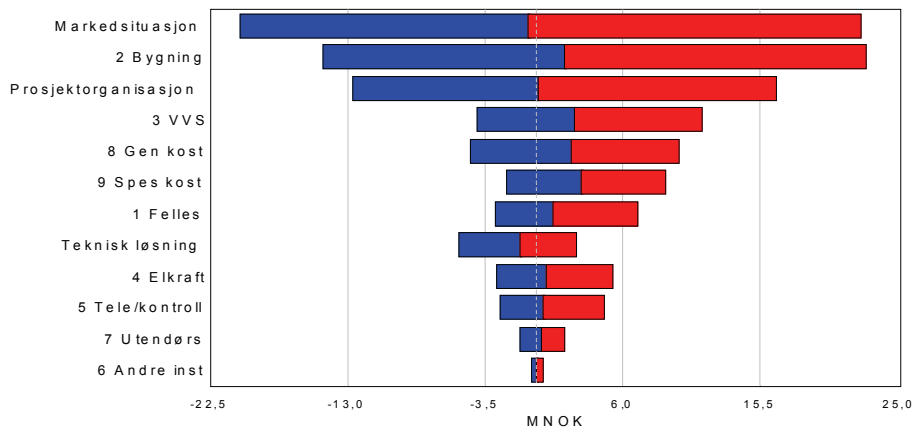


Figur 3-7 Eksempel på S-kurve for totalkostnad.

Selve formen på S-kurven er også viktig å studere. En bratt kurve betyr for eksempel liten usikkerhet i den beregnede verdien. Om kurven skulle være flatere i den øvre delen (fra 85

% til 100 % konfidensnivå), er det mulighet for store overskridelser dersom prosjektet kommer ut av kontroll. Selv om sannsynligheten er liten for at dette skal inntreffe, bør en ikke ignorere disse signalene. En bør tilstrebe og finne årsaken til at dette forekommer, og forsøke å hindre at overskridelsene oppstår.

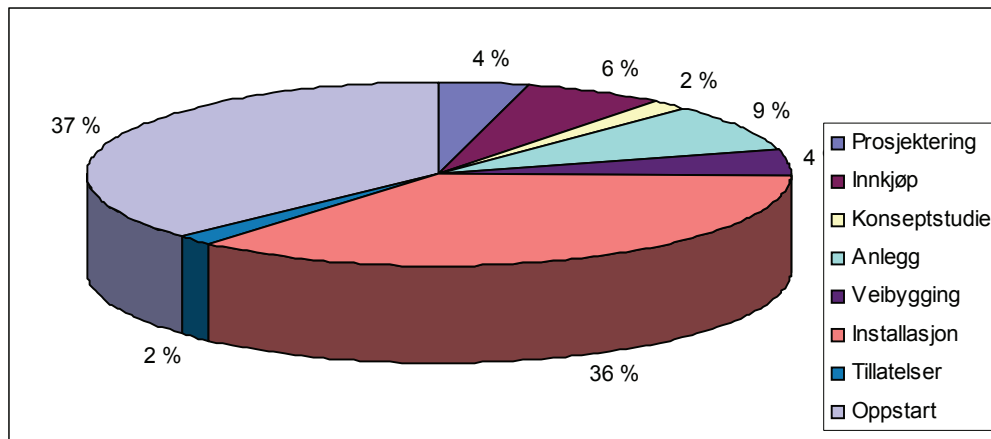
Den integrerte modellen som utarbeides beregner den totale risikoen på bakgrunn av bidragene fra både estimat- og hendelsesmodellen. En kan vise grafisk ved hjelp av et tornadodiagram, Figur 3 8, hvilke av de identifiserte usikkerhetselementene som bidrar sterkest til det samlede usikkerhetsbildet. En ser også hvilke muligheter og risiko som er knyttet til det enkelte usikkerhetselement.



Figur 3-8 Tornadodiagram for et tenkt prosjekt.

I dette tornadodiagrammet er det markedssituasjonen som bidrar mest til den totale usikkerheten. Usikkerheten kan slå begge veier: Muligheten til besparelse er ca 20 mill, men usikkerheten kan også bidra til økte kostnader med ca 23 mill.

En annen måte Terramar bruker for å illustrere usikkerheten er et kakediagram, Figur 3 9. Dette viser de enkelte usikkerhetselementenes prosentvise bidrag til den totale usikkerheten.



Figur 3-9 Kakediagram for å visualisere usikkerhetenes bidrag til totalusikkerheten.

En av fordelene med visuell presentasjon er at den er lettere å forstå enn om en bare presenterer med lister og tabeller.

Kommunikasjon vil være en loop som går under hele prosessen med usikkerhetsanalysen (illustrert med piler tilbake i Figur 3 1). Eksempelvis vil det være nødvendig å få innspill på hvilke tiltak som kan fattes for å eventuelt redusere usikkerheten i prosjektet, samt en tilbakemelding om det er nye erkjennelser og kunnskap som er fremkommet under prosessen, som bør reflekteres i modellen.

Resultatene presenteres vanligvis i en rapport. I forkant av denne presenteres resultatene med PowerPoint, hensikten med dette er ikke å få aksept hos mottaker for analyseresultatene, men å avdekke åpenbare misforståelser eller viktige forhold som er utelatt i analysen. På dette grunnlaget kan hovedrapporten justeres.

I rapporter under Finansdepartementets kvalitetssikringsregime er det en standardmal på sluttrapport som benyttes. Når det gjelder andre rapporter utenfor dette regime vil rapportformatet kunne variere, men hovedelementene vil være de samme.

### Steg 6: Handling

Resultater fra den kvalitative og den kvantitative analysen gir viktig input med hensyn til usikkerhetsstyringen av prosjektet i gjennomføringsfasen. Dette gir klare føringer for hvilke faktorer og forhold prosjektledelsen bør ha særlig fokus på, og hvor det bør iverksettes risikoreduerende tiltak.

I hovedrapporten vil det som tidligere nevnt, være poengtert hva som er de største usikkerhetsbidragene. Dette for at prosjektet skal kunne gi klare føringer på hvilke aktiviteter som en bør ha særlig fokus på. En vil også komme med en tiltaksliste som bør iverksettes for å redusere den identifiserte risiko.

## 3.2 Prosjekt- og teknologiledelse (PTL)

Beskrivelsen av metodene til PTL bygger på intervju med Ingemund Jordanger samt notater han har gjort tilgjengelig.

### 3.2.1 Metodene

Målet med usikkerhetsanalyser er å skape et realistisk beslutningsunderlag og klargjøre de styringsmessige utfordringer som prosjektet vil stå overfor. Analyse av usikkerhet i kostnader, fremdriftsplaner, lønnsomhet, totaløkonomi og nytteverdi må derfor være sentrale prosesser innen prosjektplanlegging og prosjektoppfølgning.

Usikkerhetsanalyse innebærer identifikasjon, analyse og beskrivelse av relevant usikkerhet i prosjektet. Prosjektets usikkerhet omfatter:

- Risikoeksponering dvs. forhold som kan ha negativ innvirkning på prosjektet.
- Positive muligheter (opsider) som kan bidra positivt til prosjektet.

Usikkerhetsanalyser inngår som en del av PTL's metoder og verktøy for usikkerhetsstyring, der all relevant usikkerhet i et prosjekt settes inn i en styringssammenheng og der proaktiv styring er hovedfokus.

PTL har utviklet og har tilgang på ulike analyseverktøyer, som for eksempel Risk+. Verktøy velges ut fra behov i det aktuelle prosjekt. Prosjektets usikkerhet kommuniseres ved hjelp standardiserte grafiske bilder som viser størrelse og rangering av prosjektets usikkerhetsforhold - både risikoeksponering og prosjektets positive muligheter.

En analyse som ligger litt på siden av prosessen i Figur 3 10 er MAUT-analyse (Multiattribute Utility Technology) (Edwards and Newman, 1982). PTL har videreutviklet denne og tatt hensyn til usikkerhet i større grad. Metoden reiser en rekke spørsmål som er relevant for KS1.

#### Steg 1: Mål

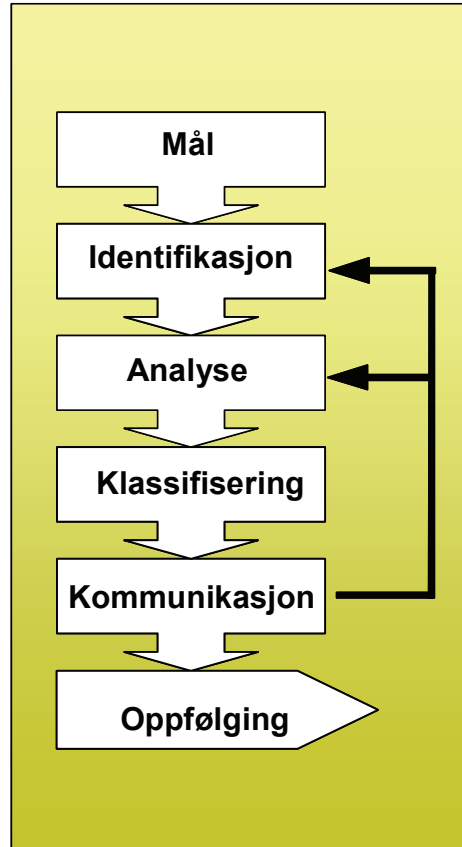
I dette steget definerer PTL sammen med oppdragsgiver mål og rammebetingelser for prosjektet som skal analyseres. Samtidig vurderes formålet med analysen. Den kan være knyttet til:

- Tidsplan: Vurdere realismen i fremdriften. Hva er det som påvirker fremdriften?
- Kostnad: Revisjon og nyansering av kostnadsoverslag.
- Handlingsplan: Hva skal en gjøre for å sikre måloppfyllelse?

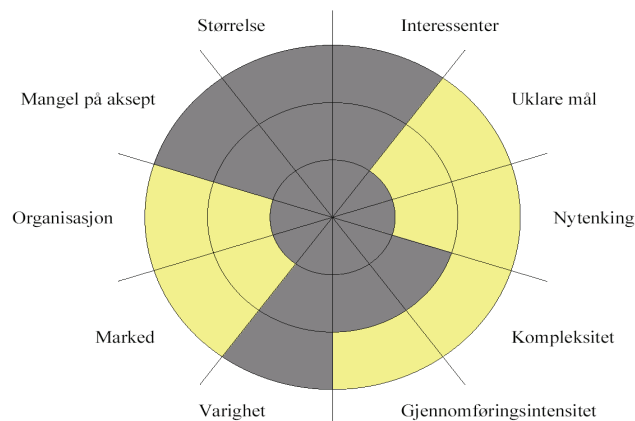
Vurderingene som gjøres i analysen er rettet inn mot målene for prosjektet.

Som innledning til analysen gjennomføres en øvelse for å beskrive situasjonen prosjektet er i (på analysetidspunktet). Som en hjelp brukes situasjonskartet. Det forteller hvordan

situasjonen er på det aktuelle tidspunktet med tanke på usikkerhet. Figur 3-11 viser et eksempel på et situasjonskart. Situasjonskartet viser de viktigste usikkerhetselementene i prosjektet. Ved hjelp av aksene ut fra midten angis hvor vesentlig disse usikkerhetene er i akkurat dette prosjektet. Målene på aksene er kvalitative, f eks "liten, middels, stor".



Figur 3-10 PTL's prosess for usikkerhetsanalyse



Figur 3-11 Situasjonskart for et prosjekt.



## Steg 2: Identifikasjon

I dette steget identifiserer PTL relevante usikkerhetslementer i prosjektet, det vil si usikkerhetslementer som kan påvirke prosjektets mål. Dette blir gjennomført som en gruppeprosess. Optimal størrelse på gruppen vil være avhengig av type prosjekt, og forhold gruppen skal arbeide under. For å sikre at alle relevante usikkerhetslementer kommer med, benytter PTL ulike typer sjekklister.

Som en hjelp i identifiseringen bruker PTL matrisen i Figur 3 12. Matrisen skiller usikkerhet i Teknisk, Menneskelig og Økonomisk, og hvor årsakene kommer fra i Ekstern, Firma og Prosjekt.

	Teknisk	Menneskelig	Økonomisk
Ekstern			
Firma			
Prosjekt			

Figur 3-12 *Matrise til hjelp i identifiseringsfasen.*

Identifiseringen tar også utgangspunkt i prosjektets WBS, for å sikre seg at identifiseringen dekker alle de elementer som innbefattes i prosjektet.

Prosessleder bør imidlertid være oppmerksom på farene ved å gå for langt ned i WBS i identifiseringsprosessen. Problemet oppstår i det som kan defineres som "soft skill", eller prosessen rundt selve identifiseringen. En risikerer å dele opp alle usikkerhetslementene ned til fragmenter som har svært liten usikkerhet knyttet til seg. Disse grunnelementene går igjen i nesten alle poster, og vi får stor korrelasjon som blir oversett. Analysen vil bare bli en skrivebordøvelse, siden den reelle risikoen fremdeles er tilstede.

## Steg 3: Analyse

Det ligger metodiske utfordringer i å fremskaffe underlaget for kostnadsestimater. En må hele tiden vurdere den inputen som gruppeprosessen gir. En må stille seg spørsmål om hva deres erfaringer fra andre prosjekters usikkerhetslementer. Deltakerne i prosessen må kun bruke sine generelle erfaringer, og ikke ta med prosjektspesifikke erfaringer. En må være stringent på hvilke elementer man skal ta med, og hvilke som skal utelates.

Analysen har en top-down tilnærming, en ser først på prosjektet som helhet, og deretter stadig mer detaljert. Se Figur 3 16 under steg 6.

Det er viktig at ikke de samme usikkerhetslementene tas hensyn til flere ganger, samt at man etablerer forutsetninger til usikkerhetslementene. Dette brukes som grunnlag for estimering av budsjettpostene. Dette gjøres ved tripplestimater, P10, P50 og P90.

En kan introdusere systematiske feil ved at man antar for høye eller for lave P90 og P10. For å imøtekomme dette problemet "tuner" PTL deltagerens forståelse av hva P10- og P90-

verdiene er. Dette gjøres ved at datasett med simulerte "erfaringsdata" presenteres for deltagerne som på dette grunnlag skal vurdere P10 og P90. Fasit er parameterne som er benyttet for å fremskaffe de simulerte tallene (ved hjelp av Monte Carlo simulering). Prosessen gjentas med ulike datasett inntil deltagerne "treffer" med tilfredsstillende presisjon og at verdiene ikke systematisk er for høye eller for lave.

For hvert usikkerhetsforhold analyseres også konsekvenser med hensyn til innvirkning på prosjektets mål, f.eks. kostnader, tidsplaner, fremdrift, totaløkonomi, lønnsomhet og nytteverdi.

PTL bruker dataverktøyet Risk+ for å analysere tidsusikkerhet. Risk+ er et Monte Carlo simuleringsskall (add-in) i MS Project. En kan også benytte Risk+ til kostnadsanalyser, men PTL har ikke brukt programmet tilstrekkelig til dette til at de har noen nærmere erfaringer.

Ved kostnadsanalyser bruker PTL Crystal Ball som dataverktøy. Dette er også mulig å benytte dette til å modellere fremdriftsplaner, men oppfattes ikke som spesielt hensiktsmessig til denne type oppgaver da det ikke har prefabrikkerte funksjoner for denne type modellering.

#### **Steg 4: Klassifisering**

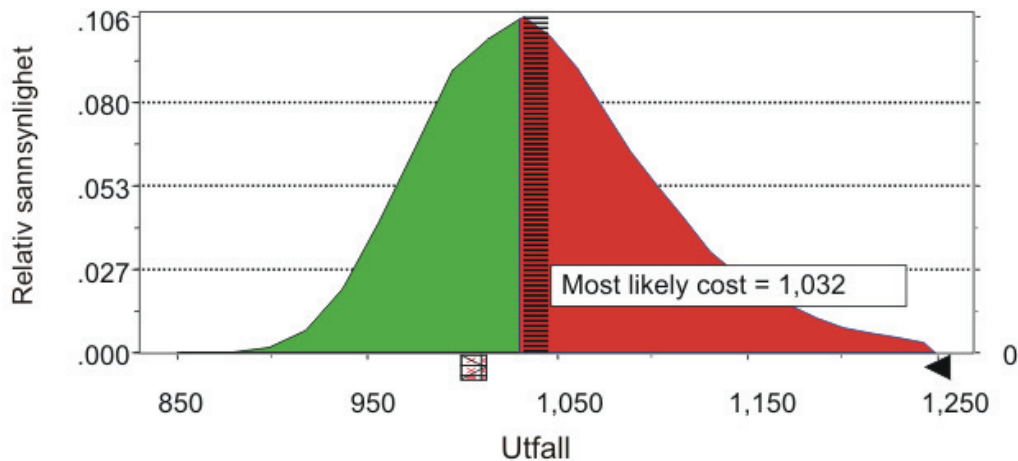
I steg 4 klassifiseres usikkerhetselementene etter styrbarhet, det vil si i hvilken grad prosjektet gjennom proaktive tiltak kan påvirke usikkerhetsforholdene i ønsket retning. Denne klassifiseringen benyttes som underlag ved etablering og oppfølging av 10-på-topp-lister over usikkerhet (se neste steg). Styrbarheten vurderes kvalitativt og omfatter både direkte og indirekte tiltak.

#### **Steg 5: Kommunikasjon**

I denne fasen formidles resultatet av analysen til oppdragsgiver. Rapporten inneholder blant annet "10-på-topp"-liste, usikkerhetsfordeling, usikkerhetsdiagram og en S-kurve.

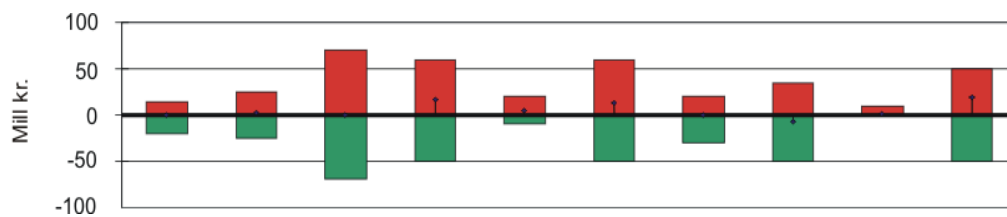
"10-på-topp-listen". 10-på-topp-listen rangerer usikkerhet etter hvilke prosjektet bør ha mest fokus på. En må være oppmerksom på at ikke alle usikkerhetselementene nødvendigvis er påvirkbare. Dette kan medføre at en bruker mye tid og resurser på usikkerhetslementer som ikke kan håndteres. Det vil i noen tilfeller være mer viktig å fokusere på de mindre usikkerhetslementene som kan påvirkes og reduseres.

Usikkerhetsfordelinger. En statistisk fordeling velges for hvert usikkerhetselement. Valget av type fordeling har ikke stor betydning for utfallet, de ulike fordelingene vil gi nokså likt resultat. Fordelingen forteller imidlertid noe om sannsynligheten for kostnaden til det valgte usikkerhetselementet. I figuren under viser arealet til venstre for "most likely" verdier som ligger lavere enn antatt verdi, og sannsynligheten for at disse kan opptre.



Figur 3-13 *Usikkerhetsfordeling.*

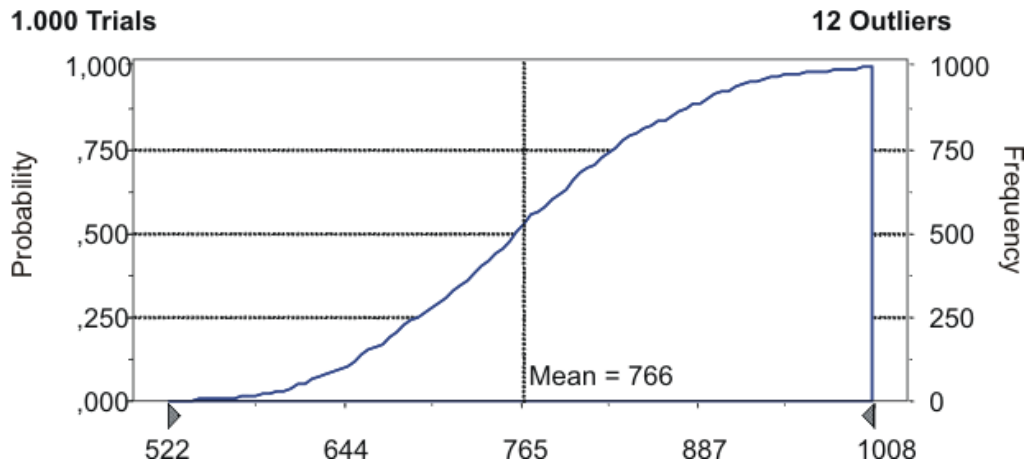
Usikkerhetshistogram. Usikkerhetshistogrammet (Figur 3 14) ligner på et tornadodiagram. Histogrammet viser både risikosiden (over x-aksen) og mulighetssiden (under x-aksen) til usikkerhetselementene, i forhold til et mest sannsynlig utgall. Følgelig viser figuren hvilke usikkerhetselementer man bør fokusere på. Det er ønskelig å minimalisere effekten av risikosiden, og maksimere effekten av mulighetssiden.



Figur 3-14 *Usikkerhetshistogram viser oppsiden og nedsiden til usikkerhetselementene.*

Usikkerhetselementene i histogrammet er også rangert. Rangeringen avhenger i første rekke av om usikkerhetselementet er styrbart eller ikke. Dette vil medføre at elementer som har lavere risiko, men er mer styrbare vil prioriteres foran store og vanskelige styrbare usikkerhetselementer.

Akkumulert sannsynlighetskurve (S-kurve). S-kurve brukes for å visualisere forventet total-kostnad til prosjektet, og sannsynligheten for å klare seg med denne. I Figur 3-15 er sannsynligheten 50% for at prosjektet kommer til å koste "766" eller mindre.



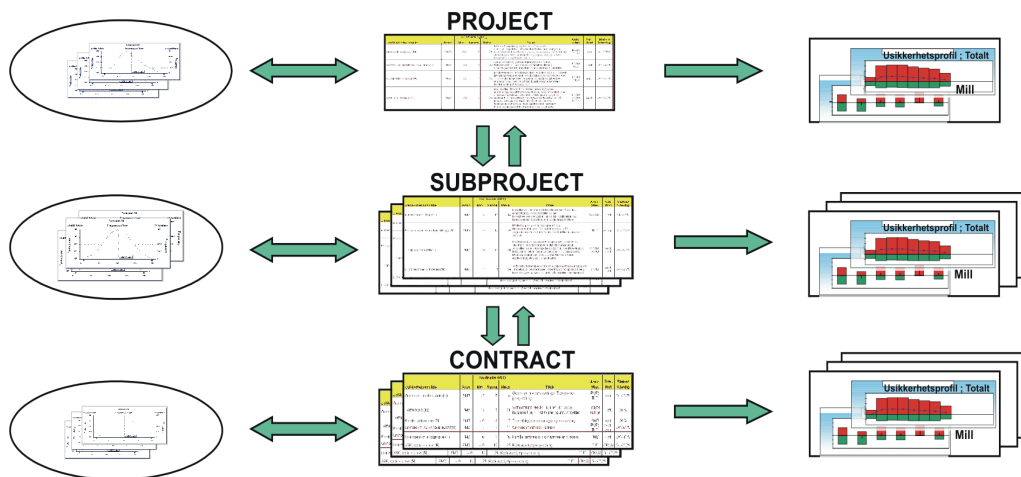
Figur 3-15 S-kurve for kostnaden til et prosjekt.

## Steg 6: Oppfølging (og tiltak)

Gjennomføringen av usikkerhetsanalysen munner ut i en handlingsplan som inneholder forslag til tiltak for å imøtekomme de usikkerhetselementene som er identifisert. Prosjektledelsen må selv prioritere og velge hvilke av tiltakene som skal settes i verk.

Arbeidet med usikkerhetsanalyser bør ikke være en "engangsforeteelse", men være noe som gjennomføres flere ganger i løpet av prosjektet. Ved en slik tilnærming til analysen, vil det være mulig å benytte informasjon som blir tilgjengelig etter de innledende analysene. En kan da ta hensyn til forandringer i prosjektet som har oppstått i gjennomføringen.

Usikkerhetsanalysene har en top-down tilnærming, noe som medfører at en i starten av analysen ser på prosjektet i sin helhet. Arbeidspakker som er belagt med stor usikkerhet, deles opp i flere undergrupper. Disse detaljeres videre for å etablere en forståelse av hva som utgjør usikkerhetene. (Se steg 3, analyse). I motsetning til usikkerhetsanalysen er den kontinuerlige prosessen med usikkerhetsstyring en bottom-up drevet prosess. Se Figur 3 16.



Figur 3-16 Identifikasjon og prosessering av informasjon.

En kontinuerlig vurdering av prosjektets usikkerhet er med på å holde usikkerheten nede gjennom hele prosjektet.

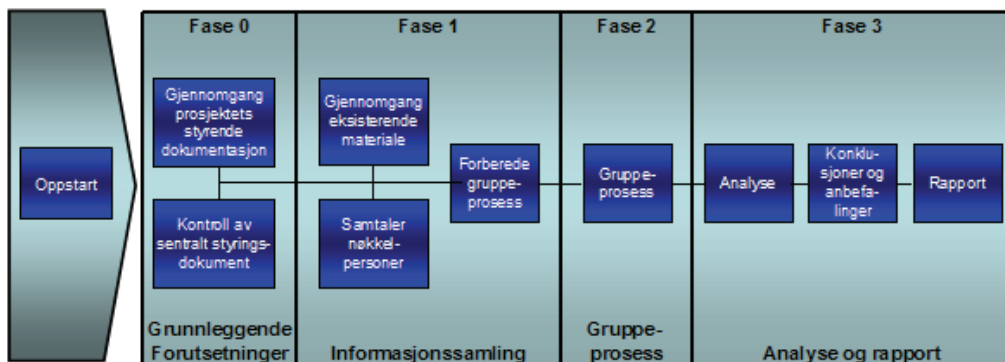
### 3.3 HolteProsjekt Consulting

Kapitlet beskriver HolteProsjekts metode for kvalitetssikring og usikkerhetsanalyse. Kilde til kapitlet er HolteProsjekts egen beskrivelse.

#### 3.3.1 Metoden

##### Kvalitetssikringsprosess i fm. KS2 oppdrag

HolteProsjekts kvalitetssikringer gjennomføres i en prosess som vist i figuren under:



Figur 3-17 Kvalitetssikringsprosessen.

#### Oppstart

1. Avrop og Bilag 1. Oppdragsgiver tar kontakt med HolteProsjekt vedrørende oppdrag, og gir nødvendige opplysninger om aktuelt prosjekt. HolteProsjekt utarbeider Bilag 1 på basis av dette, som fastsetter ressurs- og tidsplan og pris for gjennomføring av oppdraget. Oppdragsgiver utfører deretter et Avrop fra rammeavtalen, som er den formelle bestillingen med fastsatte rammer for oppdraget. Bilag 1 vedlegges Avrop.

#### Fase 0 - Grunnleggende forutsetninger

2. Gjennomgang av prosjektets styrende dokumentasjon. Hensikten er å kontrollere at prosjektet er veldefinert og godt avgrenset.
3. Kontrollere at det foreligger et sentralt styringsdokument. Hensikten er å sikre et tilstrekkelig grunnlag for usikkerhetsanalysen og for den etterfølgende styringen av prosjektet.

Punkt 1 og 2 er en kontroll av de grunnleggende dokumentene. Eventuelle mangler påpekes slik at prosjektet kan sørge for nødvendig oppretting/utfylling av dokumentasjonen.

Det sentrale styringsdokumentet skal behandle følgende hovedtemaer:

### **1. Mål og rammer**

- Rammebetingelser
- Overordnede mål, effektmål og prosjektets resultatmål
- oKravdokument

### **2. Gjennomføringsmodell**

- Strategi for styring av usikkerhet
- Gjennomføringsstrategi inkl. kontraktstrategi
- Organisering og ansvarsdeling inkl. rapporteringsmønster
- Kommunikasjonsstrategi

### **3. Prosjektstyringsbasis**

- Prosjektnedbrytingsstruktur (PNS)
- Økonomi, kostnadsoverslag, budsjett
- Tidsplan/ framdrift
- Kvalitetssikring

Erfaringene fra kvalitetssikring er at dokumentene har noen typiske svakheter:

1. Kravene er ikke spesifisert
2. Svak eller ingen begrunnelse for gjennomføringsmodell
3. Ingen klar sammenheng mellom organisasjonsmodell, PNS, kontraktsstrategi og usikkerhetsanalyse
4. Grunnkalkylen svakt dokumentert
5. Usikkerhetsanalysen sjelden oppdatert

HolteProsjekt legger særlig vekt på å sikre kvaliteten i dokumentenes behandling av punkt 2 og 3 før man går inn i selve usikkerhetsanalysen for å unngå at dokumentkvaliteten skal representere en av de største usikkerhetsfaktorene.

Notat 1 inneholder HolteProsjekts vurdering av prosjektets styrende dokumenter og sentralt styringsdokument. Før oppdraget fortsetter skal HolteProsjekts kommentarer, anbefalinger og konklusjoner i Notat 1 avklares med oppdragsgiver.

## Fase 1. Informasjonsinnsamling

HolteProsjekt setter seg inn i øvrig tilgjengelig informasjon. Denne gjennomgangen danner grunnlaget for vurdering av prosjektets nedbrytningsstruktur (PNS), for selve usikkerhetsanalysen og for å forberede gruppeprosessen.

Informasjonen blir innhentet og bearbeidet på følgende vis:

4. Gjennomgang av eksisterende materiale. HolteProsjekt får innsyn i kalkyler, planer, forutsetninger og informasjon basert på foreliggende grunnlag/rapporter, og gå i dybden på alt materiale som er av relevans for prosjektet. Det foretas en selvstendig vurdering av prosjektets grunnkalkyle.
5. Samtaler med nøkkelpersoner i organisasjonen. Det gjennomføres samtaler med nøkkelpersoner forut for gruppeprosessen, der spørsmålene er tilpasset hver enkelt deltakers ansvarsområde. I tillegg blir det stilt referansespørsmål som er felles for alle. Målet med samtalen er å innhente informasjon, detaljere enkelte områder og avdekke eventuelle uoverensstemmelser for å skape et riktig utgangspunkt for gruppeprosessen.
6. Forberede gruppeprosess. På basis av prosjektets grunnkalkyle/budsjett og planer etablerer HolteProsjekt en basis for den kvantitative analysen. Denne basisen er grunnlaget for arbeidet i gruppeprosessen og skal behandles videre i analyseverktøyet. Etter gjennomføring av punkt 3 og 4 kan HolteProsjekt avpasse vinkling på gruppeprosessen i forhold til oppdragets mål og tilgjengelig informasjon.

## Fase 2: Gruppeprosess

Med basis i fase 1 gjennomfører HolteProsjekt en gruppeprosess sammen med prosjektets nøkkelpersoner. Deltagere i gruppeprosessen skal samlet representere nødvendig kunnskap og erfaring til at prosessen blir god nok. Sammensetningen er derfor viktig og skjer i utgangspunktet med prosjektets nøkkelpersonell og HolteProsjekts fagpersoner. Dersom det er nødvendig kan ytterligere fagpersoner hentes inn.

7. Gjennomføring. HolteProsjekts metode for usikkerhetsanalyse legger stor vekt på gruppeprosessen. Hensikten med gruppeprosessen er å identifisere, kvantifisere og prioritere usikkerhet i enkeltelementer i prosjektet og for prosjektet totalt sett. Gruppeprosessen fører også ofte til at deltagerne får en bedre totalforståelse av prosjektet og en økt bevissthet om usikkerhet og gjennomføring av tiltak for å begrense denne.

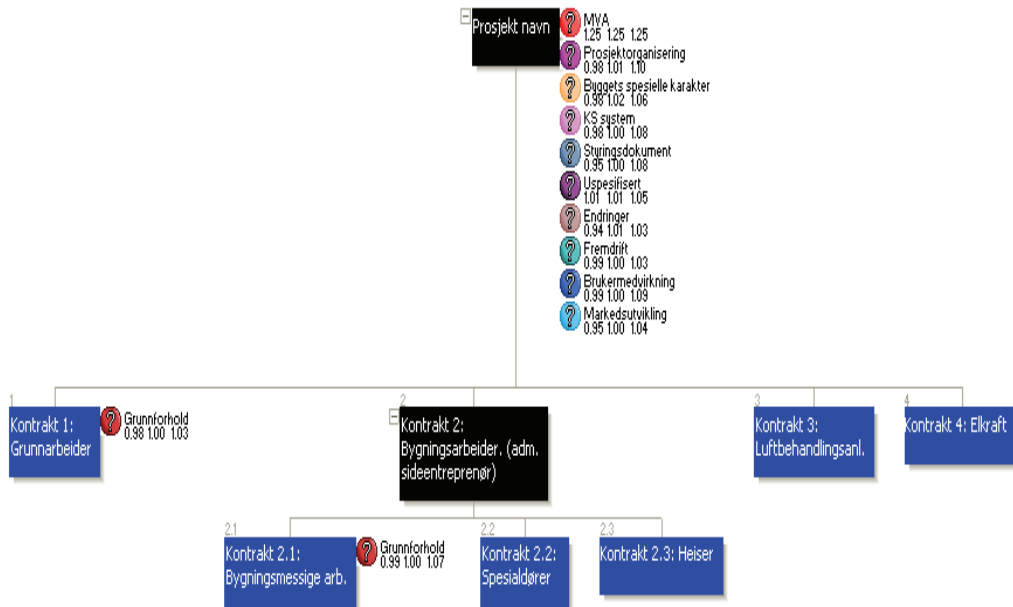
Usikkerhetsfaktorer kan i en gruppeprosess kategoriseres i følgende figur:

Forhold som	Er kjent	Er <u>delvis</u> kjent	<u>Ikke</u> er kjent
<b>Prosjektet kan påvirke</b>	<i>Fremdrift KS system</i>	<i>Styringsdokument Prosjektorganisering Byggets spesielle karakter</i>	
<b>Prosjektet kan <u>delvis</u> påvirke</b>	<i>Kompetanse</i>	<i>Brukermedvirkning</i>	<i>Endringer Uspesifisert</i>
<b>Prosjektet <u>ikke</u> kan påvirke</b>		<i>Grunnforhold</i>	<i>Markedsutvikling</i>

Figur 3-18 Kategorisering av usikkerhet.



Usikkerhetsfaktorene må deretter defineres og grupperes for å sikre statistisk uavhengighet i analysemodellen. Usikkerhetsfaktorene plasseres i PNS'en basert på hvor den enkelte usikkerhetsfaktor påvirker. Under vises et eksempel på en PNS med usikkerhetsfaktorer.



Figur 3-19 PNS med usikkerhetsfaktorer.

### Fase 3: Analyse og rapport

På basis av informasjonsinnhentning og resultater av gruppeprosess foretar HolteProsjekt en analyse av prosjektet.

Det legges stor vekt på dokumentering av prosessen. Informasjon knyttet til kostnadsestimatene og usikkerhetsfaktorene legges inn i datavertøyet Baseline ([www.holtegroup.com](http://www.holtegroup.com)). Prinsippene i dette vertøyet har mange likheter med suksessiv kalkulasjon. I figuren på neste side vises et eksempel på informasjon som legges inn i vertøyet for senere å reflekteres i rapporten.

Usikkerhets dokumentasjon

Cost Risk  
Generelle Forhold: Byggets spesielle karakter

Definisjon: Byggets konstruksjons- og tilstandsmessige spesielle karakterers påvirkning på det økonomiske resultat.

Utfordring: Gamle bygg gir store utfordringer ved ombygging og rehabilitering.

Situasjon: Meget spesiell bærekonstruksjon, store setningskader, dårlig håndverksmessig utførelse gjennom byggets levetid, råte- og soppkader, teknisk dårlige bygningsdetaljer, mangelfull dokumentasjon til tross for

Forutsetning: Meget grundig planlegging og håndverksmessig høy kompetanse ved håndtering av kritiske konstruksjoner.

Estimat vurdering:	Minimum:	Sannsynlig:	Maksimum:
	Kompleksiteten er overvurdert.	Kompleksiteten noe undervurdert, medfører uforutsette konstruksjonsmessige	Kompleksiteten noe undervurdert, medfører meget store uforutsette
Kvantifisering:	0.90	1.05	1.15

Foreslåtte korrigerende tiltak: Avdekke alle påregnelig vanskelige forhold i bygningskonstruksjonen før anbuds materiale utarbeides.

OK Avbryt

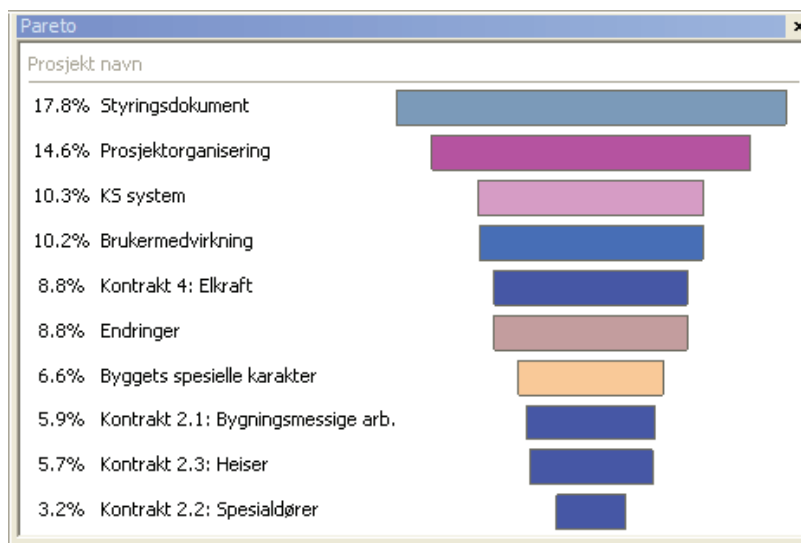
Figur 3-20 Eksempel på informasjonsside i Baseline

8. Analyse. Basert på gruppeprosessen gjøres en vurdering av prosjektets grunnkalkyle med tilhørende estimatusikkerhet, og en vurdering av forhold som kan påvirke prosjektet. Dette danner grunnlaget for en statistisk tallbehandling, for å kunne gi en tilråding om styringsramme inkludert avsetning til usikkerhet. Dette er både en kvalitativ og kvantitativ analyse. Forholdene som analyseres kan oppsummeres som følger:

- Kontraktstrategi
- Suksessfaktorer/fallgruver
- Estimatusikkerhet
- Usikkerhetsfaktorer
- Tiltak for å påvirke usikkerheten i prosjektet
- Forenklinger og reduksjoner (kuttliste)
- Tilråding om organisering og styring av prosjektet

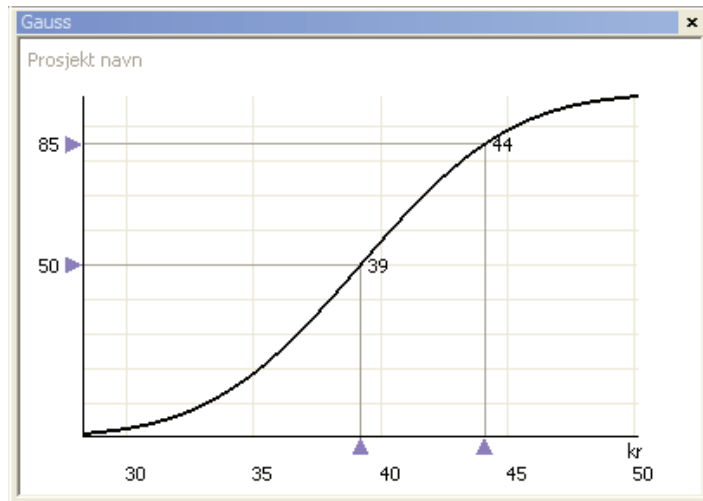
9. Konklusjoner og anbefalinger. Basert på de foregående punkter beskrives anbefalinger, tiltak og det angis konkret kostnadsramme og styringsramme for prosjektet.
10. Utarbeidelse av rapport. Noen av rapportens hovedtemaer er:
  - Tornadodiagram; en prioritert liste over usikkerhetselementene med tilhørende påvirkningsgrad (HolteProsjekt kaller dette for Paretdiagram).
  - Gauss-kurve (S-kurve); som viser sannsynlighet for måloppnåelse innenfor en gitt kostnad
  - Anbefalinger om styringsmål, styringsramme, kostnadsramme og disponeringsmyndighet.
  - Liste over de viktigste tiltak for å sikre måloppnåelse. Tiltaksplan kan inkludere anbefalinger både på et strategisk, taktisk og operativt nivå inkludert en liste over innsparingstiltak som kan iverksettes hvis prosjektet økonomiske rammer trues.

Figuren under er et eksempel på et tornadodiagram:



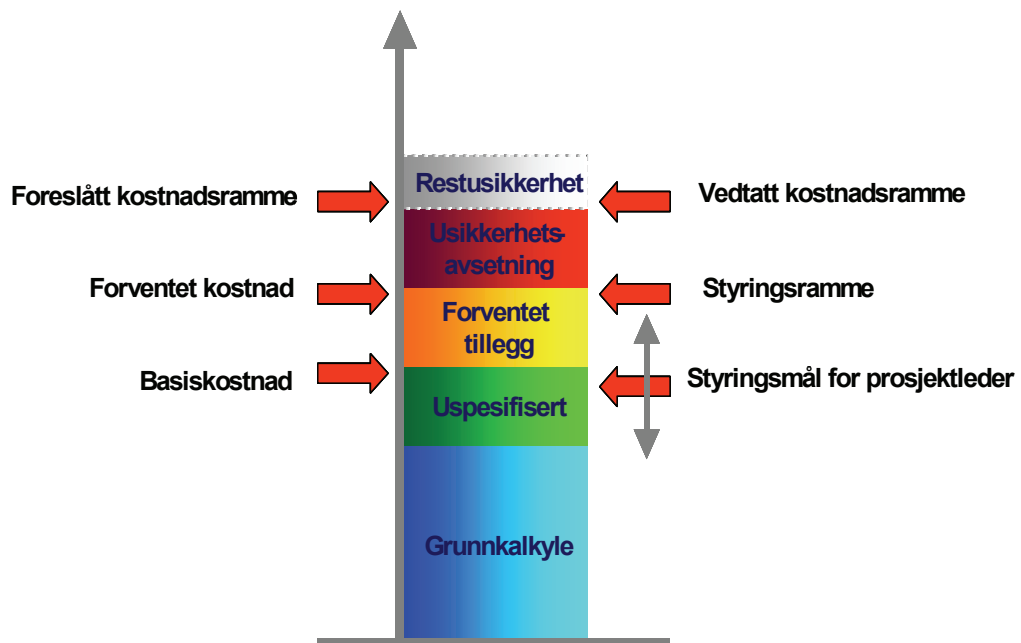
Figur 3-21 *Eksempel på tornadodiagram. Prioritert liste over usikkerhetselementene med tilhørende påvirkningsgrad.*

Figuren under er et eksempel på en S-kurve:



Figur 3-22 *Akkumulert sannsynlighetsfordeling. (S-kurve)*

Det gir anbefalinger om styringsmål, styringsramme, kostnadsramme og disposisjonsmyndighet basert på Concepts modell:



Figur 3-23 *Avsetninger i kostnadsoverslag og styring av disse*

## 3.4 Metier Skandinavia

Presentasjonen av Metiers metode for usikkerhetsanalyse baseres på intervju med Paul Torgersen i Metier samt Metier-notatene "The Complete Risk Manager" og informasjon om dataverktøyet Risk View.

### 3.4.1 Metodene

Metier opererer med flere nivåer av analyser. Det øverste nivået er en vurdering/klargjøring av prosjektet som helhet og eventuelt som en del av et større program. Nivåene blir så mer detaljerte. En helhetlig vurdering av et prosjekt, både dets berettigelse og styringen av det, vurderes ved å gjennomføre alle nivåene:

1. Klarlegge beslutningsmodellen til prosjektet (hvordan bringes prosjektet frem) og knytte usikkerhetsanalysen/usikkerhetsstyringen og opp mot denne. Enhver beslutningsmodell bør inneholde tilsvarende beslutningspunkter som KS1 og KS2.
2. Klarlegge krav til de ulike analysene (opp mot punkt 1) herunder hvilke måleparametere som skal analyseres (nytte-kostnad, LCC, kostnad, fremdrift etc.).
3. Usikkerhetsanalyse. Metiers metode heter Complete Risk Manager (CRM).
4. Verktøy og beregningsmodeller.

Metiers filosofi er å se på helheten i prosjektene, det vil si alle disse nivåene. Nivå 1 og 2 må tilpasses forretningsprosessene i de enkelte virksomheter/bedrifter. I Staten er KS1 og KS2 definert for store prosjekter, men de enkelte etatene må definere disse inn i sine forretningsprosesser/kvalitetssystemer og stille detaljerte krav til disse analysene. Etatene må videre definere andre behov for usikkerhetsanalyser gjennom sine forretningsprosesser.

Usikkerhetsanalysen i nivå 3 inneholder generelt (mer om denne i neste kapittel):

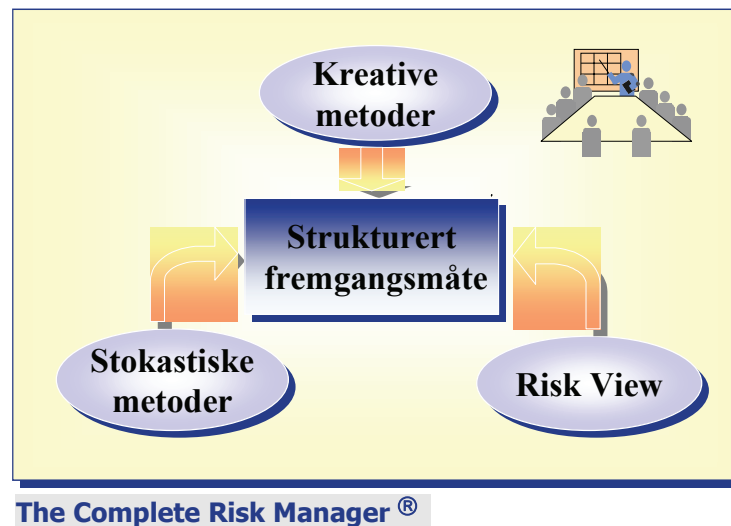
1. Mål og definisjon av analysen. Dette gis av prosjektets målsetninger og hvor man er i beslutningsprosessen.
2. Identifikasjon av usikkerhet
3. Kvalitativ analyse
4. Kvantitativ analyse
5. Aksjonsplan

Nivå 4 er verktøykista som inneholder de nødvendige verktøyene for ulike problemstillinger. Det er viktig å benytte riktig verktøy til riktig problemstilling. Eksempler på verktøy Metier benytter:

- Teknikker/sjekklistor for vurdering av styringsgrunnlaget.
- Brainstorming, 3x3 matrisen, situasjonskartet, SWOT, årsak-virkningsdiagrammer.
- Interessentanalyse.
- Fremdriftsmodeller, kostnadsmodeller og inntekt/kostnadsstrømmodeller ved bruk av simulering eller analytiske tilnærminger (Metier benytter ingen fast beregningsmetode).
- Kvantitative, kvalitative og kvalitative/kvantitative score-modeller for alternativanalyse.

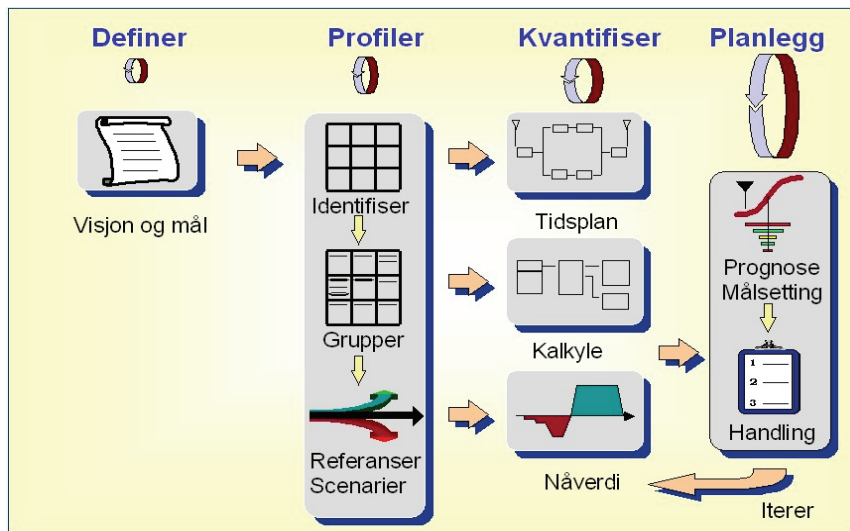
### 3.4.2 Nivå 3, Usikkerhetsanalysen

Metiers usikkerhetsanalyser har fått navnet "The Complete Risk Manager" (CRM). Den strukturerte fremgangsmåten i denne prosessen baseres på et sett av kreative og stokastiske metoder, og støttes av verktøyene i Risk View -pakken. CRM er en total løsning for å identifisere, beskrive, beregne og følge opp usikkerhet i prosjekter. Det er viktig at analyseomfang og analyseinnhold tilpasses det enkelte prosjekt og fase. Konseptet er derfor fleksibelt både med hensyn til omfang og metoder.



Figur 3-24 *The Complete Risk Manager (CRM).*

Figur 3-25 viser stegene i CRM.



Figur 3-25 Stegene i CRM

Trinnene leder suksessivt frem til en prioritert oversikt over de største usikkerhetene i relasjon til investering, tid og/eller lønnsomhet og handlingsplaner. Integrert i fremgangsmåten brukes både Edward De Bonos "Six Thinking Hats" konsept for å sikre kreativ og strukturert tenkning i analyseteamet og suksessivprinsippet.

### Six Thinking Hats

Edward de Bono har utviklet metoden "Six Thinking Hats" for å effektivisere tenking. Hovedproblemet i tenking er forvirring, fordi en prøver å gjøre for mye på samme tid. Følelser, informasjon, logikk, håp og kreativitet - alt sammen på en gang. På samme måte som en fargeprinter legger de enkelte fargene på hver for seg, må en tenke mer strukturert.

"Six Thinking Hats" er en metode hvor en systematisk gjør "en ting av gangen", signalisert og kommunisert med en "hatt" en tar på seg. De Bono skiller mellom seks ulike farger og sinnsstemninger, representert i hatter, slik at en på denne måten signaliserer at en skal tenke på en spesiell måte. Som deltakere i en gruppe blir en anonyme, det vil si at egoet skilles fra prosessen. Metoden er spesielt anvendelig i grupper og krever at alle deltagere tar på seg samme hatt. Disse seks innfallsvinklene til tenkning kan med fordel brukes i håndtering av usikkerhet.

**Hvit hatt:**

Hvit er nøytral og objektiv. Den hvite hatten brukes, når en diskuterer mål, fakta, definisjoner og avgrensninger.

**Rød hatt:**

Rød farge signalerer følelser, og gir dermed et følelsesmessig bilde. En behøver ikke argumentere for eller diskutere påstandene.

**Sort hatt:**

Sort er negativt, og denne hatten representerer det negative. Hva er problemet? Vi må passe oss for... Dette blir dyrt fordi...

**Gul hatt:**

Den gule fargen representerer solen og det positive. Den gule hatten er optimistisk og dekker håp og positiv tenkning

**Grønn hatt:**

Grønn representerer det som gror det vil si vegetasjon og frodighet. Den grønne hatten indikerer kreativitet og nye ideer.

**Blå hatt:**

Blå er den kjølige fargen, som finnes på himmelen over alt annet. Den blå hatten representerer styring og organisering av selve tankeprosessen.



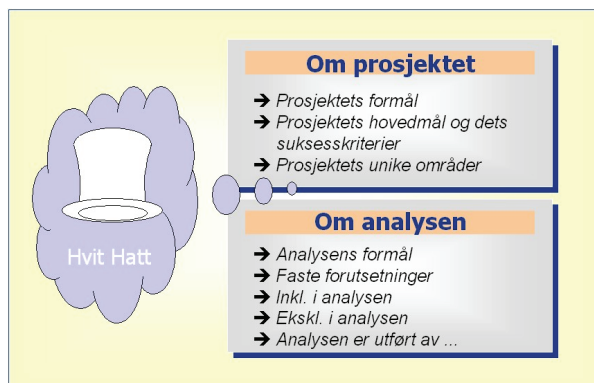
Figur 3-26 Six Thinking Hats

### Steg 1: Definer

Usikkerheter må ses i forhold til prosjektets formål og dets prioriterte mål. En analyseprosess starter derfor med en beskrivelse av prosjektets formål og prioriterte målsetninger. Det er videre verdifullt å klarlegge det aktuelle prosjektets unike forhold.

Før en usikkerhetsanalyse kan starte må grunnlaget for selve analysen beskrives i form av formålet med analysen (tidsplananalyse osv), faste forutsetninger samt øvrige rammebetingelser for analysen.

I dette steget benyttes "hvit hatt" tenkning, hvit for nøytralitet og objektivitet. Den hvite hatten brukes når en diskuterer mål, fakta, definisjoner og avgrensninger. Resultatene fra steget oppsummeres i figur 3-27.



Figur 3-27 Steg 1.




## Steg 2: Profiler

Prosessen med å identifisere usikkerhet gjennomføres som en brainstorming med nøkkel-personell hos prosjektet. Prosessen struktureres ved at det etableres en overordnet oversikt (Holistisk View) av prosjektet i form en 3·3 matrise, se figur 3-28. Kolonnene i matrisen representerer en ekstern dimensjon, en prosjekteierdimensjon samt en prosjektdimensjon. Radene representerer en teknisk, menneskelig og økonomisk dimensjon. Matrisen vises på en tavle slik at den er synlig for alle under prosessen.

Antallet deltagere bør være fra fem til ti. Flere deltakere kan være relevant i spesielle tilfeller. Prosessen ledes av en prosessleder som har som hovedoppgave å:

- Sikre en balansert prosess
- Akseptere ethvert innlegg uten diskusjon
- Motivere gruppen til å bidra og se bredt på analysen
- Bidra til at alle deltagere deltar

Det anbefales at prosessen innledes med en 10 minutters individuell "tenkepause", hvor hver deltager noterer "sine" usikkerheter i form av stikkord. Deretter samles stikkordene inn ved at hver deltager gir ett stikkord av gangen før mann går til neste deltager. Denne rutinen fortsetter inntil alle har bidratt med alle sine stikkord. Stikkordene plasseres på relevant plass i matrisen. Et stikkord plasseres kun på ett sted, og ved tvil velges den mest relevante cellen. Hvis en deltagers stikkord allerede finnes i matrisen noteres denne ikke igjen. I tvilstilfeller tas stikkordet med. Matrisen benyttes for å skape inspirasjon i gruppen blant annet gjennom assosiasjoner. Metoden fører til at gruppen etter brainstormingen har tenkt bredest mulig. Dette sikres blant annet ved at "blanke" ruter i matrisen gis særlig fokus. Det er ikke anledning til å argumentere mot andres stikkord under brainstormingen.

 <b>Rød hatt</b>			
	<b>Teknikk</b>	<b>"Human"</b>	<b>Økonomi</b>
<b>Eksternt</b>	Ny teknologi	Politiske beslutninger	Konjunkturer Konkurransen
<b>Prosjekt</b>	Prosjektgrunnlaget Bygningenes tilstand	Prosjektledelse Koordinering med andre projekter	Tidsplanen Kontraktforhold
<b>Egen Org.</b>	Know-how Ekspertviten	Beslutningsevne Organisasjons endringer Ressurser	Prioritering

Figur 3-28 *Matrise til hjelp ved identifisering av usikkerhet.*

### Gruppering i årsaker - generelle forhold

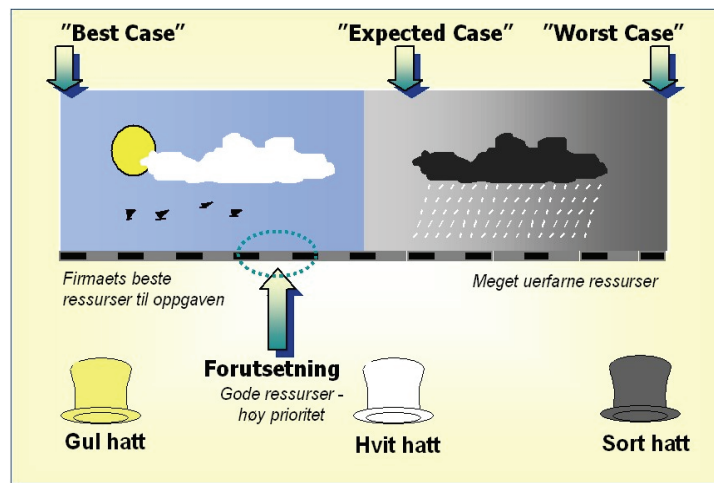
En god brainstorming kan føre til 50-100 forskjellige stikkord. Håndtering av så mange stikkord vil ikke være hensiktsmessig. Flere av stikkordene i matrisen vil som oftest kunne knyttes til en felles overliggende usikkerhetsårsak, som for eksempel prosjektledelsen, spesifikasjonen eller prosjekteieren. Årsaken, eller gruppen, identifiseres og gis et beskrivende navn. Alle stikkord som kan knyttes til denne årsaken, markeres i matrisen. Grupperingsprosessen fortsetter inntil alle stikkordene i matrisen er blitt knyttet til en årsak.

Normalt etableres det mellom åtte og femten overordnede usikkerhetsårsaker som representerer stikkordene. Usikkerhetsårsakene skal senere brukes i analysen. Det bør ikke etableres for mange årsaker, da dette gjør det videre arbeidet mer krevende. Ved identifisering av for mange årsaker, kan noen av de mindre viktige årsakene slås sammen og ses under ett.

Ettersom disse usikkerhetsårsakene representerer forhold som påvirker hele eller store deler av prosjektet, omtales de vanligvis som de "generelle forhold".

### Beskrivelse av generelle forhold - Scenariebeskrivelser

Hvert generelt forhold beskrives med det som har vært forutsetningene for kostnadskalkylen eller fremdriftsplanen (avhengig av hva som skal analyseres) knyttet til det aktuelle forhold. Videre beskrives tre fremtidige scenarier som representerer usikkerheten; beste, forventet og verste scenario. Det bør tilstrebes å beskrive ekstreme situasjoner for beste og verste scenario, som dog ligger innenfor mulighetenes grenser. Senere i prosessen skal disse beskrivelsene støtte den tallmessige vurderingen av det generelle forhold.



Figur 3-29 Scenariebeskrivelser for de generelle forholdene.

Figur 3-29 illustrerer scenariebeskrivelsene:

- Forutsetninger beskriver de forutsetningene som planer og budsjetter bygger på.
- Beste scenario inneholder en beskrivelse av hvordan det aktuelle generelle forhold kan utvikle seg i gunstig retning (ekstrem situasjon).

- Forventet scenario inneholder en beskrivelse av hvordan det aktuelle generelle forhold forventes å utvikle seg.
- Verste scenario inneholder en beskrivelse av hvordan det aktuelle generelle forhold kan utvikle seg i ugunstig retning (ekstrem situasjon).

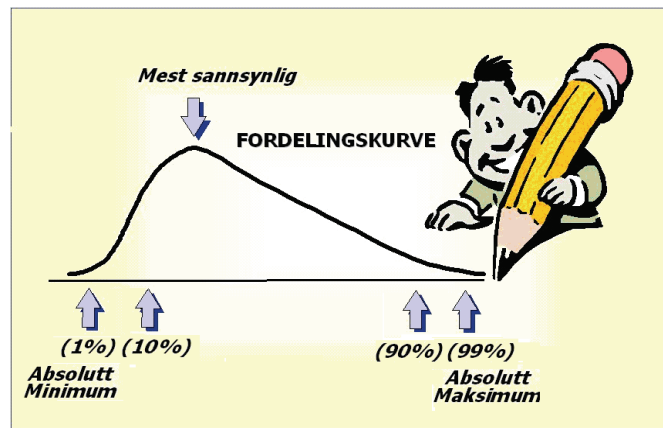
Det vil ofte være hensiktsmessig å se forutsetningene og forventet scenario under ett. Det vil kun være forskjell mellom disse to i de tilfeller hvor man ikke tror på de forutsetningene som er gjort under planleggingen av prosjektet.

### Steg 3: Kvantifiser

I kvantifiseringsprosessen etableres en modell som relateres til det som ble avdekket i steg 2. Som utgangspunkt kan man benytte følgende tre modelltyper:

1. Tidsplanmodell
2. Kalkylemodell
3. Nåverdimodell

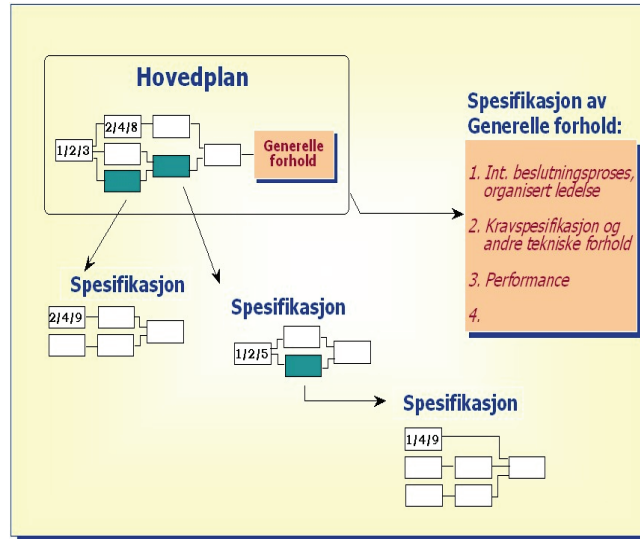
Disse modellene presenteres i det følgende. Alle tre modellene benytter trippelanslag som kvantitativ input for usikkerhetselementene. Minimum og maksimum verdiene representerer ekstremalverdiene 10 % (evt. 1 %) og 90 % (evt. 99 %) fraktilene, mens toppen av kurven representerer det mest sannsynlige utfallet, se



Figur 3-30 *Fordelingskurven for et usikkerhetselement.*

### Tidsplanmodell

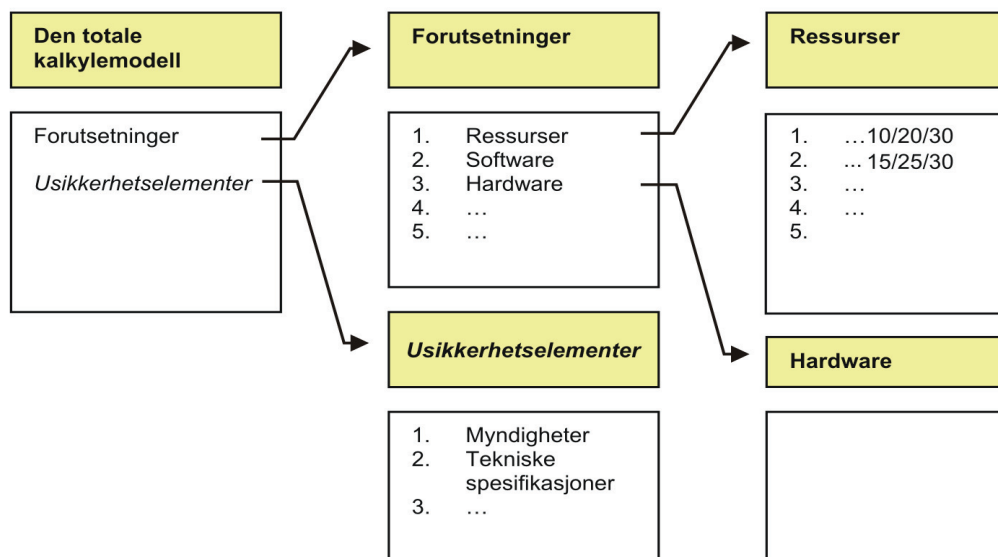
Det tas utgangspunkt i den virkelige tidsplanen for prosjektet i form av en CPM plan (Critical Path Method) (se figur 3-31) med aktiviteter og logiske bindinger mellom aktivitetene. CPM planen avspeiler kritiske og nærkritiske aktiviteter fra start frem til den milepælen som analyseres. Hver aktivitet og binding vurderes med trippelanslag (laveste, forventet og høyeste verdi). På slutten av nettverket plasseres de generelle forhold (årsakene), hvor innflytelsen av disse også vurderes med trippelanslag. Det kan etter behov gjennomføres spesifikasjoner av aktiviteter i delnettverk.



Figur 3-31 Eksempel på CPM nettverk.

### Kalkylemodell

Metier benytter kalkylemodeller til å analysere investering eller ressursforbruk i prosjekter, og de tilhørende usikkerhetslementer til disse. En benytter teori fra Suksessivprinsippet der det lages en modell etter top-down prinsippet, ved å dele inn i sjikt. Hvert sjikt representeres av et estimat, og utformes slik at de kan linkes sammen. Estimaten i de ulike sjiktene er sammensatt av elementer, som igjen er sammensatt av ett sett med faktorer.



Figur 3-32 Kalkylemodell, etter top-down prinsippet.

Kalkylemodellen beregnes på samme måte som i suksessivprinsippet. Resultatet av modellen er en kostnadsfordeling med middelerdi og standardavvik. For hvert element/faktor gies det et prioritets tall som avhenger av bidraget til den totale usikkerheten til hele modellen.

### Nåverdimodellen

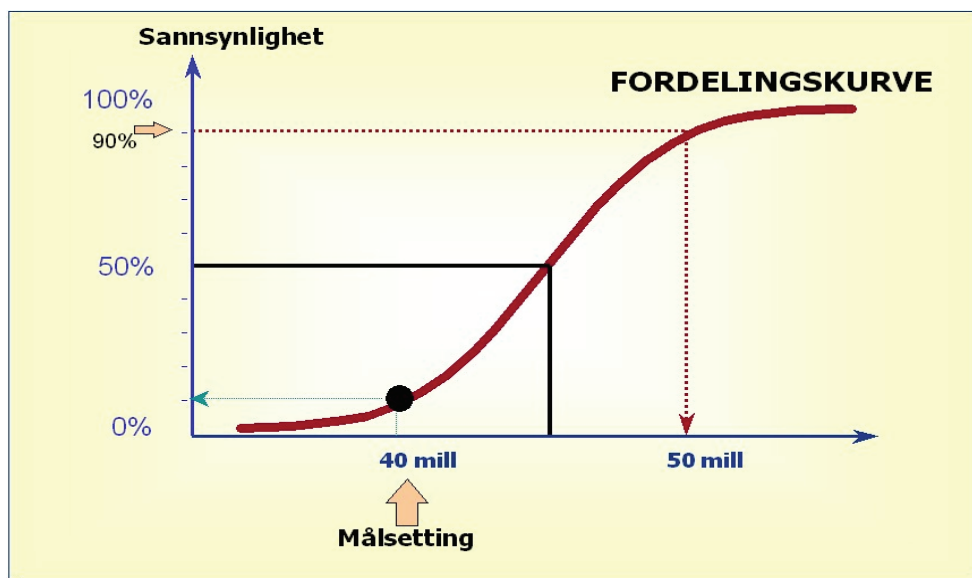
Metier benytter nåverdimodeller for å analysere verdien eller lønnsomheten av et prosjekt. Modellen bygges opp på samme måte som kalkylemodellen. I en slik analyse er elementene inntekter i prosjektet, driftskostnader og restverdi interessante å benytte som parametere i modellen.

## Steg 4: Planlegg

I det siste trinnet sammenholdes det utarbeidede usikkerhetsbilde med de målsetninger som ble etablert for prosjektet. Hvis det ikke er etablert mål for prosjektet kan usikkerhetsbildet brukes til å etablere mål, for eksempel mål knyttet til ferdigstillelsesdato.

### Fordelingskurven

Resultatet av en kvantitativ vurdering kan vises i form av en fordelingskurve (S-kurve), se Figur 3-33. Denne kurven er beregnet på basis av en middelvei, en spredning samt en antagelse om at resultatet er normalfordelt. Sistnevnte er normalt en rimelig antagelse, når modellen består av flere enn om lag ti parametere og de enkelte parametere i modellen er uavhengige. X-aksen viser resultatet av modellen, mens Y-aksen viser sannsynligheten knyttet til forskjellige verdier av modellen. På en normalfordelingskurve svarer summen av middelveien og standardavviket til 84 % sannsynlighet og middelveien minus standardavviket til 16 % sannsynlighet.



Figur 3-33 Eksempel på fordelingskurve (S-kurve).

### Prioritetslisten - Topp-10-liste

Topp-10-listen viser de ti største usikkerhetene i modellen. Denne fremkommer ved at den totale usikkerheten i modellen (variansen) settes lik 100 %. Usikkerheten knyttet til de enkelte elementene beregnes deretter som prosent av totalen. Topp-10-listen etableres ved en simpel utvelgelse og sortering av de ti største enkeltbidrag.

På topp-10 listen kan graden av påvirkningsmuligheter av de enkelte usikkerhetsposter gis en signatur (påvirkelig, delvis påvirkelig samt ikke påvirkelig) ved hjelp av en fargekode.



Figur 3-34 Top 10 liste over usikkerhet.

### Tiltak og handlingsplaner

På basis av den gjennomførte analysen gjennomføres en identifisering av forbedringstiltak. Fokus settes på tiltak knyttet til de største usikkerhetene, og målsettingen er utnyttelse av muligheter og reduksjon av risiko. Tiltakene kan være å etablere nye angrepsvinkler, innovative tiltak, tiltak som går direkte på forventede problemområder osv. Denne fasen kan med fordel innledes med en opplisting av mulige initiativer (brainstorming). Deretter bør punktene på listen prioriteres eventuelt ved en kostnad/nyttevurdering. En bør alltid søke å få enighet om tiltakene i gruppen. I denne delen av prosessen kan det være en fordel at prosjektlederen trekker konklusjonene, eventuelt i et eget oppfølgingsmøte. Resultatene kan oppsummeres som i figur 3-35. Analysen kan eventuelt oppdateres med en ny fordelingskurve og usikkerhetsprofil som viser resultatet hvis tiltaksplanene gjennomføres.

## GRØNN HATT

Aksjon	Ansvarlig	Dato	OK
Kontakt Supplier X	Mr. A	15/1	✓
Etabler dato for milepæl 1	Ms. B	31/1	✓
Sikre ansettelse av personell	Prosjektleder	28/3	
Etabler kommunikasjonsplan	Sjef	15/4	

Figur 3-35 Tiltaksplan for å redusere usikkerheten i prosjektet.

### *Avsluttende vurdering*

Resultatene av analysene er basert på subjektive vurderinger. For å sikre avbalanserte vurderinger, er det viktig at de enkelte trinnene i metoden er gjennomført som beskrevet. For sterkt press fra særinteresser kan skape et feil usikkerhetsbilde, som igjen betyr dårlige eller gale tiltak fra prosjektledelsen. Analysene bør derfor alltid avsluttes med en vurdering av selve prosessen som har skapt resultatene. I denne prosessen benyttes blå hatt tankegangen til de Bono.

## 3.5 Dovre International

Kapitlet beskriver Dovre International's metode for usikkerhetsanalyse, basert på intervju med Stein Berntsen samt Dovres egen skriftlige beskrivelse av metoden.

Proessen med usikkerhetsstyring starter i prosjektets øverste nivå, der prosjektets mål og kritiske suksessfaktorer etableres. Prosjektusikkerhet defineres som risiko eller muligheter som påvirker disse målene og suksessfaktorene. Elementene i usikkerhetsstyringen av et prosjekt vises i figur 3-36.

Usikkerhetsstyringsprosessen inkluderer følgende hovedaktiviteter:

**Prosjektmål.** Hovedhensikten med usikkerhetsstyringsprosessen er å øke sannsynligheten for prosjektsuksess. Det er derfor viktig å starte prosessen med å vurdere prosjektets mål og hvordan de er prioritert.

**Omfanget av usikkerhetsstyringen.** Usikkerhetsstyringen kan gjennomføres for hele prosjektet eller kun på utvalgte deler av det. En klar definering av grensene og rammebetingelsene er essensielt for å sikre kvaliteten og relevansen til usikkerhetsstyringen.

**Usikkerhetsanalysen.** Usikkerhetsanalysen identifiserer, kvantifiserer og rangerer prosjektets usikkerhet. I figur 3-36 er dette steget markert med grått. Metoden for usikkerhetsanalyser er beskrevet i neste kapittel.

**Styrbarhet.** Prosjektets vesentlige usikkerhetslementer må analyseres med tanke på hvordan en kan styre dets sannsynlighet og konsekvens. De fleste usikkerhetslementer er styrbare.

Tiltak for å møte usikkerhetslementene. For hvert vesentlig usikkerhetslement vurderes relevante tiltak. Disse tiltakene kan deles i følgende kategorier:

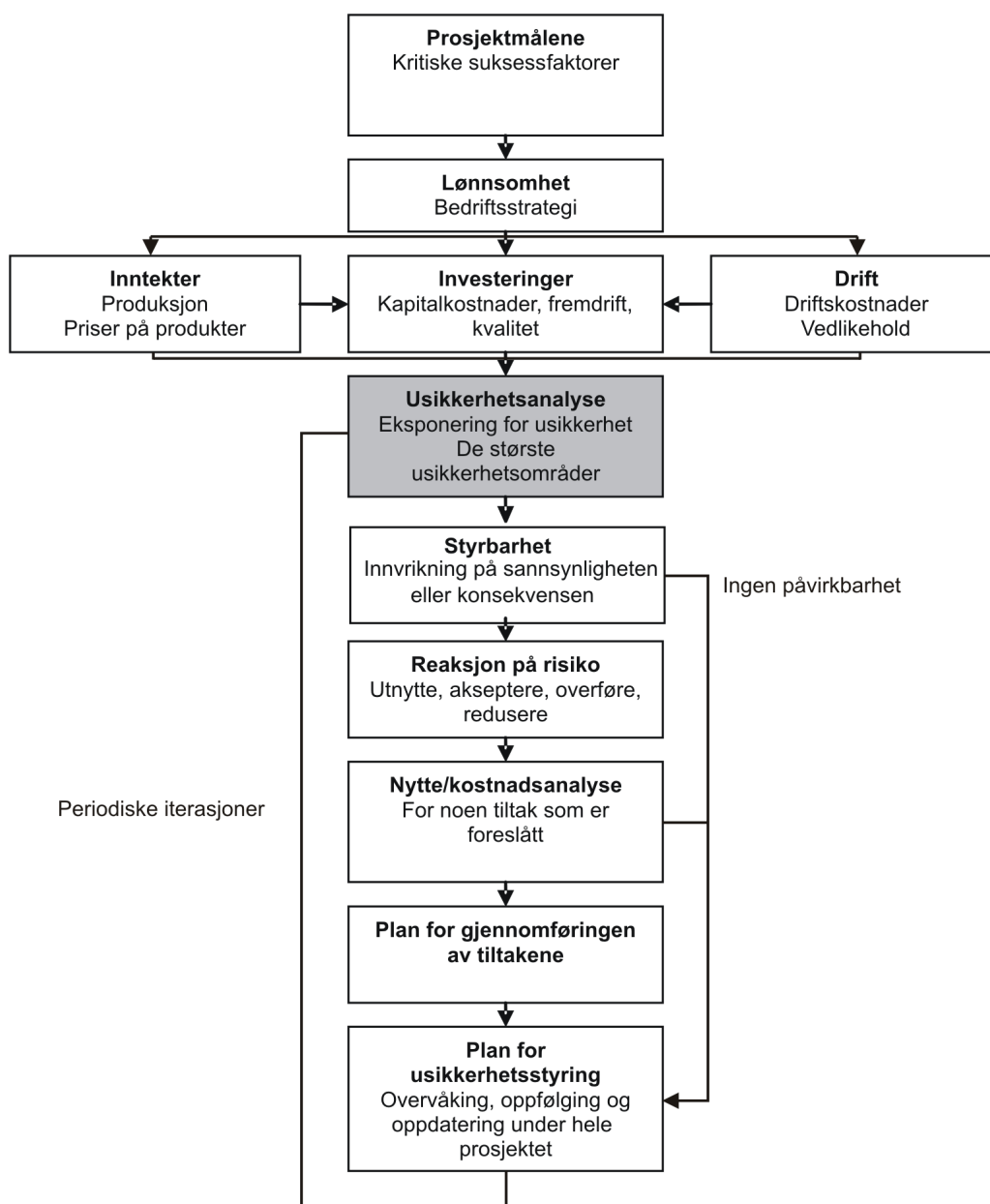
- **Utnytte:** Usikkerhet kan være muligheter, viktig å styre prosjektet slik at man kan realisere disse mulighetene.
- **Overføre:** Usikkerhetene bør styres av den part som har best forutsetning for å styre usikkerheten eller tåle konsekvensen av den. Dette kan håndteres ved for eksempel forsikringer eller kontrakter.
- **Redusere/eliminere:** Usikkerheter kan reduseres eller elimineres ved å skaffe mer nøyaktig informasjon eller gjøre prosjektet mer robust.
- **Akseptere:** Noen usikkerheter trenger ikke umiddelbare tiltak. En måte å møte slik usikkerhet er å lage planer som kan iverksettes hvis nødvendig.



Nytte/kostnadsanalyse. For mange tiltak bør det gjøres en nytte/kostnadsanalyse for å sikre at tiltaket er kostnadseffektivt. Så man hindrer at det gjøres tiltak som er dyrere enn konsekvensen hvis usikkerheten realiseres.

Plan for gjennomføring av tiltak. Denne planen skal inneholde:

- En beskrivelse av tiltakene og hvilke usikkerhetslementer de påvirker.
- Hvert tiltak skal ha en ansvarlig for implementering.
- Hvert tiltak skal en tidsramme eller deadline, med link opp mot prosjektets framdriftsplan.



Figur 3-36 *Dovres Risk Management process*

En plan for gjennomføring av tiltak kan se ut som figur 3-37.

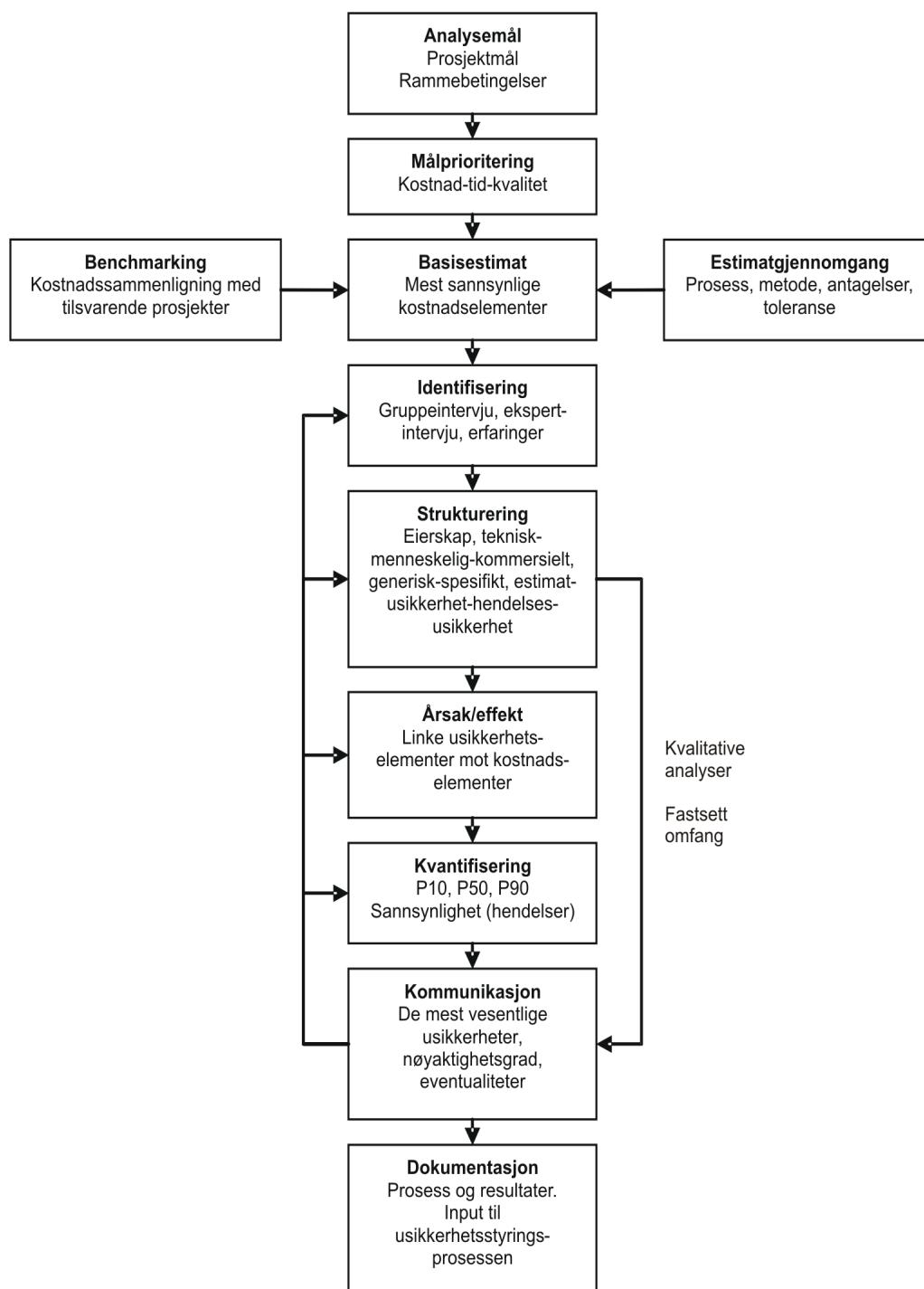
Risk	Action	Prob.	Cost	Schedule	Priority	Resp	By date
<b>Productivity</b>		M	H	H	<b>1</b>		
	Reduce site works by increased modularisation (pre-fab)					SB	1Q2005
	Installation method in evaluations criteria for EPCI contractor					ON	2Q2005
	Introduce productivity incentive scheme					PB	2Q2005
<b>Waiting on weather</b>		H	M	M	<b>1</b>		
	Evaluate use of lager Pipelay vessel					TS	3Q2006
	Secure availability of large Pipelay vessel early					AS	1Q2006
<b>Fabrication rates</b>		M	M	L	<b>2</b>		
	Perform fabrication market survey					AJ	3Q2004

Figur 3-37 Slik kan en plan for gjennomføring av tiltak mot usikkerhet se ut. M, H, L = Medium, High, Low.

Plan for usikkerhetsstyring. Planen for usikkerhetsstyring bør inneholde en oversikt over de vesentlige usikkerhetsområdene i prosjektet, mulig konsekvens og planlagte tiltak. Gjennom hele prosjektet må fasene i planen repeteres med jevne mellomrom. Konsekvensen av å gjøre tiltak må evalueres, og nye tiltak må vurderes når usikkerhetsbildet forandrer seg.

### 3.5.1 Metoden for usikkerhetsanalyse

Dovres prosess for usikkerhetsanalyse er illustrert i figur 3-38. Denne prosessen følges når en skal analysere usikkerhet i kostnad, men tilsvarende prosess kan også brukes ved usikkerhetsanalyse av lønnsomhet og tid.



Figur 3-38 *Dovres metode for usikkerhetsanalyse av kostnad. Usikkerhetsanalyse av lønnsomhet følger i prinsipp de samme stegene.*

### Steg 1: Analysemål

Dovre starter analyseprosessen med å klarlegge mål og rammebetingelser for prosjektet som skal analyseres. Videre klarlegges formålet med analysen, og hvilke deler av prosjektet som skal analyseres.

Det finnes flere typer usikkerhetsanalyser, når formålet er avklart kan man velge den analysen som passer best, og gir det mest relevante resultatet.

## Steg 2: Målprioritering

Dette steget innebærer å klarlegge hvordan prosjektets mål er prioritert, slik at man gjennomfører riktige tiltak for å møte usikkerhet, tiltak som øker sjansen for å nå de viktigste målene i prosjektet

Et prosjekt er vanligvis et kompromiss mellom kostnad, tid og kvalitet. Ulike prioriteringer medfører ulike typer usikkerhet i prosjektet:

- Kostnad er prioritert: Kvaliteten på prosjektet blir usikker (kostnad påvirker ikke fremdriften).
- Kvalitet er prioritert: Kostnaden på prosjektet blir usikker (kvalitet påvirker ikke fremdrift)
- Tid (fremdrift) er prioritert: Kostnad og kvalitet blir usikker.

Det er alltid en rekkefølge på prioritetene, som for eksempel kostnad-kvalitet-tid (ofte i byggeprosjekter), tid-kvalitet-kostnad (ofte i offshoreprosjekter) eller tid-kostnad-kvalitet (ofte i IT-prosjekter).

## Steg 3: Basisestimatet

Når det skal gjøres en usikkerhetsanalyse av prosjektkostnadene, etablerer Dovre først et basisestimat for prosjektkostnaden. Denne kan etableres med grunnlag i den allerede eksisterende basiskalkylen fra prosjektet/konsulenter, med korreksjoner for eventuelle feil og mangler som en har identifisert gjennom intervju, nøkkeltallssammenligninger etc. Basisestimatet danner grunnlaget for usikkerhetsanalysene, og usikkerhetselementene som identifiseres blir satt til å virke på hele eller deler av basiskalkylen. Kostnadsestimatene for elementene som basiskalkylen deles inn i, gjøres deterministiske. Dette betyr at all usikkerhet legges inn i usikkerhetselementene.

Basisestimatet for prosjektet bør inneholde summen av de mest sannsynlige verdiene for hvert estimert kostnadselement, inklusive forventet tillegg. Riktigheten av selve basisestimatet er nødvendig å verifisere, og estimatet restruktureres før selve arbeidet med oppbyggingen av usikkerhetsanalysen starter. I arbeidet bør følgende punkter evalueres:

**Benchmarking.** Nøkkeltall sammenlignes med andre relevante prosjekter for å verifisere riktig kostnadsnivå. Dette kan innebære å sammenligne gjennomsnittskostnader, standardavvik og gjøre ulike typer regresjonsanalyser.

**Estimatgjennomgang.** Ved gjennomgangen av estimatet går Dovre igjennom de ulike kildene til informasjon som er benyttet til å lage basisestimatet. En sjekker også hvilke typer estimeringsmetoder som er anvendt, og hvilket forventet tillegg estimatet har. I denne prosessen vil det også være naturlig å klarlegge eventuelle forutsetninger som har blitt gjort under estimeringen.

Restrukturering. Kostnadsestimater deles opp i et antall hovedelementer, altså prosjektets kostnadsbærere. Antallet kostnadsbærere er normalt mellom 10-20.

#### **Steg 4: Identifisering**

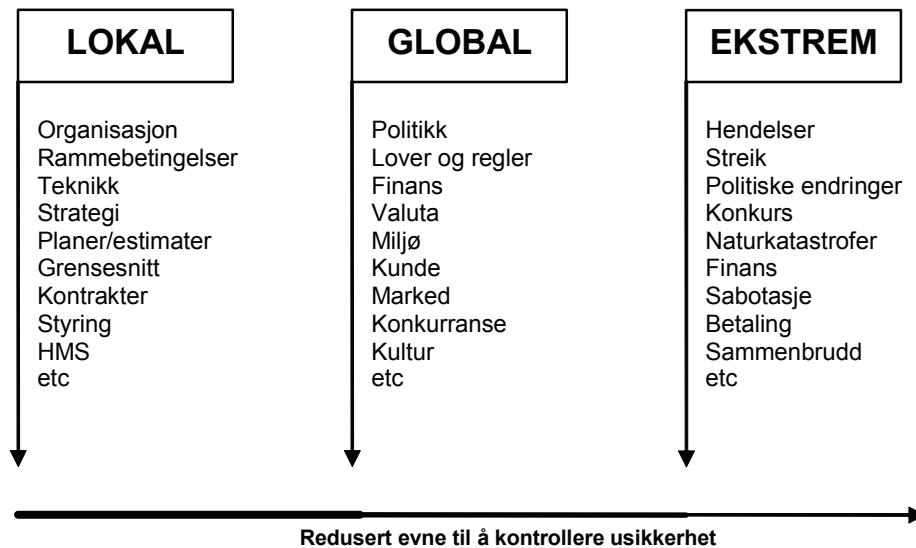
Prosjektets usikkerhetslementer identifiseres gjennom:

- Gjennomgang av prosjektdokumentasjon (mål, strategier, økonomiske analyser, kostnadsestimater, gjennomføringsplan, etc.)
- Gruppeintervjuer
- Ekspertintervjuer
- Benchmarking
- Erfaringer gjort i andre prosjekter

Som en forberedelse til intervjuene gjør analytikeren fra Dovre normalt en første top-down vurdering av prosjektets usikkerhet, for å strukturere problemet og verifisere målene for analysen.

### Gruppeintervju.

Dovre starter vanligvis intervjuprosessen med intervju med en tverrfaglig gruppe. Dette er en kreativ prosess (brainstorming etc.) og krever et felles utgangspunkt og referanse. Prosjektets mål, strategier og usikkerhet vurderes fra flere ståsteder. Her brukes DeBonos Six Thinking Hats-tankegangen der man vurderer fra ulike vinkler: fakta, følelser, positiv, negativ, kreativ eller oversikt. I identifiseringsfasen brukes også sjekklister som figur 3-39.



Figur 3-39 Sjekkliste for identifisering av usikkerhet.

Noen faktorer kan påvirke resultatet fra en gruppeprosess. Den ene er at gruppe medlemmene tenderer til å være for enige ("Group Think"), og det andre er gruppen dras i den ene eller andre retningen ("Group polarisation").

Gruppeintervjuer er effektive for å identifisere usikkerhet, men mindre effektivt ved detaljerte diskusjoner (i alle fall lite kostnadseffektive, det koster mye å samle folk).

### Ekspertintervjuer

De identifiserte usikkerhetsområdene, og hvordan de innvirker på prosjektmålene og estimatene, kan med fordel diskuteres med eksperter innenfor de ulike fagfelt. Primære og sekundære tiltak bør også klarlegges her (hva er det mest effektive tiltaket hvis et usikkerhetselement skulle realiseres, og hvilke eventuelle nye usikkerhetslementer vil det generere?)

## Steg 5: Strukturering

De identifiserte usikkerhetslementene skal så struktureres, for å forsikre at de dekker hele prosjektet balansert, og at antallet er passelig (normalt er 10-50 passelig). Usikkerhetslementene kan struktureres på forskjellige måter:

Eierskap. Å strukturere usikkerhetselementene etter hvem som eier dem, eller etter interessenter, kan hjelpe prosjektgjennomføringen og være viktig input til kontraktsstrategien. Hver usikkerhet bør eies av kun én eier, så unngår man usikkerhet i ansvarsforhold.

Usikkerhetselementene. De identifiserte usikkerhetene kan struktureres etter forhåndsbestemte klassifiseringsmatriser eller klasser. En måte er å klassifisere etter 3x3-matrise etter følgende to sett av variabler: teknisk-organisatorisk-økonomisk og prosjekt-bedrift-ekstern. Andre måter er å skille mellom generiske og spesifikke usikkerhetselementer, eller estimatusikkerhet og hendelsesusikkerhet.

Påvirkning. Usikkerhet kan også struktureres etter hvilke prosjektmål, eller del av prosjektet, de påvirker. Usikkerhet som påvirker prosjektets lønnsomhet kan struktureres etter hvordan de påvirker:

- Produksjonsvolum
- Produktpriser
- Investeringskostnader
- Driftskostnader
- Annet (HMS, omdømme)

Operativ usikkerhet kan struktureres etter:

- Kostnad
- Tid
- Kvalitet
- HMS
- Omdømme

En kan også gruppere etter delprosjekt, prosjektfase, kontraktsparter, fagfelt osv.

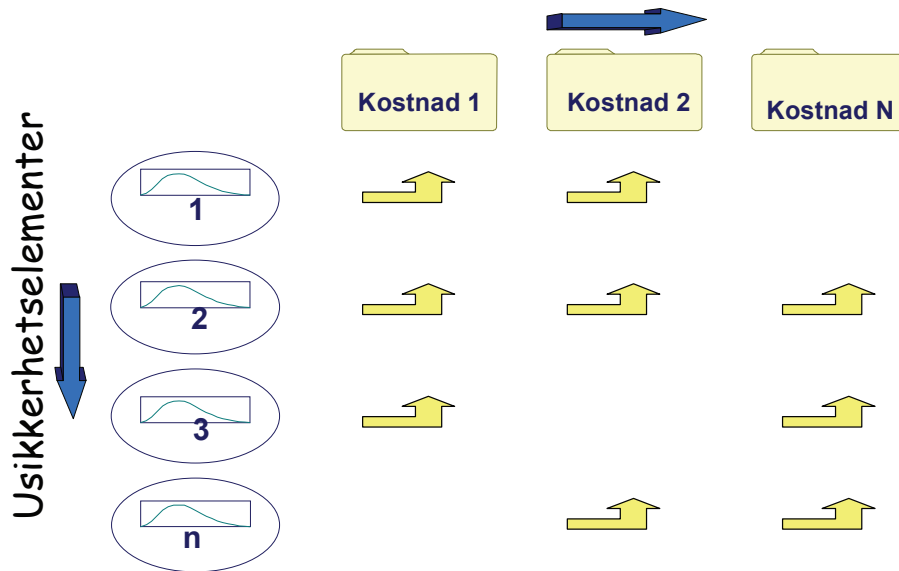
Relevant risiko. Det er ikke alltid nødvendig å kvantifisere alle usikkerhetselementene direkte. Usikkerhet som kan stoppe prosjektet eller skape store forandringer kan være hensiktsmessig å ta bort fra den videre kvantifiseringen, avhengig av analysens formål. Man må imidlertid være obs på ikke å fjerne usikkerhetselementer som bør være med. Noen usikkerhetselementer kan også med fordel inkluderes i generelle elementer (som produktivitet eller design), hvis erfaringer tilsier at man kan gjøre det.

### Steg 6: Årsak/effekt

Hovedelementet i den stokastiske analysen er å etablere realistiske årsak/effekt sammenhenger mellom usikkerhetslementer og hovedelementer fra lønnsomhetsanalysen, kostnadsestimater eller fremdriftsplanen.

Kvantifiseringen gjøres ved å estimere hvordan hvert usikkerhetselement vil innvirke på hvert kostnadselement. Det gjøres et optimistisk, mest forventet og pessimistisk anslag. Modellen vises i figur 3-40, et eksempel på modellen i bruk gis i figur 3-41.

Modellen forholder seg til korrelasjoner mellom ulike usikkerhetslementer på en direkte måte, siden ett usikkerhetselement kan påvirke mange kostnadselementer samtidig. Usikkerhetslementene benyttet i modellen må være uavhengige av hverandre, eller knyttet sammen ved hjelp av korrelasjonsfaktorer. Skjulte korrelasjoner kan gjøre analyseresultatet galt. Modellen beskrives ytterligere i steg 7.



Figur 3-40 *Dovres modell for å estimere hvordan usikkerhetslementene påvirker kostnadselementene.*



## Steg 7: Kvantifisering

Kvantifisering foretas for hvert enkelt usikkerhetselement, ved å estimere virkningen kostnadselementene i modellen. Modellen heter AnRisk og er bygget i Excel-regneark, den er utviklet av Dovre selv. Selve kvantifiseringen gjøres basert på intervju med aktører i prosjektet samt Dovres egne erfaringstall.

Hovedprinsippene modellen bygger på kan illustreres på følgende måte (se figur 3-41):

- Kostnadsoverslaget deles i et hensiktsmessig antall elementer i henhold til usikkerhetseksponering. Kostnadselementene listes i øverste rad, og antallet bør normalt ikke overstige 20.
- De identifiserte usikkerhetselementene (bør normalt ikke overstige 50) listes i kolonnen til venstre og knyttes opp mot de kostnadselementene de påvirker. Ved å knytte et usikkerhetselement opp mot flere kostnadselementer, blir korrelasjon mellom kostnadselementene automatisk ivaretatt.
- Optimistisk (P10), mest sannsynlig (P50) og pessimistisk (P90) verdi blir beskrevet for hvert kostnadselement som usikkerhetselementet påvirker.
- For hendelser angis sannsynligheten for at hendelsen inntreffer, samt konsekvensen angitt ved trippelanslag som beskrevet over.
- Korrelasjon mellom usikkerhetselementene knyttes opp dersom det er relevant.

Forventningsverdi og standardavvik/konfidensintervall beregnes for henholdsvis hvert kostnadselement og usikkerhetselement, og totalt.

Det er viktig å sørge for at spredningen i anslagene er stor nok, og gjenspeiler virkeligheten. Det finnes imidlertid ikke noen norm for hva som er realistisk spredning, dette er prosjektavhengig.

Type	Consequence			Byggherre kostnader			Grunnverv			Forberedende. Arb. + Midl. Trafikkavvikling			Underbygning			Overbygning & Komplettering			Eksisterende Veg			Øvrig Veg			Bruer			Andre Tiltak			Expected Value	Variance (sum=Var +Covar)
	P10	ML	P90	P10	ML	P90	P10	ML	P90	P10	ML	P90	P10	ML	P90	P10	ML	P90	P10	ML	P90	P10	ML	P90	P10	ML	P90	Net total Consequence				
Uavhengige	-11	0	24	0	4	12	0	14	20	-5	12	24	-26	0	26	-7	0	20	-27	0	27	-8	0	8	-26	0	26	-18	30	93	37	1 887
Avhengige	-0,05	0,00	0,05				-2	0	2	-5	0	5	-4	0	4	-2	0	2	-4	0	4	-1	0	1	-2	0	2	-21	0	21	0	277
	-0,12	0,00	0,12				-5	0	5	-12	0	12	-10	0	10	-4	0	4	-11	0	11	-3	0	3	-5	0	5	-50	0	50	0	1 595
	-0,05	0,00	0,05	-2	0	2	-1	0	1	-2	0	2	-4	0	4	-2	0	2	-4	0	4	-1	0	1	-2	0	2	-23	0	23	0	352
	0,00	0,05	0,10	0	2	4	0	2	5	0	5	10	0	4	9	0	2	3	0	4	9	0	1	3	0	2	4	0	23	45	23	328
	-0,05	0,00	0,10							-5	0	10										-1	0	3			-6	0	12	3	54	
	0,00	0,00	0,10							0	0	10															0	0	19	8	55	
	-0,01	0,02	0,03	0	1	0	0	0	1	-1	2	3	-1	2	3	0	1	1	-1	2	3	0	1	1	0	1	-5	9	14	6	56	
	0,00	0,07	0,25																0	6	22						0	6	22	10	79	
	-0,03	0,00	0,03	-1	0	1	0	0	0	-1	0	1	-3	0	3	-1	0	1	-3	0	3	-1	0	1	-1	0	-14	0	14	0	127	
Hendelser		0,05									5			4		2				4		1		2			23			0	5	
		0,10																									4			0	1	
<b>Total per cost element</b>	Exp. Value			45	21,8	56,5	119	91,4	40,5	108	28,2	42,5	Forv. illelegg (%)			18,5%	4 818			87			4 818			87			12,5%			69
	Uncertainty			14	+	5	+	10	+	18	+	23	+	11	+	7	+	21	+	26	+	7	+	25	+	21	+	50	+	1,00	σ	
				32%	+	22%	+	17%	+	15%	+	25%	+	28%	+	25%	+	24%	+	24%	+	25%	+	25%	+	50%	+	12,5%				
				<b>Base =</b>	<b>469</b>	<b>P15 =</b>	<b>486</b>	<b>Mean =</b>	<b>556</b>	<b>P85 =</b>	<b>625</b>			<b>P15</b>	<b>17</b>	<b>P85</b>	<b>156</b>															

Alle kostnader er oppgitt i mill. kr inkl mv.a.

Figur 3-41 . Dovres modell, AnRisk, eksempel

### Matematiske formler som benyttes i analysemodellen

Formlene er basert på Erlang-fordelingen med trippelanslag for optimistisk (P10), mest sannsynlig og pessimistisk verdi (P90).

Formlene for kontinuerlige fordelinger er videreutviklet av Dovre, basert på formler utviklet av Steen Lichtenberg, og er verifisert av NTNU. Disse er videre kombinert med allment kjente formler for diskrete fordelinger. På denne måten er formlene gyldige både for estimatusikkerhet og hendelsesusikkerhet (ved estimatusikkerhet er sannsynligheten pr. definisjon 100 % eller faktor 1,0).

Tegnforklaringer:

**a** = Optimistisk verdi gitt ved P10

**m** = Mest sannsynlig verdi

**b** = Pessimistisk verdi gitt ved P90

**E** = Forventet verdi

**SD** = Standardavvik

**Var** = Varians

Formler for usikkerhet pr usikkerhetselement:

$$E = p(a + 0,42m + b)/2,42$$

$$SD^2 = p(1-p)[(a + 0,42m + b)/2,42]^2 + p[(b-a)/2,5]^2$$

Formler for total usikkerhet:

$$E(\text{tot}) = \Sigma E \text{ (summen av forventet verdi for alle usikkerhetselementer)}$$

$$SD(\text{tot}) = \sqrt{(\Sigma \text{Var})} = \sqrt{(\Sigma SD^2)} \text{ (summen av varians og kovarians for alle usikkerhetselementer)}$$

$$\text{Varians: Var} = SD^2$$

$$\text{Kovarians: Kovar(ab)} = 2SD(a) SD(b) \text{Korr(ab)}$$

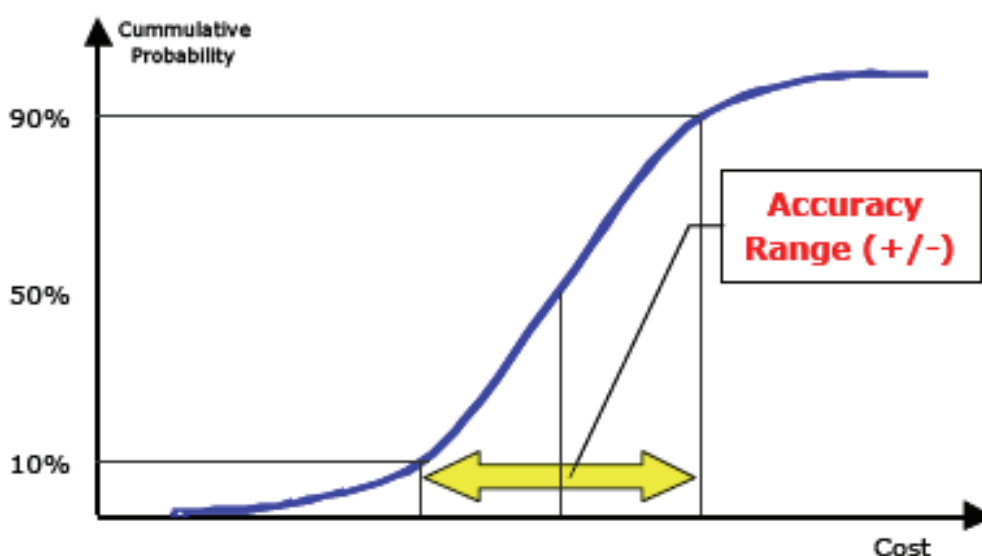
$$\text{Korrelasjonsfaktor: Korr} \in [-1,1]$$

## Steg 8: Kommunikasjon

Det er viktig å gjøre prosessen og resultatene fra analysen forståelig for oppdragsgiver, da er det større sjanse for at resultatene vil bli brukt i den videre prosjektstyringen. Budskapet til analysen kan farges av hvordan selve resultatet fremstilles, og en kan sitte igjen med en skjev oppfatning av hva analysen egentlig sier og hvor stor usikkerheten reelt sett er.

De mest vesentlige resultatene fra usikkerhetsanalysen er: En analyse av de usikkerhetsselementene som påvirker prosjektet mest, en kvantifisering av prosjektets totale usikkerhet samt forslag til usikkerhetsavsetning.

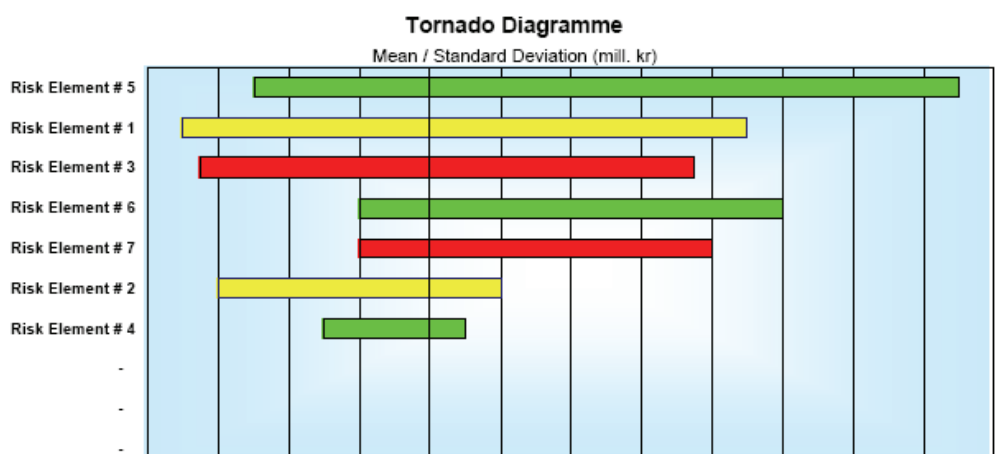
Dovre kommuniserer prosjektets usikkerhetsbilde gjennom blant annet S-kurve og tornado-diagram.



Figur 3-42 S-kurve.

S-kurven (se figur 3-42) viser usikkerheten i kostnadsanslaget. Ofte angis prosjektkostnad som f.eks 98 mill. 20%. Denne måten å presentere kostnaden på gir imidlertid ikke noe godt bilde av usikkerheten, det er "98" som vil feste seg hos beslutningstakerne. Dovre påpeker hvor viktig det er å kommunisere usikkerheten i kostnadsanslaget, og foreslår å heller presentere kostnad som et intervall: Kostnaden blir mellom 80 og 120 mill, mest forventet 100 mill. Da får man i mye større grad kommunisert usikkerheten i anslaget, og når prosjektene skal besluttes og styres ligger både forventet kostnad og usikkerhet til grunn.

Usikkerhetselementene er rangert etter hvordan de påvirker prosjektmål (f eks kostnad) i et Tornadodiagram (se figur 3-43). Her ser en spredningen på hvert usikkerhetselement ut fra middelverdi, samt at det er angitt i hvilken grad usikkerhetselementet er styrbart.



Figur 3-43 *Tornadodiagram.*

### Steg 9: Dokumentasjon

Måten analysen er gjort bør dokumenteres, det være seg analysens mål, grensene, ting som er ikke analysert, prosessen, metoder og resultater. I dette bør det ligge en beskrivelse av de forskjellige stegene i metoden.

## 3.6 Statens Vegvesen

Presentasjonen av Statens Vegvesens metode for usikkerhetsanalyse baseres på Statens Vegvesens håndbok 217 Anslagmetoden.

### 3.6.1 Metodene

Statens Vegvesen har etablert Anslagmetoden som sin metode å utarbeide og kvalitetssikre kostnadsoverslag på. Metoden er samtidig en usikkerhetsanalyse med fokus på prosjektets kostnader. Alle kostnadsoverslag som utarbeides i Statens Vegvesen skal utarbeides med Anslagmetoden. Metoden benyttes på alle trinn i utviklingen av et prosjekt, også etter anleggsstart.

Som krav til kalkylenøyaktighet i ulike trinn har Statens vegvesen definert følgende akseptkriterium, jfr. håndbok 217:

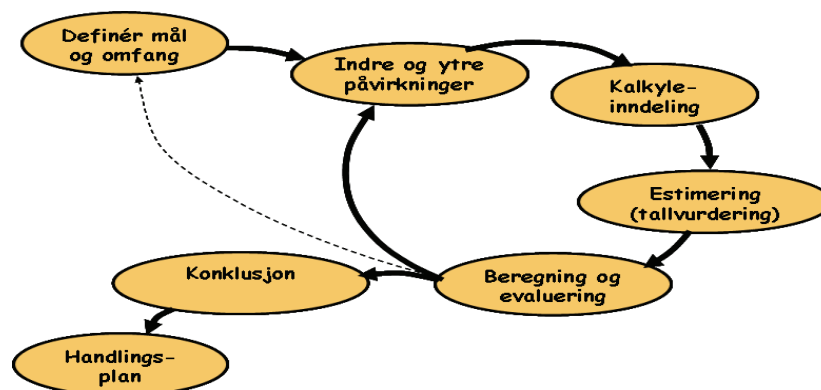
*“Alle kostnadsoverslag skal ha 70 % sannsynlighet for å ligge innenfor det intervallet som bestemmes av nøyaktighetsgrensene som er satt for de ulike plannivåene. Det er ulike krav til nøyaktighet på kostnadsoverslaget, avhengig av plangrunnlaget som ligger til grunn.”*

Følgende krav gjelder:

- Utredning            +/- 40 %
- Kommune(del)plan +/- 25 %
- Reguleringsplan   +/- 10 %

Det betyr at det ved reguleringsplan skal være mindre enn 15 % sannsynlighet for å overskride forventet kostnad (E) + 10 %.

Anslagmetoden er visualisert i figur 3-42.



Figur 3-44 Statens Vegvesens prosess for usikkerhetsanalyse

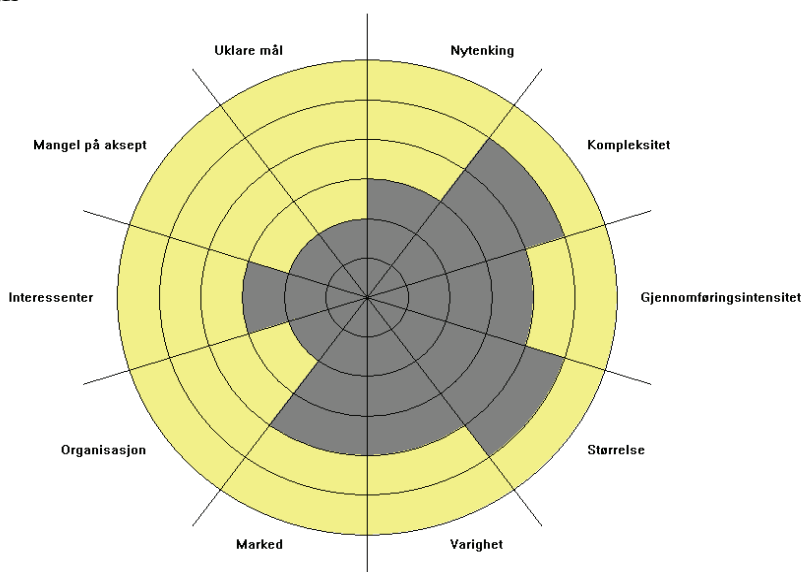
Statens Vegvesen har utviklet sitt eget kalkyleverktøy som de kaller Anslag. Anslagmetoden bygger oppunder dette kalkyleverktøyet. Metoden bygger i stor grad på Trinnvis-prosessen, og analysene gjøres i etter "top-down" - prinsippet. Arbeidsmåten er i veldig stor grad en

systematisk gruppearbeid ledet av en trenet prosessleder/fasilitator. Statens Vegvesen har noen ansatte i egen organisasjon som har tatt utdanning på det å være prosessleder for slike prosesser, og som kjører slike prosesser internt i etaten.

### Steg 1: Definer mål og omfang

For å gjøre arbeidet målrettet og effektivt må en starte med avgrensning av problemstillingene, og fastlegge mål og rammer for prosessen.

Situasjonskartet er et verktøy som benyttes til å beskrive prosjektets potensiale for usikkerhet slik deltakerne i ressursgruppen intuitivt ser det. Det brukes til å kommunisere analysens forutsetninger og som kontrollbasis for evaluering av resultatet. Bruken av situasjonskartet er valgfri



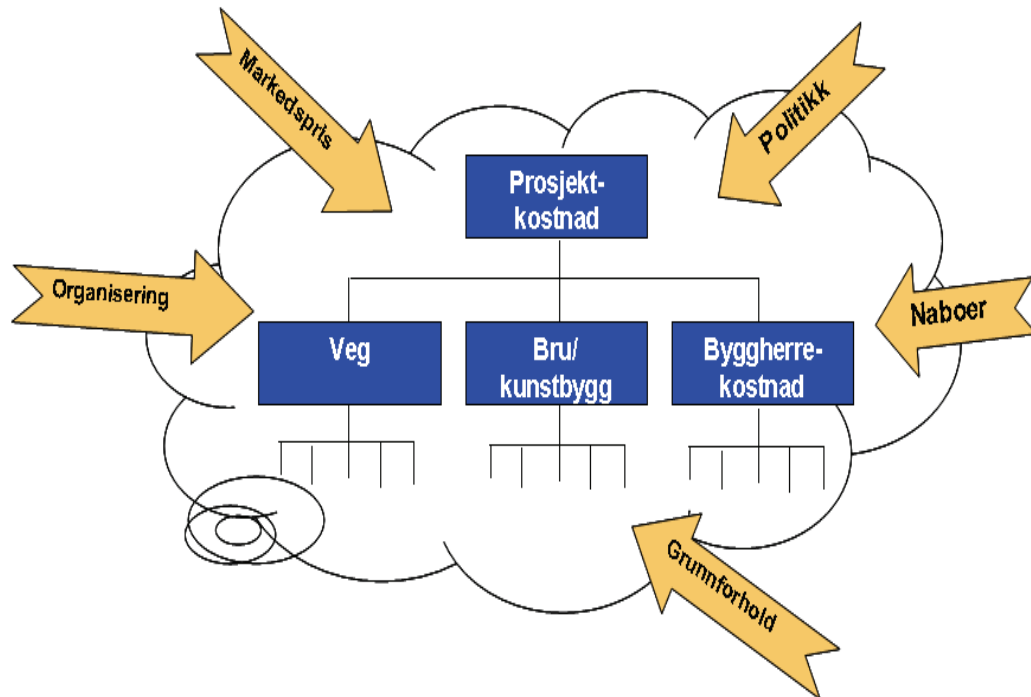
Figur 3-45 Eksempel på situasjonskart

Ressursgruppen beskriver prosjektet innenfor hver av de forhåndsdefinerte sektorene ved å gi en karakter mellom 1 (lite, kortvarig, etc.) og 3 (stor, langvarig etc.). Karakterene settes av ressursgruppen i fellesskap. Karakterene og det grafiske bildet som fremtrer når karakterene er skravert på diagrammet, beskriver situasjonen som analysen utføres i, slik deltakerne intuitivt opplever den. Det er ikke mulig å definere eksakt hva som inngår i sektorene, det viktigste er at ressursgruppen er noenlunde klar på hva den legger i de enkelte, og at det stilles kontrollspørsmål fra gruppen som viser at de er klar for oppgaven. Dette er i hovedsak en oppvarmingsøvelse. Statens Vegvesen er i dette steget opptatt av å definere forutsetninger for analysen og ambisjonsnivå for prosjektet.

### Steg 2: Indre og ytre påvirkninger

Prosessen med å identifisere usikkerhet gjennomføres som en brainstorming med nøkkelpersonell hos prosjektet supplert med noen personer utenfra prosjektet. For å oppnå at kostnadsoverslaget blir realistisk og inneholder alt, må en få frem alle eksterne og interne forhold som påvirker prosjektet. Det er viktig å få frem alle forhold som gjør dette prosjektet spesielt. De relevante forholdene identifiseres og de viktigste pekes ut. Disse vurderingene skal

legges inn som supplement til kalkylen for å innarbeide konsekvensen av påvirkninger og utviklingstrekk, og for hensynta samvariasjon mellom poster i kalkylen.



Figur 3-46 Indre og ytre påvirkninger

I dataprogrammet Anslag finnes en oppstilling av sentrale indre og ytre påvirkninger i veg-prosjekter. Listen er et grunnlag for videreutvikling. Det anbefales å benytte en slik liste som en sjekklister i etterkant av en idédugnad for å kontrollere at en har tenkt på alt som står på denne listen.

#### *Gruppering i årsaker*

En brainstorming ender ofte ut i et stort antall indre og ytre påvirkninger, og en kan ikke ta hensyn til alle disse i en kalkyle/analyse. Det må struktureres på en måte. En kan velge å etablere hovedoverskrifter som en putter alle stikkordene under. En annen teknikk som er mye brukt for å strukturere indre og ytre påvirkninger er at hvert medlem i gruppa skriver ned de 3-5 forholdene han/hun mener er viktigst av de identifiserte med tanke på kostnadsusikkerhet. Dette struktureres av prosessleder og presenteres for gruppen. En sjekker i etterkant ut med gruppen om alle de identifiserte stikkord kan ligge under de overskriftene som etableres, eller om det er noe som mangler for å få et komplett bilde av usikkerheten i prosjektet.

#### *Beskrivelse av forutsetninger knyttet til påvirkningsfaktorene*

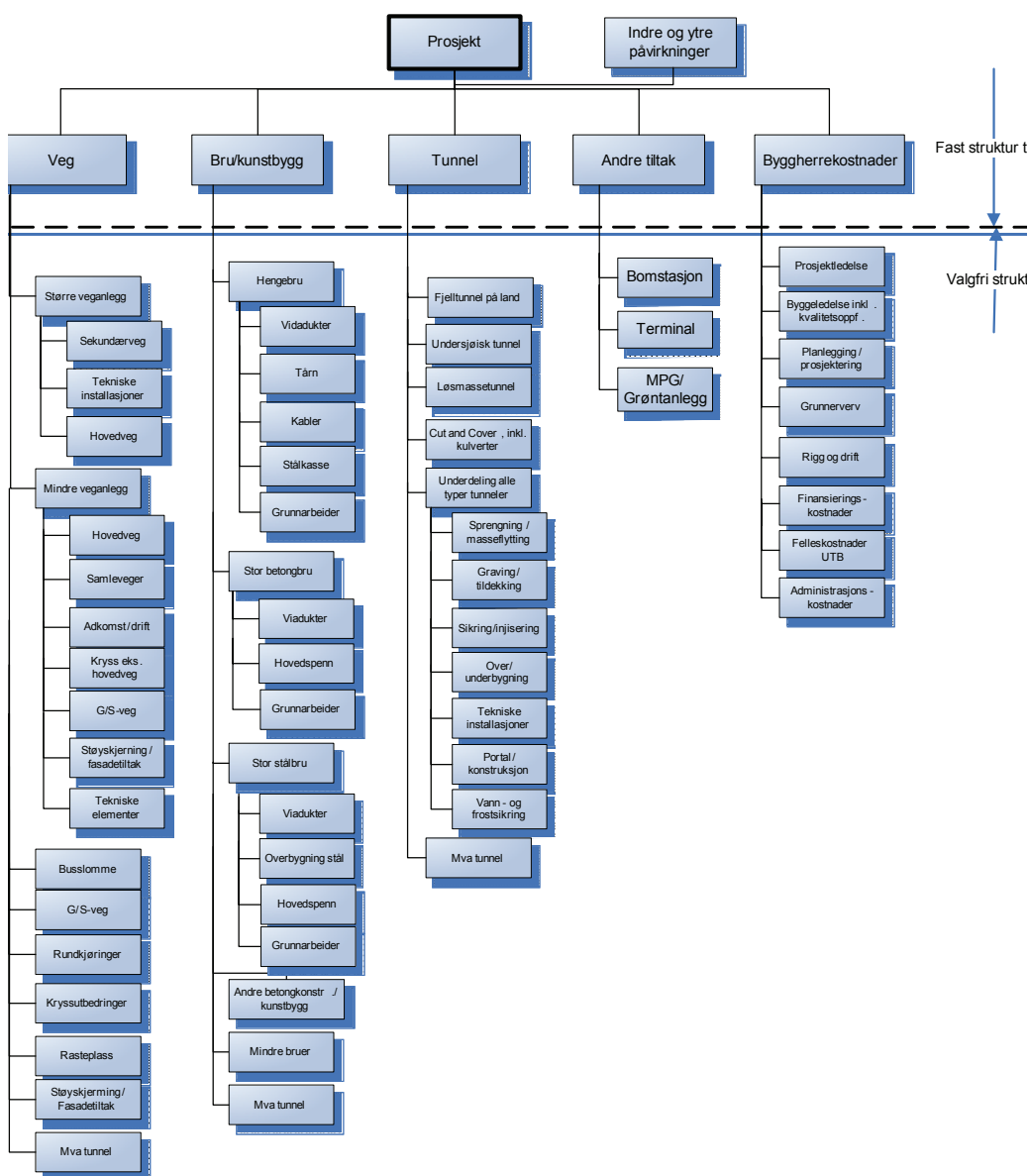
Før vi går videre i prosessen skal en definere forutsetningene for de indre og ytre påvirkningene, som grunnkalkylen skal bygge på. Systematiseringen av de indre- og ytre påvirkningene bør derfor være gjort før en starter arbeidet med grunnkalkylen. Når det gjelder grunnforhold så kan grunnkalkylen for eksempel bygge på gjeldende geoteknisk rapport. Usikkerheten i om denne er riktig vil da være naturlig å legge i en indre og ytre påvirkning som kan hete grunnforhold.



### Steg 3: Kalkyleinndeling

Inndelingen skal følge standard inndeling på overordnet nivå, og deretter tilpasses slik at deltakerne i ressursgruppen kjenner seg igjen og kan utnytte sine erfaringstall i vurderingene, se figur 3-45. Inndelingen skal starte grovt og deretter detaljeres etter behov. Kalkylemetoden forutsetter at en deler kalkylen inn i poster som er statistisk uavhengige.

Hovedinndeling som skal benyttes i Anslagmetoden er vist ned til den stiplede streken i figur 3-47. På lavere nivå må strukturen vurderes i hvert enkelt tilfelle. Hensikten med standard inndeling er gjenkjenning.



Figur 3-47 Eksempel på kalkyleinndeling

Usikkerheten reduseres når en splitter opp poster i kalkylen. Det er viktig å være oppmerksom på at dette i seg selv ikke reduserer usikkerheten i prosjektet, selv om resultatet tilsyne-



latende skulle tilsi det. Det er også viktig å være klar over de feilene som en da kan gjøre i forhold til usikkerheten. Når en detaljerer poster i en kalkyle er det alltid en mulighet for at poster i kalkylen er statistisk avhengige. Innføring av mer detaljer i en kalkyle vil sannsynligvis medføre større grad av statistisk avhengighet. Regnereglene forutsetter i utgangspunktet at disse postene er statistisk uavhengige, og tar dermed ikke hensyn til statistisk avhengighet mellom kostnadsposter.

#### Steg 4: Estimering

Det skal for hver post/prosess og for de indre og ytre påvirkningene angis trippelanslag. Estimeringen skjer gjennom bruk av subjektive vurderinger. For hver enkelt post angis minimumsverdien først (10 % kvantilen), deretter maksimumsverdien (90 % kvantilen), og til slutt den mest sannsynlige kostnaden for posten/faktoren. For å sikre et realistisk bilde av kostnadene på den enkelte prosess/kalkylepost og hver av de viktige påvirkningsfaktorene, må forutsetningene vurderes nøye. Alle verdiene skal baseres på realistiske forutsetninger mht. metode og ressurstilgang, og på de forutsetninger som er listet opp for indre og ytre påvirkninger. Verdiene legges inn i dataprogrammet og beregninger kjøres umiddelbart. Normalt estimeres grunnkalkylen først og deretter virkningene av de indre- og ytre påvirkningene.

Notatmalene i figur 3-46 er utviklet for å få forutsetninger og definisjoner frem i gruppearbeidet. Det sikrer at den riktige informasjonen blir tatt vare på fra drøftingene om hvert enkelt kostnadselement i kalkylen.

Det er ofte vanskelig å få frem presise definisjoner av hva som er med og hva som ikke er med i de tallene som går inn i kostnadsoverslaget. Dette er viktig å få frem for at vurderingene skal kunne overprøves, og for at man skal kunne se hvilke forutsetninger som gjelder. Dette er noe av det viktigste en kan gjøre for å få riktig kvalitet på kostnadsunderlaget.

													
Post: <b>Brukostnad</b>  Definisjon: <b>Alle kostnader til bygging av fundamenter, brutårn, kasse, hengekabler, vegbane og ferdigstilling.</b>  Presisering: <b>Ekskl. Mva</b> <b>Ekskl. Byggherrekostnad</b> <b>Ekskl. Prosjektering.</b> (dette kan presiseres en gang for alle i starten)  Enhet: <b>Millioner kroner</b>	Påvirkning: <b>Været</b>  Normalforutsetning: <b>Været er tatt hensyn til på vanlig måte.</b>  Dette tror vi på: <b>Byggingen av brutårn skal foregå på ekstremt utsatt sted.</b>  Dette håper vi på: <b>Pent vær i hele byggeperioden</b>  Dette frykter vi: <b>Uvær akkurat under fundamentering og/eller montering av spennkabler</b>  Virker på: <b>Brukostnaden</b>												
<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Min:</td> <td>Sanns:</td> <td>Maks:</td> </tr> <tr> <td><b>65</b></td> <td><b>89</b></td> <td><b>115</b></td> </tr> </tbody> </table>	Min:	Sanns:	Maks:	<b>65</b>	<b>89</b>	<b>115</b>	<table border="1"> <tbody> <tr> <td>Min:</td> <td>Sanns:</td> <td>Maks:</td> </tr> <tr> <td><b>-5%</b></td> <td><b>+3%</b></td> <td><b>+25%</b></td> </tr> </tbody> </table>	Min:	Sanns:	Maks:	<b>-5%</b>	<b>+3%</b>	<b>+25%</b>
Min:	Sanns:	Maks:											
<b>65</b>	<b>89</b>	<b>115</b>											
Min:	Sanns:	Maks:											
<b>-5%</b>	<b>+3%</b>	<b>+25%</b>											

Figur 3-48 Notatmaler

Prosesslederen bør bruke notatmalene aktivt i gruppearbeidet, enten i form av flipover-blokk eller i form av maler på datamaskinen som kan vises på videokanon i gruppeprosessen. Ved å notere ned stikkord og mellomregninger om forutsetninger og hva som er med i tallene fortløpende mens gruppen diskuterer, får en automatisk frem en dokumentasjon. Denne er god å ha senere når rapporten skal utarbeides. Undervegs er dette god hjelp for gruppen til å sortere ut tankene sine og få tallene realistiske. I figur 3.46 er vist to eksempler - et for kalkyleposter (til venstre) og et for indre og ytre påvirkninger (til høyre).

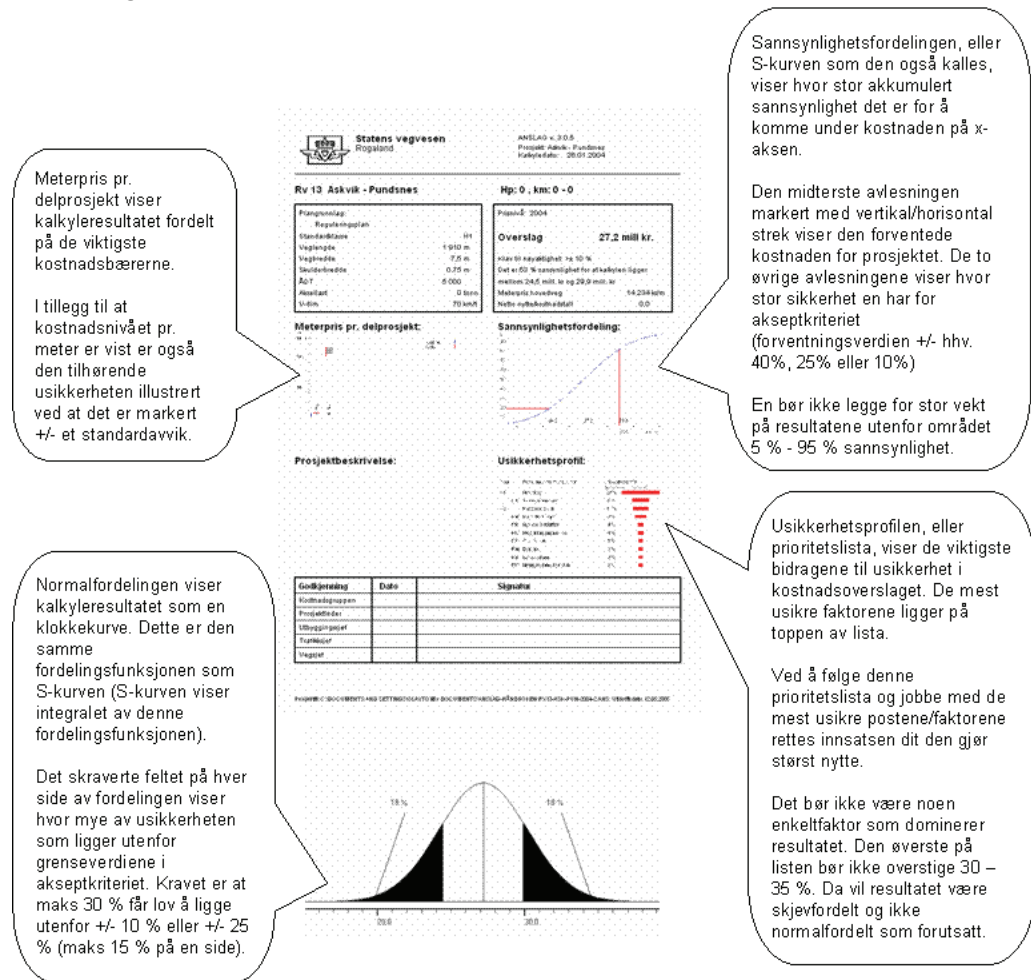
### **Steg 5: Beregning og evaluering**

Beregningene gjøres etter prinsippene i trinnvis kalkulasjon. Resultatene presenteres i form av en kostnadsfordeling med forventet kostnad og standardavvik. I tillegg angis en sannsynlighet for å tilfredsstille akseptkriteriet. I risikoprofilen angis hvert element/faktor med hvor stort bidrag den har til den totale usikkerheten.

Når resultatet fra beregningene er kjent, må gruppen vurdere det før en kan trekke konklusjoner. Det må sikres at resultatet er akseptabelt for hele gruppen, at det virker rimelig og at det ikke er forhold eller størrelser som er urealistiske. En må vurdere om all tilgjengelig informasjon og kunnskap har blitt tatt tilstrekkelig hensyn til. Det må vurderes om resultatet dekker behovet for beslutningsunderlag i den aktuelle fasen (jfr. akseptkriteriet).

Dersom vurderingen av kalkyleresultatet viser at kostnadsoverslaget ennå ikke er sikkert nok, må det bearbeides videre. Dersom en kan komme videre med den informasjonen som er tilgjengelig fortsetter sesjonen. I noen tilfeller kan det være aktuelt å justere målet for anslagprosessen. I noen tilfeller korrigeres inndelingen i poster, men det kan av og til være nok å justere på en eller flere tallverdier. Her er det viktig å presisere at å tilpasse noen tall for å oppfylle et akseptkriterium ikke er svaret. Eventuelt detaljeres den posten/faktoren som ligger øverst på usikkerhetsprofilen/ prioritetslista. Hensikten er å kunne tilføre mer presis informasjon på grunnlag av tydeligere avgrensninger og klarere forutsetninger. Ved å følge prioritetslista rettes innsatsen mot de mest usikre postene i kalkylen der den gjør størst nytte.

I figur 3-47 er det vist noen fremstillinger fra dataprogrammet Anslag med forklaring til noen av figurene.



Figur 3-49 Tolkning av resultater fra Anslag

Når resultatet er rimelig, realistisk, i samsvar med oppgaven, fullstendig og så godt som mulig på analysetidspunktet, kan ressursgruppen trekke konklusjon på kostnadsoverslaget. Ellers bør det tas en runde til.

## Steg 6: Konklusjon på kostnadsoverslag

Når kalkyleresultatet er kjent og akseptert av gruppen, trekkes konklusjon på kostnadsoverslaget. En hovedkonklusjon/anbefaling formuleres. Viktige forutsetninger og anbefalinger skal tas med i hovedkonklusjonen i rapporten. Konklusjonen skal si noe om forventet kostnad for prosjektet, og hvor stor usikkerheten er. Den bør også si noe om hva som er mest usikkert.

## Steg 7: Forslag til tiltak

Nytten av å kjenne til usikkerheten kommer først når noe blir gjort med den. Det skal settes opp en liste over tiltak for hvordan mulighetene skal utnyttes og risikoen forebygges/møtes. Dette omfatter tiltak for å redusere usikkerheten.

Til slutt setter ressursgruppen opp en kuttliste. Disse kuttene skal settes i verk dersom kostnadsutviklingen går i gal retning. Kuttlisten må si noe om hva som kan kuttes, beslutningstidspunkt for kuttene, besparelse, evt. kostnad, og hvilke konsekvenser kuttet får for prosjektets mål.

Eksempel på mulig oppfølging kan være å gjennomføre en verdianalyse eller å revurdere løsninger i prosjektet.

## 4. Metoder hos Hydro

Kapittelet presenterer en studie av Hydros Capital Value Process, en metode for å styre planlegging og utvikling av store investeringsprosjekter i Hydro. Studien er gjort med det formål å lære av hvordan Hydro styrer planleggings- og beslutningsprosessene i store prosjekter, og å finne elementer som kan være overførbare til statlige investeringsprosjekter. Etter presentasjonene av de enkelte elementer i Hydros prosesser følger en vurdering av i hvilken grad dette kan brukes i statlige prosjekter. Dette kan også vurderes av den enkelte leser.

Kapittelet baserer seg i hovedsak på informasjon fra Hydros interne prosjekthåndbok (Hydro, 2005a), Hydros intranett (Hydro, 2005b), interne dokumenter hos Hydro (Hydro, 2005c) og intervjuer med sjefsingeniør i seksjon for prosjekter, Eivind Damsleth (Damsleth, 2005). Disse er som hovedregel ikke referert til i teksten, mens andre kilder er referert til på vanlig måte. Studien er gjort av masterstudent Christian Kvalstad ved Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU (Kvalstad, 2005).

I beskrivelsen brukes en del begreper, de fleste av disse er forklart i tabell 4.1.

Tabell 4.1 Begrepsforklaringer

Begrep	Forkortelse	Definisjon/forklaring
Barrel	bbl	Fat
Best Practice	-	Beste praksis
Capital Expenditure	CAPEX	Kapitalkostnader eller investeringskostnader
Capital Expenditure Proposal	CEP	Søknad fra prosjektet til Hydros ledelse om tildeling av midler til å gjennomføre prosjektet.
Capital Value Process	CVP	Hydros beslutningsprosess
Corporate Social Responsibility	CSR	Ansvar et selskapet har ovenfor samfunnet og miljøet.
Decision Gate Keeper	-	Person som står ansvarlig for at en beslutning blir tatt i en DG.
Decision Gate (DG)	DG	Beslutningsport
Decision Gate Review	-	Gjennomgang og vurdering av arbeidet utført i prosjektet for å sikre kvalitet og at Hydros arbeidsprosess er benyttet.
Decision Gate Support Package	DGSP	Sammenheng av arbeidet i fasen som utgjør grunnlaget for beslutningene i DG.
Design Basis	-	Beskrivelse av hva som faktisk skal bygges. Denne kan være detaljert med alle komponenter, eller bare en funksjonell basis med en åpen løsning. Det er hva kunden ønsker levert.
Gas Initially in Place	GIIP	Det totale gassvolumet i reservoaret, som vil være forskjellig fra det volumet det er teknisk mulig å utvinne.
Geophysics and Geology	G&G	Fellesbetegnelse for geofysikk og geologi.
Olje- og Gassprosjekter	O&G-prosjekter	-
Operation Expenditure	OPEX	Driftkostnader
Plan for Utbygging og Drift	PUD	Dokument som er et krav fra myndighetene for O&G-prosjekter på norsk sokkel.
Project Basis	-	En presentasjon med essensen av Design Basis og hovedstrategi for løsningen.
Project Definition Rating Index	PDR	Metode for å vurdere prosjektets modenhet.
Project Risk Management	PRM	Prosess for å identifisere og håndtere risikobildet i et prosjekt. (I resten av kapitlet ser vi tydelig at ordet risiko her brukes for å beskrive det samme som ellers i rapporten har fått betegnelsen usikkerhet. Vi har i dette kapitlet holdt oss til den ordbruken som Hydro benytter.)
Prosjektmanual	-	Dokument som inneholder rammebetingelser og styringsprinsipper for prosjektet.
Stock Tank Oil Originally in Place	STOOIP	Det totale oljevolumet i reservoaret, som vil være forskjellig fra det volumet det er teknisk mulig å utvinne.

## 4.1 Hydros Capital value process (CVP)

Hydros Capital Value Process (CVP) er definert som Hydros "Best Practice" for koordinert styring av planleggingen og utviklingen av investeringsprosjekter (Hydro, 2005a). Det er en standardisert prosess som brukes for planlegging og gjennomføring av alle investeringsprosjekter med en kostnadsramme over 50 millioner NOK. Hvor omfattende prosessen er, vil imidlertid avhenge av prosjektets størrelse og omfang.

Formålet med CVP er at Prosjekter (Hydros prosjektsektor) i samarbeid med representanter fra Drift (Hydros driftavdeling som er bestiller/eier av prosjektet) skal planlegge og gjennomføre investeringsprosjekter i henhold til beste praksis. Formålet kan deles inn i fem underpunkter:

- Sørg for at investeringene er forutsigbare og konkurransedyktige.
- Omsette konsernets direktiv for Deployment of Capital (kapitalanvendelse) inn i praktisk modus.
- Skape en felles terminologi i organisasjonen.
- Forbedre struktureringen og beslutningstakingen.
- Tidlig identifisering av drivere som tilfører verdier til prosjektet.

Et element som har en sentral betydning for forståelsen av CVP er at Olje- og Energidelen i Hydro er delt inn i ulike sektorer, deriblant Drift og Prosjekter. I et prosjekt vil Drift være prosjekteier i den forstand at det er de som bestiller prosjektet og skal drive den endelige virksomheten. I prosjektutviklingsfasen er Drift og Prosjekter et integrert team som samarbeider om å planlegge og utvikle prosjektet, mens i gjennomføringsfasen vil Prosjekter være den utførende parten, og skal levere et avtalt produkt til Drift. Dette foregår på denne måten selv om begge parter er en del av det samme konsernet. Forholdet mellom Drift og Prosjekter kan dermed sammenlignes med et hvilket som helst byggeprosjekt der en byggherre leier inn en hovedentreprenør til å utføre et ønsket prosjekt.

### 4.1.1 Ulike versjoner av CVP

I Hydro er det utarbeidet to ulike versjoner av CVP-prosessen som brukes avhengig av type prosjekt. Det finnes en generell versjon som brukes i landbaserte prosjekter, og en modifisert versjon som brukes i olje- og gassprosjekter (O&G) på norsk sokkel. De har begge den samme oppbygningen med et antall faser følgende etter hverandre og beslutningspunkter, eller Decision Gates (DG), i overgangen mellom hver fase. Forskjellen mellom de to versjonene er at det i CVP for O&G-prosjekter er lagt inn en ekstra fase for godkjenning hos myndighetene før gjennomføringen av et prosjekt kan starte, en såkalt PUD-fase. Her presenteres CVP for O&G-prosjekter, da denne vurderes til å best kunne overføres til statlige investeringsprosjekter.

## **CVP i partneropererte prosjekter**

Det er svært vanlig at prosjekter gjennomføres i samarbeid med en eller flere partnere. Dette gjøres blant annet for å gjøre det mulig å delta i flere prosjekter, og på den måten fordele risikoen over en større prosjektportefølje. I partneropererte prosjekter vil det imidlertid være vanskelig å slavisk følge CVP. Dette kommer blant annet av at i et partnerskap vil Hydro ha en begrenset innflytelse på gjennomføringsplanene for prosjektet avhengig av sin eierandel og rolle i prosjektet. Videre vil ofte beslutningsgrunnlaget være på prosjektnivå og ikke spesifikt for Hydro.

Partnerskapet må på et tidlig tidspunkt komme til enighet om en felles beslutningsprosess som skal benyttes i prosjektet. Man vil kunne unngå senere uenigheter dersom man i starten av prosjektet blir enige om hvilken informasjon og hvilke dokumenter som skal ligge til grunn for beslutningene i de ulike fasene. Utarbeides det formelle dokumenter på dette, vil ingen av partene i etterkant kunne komme å kreve noe mer, dersom prosjektet ellers har blitt gjennomført som planlagt.

Denne problemstillingen vil gjerne være mest aktuell dersom en av partnerne har flere andre attraktive prosjekter på gang. Denne partneren ønsker derfor kanskje å forskyve oppstarten av det aktuelle prosjektet, og til tider kan det forekomme en viss grad av "uthalingstaktikk" i beslutningsprosessen. Det kan dreie seg om å stadig etterlyse utfyllende informasjon og nye dokumenter, og på den måten skyve en avgjørelse foran seg. Dette kan unngås ved å avholde jevnlig møter der det blir fullstendig avklart hva som skal ligge til grunn for avgjørelsen i de enkelte beslutningsportene.

Et annet problem kan oppstå om partneren er et stort internasjonalt selskap med uklare interne prosesser. Ofte vil da planlegging og arbeid utføres i deres avdeling i Norge, mens de store beslutningene blir tatt sentralt ved deres hovedkontor i en annen del av verden. Det kan da forekomme krav til ny informasjon underveis dersom ikke dette er skikkelig avklart i forkant.

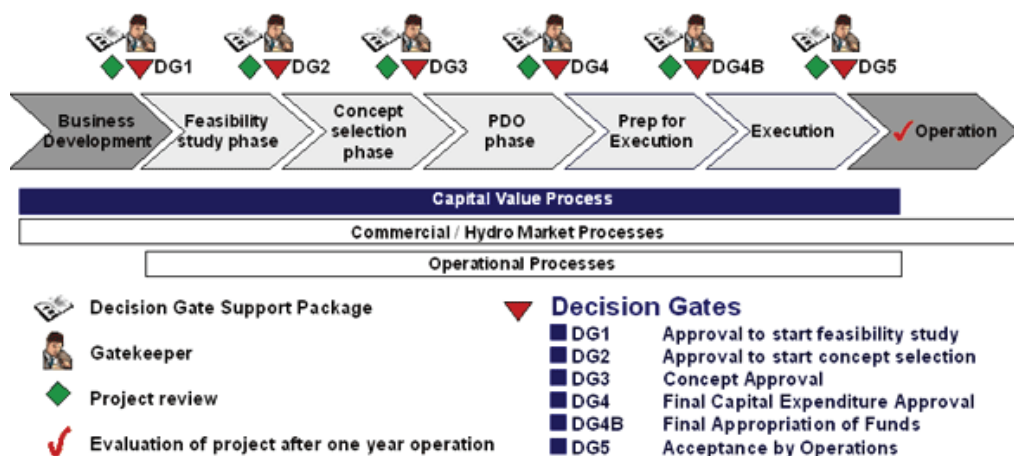


## 4.1.2 Oppbygning

Generelt består alle prosjekter av en tidligfase og en gjennomføringsfase før prosjektet er ferdig og produksjonen kan starte. Tidligfasen i CVP-prosessen består av en forretningsidé-fase med en påfølgende investeringsutviklingsfase. Denne investeringsutviklingsfasen inneholder igjen fire underfaser. Tabell 4.2 viser dette mer oversiktlig. Fasene i CVP følger kronologisk etter hverandre, med en Decision Gate i hver faseovergang slik figur 4-1 viser. Hver enkelt fase presenteres nærmere i de to neste kapitlene.

Tabell 4.2 *Generelt sett består CVP av en tidligfase og en gjennomføringsfase. Tidligfasen består av to faser; forretningsidéfasen og investeringsutviklingsfasen. Investeringsutviklingsfasen kan igjen deles inn i tre faser; mulighetsfasen, konseptvalgfasen og forberedelse til prosjektgjennomføring*

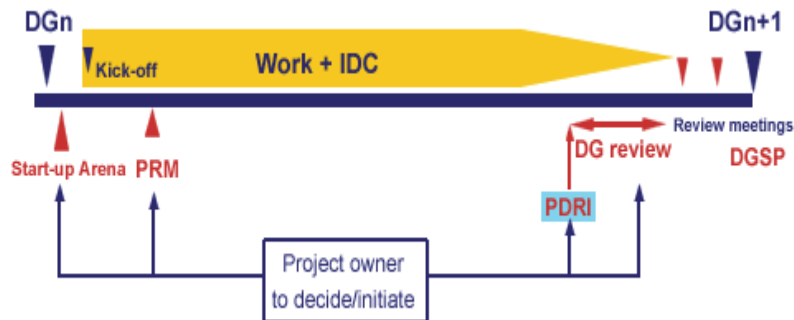
Generell prosjektinndeling	Tidligfasen				Gjennomføringsfasen
Forenklet CVP	Forretningsidéfasen	Investeringsutviklingsfasen			Gjennomføring av investeringsprosjektet
CVP	Forretningsidéfasen	Mulighetsfasen	Konseptvalgfasen	PUD-fasen	Forberedelse til prosjektgjennomføring
					Gjennomføring av investeringsprosjektet



Figur 4-1 *De ulike fasene i Hydros Capital Value Process for O&G-prosjekter.*

## 4.2 Innholdet i CVP-fasene

Hver enkelt fase i CVP har en struktur som vist på figuren under. Figuren viser rekkefølgen i arbeidsprosessen. Hvor omfattende de ulike elementene er, avhenger av hvor i prosessen man befinner seg.



Figur 4-2 Hver fase i CVP inneholder flere faste elementer som utføres til ulike tidspunkter i fasen (Hydro, 2005b).

Strukturen inneholder følgende elementer:

- **Decision Gate (DG).** Beslutningspunkt der det avgjøres om prosjektet kan gå videre til neste fase eller om det skal stoppes.
- **Gate Keeper.** En identifisert person, utpekt av project owner, som er ansvarlig for å beslutte om prosjektet er godt nok forberedt til å slippe gjennom DG.
- **Start-up Arena.** Oppstartsmøte for å avklare mål og oppgaver i fasen, samt hva som kreves av informasjon og dokumenter for å passere den neste beslutningsporten (DG<sub>n+1</sub>).
- **Project Risk Management (PRM).** Kartlegging og oppfølging av usikre momenter som har innvirkning på prosjektet i positive eller negative retning. Man er interessert i å kartlegge de elementene som er så kritiske at man er nødt til å ha kontroll på dem for å kunne passere den neste beslutningsporten (DG<sub>n+1</sub>).
- **Project Definition Rating Index (PDRI).** En metodikk der man kan analysere prosjektets modenhet ved at prosjektet gis en score ut fra en totalvurdering bestående av i alt 70 faktorer som påvirker prosjektets grad av suksess.
- **Decision Gate Review.** En gjennomgang av prosjektet gjennomført av en prosjekttekstern gruppe for å få frem en nøytral vurdering av prosjektets tilstand i forkant av en DG. Dette skal sikre Gatekeepers krav til graden av kvalitetssikring i prosjektet.
- **Decision Gate Support Package (DGSP).** Et kort sammendrag av arbeidet som er gjort i fasen, med en tilhørende anbefaling til Gate Keeper om beslutningen i DG. Det skal være vedlagt en liste over de dokumentene som er sentrale beslutningsgrunnlaget.

## 4.2.1 Decision Gate (DG)

Etter hver fase i CVP er det milepæler hvor det kreves formelle beslutninger hvorvidt man kan avansere videre til neste fase. Disse overgangene kalles for Decision Gates (beslutningsporter) og forkortes gjerne til DG.

Prosjektet kan stoppes i enhver DG. Hvis prosjektet må stoppes vil det være mest fordelaktig å gjøre dette så tidlig så mulig, for å unngå å bruke ressurser på arbeid som i etterkant viser seg å være unødvendig. Et eksempel på dette er det enorme Gassprosjektet Ormen Lange, som før gjennomføring allerede hadde brukt flere milliarder kroner. En kansellering av dette prosjektet rett før den planlagte gjennomføringen (i DG4B) ville ha ført til et stort økonomisk tap for partnerskapet, og dermed også Hydro, i form av kostnader ved "bortkastet" arbeid.

Om et prosjekt stoppes, betyr det ikke nødvendigvis at det stoppes for alltid. En prosjektstopp kan innebære følgende:

- Prosjektet er ikke levedyktig og antas aldri å bli det. Prosjektet vil dermed avsluttes umiddelbart.
- Prosjektet legges på is for mulig å bli tatt opp igjen på et senere tidspunkt.
- Prosjektet har potensiale, men det kreves mer teknisk arbeid, utfyllende rapporter etc.

CVP inneholder seks ulike Decision Gates som alle har klare retningslinjer og krav til innhold:

- **DG1: Beslutning om å starte med prosjektutviklingen.** En forretningsidé har kommet opp og små undersøkelser har blitt foretatt for å se om ideen har potensiale for suksess. Sektorledelsen beslutter om mulighetsstudiene skal startes opp. I DG1 er det ikke viktig med detaljerte usikkerhetsanalyser omkring prosjektet, men man er opptatt av å finne kritiske show-stoppere.
- **DG2: Beslutning om å starte konseptvalgfase.** Et tilstrekkelig antall konsepter er utviklet, og retningslinjene for konseptvalg er utarbeidet.
- **DG3: Godkjenning av hovedkonsept.** Beslutning om å starte arbeidet med PUD. DG3 regnes for å være den viktigste av beslutningsportene. Det er sjelden at et prosjekt ikke går til gjennomføring om det passerer DG3, men det er allikevel ingen garanti.
- **DG4: Formell godkjenning (eller eventuelt avvisning) av CEP på sektor-, konsern- eller styrenivå.** Samtidig blir PUD sendt til myndighetene for behandling og godkjenning.
- **DG4B: Endelig frigivelse av midler til prosjektet.** Styret i Hydro frigjør en del av konsernets midler til bruk i prosjektet.
- **DG5: Endelig godkjenning fra Drift.** Anlegget er ferdigstilt og overført til Drift, og produksjonen er oppe og går på et avtalt nivå. Prosjekteier gir fra seg et sertifikat for endelig godkjenning, og prosjektet kan avsluttes.

## 4.2.2 Gate Keeper

Hver DG har en formell sjef som står ansvarlig for at beslutningen blir tatt om prosjektet kan gå videre til neste fase eller ikke. Denne personen kalles en Gate Keeper. Sektorledelsen peker ut den personen de mener er best mulig skikket til jobben, og denne personen blir gitt fullmakt til å handle på deres vegne.

Det kreves at en Gate Keeper tar initiativ til å definere prosjekteierens mål og krav, og justere disse fortløpende, slik at de til enhver tid er i best mulig samsvar med prosjekteiers interesser. Videre må han forklare hva som trengs for å kunne ta en beslutning, samt bestemme på hvilket nivå CVP-implementeringen må ligge for å sikre tilstrekkelig kontroll i prosjektet.

Gate Keeper trenger ikke være den samme gjennom et helt prosjekt. Dette er naturlig siden det ofte vil variere fra fase til fase hvem som er den best skikkede til å ta de formelle beslutningene.

## 4.2.3 Start-up Arena

Umiddelbart etter godkjenning i en DG om avansement til neste fase, skal det avholdes en Start-up Arena. Dette er et oppstartsmøte der sentrale interessenter og nøkkelpersonell fra ulike sektorer i prosjektet skal delta. Dette møtet skal avholdes før arbeidet med fasen starter. Det er Gatekeeper som skal ta initiativet til å kjøre et slikt møte.

Omfanget av oppstartsmøtene avhenger av hvor langt ut i prosessen man er kommet. I fase 1 kan det dreie seg om et kort møte med tre-fire personer tilstede. Gjennomføringen blir gradvis mer omfattende når man nærmer seg DG4, hvor det vil være maksimalt ti personer tilstede. Møtet gjennomføres gjerne i løpet av en halv til en hel dag.

Formålet med oppstartsmøtet er for det første å få en felles forståelse i prosjektteamet for hva som skal skje i den aktuelle fasen. Videre kan formålet deles inn i fem punkter:

- Sørg for en felles forståelse for prosjektets tilpasning i Hydros strategiske perspektiv.
- Sørg for felles forståelse for omfang og detaljeringsnivå for de ulike sektorene.
- Sørg for enighet på mål, resultater og kritiske suksessfaktorer.
- Bestem passende nivå på gjennomføringen av CVP i prosjektet.
- Angi kommunikasjonsplan.

I de prosjektene hvor Hydro selv ikke er operatør brukes ikke alltid et slikt oppstartsmøte, i hvert fall ikke i Hydros regi. Imidlertid gjennomføres det gjennom hele prosessen jevnlig møter med en teknisk komité og en management komité bestående av representanter fra hver partner. På den måten sikrer man enighet om fasens innhold på tvers av partnerskapet, slik at unødvendige konflikter unngås i løpet av prosjektet. Elementene som ellers blir tatt med i et oppstartsmøte dekkes gjennom slike jevnlig møter.

## 4.2.4 Project Risk Management (PRM)

Når arbeidet er satt i gang etter oppstartsmøtet i begynnelsen av hver fase, skal prosjekteier og/eller styringskomiteen iverksette en risikostyringsprosess. Formålet med denne risikostyringen er å påvirke prosjektledelsen til å se fremover, søke etter muligheter og å unngå problemer før de oppstår. En god risikostyring vil føre til at usikkerhetslementer kan bli oppdaget på et tidlig tidspunkt og dermed også bli kontrollert og overvåket på et tidlig tidspunkt. Dette er begge viktige elementer for en vellykket prosjektgjennomføring, og bidrar til en optimal bruk av prosjektets ressurser. Prosessen brukes i alle fasene i CVP, men med ulik tyngde og intensitet avhengig av hvor langt ut i prosjektet man har kommet.

Hydros risikostyring består av en seksdelt prosess slik figur 4-3 viser.



Figur 4-3 Den seksdelte risikostyringsprosessen som brukes i Hydros CVP-prosess, (Hydro, 2005b).

Risikostyringsprosessen som brukes i Hydros CVP-prosess inneholder følgende elementer:

- Forberedelse til risikostyring ved å bestemme en plan for gjennomføringen med detaljert innhold.
- Identifisering av risiko som kan påvirke prosjektet i positiv eller negativ retning. Dette brukes til å danne et risikoregister, som er en oversikt eller en database over alle de identifiserte risikoer og muligheter. I denne aktiviteten bør både personale fra prosjektteamet og representanter fra prosjekteier delta for å dra nytte av felles kunnskap og erfaring.
- Evaluering av risiko med hensyn på sannsynligheten for at hendelsene inntreffer og deres konsekvens om dette skjer. Dette gjør at man får definert de mest kritiske nedsidene og de mest gunstige oppsidene i prosjektet.
- Utvikle risikoplaner for å redusere sannsynligheten for at uønskede hendelser inntreffer og/eller konsekvensene hvis de inntreffer. Her er det også viktig å utnytte positive muligheter i størst mulig grad.
- Reagere etter de gjeldende risikoplanene i forkant av, og ved det tidspunkt de usikre hendelsene inntreffer.
- Kommunikasjon. Gjennom hele prosjektet skal det foregå en kommunikasjon mellom alle involverte parter slik at risikobilde og -status hele tiden kan oppdateres. Nye, uforutsette risikoelementer kan dukke opp, og disse skal meddeles hele prosjektorganisasjonen og nedfelles i risikoregisteret. Dette risikoregisteret må også jevnlig oppdateres etter hvert som prosjektet utvikler seg. Risikokommunikasjonen bør implementeres som en del av alle delprosessene.

### 4.2.5 Project Definition Rating Index (PDRI)

I forkant av eller i forbindelse med en DG Review skal prosjekteier iverksette en prosess for å angi prosjektets Project Definition Rating Index (PDRI). Dette er en metode utviklet ved Construction Industry Institute (CII) i Texas, USA, som Hydro har implementert i sin beslutningsprosess.

Formålet med metoden er å evaluere prosjektets definisjonsnivå i investeringsstudiefasene, og det er et enkelt redskap for å måle graden av utvikling i prosjektets omfang. Metoden består av en gjennomgang av en sjekkliste bestående av 70 elementer fra prosjektomfanget. Hvert element blir vektet etter relativ viktighet, og deretter skal det gis en score etter hvor stor risiko som er forbundet med elementet. Jo høyere score et element får, jo større er risikoen forbundet med dette elementet vurdert. Et helt nytt og "blankt" prosjekt vil få maks score som er 100%, mens et ferdig gjennomført prosjekt har verdi 0%. PDRI-score under 25% har vist seg å være av stor betydning for at prosjektgjennomføringen blir vellykket. Det stilles ulike krav til score for at et prosjekt skal kunne passere gjennom de forskjellige DG, og er i størrelsesorden:

- DG1: < 60%
- DG2: < 50%
- DG3: < 40%
- DG4: < 25%

Gjennomføringen av denne prosessen foregår internt i prosjektet, og er en Self Assessment Process. Den gjennomføres av en gruppe bestående av nøkkelpersonell fra prosjektet og representanter fra prosjekteier. I tillegg bør fagpersonell innen de ulike sektorene være tilgjengelige for spørsmål underveis. Prosessen blir ledet av personell med høy kompetanse på selve PDRI-prosessen, som skal fungere som guider for prosjektteamet. Disse guidene skal stille kritiske spørsmål til evalueringene som blir gjort av prosjektteamet underveis, noe som er med på å sikre en tilstrekkelig gjennomtenkt vurdering. De skal også dokumentere prosessen, tolke scoreresultatene og ut i fra disse, sette opp en rangert liste over de vurderte elementene. Normalt utføres PDRI som en del av en DG Review.

Metoden har også en rekke andre fordeler:

- Den gir en detaljert sjekkliste for arbeidsplanleggingen.
- Den sørger for en standard terminologi innenfor definisjonen av omfanget.
- Den gjør risikovurderingene lettere.
- Den sørger for overvåkning av progresjonen i investeringsstudiene.
- Den hjelper kommunikasjonen innen prosjektet.
- Den gir god øvelse.
- Den skaper en basis for benchmarking.

## 4.2.6 DG Review

I forkant av DG2, DG3 og DG4 skal prosjekteier eller Gatekeeper sørge for at det blir foretatt en Decision Gate Review. Dette er en gjennomgang og vurdering av prosjektet for å sikre at kvaliteten på det utførte arbeidet er i henhold til Gatekeepers krav før beslutningen om videre arbeid skal tas i neste DG. Gjennomgangen skal varsles fire uker før oppstart, slik at de rette personene til utførelsen kan plukkes ut i tide. For å sikre en nøytral evaluering utføres den av et team som er utenfor prosjektet (men internt i Hydro), og som har full tillit fra Gatekeeper og resten av organisasjonen. Teamet vil normalt bestå av mellom tre og syv personer med ulik bakgrunn og kompetanse innen de forskjellige fagområdene som berøres i prosjektet. Evalueringen blir foretatt med utgangspunkt i et DG Support Package Draft som er et tidlig utkast til en DG Support Package. Ut fra dette skal teamet gjøre seg opp en mening om prosjektets tilstand, og teamlederen rapporterer tilbake en anbefaling til Gatekeeper om nødvendige handlinger. Anbefalingen er tredelt, og skal avklare:

- Om prosjektet bør gjennomføres eller ikke.
- Ting som må gjøres/utbedres før prosjektet går til DG.
- Ting som må avklares i den påfølgende fasen.

Videre inneholder en DG Review følgende arbeidsoppgaver:

- Identifisere status på handlinger avtalt under Start-up Arena.
- Sørge for at prosjektets omfang er fullstendig dekket.
- Gå igjennom dokumenter og intervju nøkkelpersonell og interessenter for å bekrefte at kvaliteten på det utførte arbeidet er tilstrekkelig, samt å identifisere forbedringspotensialer.
- Foreta en vurdering av HMS og bærekraftighet. Begrepet bærekraftighet omfatter tre områder;
  - Å ikke ta ut mer fra naturen enn man gir tilbake.
  - Miljøforurensing.
  - Rederlighet, blant annet ved å unngå elementer som for eksempel korrupsjon, barnarbeid, svart arbeid etc.
- Evaluering av prosjektdefinisjonen ved hjelp av sjekklister/PDRI.
- Bedømmelse av kostnadsestimater, fremdriftsplan og økonomiske analyser, med vekt på kvalitet og overensstemmelse i metoder, verktøy og arbeidsprosesser.

## 4.2.7 DG Support Package

I forkant av en Decision Gate (DG) skal prosjektteamet utarbeide en DG Support Package. Dette er et sammendrag av alt arbeidet som er gjort i fasen, med en tilhørende anbefaling til Gate Keeper om beslutningen i DG. Alle sentrale dokumenter som har betydning for beslutningen skal legges ved dette sammendraget. I tillegg skal også begrunnelser for ulike valg gjort i fasen og usikkerhetsvurderinger som ligger til grunn for disse valgene komme klart frem.

Formålet med denne aktiviteten er å sikre kvaliteten i avgjørelsen, og å sikre forutsigbarhet og konsistens i kravene til resultater.

For et olje- og gassprosjekt skal en DGSP bestå av dokumentasjon som gir en kort beskrivelse innen seks ulike fagområder:

- Lønnsomhet
- Bærekraftig atferd
- Prosjektdefinisjon
- Prosjektgjennomføring
- Operasjonsfilosofi og teknologivalg
- Reservegrunnlag

## 4.3 De ulike fasene i CVP

### FASE 1 - Forretningsidéfasen

I denne fasen skal det vurderes om en mulig forretningsidé har det nødvendige potensialet til å kunne gjennomføres med økonomisk gevinst. Målet med fasen er å fremskaffe et godt nok beslutningsgrunnlag for å kunne avgjøre om planleggingen av et investeringsprosjekt skal startes eller ikke.

#### Innhold

Gjennom denne fasen skal det utarbeides en kort rapport (1-3 sider) for vurdering av den aktuelle forretningsideen. Dette er en vurdering av ideens funksjonalitet innen noen ulike punkter. For det første må det vurderes om ideen er i tråd med Hydros strategiske perspektiv og om den passer inn i Hydros prosjektportefølje. Det må også vurderes om målet med ideen er tilfredsstillende i forhold til bedriftens overordnede mål.

Videre må ideens lønnsomhet vurderes, der man ser på muligheter og trusler ved gjennomføringen. Ved å se på ulike scenarier (pessimistisk, optimistisk og mest sannsynlig), vil man kunne få frem hvilken spennvidde ideen har med tanke på økonomiske muligheter og trusler. Deretter må markedet analyseres. Dette innebærer å se på behovet for at ideen realiseres,



samt å vurdere konkurrerende selskapers plassering, situasjon, interesse og muligheter innen det aktuelle området.

Prosjektets grad av nyttenkning vil også være nødvendig å vurdere opp mot selskapets holdning til nyttenkning. I denne sammenhengen bør man ta inn i vurderingene at et prosjekt med stor grad av nyttenkning vil kreve store ressurser for å kunne gjennomføres på en god måte, samtidig som usikkerheten i et slikt prosjekt også er større enn for et tradisjonelt prosjekt selskapet har gjennomført mange av tidligere.

Et annet viktig element som hører med i en slik rapport er en vurdering av Hydros rolle i en eventuell gjennomføring. Skal prosjektet gjennomføres av Hydro alene eller i partnerskap med andre selskaper? Hvilken grad av kontroll vil Hydro sitte med? Ut i fra disse elementene følger det direkte hvor stor profitt prosjektet vil gi Hydro.

Det skal i denne fasen også utarbeides en plan og en struktur for gjennomføringen av de resterende fasene i prosessen.

I tillegg til vurderingsrapporten skal det utarbeides en klar anbefaling om hvorvidt prosjektet skal etableres eller ikke. Konsekvensene av en godkjennelse eller forkastelse skal også legges frem.

Dersom man i DG1 beslutter å starte planleggingen av investeringsprosjektet kan man gå videre til mulighetsfasen.

## **FASE 2 - Mulighetsfasen**

Formålet med denne fasen er å vurdere om forretningsideen er teknisk og organisatorisk gjennomførbar, og om den er økonomisk attraktiv i henhold til Hydros krav til avkastning. Det avgjøres om en mer detaljert studie skal iverksettes og en kan gå til neste fase i prosessen, eller eventuelt om ideen virker så lite levedyktig at prosjektet stoppes.

### **Innhold**

Til å begynne med i denne fasen etableres en Project basis (prosjektgrunnlag) med et tilhørende scope (rekkevidde/omfang). Project basis inneholder rammene for prosjektet, og brukes for senere å kunne sammenlikne i hvilken grad de ulike alternativer for løsning samsvarer med kravene som angis her. Videre må hoveddrivere for forretningsmuligheten identifiseres.

Det må utarbeides en geologisk modell av grunnen i det aktuelle området hvor prosjektet er tenkt plassert. Hvor stor utvinningsgrad det vil være mulig og oppnå på feltet estimeres. Reservoarets størrelse og egenskaper vil ha stor betydning for dette, og vil derfor være grunnlaget for mye av det videre arbeidet i fasen.

I denne fasen vurderes det om det foreligger elementer innen HMS eller CSR (Corporate Social Responsibility) som gjør at prosjektet ikke kan kjøres. HMS omfatter helse, miljø og sikkerhet både for naturen og for de ansatte i prosjektet. HMS-elementer som stopper et prosjekt kan for eksempel være for store miljøutslipp, trussel av en dyreart i området eller for omfattende bruk av dykkere under installeringen. CSR omhandler etiske spørsmål, og gjelder i særlig grad for prosjekter i utlandet. For eksempel vil det være uønskelig for Hydro

å starte opp en virksomhet i et land med et korrumpert system, eller å gå inn i et prosjekt som vil føre til stor reduksjon av regnskogen. I tillegg til etiske grunner for ikke å gjennomføre slike prosjekter, vil det også ligge til grunn et ønske om å unngå negativ omtale i media og dermed skaffe seg et dårlig rykte.

Videre i fasen skal flere alternative konsepter identifiseres. Et konsept er en grov plan eller et utkast for en løsning som oppfyller kravene og er innenfor rammene i Project basis. Hvert alternativt konsept skal inneholde en forretningsstrategi og en gjennomføringsplan. Det skal utføres risikoanalyser på de ulike konseptene, og alle tilhørende investerings- og driftskostnader skal kalkuleres. Når alle disse tingene er på plass, sammenlignes de ulike alternativene, og man foretar en grov utvelgelse der man til slutt sitter igjen med et lite antall (2-4) gjennomførbare konsepter. For disse alternativene utføres det i tillegg lønnsomhetsanalyser. Til slutt i mulighetsfasen inngår å planlegge påfølgende fase og fastsette retningslinjene for det endelige konseptvalget. Når et tilstrekkelig antall konsepter er utviklet og retningslinjene for konseptvalg er utarbeidet, skal det tas en beslutning i DG2 om å starte konseptvalgfase eller eventuelt stoppe prosjektet.

I praksis er det tilstrekkelig at ett konsept tilfredsstiller kravene før man går til DG2. Man vil da være sikre på at man i hvert fall har et gjennomførbart prosjekt, og man kan dermed gå videre. Flere alternativer kan eventuelt identifiseres etter en DG2-passering.

### **FASE 3 - Konseptvalgfase**

Formålet med denne fasen er å plukke ut det beste konseptet, foreta en detaljert gjennomgang av dette, før man til slutt beslutter om investeringen skal realiseres eller ikke.

#### **Innhold**

Fasen starter med en oppdatering av de alternative konseptene og av retningslinjene for konseptvalg fremkommet i mulighetsfasen. Eventuelt nye konsepter vurderes. De endelige valgkriteriene etableres. Deretter starter en prosess som til slutt ender med at det konseptet som best oppfyller disse retningslinjene blir valgt ut for videre behandling. Prosjekt målet formuleres.

Det er nødvendig på dette tidspunktet å være sikker på at man har tilgang på råmateriale, energi, rettigheter, land og teknologi som kreves for i det hele tatt å kunne gjennomføre prosjektet. Selv om prosjektet fortsatt ikke har fått klarsignal til gjennomføring, kan det allerede på et så tidlig tidspunkt i prosessen være nødvendig å inngå intensjonsavtaler med potensielle leverandører på ulikt materiale og utstyr. Dette skyldes at noen elementer har lang leveringstid, og det er ønskelig å sikre seg mot at prosjektet trekker ut i tid på grunn av dette. Kostnadsrisikoen ved kansellering av tidlig inngåtte avtaler anses altså som mindre enn kostnadsrisikoen ved en eventuell forsinkelse av prosjektet.

Det valgte konseptet skal utvikles og modnes videre, og de mest sentrale arbeidsoppgavene er følgende:

- Utvikle Designbasis for prosjektet.
- Utarbeide en foreløpig strategi for prosjektgjennomføring, og utvikle denne.

- Etablere HMS-program og foreta CSR-vurderinger.
- Bedømme sosial påvirkning og ha en dialog med de ulike interessentene.
- Bedømme miljøpåvirkningen.
- Gjennomføre risikostyring. På slutten av denne fasen skal all usikkerhet knyttet til tekniske eller økonomiske deler av prosjektet være redusert ned på et akseptabelt nivå. Dette nivået vil på dette tidspunktet som regel settes til +/-20-30%.
- Estimere investerings- og driftkostnader.
- Etablere en fremdriftsplan for prosjektet.
- Utføre lønnsomhetsanalyser.
- Videreutvikling av reservoar- og produksjonsestimatene.
- Forberede plan for godkjenning av gjennomføring hos myndighetene.
- Utarbeide grunnleggende spesifikasjoner. Dette innebærer blant annet valg av drivermekanisme, plattformkonsept og transportløsning av den produserte oljen og/eller gassen.
- Utarbeide en detaljert plan for PUD-fasen, og forberede plan for godkjenning av gjennomføring internt i Hydro. Det skal fremstilles en Capital Expenditure Proposal (CEP) som er en søknad til styret om bevilgning av midler til å gjennomføre prosjektet.

#### **FASE 4 - PUD-fasen**

Formålet med denne fasen er å dokumentere beslutningsgrunnlaget for investeringen, fremme en CEP for godkjenning internt i Hydro, og å utarbeide en Plan for Utbygging og Drift (PUD) for godkjenning av gjennomføring hos myndighetene.

#### **Innhold**

I Olje- og gassprosjekter i Norge krever myndighetene at en PUD oversendes dem for godkjenning før prosjektet kan settes i gang. Dette er en rapport der Hydro må redegjøre for en rekke aspekter omkring prosjektet. Innholdet er tydelig beskrevet i petroleumslovens §4-2, (OED, 1996):

"Planen skal inneholde en beskrivelse av økonomiske, ressursmessige, tekniske, sikkerhetsmessige, nærings- og miljømessige forhold samt opplysninger om hvordan en innretning vil kunne disponeres ved avslutning av petroleumsvirksomheten. Planen skal også inneholde opplysninger om innretninger for transport eller utnyttelse som omfattes av § 4-3. I tilfelle en innretning skal plasseres på territoriet, skal planen dessuten gi opplysninger om hvilke tilatelser m.v. som det er søkt om etter ellers gjeldende lovgivning."

Prosjekter med en kostnadsramme på mindre enn fem milliarder kroner behandles i departementet, mens prosjekter med en kostnadsramme som overskrider dette behandles i Stortinget.

Før PUD oversendes myndighetene, skal den godkjennes internt i Hydros styre. Er prosjektet partnerdrevet, må i tillegg samtlige partnere på forhånd godkjenne dokumentet. Myndighetene vil som regel ha vært delaktige i planleggingsprosessen så langt, og når en PUD da sendes inn vil ikke innholdet av denne være nytt og ukjent. Konkret vil arbeidet i denne fasen bestå av:

- Utarbeide CEP for godkjenning internt i Hydro.
- Forberede den politiske prosessen i forbindelse med PUD, inkludert en konsekvensanalyse av miljøpåvirkninger.
- Fremstille PUD ved å etablere ressursgrunnlaget, løsning på feltutbyggingen, det endelige estimatet på investeringskostnadene og en fremdriftsplan for prosjektgjennomføringen.
- Godkjenning i partnerskapet.
- Videre utvikling av det valgte konseptet for feltutbyggingen.
- Videre utvikling av geologi- og reservoarmodeller, og ferdigstilling av profilen for utnyttbare reserver og produksjon.
- Kontrollere og optimalisere den valgte løsningen for feltutbyggingen med tanke på tekniske løsninger så vel som aspekter innen HMS.
- Videre detaljering og spesifisering av de tekniske konsepter og løsninger.
- Oppdatere estimatet for investeringskostnaden og fremdriftsplanen.
- Forberede sikkerhetsanalyser, beredskapsplan ved kriser og konsekvensanalyse for miljøpåvirkninger.

Når en PUD er oversendt myndighetene og styret foreløpig har godkjent søknaden om bevilgning av midler til prosjektet (CEP) kan prosjektet gå videre til neste fase i prosessen.

## **FASE 5 - Forberedelse til prosjektgjennomføring**

Formålet med denne fasen er å videreutvikle og forbedre prosjektkonseptet inntil det endelige svaret fra myndighetene om godkjenning av gjennomføringen er på plass. Selve gjennomføringen av investeringsprosjektet skal planlegges, og alle hovedentreprenører og leverandører skal velges ut.

### **Innhold**

Mens man avventer at PUD blir ferdig behandlet hos myndighetene fortsetter arbeidet med planleggingen av prosjektet. Arbeidet i denne fasen består i hovedsak av å videreutvikle prosjektet og å gjøre nærmere spesifiseringer av tekniske og praktiske løsninger. Dette gjøres

for å redusere usikkerheten forbundet med kostnader, tidsplan og gjennomføringsplan i forkant av utvelgelsen av hovedentreprenør.

Gjennom denne fasen skal også alle hovedentreprenører og leverandører velges ut. Det utarbeides tilbud som skal sendes ut til ulike entreprenører og leverandører når prosjektet har fått klarsignal for gjennomføring. Dette inkluderer også nødvendige tilleggsdokumenter med relevant teknisk og finansiell bakgrunnsinformasjon for prosjektet. Når fristen for svar på tilbud er gått ut, foretas en evaluering av innkomne tilbud, og den endelige utvelgelsen av entreprenør blir tatt.

Investeringskostnaden og fremdriftsplanen revideres dersom det har dukket opp nye punkter som gjør det mulig og forbedre disse anslagene.

Videre må formelle dokumenter for gjennomføringsfasen utarbeides, inkludert Prosjektmanualen. Prosjektmanualen er et dokument som inneholder all den informasjon som er relevant for prosjektet, og som beskriver prosjektets rammer, og inneholder blant annet en organisasjonsplan og en anskaffelsesplan. I tillegg skal en prosjektavtale mellom Drift og Projects utarbeides og godkjennes.

Prosjektet kan gå videre til neste fase i prosessen, altså selve gjennomføringen, når det foreligger en godkjenning av PUD fra myndighetene samt at Hydros styre har gitt sin endelige godkjenning av CEP.

Formelt sett er det i Forberedelsesfasen at kontrakter skal inngås, men i praksis blir det ofte satt i gang en del gjennomføringsaktiviteter som blant annet tilbudsinnhenting og kontraktinngåelse før prosjektet har fått en formell godkjenning for gjennomføring. Dette gjøres for å spare tid på tidskritiske elementer. Kontraktene er såkalte intensjonsavtaler hvor inngåelsen alltid gjøres med forbehold om myndighetenes godkjenning av prosjektet.

## **FASE 6 - Gjennomføring av investeringsprosjektet**

Formålet med denne fasen er å levere det ferdige prosjektet i henhold til det scope som er beskrevet i kontrakten, med riktig kvalitet og til riktig kostnad og tid. I tillegg skal prosjektet gjennomføres på en sikker måte med en nullfilosofi på personalskader.

### **Innhold**

Dette er den siste fasen før selve driften av prosjektet kan starte. Oppgavene her dreier seg om å ferdigstille prosjektet og overlevere det til prosjekteier etter de retningslinjer som er avtalt på forhånd. Fasen starter med etablering av prosjektorganisasjonen, før selve gjennomføringen kan settes i gang. Dette innebærer å utpeke prosjektledelsen, samt å inngå endelige kontrakter med hovedentreprenør og eventuelle underleverandører. Det videre arbeidet foregår i to deler.

Den første delen går ut på å detaljprosjekttere ferdig hele systemet, og utarbeide alle nødvendige konstruksjonstegninger. Samtidig må alt nødvendig utstyr og materiell for byggingen anskaffes. Deretter kan utbyggingen starte, og alt utstyr installeres. Når konstruksjonen med alt av tilhørende utstyr og installasjoner er ferdigstilt, transporteres den til feltet og installeres der.

Den andre delen av arbeidet omfatter testing av alt utstyret og klargjøring for oppstart av produksjonen. Det kartlegges om systemets funksjonelle krav er oppfylte, og dersom det oppdages feil eller mangler utbedres disse. Produksjonen starter og Drift overtar prosjektet på et avtalt tidspunkt. Prosjektorganisasjonen trappes ned etter hvert som ferdigstillelsen nærmer seg, og den opphører så snart Drift har foretatt de nødvendige tester på produktet, og overtakelsen er en realitet.

Det er i denne fasen hvor den vesentlige delen av investeringskostnadene påløper, da det er her den endelige utbyggingen starter. Samtidig vil kostnaden ved endringer i denne fasen være langt høyere enn i de tidligere fasene, da planleggingen har gått over lang tid og avtaler og kontrakter med andre aktører er inngått.

## 4.4 Overførbarhet av CVP til et statlig investeringsprosjekt

Det er liten forskjell mellom statlige og private investeringsprosjekter i utbyggings- og anskaffelsesfasene, mens det i tidligfasen har vist seg å være til dels viktige forskjeller (Haanæs et al., 2004). Det dreier seg da først og fremst om organiseringen og saksgangen i prosjektet.

En vesentlig forskjell ligger i målsetningen for å gjennomføre et prosjekt. Et privat prosjekt vil som regel ha en relativt enkel overordnet målsetning: Å bidra til en god inntjening til bedriften. I et statlig prosjekt derimot, vil som regel dette ikke være det fulle og hele formålet. Prosjekter gjennomføres normalt på andre verdigrunnlag enn det rent økonomiske og ses i et samfunnsmessig perspektiv. Et prosjekt i seg selv trenger ikke nødvendigvis være så lønnsomt økonomisk, men kan være et viktig ledd i en større samfunnsmessig utvikling.

Planleggingen av et statlig prosjekt foregår i en mye mer kompleks organisasjon enn et privat prosjekt. Planleggingen i statlige prosjekter foregår på flere forvaltningsnivå samt i etatene og på tvers av ulike sektorer. Dette kan lett skape uklarheter og interessekonflikter som får konsekvenser for planleggingen.

Saksgangen er mer komplisert i offentlige prosjekter enn i private. I offentlige prosjekter stilles det strengere krav med hensyn til regelverk, innsyn, høring, budsjettbehandling og regulering, noe som gjør prosessen mindre fleksibel. At kravene er strengere kan føre til at beslutningsprosessene tar lengre tid. Dette fører igjen til at faseovergangene blir mer uklare enn for et prosjekt der beslutningene blir tatt i forkant av hver faseovergang.

Dette kapittelet vurderer i hvilken grad CVP kan overføres til et investeringsprosjekt i statlig regi. Her er det valgt å ta utgangspunkt i et vegprosjekt, ved å sammenligne CVP med Statens vegvesens planprosess (SVPP), gitt i Statens vegvesens håndbok 054 "Oversiktsplanlegging. Veg- og transportplanlegging etter plan- og bygningsloven" (Statens vegvesen, 2000). SVPP presenteres ikke nærmere her, det henvises til håndboken for en detaljert beskrivelse.

### 4.4.1 Sammenligning av CVP og SVPP

Alt i alt er de to prosessene ganske like og inneholder mange av de samme elementene. Rent "fysisk" skiller de seg fra hverandre ved at CVP inkluderer gjennomføringsfasen, mens

SVPP kun omfatter tidligfasen av prosjektene. Videre består CVP av seks faser, hvorav fem er i tidligfasen, mens SVPP inneholder syv faser, som altså alle er i tidligfasen.

Fasene i CVP har en klart definert struktur med krav til innhold av ulike elementer som skal sikre en god gjennomføring av de ulike fasene. Hver fase har en fast oppbygning som inneholder blant annet en Gatekeeper, Start-up Arena, DG Review og DG Support Package. SVPP er hjemlet i Plan og bygningsloven. Dette betyr at kravene til beslutningsgrunnlaget i hver faseovergang bare delvis er satt ut fra prosjektets beste. Det meste av beslutningsgrunnlaget fremkommer som resultat av krav i forhold til omverdenen (kommuner, fylker, andre vesen etc.).

Begge prosessene har et beslutningspunkt etter hver fase der det skal avgjøres om prosjektet kan gå videre til neste fase eller om det kreves mer utfyllende arbeid i fasen. Likevel kan det virke som om at det er mer formelle krav til beslutningene i CVP enn i SVPP.

De to prosessene er svært like i innhold fra oppstart og frem til CVP sin fase 2, tilsvarende SVPP sin fase 5, mens strukturen er noe forskjellig. Både Forretningsidéfasen i CVP og Situasjonsvurderingsfasen i SVPP går ut på å vurdere om en prosjektidé har et potensiale til å kunne utvikles til å bli et reelt prosjekt. Det hentes inn en stor mengde informasjon som skal ligge til grunn for denne vurderingen. Det ligger imidlertid en forskjell i at det i SVPP legges vekt på allerede eksisterende informasjon, mens man i CVP er mer avhengig av innhenting av ny informasjon. I CVP skal det også i denne fasen utarbeides en plan og struktur for det videre arbeidet. SVPP har et tilsvarende punkt, men har lagt dette i en egen fase, Fase 3 - Planprogram.

I CVP Fase 2, Mulighetsfasen, skal det utarbeides et prosjektgrunnlag, det skal utvikles flere mulige konseptløsninger og det skal foretas en utvelgelse av de beste alternativene. SVPP deler disse oppgavene inn i tre faser; Fase 2 - Problemforståelse, Fase 4 - Registrering og analyse og Fase 5 - Ideer og alternativer.

Deretter dukker den kanskje største forskjellen mellom de to prosessene opp. Det endelige konseptvalget foretas nemlig på et mye tidligere tidspunkt i CVP enn i SVPP. I CVP fase 3, Konseptvalgfase, plukkes ett konsept ut for å modnes og utvikles videre i prosessen. SVPP opererer i motsetning med en parallell utvikling av flere ulike alternativer samtidig gjennom hele prosessen. Det foretas utvelgelse av de beste alternativene underveis, men det endelige valget av løsning foretas ikke før rett i forkant av gjennomføringsfasen.

Mye av årsaken til denne forskjellen kan ligge i den politiske virksomheten som er til stede i et statlig prosjekt. I Hydro blir konsernledelsen presentert for ett prosjektkonsept som de skal ta en beslutning på om de ønsker skal gjennomføres eller ikke. En slik fremgangsmåte vil være lite ønskelig i Staten. Politikere vil i stor grad ønske å være med å utforme prosjektet gjennom alle prosjektets faser, og vil ikke godta å være passive tilskuere gjennom hele planleggingen. Derfor utvikles flere ulike alternativer i parallell, helt frem til et endelig valg av alternativ blir foretatt i departementet eller Stortinget før gjennomføring. Det er altså en politisk beslutning hvilket konsept som velges i motsetning til hos Hydro der valget gjøres på et tidlig tidspunkt av ledelsen etter anbefaling fra prosjektlederen.

Det vil være betydelig mer kostnadseffektivt å velge ett konsept i en tidlig fase, og utvikle dette frem mot gjennomføring, fremfor å kjøre flere alternativer parallelt. En vil på den måten unngå å bruke ressurser på konsepter som allikevel ikke vil bli gjennomført. På den an-



nen side vil dypere detaljering av flere prosjekter parallelt øke mulighetene for at det endelige konseptvalget virkelig er det beste.

Etter at konseptvalget er godkjent i CVP DG3 må det klargjøres for godkjenning av prosjektet hos myndighetene. Det utarbeides en PUD som først godkjennes internt i Hydro, deretter godkjennes av eventuelle partnere i prosjektet, før den oversendes myndighetene for endelig godkjennelse der. Deretter utvikles konseptet videre i påvente av denne godkjenningen.

SVPP krever også en godkjenning hos myndighetene før et prosjekt kan starte. Dette foregår på en litt annen måte. Etter at det i SVPP DG5 foreligger aksept på at et tilstrekkelig antall løsninger er fremskaffet, forbedres og detaljeres disse gjennom fase seks, og konsekvensene av hvert enkelt alternativ skal kartlegges. Deretter kan den formelle sluttbehandlingen starte.

Materiellet som oversendes myndighetene for godkjennelse er ganske forskjellig. En PUD som sendes fra Hydro inneholder kun en begrenset mengde informasjon, kun det mest nødvendige for at myndighetene skal kunne vurdere prosjektet. I SVPP sendes i motsetning inn alle de ulike alternativene til løsning med tilhørende konsekvensanalyser. Denne forskjellen kommer av at det jo er myndighetene som skal velge konsept i SVPP, mens de i CVP kun skal ta stilling til om et prosjekt kan godkjennes eller ikke.

DG4B i CVP og DG7 i SVPP er svært like. Begge inneholder den endelige beslutningen om godkjennelse for gjennomføring. For CVP vil imidlertid prosjektet kunne startes før denne godkjennelsen foreligger. Dette kommer av at myndighetene er med såpass tett underveis i prosessen, at de sjelden vil gi avslag på en innsendt PUD.

En annen svært sentral forskjell mellom de to beslutningsprosessene ligger i bakgrunnen for i det hele tatt å gjennomføre et prosjekt. Når Hydro setter i gang et prosjekt gjøres dette i all hovedsak for å fremskaffe en inntjening til konsernet. Det kan selvfølgelig være andre momenter som spiller inn, som for eksempel strategiske eller taktiske perspektiver, men disse vil normalt være underordnede i forhold til det å tjene penger.

Et samferdselsprosjekt i statlig regi initieres imidlertid av helt andre årsaker, nemlig ut fra et behov. Det kan være behov for en ny tunnel eller en utbedring av en eksisterende veistrekning. Omfang og størrelse av slike prosjekter kan variere i stor grad, og prosjektet i seg selv gir ikke nødvendigvis noen inntjening til staten. Det vil imidlertid kunne være et tilskudd til å oppnå mer dyptgående mål; effektmål eller samfunns mål (reduerte transportkostnader eller reduserte trafikkproblemer i området). Dette gjør at kravet til økonomisk sikkerhet vil være høyere for et prosjekt i Hydro enn i Statens vegvesen. Dette gjenspeiler seg også i den strenge faseoppbygningen i CVP.

#### 4.4.2 Overførbarhet

Som det kommer frem av sammenligningen i delkapitlet foran finnes det en rekke fellestrekk mellom de to beslutningsprosessene som benyttes i henholdsvis Hydro og Statens vegvesen. En direkte implementering av CVP i et statlig samferdselsprosjekt vil imidlertid være vanskelig slik systemet er i dag, først og fremst på grunn av myndighetenes delaktighet gjennom hele planleggingsfasen og kravet om å utvikle flere konseptalternativer parallelt gjennom hele prosessen. Bortsett fra dette er det lite som tilsier at CVP ikke skulle kunne brukes i et



samferdselsprosjekt. Ser man bort fra de petroleumsfaglige detaljene i prosessen vil CVP fremstå som en ganske generell beslutningsprosess som med noen justeringer trolig ville fungere godt i et hvilket som helst prosjekt i privat eller offentlig sektor.

Et punkt som må forandres er tidspunktet for konseptvalg. Et viktig poeng i CVP er at dette blir gjort på et rimelig tidlig tidspunkt i prosessen for å unngå unødvendig bruk av ressurser. Dersom det lar seg gjøre å foreta valg av et konsept på et tidlig tidspunkt vil resten av prosessen trolig være fullt brukbar.

Mange av de beskrevne elementene i CVP vil kunne overføres mer eller mindre direkte til et statlig investeringsprosjekt:

- **Decision Gates** hører med i enhver beslutningsprosess, og er ikke noe særegent for CVP. Et annet spørsmål vil imidlertid være hvilket antall beslutningspunkter som er mest hensiktsmessig å bruke i et statlig prosjekt.
- **Gatekeeper.** I en beslutningsprosess vil det være et behov for en person som står ansvarlig for at en beslutning blir tatt, slik som en Gatekeeper er i CVP. Finnes ikke en slik person vil beslutningene fort kunne trekke ut i tid. Det er her viktig å huske på at Gatekeeper kun skal ta beslutningen om at prosjektet skal gå videre til neste fase; ikke den endelige beslutningen om at prosjektet skal gjennomføres. Også dette punktet vil med fordel kunne overføres til statlige prosjekter.
- **Start-up Arena** er et meget interessant punkt i CVP og kan med fordel overføres direkte. Et slikt oppstartmøte vil være svært verdifullt med tanke på å få frem en felles prosjektforståelse for alle de involverte partene i prosjektet, noe som er minst like viktig i et statlig prosjekt der det er et stort antall involverte (interessenter, brukere, politikere). Dessuten er et slikt møte med på å skape diskusjon og overføring av kunnskap og erfaringer mellom de ulike fagområdene i prosjektet. Et problem her er selvfølgelig det at en rekke statlige prosjekter blir mer eller mindre tilfeldig "liggende på vent", og at planleggingen derfor foregår i rykk og napp.
- **PDRI** er en generell metode utviklet ved Construction Industry Institute (CII) i USA, og er dermed ikke spesifikk for CVP. Metoden krever en viss mengde erfaringstall fra gjennomførte prosjekter, og vil trolig være fullt overførbar til et statlig prosjekt.
- **PRM** er også en sentral del av enhver beslutningsprosess, for å sikre at prosjektets risikobilde blir identifisert og håndtert på en skikkelig måte. Den PRM-prosessen som brukes i CVP er svært generell, og kan overføres direkte.
- **DG Review.** En slik gjennomgang og vurdering av prosjektet for å sikre at kvaliteten på det utførte arbeidet er tilfredsstillende før beslutningen om videre arbeid skal tas i en DG vil være verdifullt også for et statlig prosjekt. Dette burde derfor også kunne overføres mer eller mindre direkte.
- **DG Support Package** er et annet meget interessant punkt ved CVP. Et slikt sammendrag av arbeidet som er gjort i fasen, med en tilhørende anbefaling, vil gi en verdifull input til beslutningen i en DG, enten den blir tatt internt i prosjektet eller i et politisk organ.

## 4.5 Beslutninger i Hydros prosjekter

I hver fase i CVP skal det tas en beslutning i DG om hvorvidt prosjektet kan gå videre til den neste fasen, eller om det skal stoppes for mer utfyllende arbeid. Det er Gatekeeper som skal ta denne beslutningen, og han blir gitt myndighet fra et høyere nivå til gjøre det. I praksis vil ikke gatekeeper ta denne beslutningen alene, men i samarbeid med resten av prosjektteamet og i samråd med sine kolleger i ledelsen. Men det er altså gatekeeper som står ansvarlig for at beslutningen blir tatt.

Beslutningsgrunnlaget for en slik type beslutning er først og fremst DG Support Package som er beskrevet i kapittel 4.2.7. Dette er som beskrevet en oppsummering av alt arbeidet som er gjort i fasen frem til DG.

Så snart en beslutning er tatt om at prosjektet kan avansere til neste fase, kan arbeidet starte i den neste fasen. Ut over dette vil ikke beslutningen legge noen føringer på de neste fasene.

### 4.5.1 Utarbeidelse og godkjenning av Capital Expenditure Proposal (CEP)

Den viktigste beslutningen som blir tatt gjennom CVP prosessen er i DG4 hvor man avgjør om prosjektet skal gjennomføres eller ikke. Sentralt i denne beslutningen står godkjenningen av CEP (Capital Expenditure Proposal), det vil si beslutningen om tildeling av Hydros midler for å gjennomføre et prosjekt.

Denne godkjenningen foregår på en litt annen måte. Dette er den siste og avgjørende beslutningen som tas internt før man bestemmer seg for å gjennomføre prosjektet. Beslutningen om å godta eller forkaste en CEP blir tatt på et nivå så langt opp i Hydros ledelseshierarki som det kreves i forhold til prosjektets størrelse og omfang.

Under følger en liste over de ulike leddene i beslutningshierarkiet med et omtrentlig tak for prosjektkostnadene i parentes:

1. Plattformsjef på et prosjekt som er i drift.
2. Områdeansvarlig, for eksempel for Troll området.
3. Divisjonssjef (50 mill NOK)
4. Sjef for Olje- og Energi (200 mill NOK)
5. Konsernledelse (500 mill NOK)
6. Hydros styre

For prosjekter med en budsjetttramme på over 500 millioner NOK kreves det en godkjenning fra Hydros styre for tildeling av midler til å gjennomføre prosjektet.

Proessen starter med at prosjektleder/gatekeeper utarbeider et formelt dokument "Request for approval of Plan for Development and Operation (PDO)" som han sender over til sin overordnede i hierarkiet. Dette er en kortfattet oppsummering av prosjektet med en tilhø-

rende anbefaling til Hydro om å frigi midler til prosjektgjennomføringen. Dokumentet inneholder en kort beskrivelse av motivasjonen for investeringen, en enkel beskrivelse av prosjektet, tidsplanen for gjennomføring, en oppsummering av de største risikoene knyttet til prosjektet og nøkkeltall fra de økonomiske analysene. I tillegg er noen av de viktigste bakgrunnsdataene lagt som vedlegg. Dokumentet er lite detaljert, og blir kun utarbeidet for å gi en kort innføring av prosjektet for styret. Som regel vil ikke et slik dokument inneholde mer enn 7-10 sider.

## 4.6 Mer om usikkerhetsanalyser i Hydro

Usikkerhetsanalyser er et sentralt element i CVP-prosessen. Sentrale elementer er PRM-prosessen, dataverktøyet @Risk og en metode for behandling av usikkerhet som er utviklet av IPRES. Disse beskrives i det følgende.

### 4.6.1 Usikkerhetsanalyser i PRM-prosessen

Kapittel 4.2.4 beskriver den PRM-prosessen som brukes i alle Hydros prosjekter, inkludert større vedlikeholds-, modifiserings- og reparasjonsprosjekter. Se figur 4-4. Den inneholder fem trinn som utføres etter hverandre med kontinuerlig kommunikasjon mellom alle involverte parter gjennom hele prosessen.



Figur 4-4 Den seksdelte risikostyringsprosessen som brukes i Hydros CVP-prosess, (Hydro, 2005b).

Prosessen er utviklet for å identifisere hendelser som representerer oppsider og nedsider i prosjektet, for dermed å kunne danne et risikoregister og finne ut hvilke usikre elementer som krever tiltak. I tillegg gir det en input til costrisk-analyser. Videre skal PRM-prosessen ifølge (Hydro, 2005f) "fremskaffe en felles plattform for å sikre identifisering, eierskap og oppfølging av risiko på alle de ulike nivåene innen prosjektet".

PRM-prosessen bør startes på et tidlig tidspunkt i prosjektet, helst før DG 2. Deretter utføres den i alle de resterende fasene i CVP. PRM skal initieres i starten av den enkelte fase. Dette gjøres for å forsikre seg om at de risikoene som krever tiltak i løpet av den pågående fasen blir identifisert på et tidlig tidspunkt, slik at tiltakene kan ferdigstilles i tide til den påfølgende DG. I tillegg bør risikoregisteret oppdateres mot slutten av fasen for å vise den gjeldende risikosituasjonen. Det er prosjekteier som er ansvarlig for å bestemme implementeringsgraden av PRM i prosjektet, og han eller hun skal iverksette slike aktiviteter i investeringsstudiefasen. Prosjektlederen er ansvarlig for gjennomføringen av PRM, og å dokumentere resultatene. Risikoregisteret opprettes i fase 1 eller 2, og oppdateres i de neste fasene.

I forbindelse med usikkerhetsanalyser er trinn to og tre i denne PRM-prosessen av spesiell interesse, da disse inneholder en ren usikkerhetsanalyse.

### **Trinn 1 - Forberedelse for usikkerhetsstyring**

Består i å lage en plan for hvordan usikkerhetsstyringen skal foregå gjennom fasene i CVP.

### **Trinn 2 - Identifisering av risiko**

I fase to av PRM-prosessen skal alle mulige hendelser som kan ha en innvirkning på prosjektet i positiv eller negativ retning identifiseres. Det er vesentlig at alle de usikre hendelsene beskrives klart og konsist, og at den enkelte risiko er klart spesifisert og er på et tilstrekkelig detaljert nivå. Dette er viktig for at man i den neste fasen skal kunne angi usikkerheten ved og konsekvensen av den enkelte hendelse. Ofte vil det være fornuftig å se på muligheter og trusler hver for seg, da erfaring har vist at en kombinert gjennomgang av de to fører til en sterkere fokus på truslene enn på mulighetene (Hydro, 2005f).

Risikoidentifiseringen starter med en brainstormingssesjon i en gruppe bestående av personell fra prosjektteamet, forretningsenheten av Prosjekter, kunden og Drift. Ved en slik bred gruppesammensetning vil man kunne dra nytte av felles kunnskap og erfaring, samt at risikosituasjonen blir belyst fra de ulike involverte partene i prosjektet. I tillegg kan eksterne eksperter, sjekklister og erfaringsdata brukes for å forenkle risikoidentifiseringen. Et eksempel på sjekklister som kan benyttes er hentet fra (Hydro, 2005f) og ligger som Rapport nr. 7 som vedlegg B til denne rapporten. Sesjonen styres av en leder med god kunnskap om prosessen. Ved oppstart går denne lederen gjennom prosessen og informerer deltakerne om innholdet av de forskjellige delene.

Ut i fra denne brainstormingen dannes det deretter et risikoregister. Risikoregisteret vil dermed inneholde alle de identifiserte hendelser som anses å kunne ha en innvirkning på prosjektet i større eller mindre grad. Mange av dem vil ikke ha noen ren kostnadskonsekvens for prosjektet, men vil like fullt være svært verdifulle å ha under kontroll. Helt kynisk sett vil for eksempel ikke tap av et menneskeliv få noen direkte innvirkning på prosjektkostnadene, men vil likevel være svært alvorlig for prosjektet. Et eksempel på et risikoregister er tatt med i Rapport nr. 7 som vedlegg C.

Risikoregisteret etableres i en tidlig fase av prosjektet, og oppdateres deretter jevnlig gjennom de andre fasene av CVP.

For et nytt prosjekt skal risikoregisteret opprettes fra blanke ark. I praksis vil mange av deltakerne ha lang erfaring på området og derfor kjenne noen "standard" elementer som alltid vil være aktuelle å ta med. I utgangspunktet kunne man derfor godt ha benyttet et standard risikoregister ved oppstart. Dette er imidlertid uheldig da det ikke er ønskelig å bli bundet til en slik standard løsning. Faren er da til stede for at man mister mye av fokus på at ethvert prosjekt er unikt, og det vil kanskje være vanskeligere å finne frem til alle de aktuelle usikkerhetene for det spesifikke prosjektet.

Er formålet å opprette et risikoregister gis deltakerne litt tid til å tenke gjennom alle mulige risikoer de kan komme på som kan settes i sammenheng med det aktuelle prosjektet, og som er av en viss betydning. Deretter går lederen gjennom gruppen en etter en, og alle nevner på rundgang et av sine forslag til risiko. Dette noteres ned av lederen og slik fortsetter det til

alle deltakerne har fått lagt frem alle sine forslag. Det er viktig i en slik brainstormingssesjon at alle forslag blir tatt med, og at ingen blir stemplet som dumme eller irrelevante. Disse vil uansett falle bort senere dersom de viser seg å være av liten betydning. Fordelen med en slik rundgang i gruppen er at alle får den samme muligheten til å komme med sine tanker, og prosessen blir ikke styrt av enkeltpersoners meninger. Videre kan den fremkalle en "snøball-effekt", ved at en persons forslag trigger tankevirksomheten hos de andre personene og nye elementer utvikles ut fra dette.

Eksisterer det allerede et risikoregister, og formålet er å oppdatere dette, foregår det ved at lederen i samarbeid med deltakerne går igjennom registeret og vurderer om risikoen fortsatt er aktuell, om den må redefineres, oppdeles eller kanselleres, og om det har oppstått nye elementer som må tas med. Detaljeringsnivået på risikoene bør stadig økes etter hvert som prosjektet skrider fremover og ny, relevant informasjon blir tilgjengelig.

### Trinn 3 - Evaluering av risiko

I det neste trinnet i prosessen skal de mest kritiske nedsidene og de mest gunstige oppsidene defineres ved å vurdere alle hendelsene i risikoregisteret opp mot sannsynlighet og konsekvens. Dette er en metode som følger retningslinjene fra PMIs Body of Knowledge (PMI, 2000). Det foregår ved at gruppelederen går igjennom hvert enkelt element og starter en diskusjon blant gruppedeltakerne omkring sannsynligheten for at hendelsen inntreffer og konsekvensen i så tilfelle. Alle gruppedeltakerne skal kunne komme med sine meninger, og det er viktig å unngå dominans fra enkeltpersoner. Det vil imidlertid være temaer der noen har større kompetanse enn andre, og dette bør tas med i vurderingen. Diskusjonen skal føre frem til enighet i gruppen om en score for sannsynlighet og en score for konsekvens.

Kategoriene for sannsynlighet er de samme uansett prosjekt, mens konsekvensnivåene vil tilpasses det enkelte prosjekts omfang. De to tabellene under viser de ulike kategoriene som sannsynligheten og konsekvensen deles inn i:

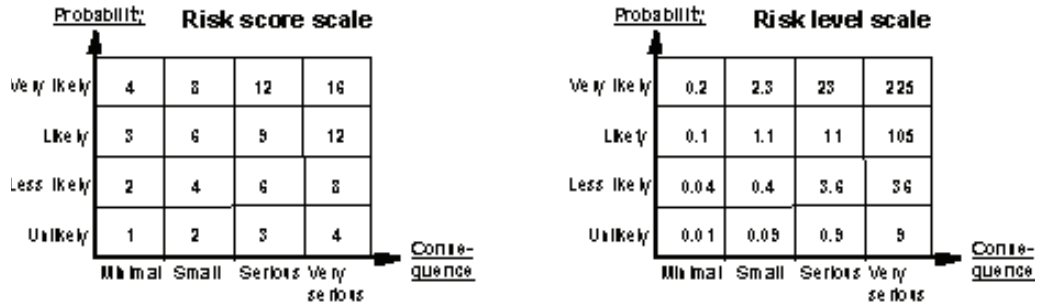
Tabell 4.3 *De ulike kategoriene for sannsynligheten av at en hendelse inntreffer*

Sannsynlighet			
Sannsynlighetsgrad	Karakter	Sannsynlighet for at hendelsen inntreffer	Hovedpunkt
Veldig sannsynlig	P = 4	50-100%	75% = 0,75
Sannsynlig	P = 3	20-50%	35% = 0,35
Mindre sannsynlig	P = 2	5-20%	12% = 0,12
Lite sannsynlig	P = 1	< 5%	3% = 0,03

Tabell 4.4 *De ulike kategoriene for konsekvensen om en hendelse inntreffer, med et tilfeldig anslag for kostnadskonsekvensene i MNOK.*

Konsekvens			
Konsekvens	Karakter	Kostnadskonsekvens hvis hendelsen inntreffer	Hovedpunkt
Veldig seriøs	C = 4	> 100 MNOK	300
Seriøs	C = 3	10 – 100 MNOK	30
Liten	C = 2	1 – 10 MNOK	3
Minimal	C = 1	< 1 MNOK	0,3

Deretter beregnes den totale risikoscoren for de ulike elementene ved å multiplisere sannsynligheten med konsekvensen ( $P \times C$ ). Eventuelt beregnes et tilsvarende risikonivå som vil være den forventede kostnaden i MNOK. Denne verdien beregnes ved å multiplisere hovedpunktet for sannsynligheten med hovedpunktet for konsekvensen. Elementene vil dermed ligge et sted innenfor en av matrisene i figur 4-5.



Figur 4-5 To alternative matriser som viser den totale risikoscoren for et element. Hentet fra Hydro (2005).

Uansett hvilken av de to metodene man bruker vil de elementene med henholdsvis høyest risikoscore og risikonivå ligge i det øvre høyre hjørnet av figuren. Disse vil være de mest kritiske truslene eller de mest gunstige mulighetene, og uansett bør disse ha høyeste prioritet for oppfølging. I risikoregisteret merkes elementene med risikoscore over 8 automatisk røde. Dette antyder viktigheten av at de blir fulgt opp. Videre blir risikoene fordelt i følgende kategorier:

- Risikoer som krever oppfølging.
  - Hovedrisikoer for prosjektet. Risikoer som vil ha en stor innvirkning på prosjektet om de inntreffer. Disse risikoene krever nøye oppfølging på ledelsesnivå.
  - Risikoer i kontraktsområdet. Risikoer som vil ha en moderat innvirkning på prosjektet om de inntreffer. Disse risikoene krever nøye oppfølging på Contract Area nivå.
  - Observasjonslisterisikoer. Andre eller tredjeordens risikoer som verken blir nøye oppfulgt eller utelukket.
  - Ubetydelige risikoer. Risikoer som vil ha svært liten innvirkning på prosjektet om de inntreffer. Disse risikoene blir utelukket.

Mange av risikoene vil ha en direkte link til kostnadsestimatene. Der dette er tilfelle må et sannsynlighetstall med en tilhørende kostkonsekvensverdi tillegges risikoelementet i risikoregisteret. Kostkonsekvensverdien angis gjerne med et trippelanslag, det vil si et anslag for laveste, høyeste og mest sannsynlig verdi. I tillegg skal risikoelementet tildeles en cost breakdown code, for at den lettere skal kunne identifiseres og brukes i kostnadsanalysene senere.

Noen av de risikoene som identifiseres tidlig i prosjektet, vil ikke kreve tiltak før i de senere prosjektfasene. Man må derfor også angi i risikoregisteret ved hvilken DG de forskjellige elementene må være under kontroll.

## Trinn 4 - Utvikling av risikoplaner

Etter at identifisering og evaluering av de usikre elementene i prosjektet er utført i trinn to og tre av PRM-prosessen skal det utvikles risikoplaner for de elementene som ble gitt størst risikoscore. Det er altså disse elementene gruppen anser som viktigst å iverksette tiltak imot, om det er en trussel, eller tilrettelegge for, om det er en mulighet. Det er i denne fasen nytten av usikkerhetsanalysene viser seg i form av muligheten for å sikre verdiskapningen i prosjektet.

De ulike aksjonene legges inn i risikoregisteret med det tilhørende risikoelementet, og tildeles en ansvarlig person og en tidsplan for gjennomføring. Det er fire ting man ønsker å utvikle i denne fasen:

1. Handlinger som beskriver hva som må gjøres i forhold til de identifiserte risikoene.
2. Hendelser som vil fungere som alarmsignaler når et usikkert element er i ferd med å inntreffe, så man dermed får en advarsel før det er for sent å reagere.
3. Katastrofeplan som angir hvordan man skal reagere om en viss usikker hendelse inntreffer.
4. En generell plan for hvordan man skal reagere på usikre elementer man ikke har identifisert.

Hvilken måte man angriper prosjektets potensielle nedsider på varierer. Et alternativ er å akseptere konsekvensen av et usikkert element, og legge inn en kostnadsøkning i budsjettet i tilfelle den inntreffer. Eller man kan unngå en uønsket risiko ved å fjerne dens årsak, ved for eksempel å bytte ut en usikker arbeidsmetode med en som er kjent og innarbeidet. En tredje måte å forholde seg på er å formilde risikoen ved hjelp av tre alternative måter:

- Redusere sannsynligheten for at det usikre elementet inntreffer. Er man for eksempel redd for at det skal oppstå storm under utslepingen av en plattform, kan man legge utslepingen til sommeren hvor det normalt ikke forekommer storm.
- Redusere konsekvensen hvis det usikre elementet skulle inntreffe. I sammenheng med eksempelet over vil det kanskje være nok med to slepefartøy under normale forhold, mens ved i stedet å benytte tre slike fartøy reduseres konsekvensen om stormen først skulle inntreffe.
- Unnvikle konsekvensen ved å sette risikoen over til en annen, for eksempel i form av en forsikring.

Hvilke aksjoner man iverksetter har en sterk sammenheng med kostnader. Man må derfor veie fordelene ved å få redusert risikoen opp mot de kostnadene det fører med seg. I mange tilfeller vil kostnaden ved å redusere sannsynlighet eller konsekvens for en hendelse være svært høye, men allikevel nødvendige å iverksette for å unngå katastrofe om hendelsen inntreffer.

I det følgende vurderes sterke og svake sider ved den usikkerhetsanalysen som gjennomføres i PRM-prosessen.



### Sterke sider ved UA i PRM-prosessen

- Den usikkerhetsanalysen som gjennomføres i PRM-prosessen fremstår som svært enkel, men allikevel svært sterk under de rette forutsetningene. Den inneholder ingen avanserte kalkulasjoner, og er enkel å forholde seg til for alle de involverte. Det er en effektiv metode som på en enkel måte identifiserer usikkerheten forbundet med prosjektet. Resultatet fra analysen presenteres også på en oversiktlig måte, og gir svært håndfaste resultater der det er enkelt å se hvilke usikkerheter som anses å ha størst innvirkning på prosjektet. Hovedfokus er her å belyse hvor det må settes i gang aksjoner, ikke å få frem analytiske tall.
- Styrken med selve analysen er først og fremst at den utnytter den varierte kunnskapen som gruppen sitter inne med. I tillegg utnyttes prinsippet om at en gruppes samlede kunnskap er større enn summen av de enkelte individene i gruppen sin kunnskap. Metoden krever imidlertid at gruppen er satt sammen på en god måte, med representanter fra samtlige deler av prosjektet, og eventuelle eksperter på sentrale områder. En annen forutsetning er at gruppens deltakere fungerer godt sammen. Er dette tilfelle ligger mye til rette for en vellykket gjennomføring.
- Diskusjonen som oppstår når de ulike usikkerhetene skal gis sine anslag for sannsynlighet og konsekvens vil føre med seg en ekstra bonus ved at prosjektteamet blir bedre sammensveiset og den enkelte deltaker får innsikt i de andre fagområdene i prosjektet. Dette vil gi en sterkere gruppetilhørighet.
- Et annet viktig element er at prosessen ikke baserer seg på standardiserte lister når usikkerhetene skal identifiseres. På den måten ivaretas den realitet at ethvert prosjekt er unikt. Prosjekter kan være svært like, men vil aldri være 100% identiske. Det vil dermed heller ikke usikkerheten knyttet til to forskjellige prosjekter være.
- En jevnlig oppdatering av riskregisteret er en annen sterk side ved analysen. På den måten vil man kunne utnytte den nye informasjonen som kommer frem underveis i prosjektet og stadig justere usikkerhetene i henhold til dette. Dette gjør at detaljeringsnivået på de identifiserte usikkerhetene i riskregisteret øker etter hvert som prosjektet skrider fremover.

### Svake sider ved UA i PRM-prosessen

- Muligheten er til stede for at viktige usikkerheter ikke blir nevnt under gruppesansen og dermed ikke kommer med i risikoregisteret.
- Ved oppdatering av et risikoregister vil det være mulig at deltakerne blir påvirket av de angitte verdiene for sannsynlighet og konsekvens fra forrige runde. Det er imidlertid viktig at usikkerhetene hele tiden vurderes opp mot den informasjonen som er tilgjengelig, og en usikkerhet som ble antatt å være liten ved en tidligere gjennomgang kan ha endret seg til å bli sentral i løpet av kort tid. En slik påvirkning kan eventuelt unngås ved å fjerne de anslåtte verdiene fra forrige runde. Dette kan i tillegg gi verdi-full informasjon ved en sammenligning.
- En slik brainstormingssesjon som brukes for å identifisere usikkerhetene i prosjektet vil være forholdsvis tids- og kostnadskrevenende i forhold til å bruke en fast liste med



standard usikkerheter i alle prosjekter. Dette er ikke et vesentlig poeng i den store sammenheng, men det fører med seg en viss kostnad å ha en gruppe på 10-12 personer sittende en hel dag og jobbe med dette.

- Prosessen kan bli en statisk eksersis som kun gjennomføres fordi det er påkrevd av ledelsen, og det er viktig å få prosjektet til å skjønne viktigheten av gjennomføringen. Dette er ikke direkte en svak side ved prosessen, men mer en forutsetning for en vellykket gjennomføring. På samme måte er det med gruppesammensetningen. Det er helt avgjørende for en vellykket gjennomføring at gruppen har en veloverveid sammensetning av personer med et bredt kunnskapsfelt som samarbeider godt sammen. Er ikke dette tilfelle vil trolig seansen gå svært tungt, og prosessen vil ikke gi de resultatene man ønsker. I tillegg krever prosessen en god gruppeleder som er sikker på gjennomføringen, og som kan lede deltakerne frem til enighet i diskusjonene.

### **Overførbarhet til statlig virksomhet**

Som beskrevet over er usikkerhetsanalysen som gjennomføres i PRM-prosessen en svært enkel, men allikevel en sterk metode under de rette forutsetningene. Analysen er svært generell, og det er derfor ingen hindring for at den kan egne seg godt i et hvilket som helst statlig prosjekt. Uansett type prosjekt vil det alltid være helt vesentlig å få kontroll over hvilke usikkerheter som er forbundet med prosjektet på et tidlig tidspunkt, for deretter å kunne iverksette aksjoner for å redusere risikoen eller utnytte eventuelle muligheter.

Det er selvfølgelig også i et statlig prosjekt en forutsetning for suksess at prosesslederen har god kunnskap om gjennomføringen, og at gruppen er satt sammen på en fornuftig måte. I et statlig prosjekt vil det kanskje være naturlig i gruppeprosessen å trekke inn personer med faglig bakgrunn fra et bredere spekter for å dekke alle statens interesseområder. Det vil kanskje også være viktig å invitere representanter fra alle involverte parter i prosessen, deriblant politikere, entreprenører og brukere. På den måten vil man kunne sikre et bredere perspektiv under identifiseringen av usikkerhet, og at alle involverte parter får muligheten til å påvirke resultatet i positiv retning sett fra sitt ståsted.

Et element som kanskje vil være en utfordring i et statlig prosjekt er å angi størrelsen på konsekvensen av de forskjellige usikkerhetene i prosjektet. De ulike partene vil trolig i mange tilfeller ha ulikt syn på dette.

### **4.6.2 Usikkerhetsanalyser med dataverktøyet @Risk**

Bakgrunnsdataene for dette kapitlet er hentet fra interne Hydrodokumenter og samtaler/intervjuer med Eivind Damsleth.

@Risk er et dataverktøy utviklet av det britiske selskapet Palisade og er en add-on til Microsoft Excel for gjennomføring av kvantitative usikkerhetsanalyser på PC. Verktøyet inneholder et sett med formler og funksjoner som gjør det mulig å kjøre Monte Carlo simuleringer på datamaterialet i et regneark. Monte Carlo simulering går ut på å foreta et stort antall gjennomregninger av grunnlagsdataene ved å trekke ut tilfeldige verdier fra sannsynlighetsfordelingene man mener vil gjelde for de ulike elementene i analysen.

Monte Carlo - simulering er beskrevet i Conceptrapport nr 11 "Usikkerhetsanalyser - Modellering, estimering og beregning".

De @Riskmodellene som brukes som standard i Hydros investeringsprosjekter i dag er utviklet internt med hjelp fra Norsk Regnesentral til skriving av kodene. De benytter formlene og funksjonene fra @Risk, men er skreddersydde for Hydros egne prosjekter. Brukergrensnittet er forenklet slik at det ikke kreves dype statistikkunnskaper for å gjennomføre en simulering. Modellene produserer konkrete usikkerhetsfordelinger, og gir en oversiktlig og brukervennlig presentasjon av resultatene fra simuleringene ved hjelp av grafer og tabeller med nøkkeltall.

@Risk brukes mye i Hydro, og da hovedsakelig innenfor to områder:

- Kostnadsberegninger (investeringskostnader og borekostnader) og risikoanalyser
- Volumberegninger av produserbare reserver i reservoarene

I tillegg brukes @Risk i økonomiavdelingen til å kalkulere utviklingen av for eksempel oljepris eller dollarkurs i en periode fremover, og i Energidelen til blant annet strømplanlegging. I denne oppgaven har jeg konsentrert meg om bruken av @Risk i de to hovedområdene.

### Bruk av @Risk i kostrisikanalyser

En @Riskmodell for kostnadssimulering brukes gjennom alle prosjektets faser for å få oversikt over hvilken usikkerhet som er knyttet til de forskjellige kostnadsestimatene og dermed også den totale kostnadsusikkerheten for prosjektet. Jo lenger ut i prosessen man kommer, jo mer informasjon og opplysninger kommer frem. Usikkerheten knyttet til de ulike kostnadselementene reduseres, og man kan oppdatere estimatene for den totale prosjektkostnadsusikkerheten.

Den modellen som brukes for kostrisikanalyser er enkelt bygget opp og inneholder syv forskjellige ark slik figur 4-6 viser. Innholdet av de ulike arkene er som følger:

- **Informasjon:** Kort forklaring til hvordan modellen skal brukes.
- **Beregninger:** Dette er hovedarket i modellen der all inputdata blir lagt inn. Arket er delt inn i ulike fargekoder, slik at brukeren vet hvilke felter som må fylles inn og hvilke som fylles inn automatisk av programmet.
- **Hendelseskorrelasjoner:** Arket inneholder en matrise som angir hvilken relasjon det er mellom to hendelser, det vil si hvordan en hendelse reagerer på en forandring i en annen hendelse.
- **Kostkorrelasjoner:** Arket inneholder en matrise som viser korrelasjonen mellom kostnadene av de forskjellige elementene.
- **Standarddata:** Her legges det inn hvilke forutsetninger som gjelder for simuleringen.
- **Sannsynlighetsfordelinger:** Etter at man har kjørt en simulering kommer det automatisk opp et eget ark med sannsynlighetsfordelinger fra denne simuleringen.
- **Resultater:** Resultatene fra analysen presenteres i dette arket i form av en tabell og et diagram som viser den enkelte hovedpost sin beregnede verdi (base value), forventet verdi, høyeste anslag og laveste anslag.

Microsoft Excel - Test.xls

File Edit View Insert Format Tools Data Window HTP @RISK Help

D49 =

Project id:  
 Estimator: M. Huse  
 Last modified: 2004-12-23 15:07

Insert... Remove... Correlations... Data Check Simulate...

All values in: KNOK

Identification and Estimate Information					Uncertainty (risk) Information					Data per Realization					
ABS/MB S code	ABS/MB element name	Links	Component name	Corr Class	Estimate value	Prob. of occur.	Low (P10)	Most likely	High (P90)	Low	Mode	High	Realized event	Realized potential value	Realized actual cost
Cost and Risk Within Scope															
7101	Management (NH)		Project Management	std	26 587	100 %	95 %	100 %	120 %	25 258	26 587	31 904	1	28 312	28 312
			ICC (inc. topsides)	std	0	100 %	100 %	100 %	100 %	0	0	0	1	0	0
			Technical Subsea	std	46 549	100 %	90 %	100 %	135 %	41 894	46 549	62 841	1	51 577	51 577
			Sum Management (NH)		73 136										
1102	Studies & Verifications		Studies & Verifications Subsea	std	7 000	100 %	80 %	100 %	200 %	4 200	7 000	14 000	1	8 810	8 810
6103	Services from Operations & Logistics		Services from Operations & Logistics Support	std	2 803	100 %	50 %	100 %	150 %	1 402	2 803	4 205	1	2 803	2 803
8101	Subsea Product Stations		Preliminaries	std	35 674	100 %	85 %	100 %	115 %	30 323	35 674	41 025	1	35 674	35 674
			Engineering	std	5 971	100 %	90 %	100 %	125 %	5 374	5 971	7 464	1	6 357	6 357
			Subsea Structures	std	116 977	100 %	95 %	100 %	115 %	111 128	116 977	134 523	1	122 025	122 025
			XT System	std	176 396	100 %	95 %	100 %	115 %	167 576	176 396	202 955	1	194 007	194 007
			Production Control System	std	48 824	100 %	90 %	100 %	110 %	43 941	48 824	53 706	1	48 824	48 824
			Tie-in System	std	7 243	100 %	95 %	100 %	110 %	6 881	7 243	7 967	1	7 399	7 399
			Test Equipment & Tools	std	9 660	100 %	70 %	100 %	120 %	6 762	9 660	11 592	1	9 245	9 245
			System Test	std	8 520	100 %	80 %	100 %	140 %	6 816	8 520	11 929	1	9 254	9 254
			System EFAT/MT	std	2 700	100 %	98 %	100 %	120 %	2 646	2 700	3 240	1	2 912	2 912
			System EFAT/PCS	std	2 000	100 %	98 %	100 %	110 %	1 960	2 000	2 200	1	2 069	2 069
			Integration Test	std	0	100 %	100 %	100 %	100 %	0	0	0	1	0	0
			Spares	std	0	100 %	100 %	100 %	100 %	0	0	0	1	0	0
			Allowance	std	8 279	100 %	90 %	100 %	150 %	4 140	8 279	12 419	1	8 279	8 279
			Sum Subsea Product Stations		422 245										
8107	Production Station Installation		Preliminaries	std	4 533	100 %	85 %	100 %	125 %	3 853	4 533	5 666	1	4 727	4 727
			Engineering	std	2 100	100 %	80 %	100 %	135 %	1 680	2 100	2 835	1	2 235	2 235
			Lifting Gear & Install Arrangement	std	6 250	100 %	80 %	100 %	130 %	5 000	6 250	8 125	1	6 519	6 519
			Mod/demob.	std	19 500	100 %	60 %	100 %	150 %	11 100	19 500	27 750	1	19 294	19 294
			Survey	std	3 837	100 %							1	3 086	3 086
			Days	qty	5,7		80 %	100 %	125 %	4,6	5,7	7,2		5,8	
			Day Rate	rate	496		95 %	100 %	120 %	471	496	595		520	
			Installation Equipment	std	4 640	100 %	80 %	100 %	130 %	3 712	4 640	6 032	1	4 839	4 839
			Install IFS	std	14 477	100 %							1	16 009	16 009

Ready

Figur 4-6 Skjermbilde fra kostriskmodellen med utgangspunkt i dataverktøyet @Risk.

Som man ser i figuren er det også lagt inn ulike makroer eller "knapper" i hovedarket ("Calculations"). Dette er gjort for å forenkle brukergrensesnittet, og for å få en standard modell. På den måten er det svært enkelt å gjennomføre en simulering. Knappene har følgende funksjoner:

- **Insert:** Brukes for å sette inn nye komponenter i modellen.
- **Remove:** Brukes for å fjerne elementer fra modellen.
- **Correlations:** Brukes for å beregne korrelasjon mellom de ulike komponentene.
- **Data Check:** Brukes for å sjekke at all input-data er gyldig, slik at simuleringen kan gjennomføres.
- **Simulate:** Starter simuleringen.

I dette kapittelet er det brukt en reell kostnadsanalyse fra et av Hydros prosjekter for å illustrere underveis. Prosjektnavn og nøkkeltall er imidlertid utelatt, da det kun er fremgangsmåten og bruken av @Risk det ønskes å illustrere.

Analysen starter med å importere alle de ulike elementene fra kostnadsberegningene inn i modellen ved hjelp av "Insert"-knappen. Disse beregningene består av hovedelementer med en WBS-kode som er delt inn i et antall underkomponenter med tilhørende kostnadsestimater. Alt dette legges inn i de lyseblå feltene i modellen.

Deretter skal alle elementene vurderes og gis en sannsynlighet for om de i det hele tatt vil inntreffe. Videre angis et trippelanslag for kostnadsestimatets størrelse, det vil si en lav (P10), en mest sannsynlig og en høy (P90) verdi. P10-verdien skal være den verdien man er 90% sikker på man ikke kommer under, den mest sannsynlige verdien er som regel det beregnede kostnadsestimatet og P90-verdien er den verdien man er 90% sikker på ikke å overskride. Anslagene angis som et prosenttall av kostnadsestimatet, og regnes deretter automatisk ut av programmet i egne celler. En har dermed fått definert i hvilket område man mener det er 80% sikkert at kostnaden for det enkelte element havner innenfor. Ønsker man å bruke et annet konfidensintervall enn 80% kan dette enkelt legges inn i som standardverdi i modellen. Disse tallene legges inn i de gule feltene i modellen.

Vurderingen av de ulike elementene foregår i en gruppe på 3-15 personer fra fagmiljøet. Gruppen går gjennom samtlige hendelser og diskuterer seg frem til de ulike anslagene. Meget sentralt i denne prosessen står erfaringsdata fra egne og andres prosjekter. Hydro har gjennom årene gjennomført en lang rekke prosjekter, og ut i fra data fra disse prosjektene er det lettere å kunne angi gode anslag. Man kan dermed si at anslagene bestemmes gjennom kvalifisert synsing kombinert med erfaringstall.

Når samtlige av elementene i analysen har blitt gitt et trippelanslag, må korrelasjonen mellom de ulike elementene vurderes. Dette gjøres ved å trykke på knappen som heter "Correlations..." i figuren. Man vil da få frem matriser for hendelses- og kostkorrelasjoner. Korrelasjonsmatrisene beskriver avhengigheten mellom to hendelser eller kostnader, og angir i hvilken grad sannsynligheten for at en hendelse/kostnad inntreffer blir påvirket dersom en annen hendelse/kostnad inntreffer. Korrelasjonen angis med et nummer basert på en relativ skala, der verdien -1 antyder fullstendig omvendt korrelasjon, 0 antyder ingen korrelasjon og 1 angir full korrelasjon.

På default-arket kan man angi hvilken korrelasjonsfaktor som skal settes som standard mellom to korrelasjonsklasser i matrisen. Korrelasjonsmatrisene utvikles dermed automatisk i henhold til de default-verdiene man har satt, og ut fra de korrelasjonsklassene som er angitt for det enkelte element i modellen. I praksis brukes ofte de verdiene som automatisk kommer frem i matrisen. Det er imidlertid viktig å ta hensyn til at korrelasjonsfaktorene er generert automatisk, og man må derfor gå igjennom matrisene og vurdere om verdiene virker fornuftige. Der det antas å være nødvendig kan man gå inn i matrisene og endre de ulike verdiene manuelt.

Hvilke korrelasjonsfaktorer som brukes mellom de ulike hendelsene/kostnadene vil ikke ha betydning for forventningsverdien, mens det har en stor betydning på spredningen. Det kommer av at om en iterasjon i simuleringen gir en hendelse med svært høy eller svært lav verdi og denne har en sterk korrelasjonsfaktor med en annen hendelse, vil også verdien for den andre hendelsen bli henholdsvis svært høy eller svært lav.

Man har tre alternative valg for behandling av korrelasjonsfaktorene:

- Bruke direkte verdiene i matrisene som settes automatisk ut fra default-verdiene.
- Utarbeide flere korrelasjonsklasser og dermed få flere mulige kombinasjoner
- Gå inn i matrisene og endre ulike verdier manuelt om nødvendig (mest vanlig).

Defaultverdiene er laget for at det skal være enkelt å kjøre en simulering. Man kan da på en rask måte teste om datagrunnlaget fungerer, for så senere foreta de nødvendige justeringer. Dette gjøres i et eget kostriskmøte. Man legger før simuleringen inn en felles variasjon for alle hendelsene i default forutsetningene ved å angi at man ønsker å bruke for eksempel et P10/P90-ansalg. Dermed får alle elementene i modellen den samme variasjonen. Deretter går man i gruppen gjennom hvert enkelt element og vurderer om hvorvidt det er nødvendig å endre anslaget.

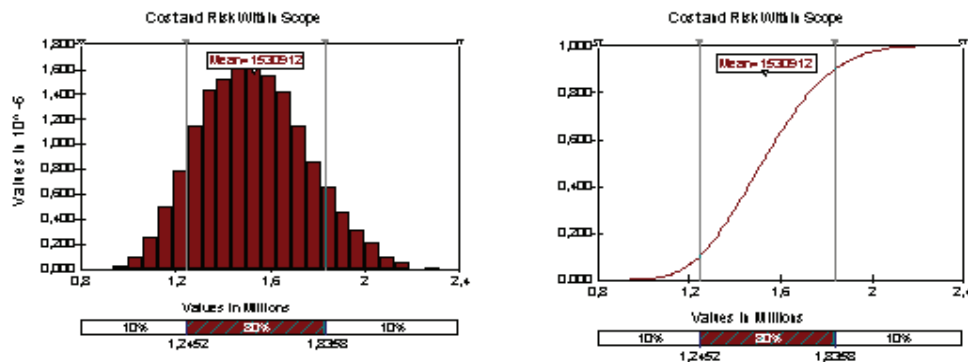
Et annet element som er viktig å ha under kontroll er mulige hendelser som har en enten/eller konsekvens på kostnadene, det vil si at enten inntreffer den eller så gjør den det ikke. Et eksempel kan være at en template enten legges på lokasjon A og dermed får en rørledningslengde på 800 m, eller så legges den på lokasjon B og får en rørledningslengde på 1000 m. Det er kun disse to alternativene som er aktuelle, og det vil derfor aldri være noen sannsynlighet for at lengden blir 900 meter. Slike elementer er viktige å inkludere i usikkerhetsberegningene ved at det legges sannsynlighet på de forskjellige utfallsmulighetene.

Når dette er gjort, startes den endelige simuleringen ved å trykke på simuleringsknappen. Programmet utfører da en Monte Carlo simulering på datamaterialet. Poenget med Monte Carlo simulering er at programmet går igjennom inputdataene et stort antall ganger og plukker tilfeldig ut verdier fra de forskjellige elementenes utfallsrom ved hjelp av en random-funksjon. Deretter kombineres resultatene fra alle iterasjonene, og man får ut en sannsynlighetsfordeling for den totale prosjektkostnaden. I de oransje feltene i regnearket legges de simulerte estimatene av de enkelte elementene, og i tillegg oppsummeres hovedelementene i en egen tabell.

Før simuleringen starter får man opp et spørsmål om hvor mange iterasjoner man ønsker å bruke. Normalt kan dette tallet settes til 5.000 eller 10.000, men det kan gjerne settes enda høyere. Uansett tar ikke simuleringen mer enn et par minutter. Fordelen med å bruke mange iterasjoner er at presisjonsgraden blir høyere, og man vil få tilnærmet de samme tallene hver gang.

Resultatet fra simuleringen presenteres i to ulike sannsynlighetsfordelinger med en supplerende tabell på et eget ark i modellen. Figurene under er eksempler på slike fordelinger. Poenget med figuren til venstre er å vise den totale prosjektusikkerheten. Det totale arealet av figuren er alltid lik 1. Langs x-aksen er kostnadene merket av, mens enheten på y-aksen er uten praktisk betydning, og er der kun for å angi at arealet av figuren er lik 1.

Figuren til høyre er en såkalt S-kurve som viser den kumulative sannsynligheten. Denne figuren er den integrerte av figuren til høyre, og grafen går derfor fra 0 til 1. I en slik figur er det lett å lese ut kostnadsverdien for enhver sannsynlighet.



Figur 4-7 Sannsynlighetsfordelingene som viser den totale kostnadsusikkerheten for prosjektet.

Bruk av @Risk i volumberegninger

Som nevnt i innledningen til dette kapittelet brukes også @Risk for å kalkulere oljereserve-nes størrelse og utvinningsgrad. Havbunnen består av et antall lag med ulike bergarter, og olje og gass befinner seg i porene i porøs sandstein. Andelen av denne typen bergart er derfor vesentlig i beregningen av olje- og gassreservene i reservoaret. Kort forklart foregår dette i fem etapper:

1. Det totale volumet av de forskjellige segmentene vurderes hver for seg. I tillegg angis hvor stor andel av volumet som består av porøs sandstein, da det er i denne typen bergart hvor olje og gass befinner seg.

Eksempel: Volumet av segmentet beregnes å være  $100 * 103 \text{ m}^3$  stort hvorav 60% er porøs sandstein.  $100 * 103 \text{ m}^3 * 60\% = 60 * 103 \text{ m}^3$

2. Sandsteinens porøsitet må angis. Dette kan typisk være 25-30%.

Eksempel: Sandsteinens porøsitet antas å være 25%  $\Rightarrow 60 * 103 \text{ m}^3 * 25\% = 15 * 103 \text{ m}^3$ .

3. Oljen i reservoaret flyter på et vannspeil. Det vil ikke være noen skarp overgang mellom oljen og vannet, men en overgangssone bestående av en blanding av de to komponentene. Det er vesentlig å finne ut hvor stor prosentandel vann det er i porene, for dermed og kunne anslå andelen av olje og gass i reservoaret. Porevolumet av olje og gass bestemmes dermed ved å multiplisere porevolumet med metningen av olje og gass:  $\text{porevolumO\&G} = \text{porevolumtotal} * (1 - \text{vannmetning})$ .

Eksempel: Vannmetningen antas å være 40%  $\hat{O} 15 * 103 \text{ m}^3 * (1 - 0,4) = 9 * 103 \text{ m}^3$ .

4. Når oljen er i reservoaret inneholder den en del oppløst gass på grunn av det høye trykket. På vei opp til overflaten minker trykket og deler av denne gassen frigjøres fra oljen. Dette gjør at oljevolumet reduseres noe, og det endelige oljevolumet kan beregnes ved å dividere oljevolumet i reservoaret med en volumfaktor som gjerne er om lag 1,05.

Eksempel: Volumfaktoren settes til 1,05  $\hat{O} 9 * 103 \text{ m}^3 / 1,05 = 8,57 * 103 \text{ m}^3$

5. Det vil ikke være mulig å utvinne all den oljen og gassen som befinner seg i reservoaret, og man må gi et anslag for hvor stor andel av reservene man vil klare å få opp. Dette uttrykkes ved hjelp av en utvinningsfaktor.

Eksempel: Utvinningsfaktoren settes til 45%  $\hat{O} 8,57 * 103 \text{ m}^3 * 45\% = 3,86 * 103 \text{ m}^3$

Alle anslagene underveis i beregningen gis en trippelverdi på samme måte som for kostnadsberegningene, og @Risk brukes deretter for å kjøre en usikkerhetssimulering på dette data-materialet. På den måten kan man anslå en usikkerhetsfordeling på de totale reservene som ligger i reservoaret.

### **Sterke sider ved Monte Carlo simulering og @Risk-modellene**

Vi har i dette kapittelet vurdert de sterke sidene ved Monte Carlo simulering og @Riskmodellene:

- Monte Carlo simulering er en svært generell metodikk som kan anvendes på nær sagt hvilket som helst område.
- Monte Carlo simulering tar utgangspunkt i at man ikke har sikre anslag for de verdiene man ønsker å beregne.
- Analogt med analysene i PRM vil ekspertvurderingene som gjøres i forkant av selve simuleringen gi en merverdi til prosjektet utover de rene anslagene som kommer frem. Blant annet vil det under en slik sesjon komme frem en mengde informasjon som ikke kommer til uttrykk gjennom statistiske analyser. Samtalen og diskusjonen i ekspertgruppen bidrar til at deres erfaringer og intuisjon blir brakt frem i lyset, noe som resten av prosjektets deltakere vil ha stor nytte av.
- De standardiserte @Riskmodellene som brukes i Hydro er svært brukervennlige og det kreves ingen dype statistikkunnskaper for å kunne gjennomføre en analyse. I tillegg er analysene lite tidkrevende og kan gjennomføres på en vanlig PC.
- Resultatene presenteres på en oversiktlig måte, og gir et visuelt bilde av usikkerhetsfordelingen for elementene.
- Hydros tilpasning av @Risk er en add-on til Excel og er derfor enkelt å installere og ta i bruk. Brukergrensesnittet er velkjent, og det kreves liten opplæring utover kunnskaper om bruk av Excel.



- Man kan gjøre en deterministisk modell i et regneark om til en stokastisk modell ved hjelp av de statistiske funksjonene i @Risk, mens man fortsatt kan bruke de samme beregningsfunksjonene fra den originale modellen. Dette kan for eksempel være nyttig hvis man får inn en økonomiberegning fra kostavdelingen, og ønsker å se på usikkerheten forbundet med denne.

Svake sider ved Monte Carlo simulering og @Riskmodellene

- Det kan være farlig å stole for mye på modellen hvis man ikke sjekker alle korrelasjoner. Defaultverdiene som hos Hydro automatisk legges inn i analysen krever en gjennomgang. Det er fort gjort å bruke de korrelasjonene uten å sjekke om de er relevante for prosjektet. Feil/for stor bruk av korrelasjoner mellom de ulike elementene i simuleringen kan føre til at grensene for hva som kan modelleres overskrides og at modellen dermed mister sin praktiske verdi [6].
- Monte Carlo simulering berøres av uttrykket garbage in, garbage out. Et godt resultat av analysene er avhengig av at kvaliteten på inputdataene er god. Er ikke det tilfelle gjenspeiles dette i de usikkerhetsfordelingene man får frem, som da ikke vil representere den virkelige situasjonen på den måten man ønsker.
- I utgangspunktet kan man få det usikkerhetsspennet man ønsker ved manipulering av korrelasjonene og P10 og P90 anslagene. Det er derfor vesentlig å benytte verdier man virkelig mener vil være de mest representative for prosjektet.

### **Overførbarhet til statlig virksomhet**

Monte Carlo simulering er en svært anvendelig metode som kan brukes på nær sagt hvilket som helst område. Bruk av Monte Carlo simuleringer i usikkerhetsanalyser er velkjent i prosjektsammenheng, og vil sånn sett ikke være noe nytt i et statlig prosjekt. Men bruk av standardiserte modeller basert på Monte Carlo er derimot et nytt element som det kan være interessant å ta i bruk i den statlige virksomheten. Størst gevinst vil man antakelig få ved at det er standard metoder for innlegging av korrelasjon mellom kalkyleelementene. Det kreves en viss programmeringsjobb å opprette slike modeller, men når først den biten er på plass er de svært enkle å ta i bruk. Det kreves som beskrevet i teksten over ingen dype statistikkunnskaper for å gjennomføre en analyse i disse modellene, og de er sånn sett svært anvendelige i alle typer prosjekter.



### 4.6.3 Usikkerhetsanalyser fra IPRES

IPRES Norway AS (Integrated Petroleum Resources & Economics Services) er et Norsk firma startet i 1995 og driver sin virksomhet innen rådgivning og utvikling av software innenfor petroleumsindustrien. De har utviklet et antall ulike dataverktøy til bruk i planleggingen av store olje- og gassprosjekter, som alle har sitt spesifikke bruksområde. Bakgrunns litteraturen for denne beskrivelsen er hentet fra (Lyngroth, 2005), (Lyngroth, 2004) og (IPRES, 2005).

Hydro har i en tid involvert IPRES i arbeidet med utviklingen av en ny metode for usikkerhetsanalyser i Hydros prosjekter, der resultatene fra ulike usikkerhetsanalyser bygges sammen for å gi et helhetlig bilde av prosjektets totale usikkerhet, men metoden brukes foreløpig ikke som standard i Hydro. Under denne utviklingen har Hydro bidratt med feltspesifikk input fra sine prosjekter, mens IPRES har skreddersydd modeller for de forskjellige prosjektene ved å kombinere sine standard verktøy med de spesifikke detaljene fra Hydro. Det er en krevende modelleringsjobb å lage en slik modell, og det er et stort antall faktorer med påvirkning på resultatet som må fanges opp og fåes under kontroll for at modellen skal gjenspeile den virkelige situasjonen på en tilstrekkelig tilfredsstillende måte.

En utfyllende beskrivelse av gjennomføringen for IPRES for et konkret prosjekt er finnes i egen vedleggsrapport (Usikkerhetsanalyse - Vedlegg) som vedlegg A.

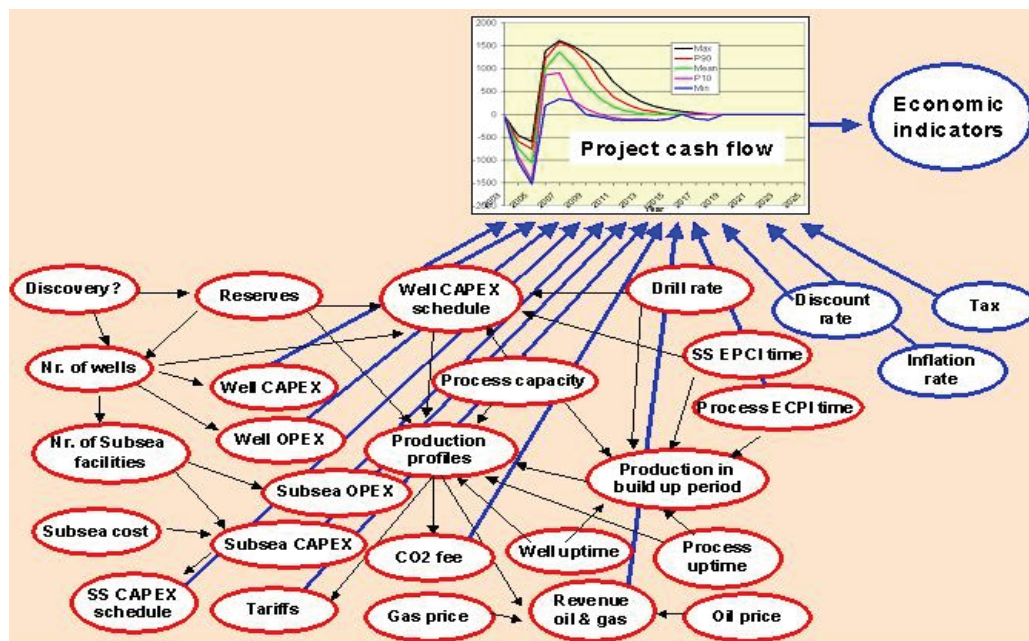
Metoden bygger på bruk av integrert livssyklususikkerhet gjennom alle prosjektets faser, og er utviklet med utgangspunkt i dataverktøyet IPRiskFIELD utviklet av IPRES. Dette verktøyet er programmert i Visual Basic basert på Excel og @Risk, og har et enkelt brukergrensesnitt. Det bygger på utviklingsplanlegging gjennom en stokastisk tilnærming, og er utviklet spesielt for usikkerhetsanalyser i utviklingsprosjekter i petroleumsindustrien. Formålet med programmet er å kunne gjennomføre usikkerhetsanalyser som gir støtte til utviklingsplanleggingen, konseptutviklingen og beslutningstakingen. Programmet kan modifiseres og tilpasses ethvert prosjekt, og inneholder moduler for usikkerhetsanalyser av følgende elementer:

- Volum av olje- og gassreserver
- Produksjonsprofiler
- Kapital- og operasjonskostnader
- Tariffer, skatt og økonomi

## Generelt om gjennomføringen

Poenget med metoden er å kunne beregne den totale usikkerheten gjennom alle prosjektets faser i en og samme beregningsmodell. Det vil si fra grunnundersøkelser og leting etter petroleumforekomster i forkant av utbyggingen til fjerning av installasjoner ved nedlegging av produksjonen. Dette gjøres ved først å identifisere de største usikkerhetene i prosjektet, og deretter skreddersy en modell tilpasset disse.

Usikkerhetsfordelingene for alle prosjektets usikre elementer kombineres i modellen. For et olje- og gassprosjekt vil de største usikkerhetsparametrene typisk være forbundet med reservoarvolumer, størrelsen av utvinnbare reserver, antall og typer brønner, installasjoner og modifikasjoner på eksisterende anlegg og økonomi. Alle disse elementene antas å gi et bidrag til den totale kapitalstrømmen for prosjektet, enten i form av en inntjening eller en kostnad. Ved å diskontere og summere bidragene fra de ulike elementene kan dermed den totale nåverdien av prosjektet beregnes. Dette er illustrert i figur 4-8:



Figur 4-8 Alle bidragene til prosjektets kontantstrøm kombineres i samme modell. Hentet fra Lyngrøth (2005).

## Oppbygning av modellen

Et område vil bestå av et antall forskjellige typer reservoarer, og i modellen skiller man mellom tre ulike reservoartyper i et område:

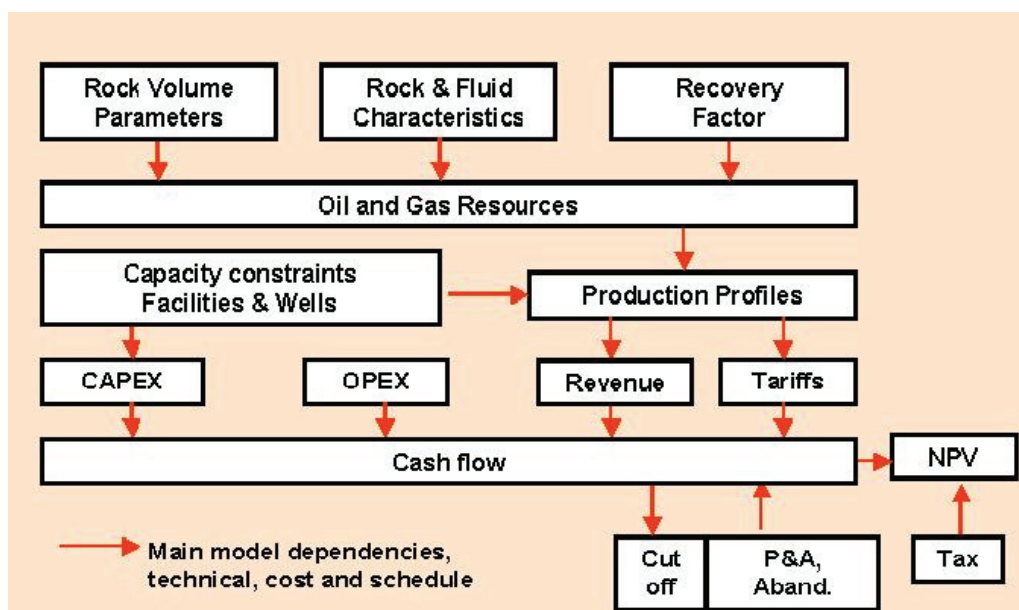
- Felt; reservoar med påviste reserver i nærheten av et eksisterende produksjonssenter.
- Funn; reservoar med påviste reserver i nærheten av feltene som ønskes å innlemmes i produksjonen hvis lønnsomt.
- Prospekter; mulige lokasjoner for reservoarer, men hvor omfanget av eventuelle reserver er usikkert.

Det er først og fremst feltene som legges vekt på under planleggingen, mens funn og prospekter inkluderes i produksjonen om de gir et positivt bidrag til prosjektets nåverdi.

Figur 4-9 viser en oversikt over hvordan en modell typisk er bygget opp. Først beregnes det totale volumet av bergartene der man antar det er sannsynlig at det eksisterer olje- eller gassreserver. Ved å se på hvilke egenskaper bergartene i reservoaret har kan man deretter beregne utvinningsgraden for reservoaret. Det totale utvinnbare olje- og gassvolumet kan så beregnes ved å kombinere disse elementene. Usikkerheten i de ulike elementene inkluderes underveis ved hjelp av separate usikkerhetssimuleringer. Med utgangspunkt i det volumet man kommer frem til, og med en vurdering av prosesserings- og transportkapasiteten i området, angis en produksjonsprofil for det enkelte reservoar.

Videre beregnes investeringskostnader, driftskostnader, avgifter og tariffier for utbygging og produksjon, samt kostnadene i forbindelse med nedleggingen av driften. Alle disse verdiene diskonteres ut fra økonomiske parametere bestemt i konsernledelsen, og legges til kapitalstrømmen. Dermed kan den totale nåverdien for det enkelte reservoar beregnes.

Kapitalstrømmen fra alle felt, funn og prospekter kombineres deretter i en felles arealmodell som vist i figur 4-9, og den totale nåverdien av prosjektet beregnes. Flere alternative utbyggingsscenarier med ulik kombinasjon av reservoarer analyseres gjerne i parallell, og en slik nåverdibetraktning gjør det enkelt å sammenligne utbyggningsalternativer som i utgangspunktet er svært forskjellige.

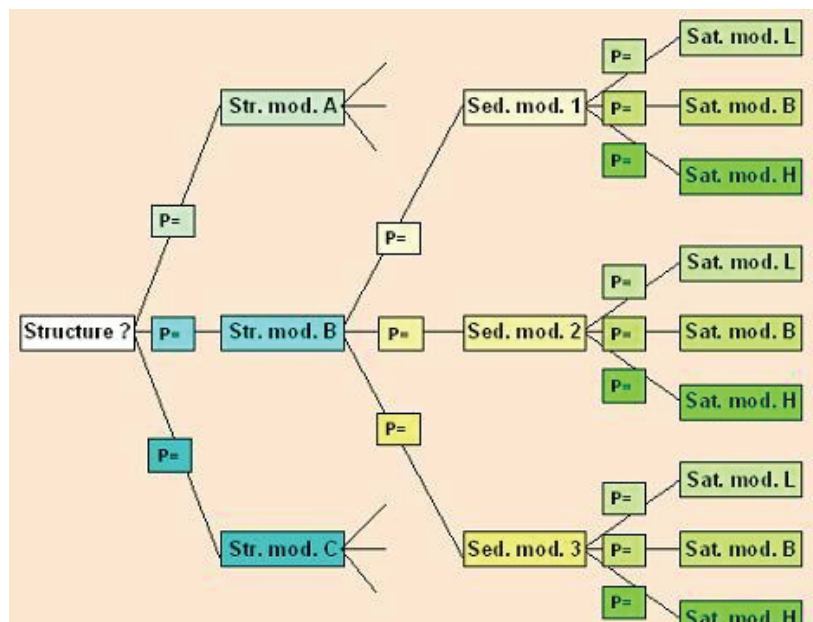


Figur 4-9 Modell for integrerte volumer, rater kostnader og tidsplaner. Hentet fra Lyngroth (2005).

## Geologi og beregning av reservene

Havbunnen består av sedimentære lag, og strukturen på disse lagene og hvilke materialer de består av har stor innvirkning på hvor store olje- og gassreservene i området er. I tillegg har dette også mye å si for hvor mye av reservene det er mulig å få opp til overflaten. Et vesentlig usikkerhetsmoment under planleggingen av olje- og gassprosjekter er derfor undersøkelser av forholdene i havbunnen og påfølgende analyser av disse. Dette er forklart grundigere i egen vedleggsrapport (Usikkerhetsanalyser - Vedlegg) som vedlegg A.

I modellen brukes et enkelt hendelsestre for å beregne sannsynligheten for ulike geologiske sammensetninger i reservoarene. Et slikt tre er vist i figur 4-10. Treet inneholder tre forgreingsnivåer med ulike parametere som har stor påvirkning på volum og utvinningsgrad for olje og gass i reservoaret; struktur på bergarten, sedimentologi og metningsgrad. De tre parametrene er igjen delt inn i tre graderinger. Totalt er det dermed angitt 27 ulike scenarier som hver beskriver en unik geologisk sammensetning.



Figur 4-10 Hendelsestre som angir sannsynligheten for de ulike geologiske strukturene for et reservoar. Hentet fra Lyngroth (2005).

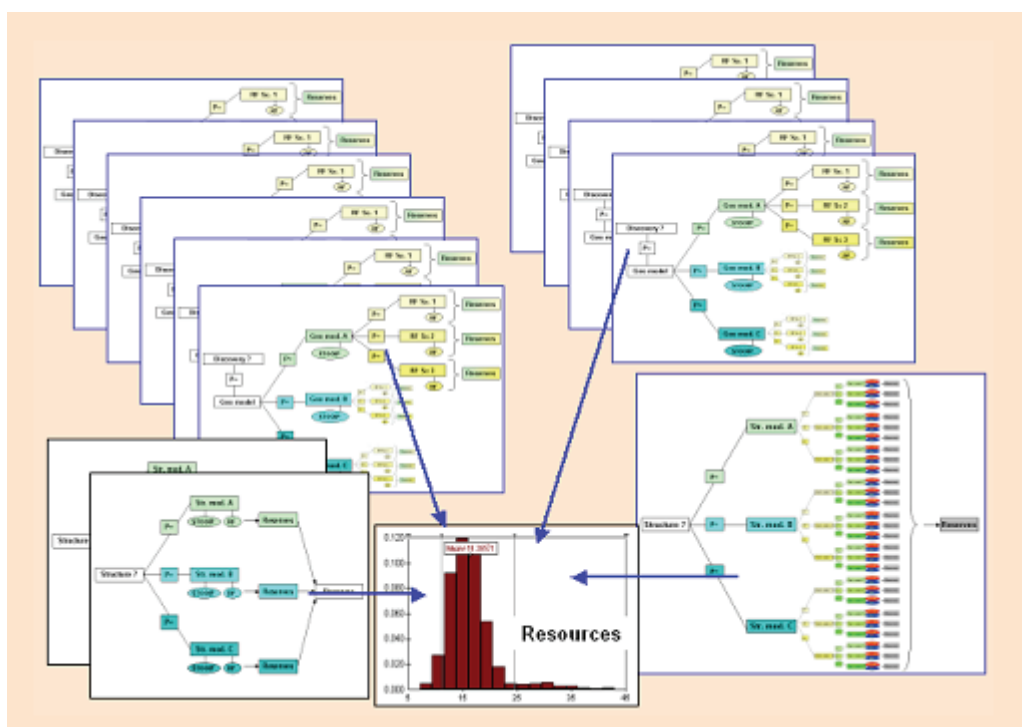
Poenget med treet er at man legger inn en enkel sannsynlighetsfordeling for hver av de tre variablene uavhengig av hverandre. Dermed kan man finne sannsynligheten for det enkelte scenariet ved å multiplisere sannsynligheten i alle grenene som leder frem til dette. Summen av sannsynligheten for alle de ulike scenariene vil alltid være lik 1.

Fordelingen av usikkerhet i treet bygger i stor grad på erfaringstall og intuisjon fra geologene under deres tolking av data fra seismiske undersøkelser av havbunnen. Et hendelsestre er en god måte å presentere disse undersøkelsene på. Det gir et godt visuelt bilde av usikkerhetsfordelingen for de ulike scenariene, og andre enn geologene kan enkelt få en viss innsikt i geologien i prosjektet.

Ut fra reservoarets geologiske sammensetning i de ulike scenariene kan man ved hjelp av erfaringsdata anslå med rimelig sikkerhet størrelsen på reservene i reservoaret. For hvert enkelt scenario anslås et utfallsrom med en mest sannsynlig, en lav (P10) og en høy (P90) verdi. Når dette er gjort for alle utfallene i modellen har man definert rammene for sannsynlighetsfordelingen for de totale olje- og gassreservene i reservoaret. Ved deretter å foreta en Monte Carlo simulering på dette datamaterialet, får man frem sannsynlighetsfordelingen for det totale volumet av olje og gass i reservoaret.

Det neste man ønsker å få kunnskap om er utvinningsgraden i reservoaret, det vil si hvor stor del av reservene det er teknisk mulig å få opp til overflaten. Man bruker da en kombinasjon av datamaterialet i hendelsestreet og en del andre parametere som har innvirkning på hvordan oljen og gassen beveger seg i reservoaret, deriblant permeabilitet, lagdeling, heterogenitet etc.

Når man har funnet frem til en sannsynlighetsfordeling for utvinningsgraden kombineres denne med sannsynlighetsfordelingen for de totale reservene av olje og gass i reservoaret. Man vil dermed få frem en sannsynlighetsfordeling for de totale utvinnbare olje- og gassreservene i reservoaret. Det er dette volumet som vil av være interesse for reservoarets betydning i utbyggingen av området. Videre kombineres fordelingene for de ulike reservoarene til en felles arealmodell, som dermed gir sannsynlighetsfordelingen for de totale utvinnbare reservene i hele området. Dette er illustrert i figur 4-10.



Figur 4-11 Volumene av de utvinnbare reservene i de ulike reservoarene kombineres i en felles sannsynlighetsfordeling. Hentet fra Lyngroth (2005).

## Valg av produksjonsprofil

Når man har fått oversikt over hvor store de utvinnbare volumene av olje og gass er i de ulike reservoarene, må man med utgangspunkt i dette bestemme en egnet produksjonsprofil. Hvilken profil man velger avhenger i stor grad av eksisterende produksjons- og prosesseringsenheter i området, hvilken produksjonshastighet man ønsker å ha og hvor stor geografisk spredning det er på felt, funn og prospekter. Normalt vil dette foregå i flere faser, der man først starter utvinningen fra hovedfeltene og deretter faser inn produksjonen fra funn og prospekter når det blir ledig kapasitet ved prosesseringsenheten. Det vil alltid være et øvre tak på hvor mye olje, gass og vann som kan behandles samtidig, og det er denne størrelsen som betegnes som enhetens kapasitet. Kapasiteten for området kan imidlertid økes ved enten å utbedre utstyret på den eksisterende enheten eller ved å bygge ut en eller flere nye enheter. Dette vil kreve noe tid, og maksimalproduksjonen vil derfor ikke kunne nås før den nye enheten er installert og klar til bruk.

## Økonomiske beregninger

Som nevnt tidligere i kapitlet kan alle elementene i et prosjekt vurderes som et bidrag til den totale prosjektkostnaden i positiv eller negativ retning. Når man har planlagt en produksjonsprofil gir dette også en oversikt over hvilke utbygginger som kreves. Investeringskostnadene (CAPEX) som dette medfører vil ha en direkte innvirkning på prosjektets kontantstrøm.

CAPEX deles gjerne inn i brønner, sub-sea, rørledninger og top-side. Også her brukes et trippelanslag for å angi variasjonsbredden for kostnaden av det enkelte element. Man angir da et lavt (P10), et høyt (P90) og et mest sannsynlig anslag for kostnaden. Ved å kjøre en Monte Carlo simulering på dette datamaterialet får man frem en sannsynlighetsfordeling for disse kostnadene.

I tillegg til kapitalkostnadene kommer operasjonskostnadene, og andre avgifter og tariffier som alle legges inn i prosjektet kapitalstrøm som vist i figur 4-9.

I de økonomiske beregningene i alle Hydros prosjekter brukes et antall økonomiske parametere fastsatt av konsernets ledelse. Dette er først og fremst oljepris, gasspris og dollarkurs, men også andre parametere som gir utslag på kontantstrømmen for det enkelte prosjekt.

Når de endelige analysene foreligger for alle de utviklede produksjonskonseptene er det enkelt å sammenligne de forskjellige alternativene ut fra de totale nåverdiene. Konseptet med den høyeste positive nåverdien vil være det gunstigste alternativet sett i et rent økonomisk perspektiv. Andre faktorer som strategi og myndighetsrestriksjoner vil selvfølgelig også spille inn når konseptet skal velges.

I det følgende oppsummeres sterke og svake sider ved IPRES-modellen.

### Sterke sider ved IPRES-modellen

- Dataverktøyene fra IPRES er utviklet for å støtte opp om viktige investeringsbeslutninger, og for å kontinuerlig fremme en optimalisert løsning for prosjektet. De tar i sterk grad hensyn til usikre elementer i prosjektet, og verktøyene kombinerer usikker-



heten forbundet med de ulike delene og fasene av prosjektet i en felles usikkerhetsmodell.

- En nåverdibetraktning gjør det enkelt å sammenligne de ulike alternativene og å se hvilke felt, funn og prospekter som vil være lønnsomme å produsere. Det er enkelt å se tilleggsverdien ved produksjon fra et reservoar, og dermed hvilke reservoarer det vil være økonomisk lønnsomt å inkludere i prosjektet.
- Det er mulig å endre produksjonsprofil underveis etter hvert som ny informasjon om de usikre elementene kommer frem.
- Modellen bygger på at man får belyst de største usikkerhetselementene og deres konsekvenser på et tidlig tidspunkt, og på beslutningstaking under usikkerhet. Det er viktig å inkludere usikre elementer i beslutningsprosessen, slik at man er forberedt hvis en av de usikre hendelsene virkelig slår sterkt til. Er man ikke forberedt på den måten, kan det gi store konsekvenser for selskapet.
- Hver enkelt person og avdeling kan se hvordan deres bidrag påvirker den totale prosjektøkonomien. Modellen gjør dessuten prosjektteamet mer sammensveiset ved at prosjektet gjennomføres gjennom en felles arbeidsprosess.

### **Svake sider ved IPRES-modellen**

- Modellen kan bli noe kompleks når alle usikkerhetene i prosjektet skal kombineres i en modell.
- Modellen er spesifikt utviklet for det aktuelle prosjektet. I denne modellen, og for petroleumsprosjekter generelt, er den største usikkerheten forbundet med størrelsen på reservene. Modellen vil derfor kanskje ikke være like bra for en annen type prosjekt.

### **Overførbarhet til statlige prosjekter**

Den modellen som er beskrevet i dette kapitlet er utviklet spesielt for Hydros prosjekter og vil som sådan ikke være direkte overførbar til statlige investeringsprosjekter. Videre er virksomheten til selskapet IPRES konsentrert omkring rådgivning og utvikling av software til bruk spesielt innenfor petroleumsindustrien. Deres tjenester er dermed innenfor et for spesifikt område til generelt å kunne overføres til statlig virksomhet, annet enn i de olje- og gassprosjektene hvor staten selv er involvert.

Tanken bak metoden for usikkerhetsanalysene er imidlertid svært generell når man ser bort fra den spesifikke oppbygningen i den studerte modellen, og således vil dette kunne være interessant også utover bruk innen olje- og gassektoren. Kutter man bort alle de petroleums-tekniske delberegningene som brukes underveis i modellen (beregning av geologisk struktur, utvinnbart oljevolum etc.) sitter man igjen med en generell modell. Det at alle elementer som gir et bidrag til kapitalstrømmen i positiv eller negativ retning kalkuleres, diskonteres og summeres i en felles prosjektmodell, og at man dermed kan sammenligne ulike utbyggingsalternativer ut fra en sammenligning av deres nåverdi vil også være et interessant poeng i et hvilket som helst annet prosjekt.

---

Bruk av en slik modell som kombinerer alle usikre elementer gjennom hele prosjektet, vil også kunne være en god ide i den statlige virksomheten.

#### 4.6.4 Den totale prosjektusikkerheten

Hydro kjører mange prosjekter i parallell. Usikkerheten fra det enkelte prosjekt spiller dermed inn på den totale usikkerheten for selskapet. Fordelen med å ha en stor prosjektportefølje fremfor å kun ha få eller et enkelt prosjekt er at risikoen blir spredt ut over et stort antall elementer. Man er derfor ikke så utsatt for nedgangstider eller i verste fall konkurs om et av prosjektene får store overskridelser.

Den totale usikkerheten forbundet med selskapets eksisterende prosjektportefølje vil dermed være avgjørende for hvorvidt et nytt prosjekt skal innlemmes i denne eller ikke. Har man muligheten til å gå inn i et prosjekt med store usikkerheter knyttet til seg, vil man kanskje ikke ønske å gjøre det med mindre de resterende prosjektene har et mer kontrollert usikkerhetsbilde.



## 5. Kvalitetssikring av usikkerhetsanalysen

Kvalitetssikring av analysene og analyseresultatet har som formål å gi best mulig resultat mht. kostnadsestimater og usikkerhetsnivå. Basert på (Jordanger, 2004) behandler dette kapitlet kvalitetssikring av analysene og analyseresultatet, og peker på hvordan best mulig analyseresultat betyr best mulig prognose på prosjektets sluttkostnad.

Temaer som behandles kortfattet her er:

- Kvalitet i usikkerhetsnivå som funksjon av korrelasjoner, utfallsrom og fullstendighet
- Systematisering av erfaringsdata mht. gjenbruk
- Uspesifiserte kostnader som funksjon av prosjektets modenhet
- Utfallsrom uspesifiserte kostnader vs. usikkerhetsnivå (ref. også Statens vegvesens retningslinjer)
- Sluttkostnader vs. uspesifiserte kostnader (uspesifiserte kostnader er inkludert i sluttkostnadene og må renskes ut av sluttkostnaden før gjenbruk av erfaringstall)
- Sluttkostnader vs. systematisk skjevhet i effekten av indre/ytre forhold (effekten av skjevheten må renskes ut av sluttkostnaden før gjenbruk av erfaringstall)
- Gjenbrukbare erfaringer fra effekten av indre/ytre forhold (kontekstsensitive/ikke-kontekstsensitive)
- Kontekstsensitivitet vs. erfaringsdata, normalisering, faktorjusteringer
- Hva er riktig kostnadsnivå? (hva burde prosjektet kostet?)
- Systematiske kostnadsøkninger
- Kostnadsdrivende holdninger, andre kostnadsdrivere som påvirker sluttkostnaden
- Suksessfaktorer for å oppnå riktig kvalitet i kostnadsestimater

### 5.1 Grunnlagsdata

I kvalitetssikringen av en analyse er det vesentlig å gjennomgå de forutsetninger som er gjort for en analyse. Kvalitetssikring av forutsetninger er således avgjørende for estimatets kvalitet. Viktige elementer i en sjekklister er:

- Kostnadsnivå pr. <dato>
- MVA inkludert (J/N)

- Erfaringsdata er hentet fra <referanseprosjekter>
- Erfaringsdata er normalisert for gjenbruk (J/N)
- Endringer i politiske og samfunnsmessige forhold som vil endre omfanget/forutsetningene for prosjektet er ikke hensyntatt (J/N)
- Kvalitetssikringen avgrenses til investeringen, kostnader for FDVU holdes utenfor (J/N)
- Rentekostnader for lånekapital er med (J/N)
- Uspesifisert i form av påslag for uteglemte elementer er tatt med som et generelt påslag i en egen post og ikke inkludert i det enkelte kostnadselement (J/N)
- Byggherrekostnader er lagt inn som egne poster (J/N)
- Det forutsettes at dagens lover og forskrifter gjelder for hele prosjektperioden (J/N)
- Kostnadsestimater er basert på fremdriftsplan pr. <dato>
- Alle relevante grensesnitt er klarlagt i grensesnittmatrise (J/N)
- Ansvarsforhold for styring av grensesnittene er fordelt (J/N)

I tillegg spesielt for byggeprosjekter:

- Byggherrens rigg inkluderes i byggherrekostnadene (J/N).
- Entreprenørens riggekostnader (rigg og drift) er inkludert i elementprisene (J/N)
- Byggutstyr og brukerstyr er klart definert (dvs. ingen skjulte kostnader i en gråsoner) (J/N)

Generelle indre/ytre faktorer bør inngå i sjekklisten.

### 5.1.1 Etablering av erfaringsdata

Alle erfaringsdata som høstes er knyttet til spesifikke prosjekter som har sin spesifikke kontekst. Formålet med å systematisere erfaringsdata er ikke historieskriving, men effektiv gjenbruk i andre prosjekter. Erfaringskonteksten vil i større eller mindre grad være ulik gjenbrukskonteksten. Dette stiller krav til normalisering mot referanseprosjekter der spesielle forhold fra det enkelte prosjekt er lukket bort. Dette omfatter både spesielle ekstrakostnader og spesielle besparelser.

#### **Innsamling og normalisering av erfaringsdata**

Erfaringsdata på høyt nivå er som hovedregel mer generelt gjenbrukbare enn erfaringsdata på detaljert nivå. Årsaken til dette er at kostnadmessige, positive og negative prosjektspesifikke forhold, i hvert fall delvis vil utjevnes ved aggregering. Nøkkeltall, for eksempel NOK/

M2 totalt, vil kunne benyttes til grovestimater på overordnet nivå. Erfaringsdata kan her benyttes til faktorestimering og relasjonsestimering.

Estimater med større krav til presisjon, for eksempel forprosjektnivåestimater, krever imidlertid en nedbrytning, større detaljering av kostnadsestimatet. Her må tilpasning til gjenbrukskontekst vies stor oppmerksomhet. Sannsynligheten for skivebom vil være større her enn på overordnet nivå, men samtidig er konsekvensen av skivebom mindre her enn på overordnet nivå, hvis kun kvaliteten på totalestimatet er viktig. Dette gjelder for både KS1 og KS2.

Det er viktig å samle erfaringsdata på en systematisk måte. Noen statlige etater har derfor pålagt prosjektene å frembringe prosjektets faktiske sluttkostnader (ref. Jernbaneverket, Statens vegvesen med flere). Sluttkostnadene er imidlertid knyttet til entreprisstrukturen og denne er som regel ulik strukturen i det opprinnelige kostnadsestimatet. Det er en viktig avklaring om prosjektkostnader skal baseres på aktivitetsstruktur, bygningsdelstabell eller entreprisstruktur. I byggeprosjekter benyttes normalt bygningsdelstabellen i tidlige kostnadsestimater. Denne konverteres så etter hvert til entreprisstruktur for kostnadsstyring. Den beste løsningen er prinsipielt at både arbeidsnedbrytning (WBS) og kostnadsnedbrytning har aktivitetene i bunnen. Dette gir grunnlag for helhetlig kostnads- og fremdriftsstyring. Det er imidlertid en utfordring ved utarbeidelse av kostnadsestimater at erfaringsdata og praksis er forankret i enhetspriser og bygningsdelstabell.

Prosjektets totale omfang, uttrykt ved antall M2, timeverk, tonn eller liknende, vil være prosjektspesifikt og har derfor liten interesse som erfaringsdata. Omfanget forventes å være definert gjennom funksjonsprogrammer, romprogrammer, forprosjektrapporter eller annen prosjektdokumentasjon. Usikkerheten i omfanget vil være et sentralt tema ved utarbeidelse av et kostnadsestimat.

Omfang pr. enhet, for eksempel timeverk/M2, timeverk/tonn er imidlertid relevant som grunnlag for erfaringsoppsamling. Dette som grunnlag for å komme frem til enhetspriser, NOK/M2 og lignende som benyttes direkte i kostnadsestimatet.

### **Normalisering av erfaringsdata**

Hvis detaljerte erfaringsdata skal kunne benyttes, krever dette at sluttkostnader i henhold til entreprisstruktur må konverteres tilbake til opprinnelig estimatstruktur. Denne konverteringen er imidlertid ikke banal. For eksempel vil uspesifiserte kostnader i estimatet gradvis konkretiseres og knyttes til aktuelle kostnadselementer og budsjettposter i kostnadsoppfølgingen. Uspesifiserte kostnader må renskes bort fra disse postene, slik at disse kostnadspådragene ikke medfører nærmest automatisk eskalering ved at uspesifiserte kostnader i nye estimater både defineres eksplisitt og samtidig er skjulte pådrag i kostnadsstrukturen for øvrig. Videre vil endringer under vegs i prosjektet vanskeliggjøre sammenlikningen med opprinnelig estimat.

Tilsvarende problematikk er knyttet til indre/ytre faktorer. Normalt opprettes det ikke budsjettposter for kontoføring av kostnadspådrag her. Dvs. kostnadseffekter fra indre/ytre faktorer påløper andre kostnadsposter. Igjen må slike pådrag renskes bort ved normalisering av erfaringsdata.

Effekten av eventuell (høyre)skjevhet i kostnadselementene i basisestimatet er også verdt å vurdere ved normalisering av erfaringsdata. Behovet for korreksjon er imidlertid her mindre, siden skjevheter her vil være forankret i underliggende, relativt generelle fenomen. Ved bruk av normaliserte data, er det imidlertid viktig at mest sannsynlig verdi, ikke middelvei benyttes som sannsynlig verdi, da antatt systematisk høyreskjevhet i så fall også her vil ha en automatisk eskalerende effekt.

### **Riktig kostnadsnivå?**

Evaluering av prosjektkostnader benytter ofte prosjektets kostnadsestimater som referanse. Prosjektets kostnadsestimat kan imidlertid ha ulik kvalitet (i tillegg til at forutsetninger, rammebetingelser kan være endret i større eller mindre grad). Kvalitetssikringen må derfor stille spørsmålet: Hvor mye burde prosjektet kostet mht. realiserte løsninger og effektmål? Dette betyr at avvik i forhold til estimat ikke i seg selv entydig kan benyttes for å måle et prosjekts vellykkethet i forhold til "best practice". I noen sammenhenger er suboptimale kostnadskutt blitt foretatt. Disse har for eksempel redusert investeringskostnadene, men resultert i høyere driftskostnader/dårligere totaløkonomi. Slike forhold bør søkes avdekket gjennom kvalitetssikring og normalisering av erfaringsdata for gjenbruk.

### **Sammenheng mellom estimat og sluttkostnad**

Rammestyring er etablert som styringsregime i de fleste prosjekter. Dette betyr at potensialet for underskridelser undergraves, og dette øker kritikaliteten knyttet til estimatets forventningsverdi. Et kostnadseffektivt styringsregime ville vært mye mer robust, siden unødvendige investeringsmidler i mye større grad ville bli returnert til prosjekteier, i stedet for å bli brukt på mer eller mindre gode formål i prosjektet.

På dette grunnlag hevdes følgende, som vi håper det innenfor den tiden Concept varer skal bli mulig å teste riktigheten av: *Det er en positiv korrelasjon mellom et for høyt kostnadsestimat, dvs. for høy forventningsverdi, styringsramme, finansieringsramme, og hva som til slutt blir prosjektets sluttkostnad.* Det vil si at et for høyt kostnadsestimat vil medføre unødig kostnadsforbruk, lav kostnadseffektivitet. Hvis kostnadsestimatet er for lavt, vil denne systemfeilen imidlertid være ubetydelig.

Disse effektene kan motvirkes. Da er det imidlertid viktig at man klarer å skille mellom det mest mulig nøytrale kostnadsoverslaget på den ene siden, og hva man bruker dette til som styringsinformasjon på den andre siden. Kostnadsoverslaget skal gjenspeile den virkelighet man står overfor så godt det lar seg gjøre, og som et minimum inneholde en sannsynlighetsfordeling for sluttkostnad, samt en oversikt over de mest usikre forhold. Styringen består i at man ut fra dette beslutter styringsrammer som klart sier hvor store midler det enkelte beslutningsnivå disponerer, og hva som skal til for at neste nivå i hierarkiet skal utløse tilleggsmidler. Dette bør være en åpen prosess hvor det kan legges inn noen incentiver.

Alternativet er å bevisst underbudsjettere slik at man i utgangspunktet vet at rammene er i minste laget. Det overordnet myndighet da må vite er at sikkerheten for riktig prioritering blir mye mindre, og at man må være forberedt på å stille betydelige midler i reserve til mer eller mindre uautorisert bruk.

## 5.1.2 Gjenbruk av erfaringsdata

Normaliserte erfaringsdata for de fleste prosjekttypene vil være knyttet til standard kostnadsstrukturer og ulike typer referanseprosjekter; Byggprosjekter, vegprosjekter, jernbaneprosjekter. For å finne aktuelle erfaringsprosjekter og relevante erfaringsdata fra disse kan en gjennomføre referansesjekker. Formålet med referansesjekk er at en ved uavhengig gjennomgang av sammenlignbare prosjekter skal finne ut om kostnadsestimatets forventingsverdi ligger på et rimelig nivå. Behovet for referansesjekk/benchmarking dekkes hvis det er tilgang på en tilstrekkelig mengde normaliserte erfaringsdata. For prosjektet der slike data ikke er tilgjengelig, bør referansesjekk gjennomføres ved gjennomgang av sammenlignbare prosjekter.

Gjennomgangen bør omfatte prosjektets:

1. forutsetninger/rammebetingelser
2. kostnadsstruktur for estimat og kostnadsstyring
3. sluttkostnader
4. spesielle forhold ved gjennomføringen som bør hensyntas ved normalisering

Sluttkostnadene må normaliseres som beskrevet ovenfor i kapittel 5.1.1.

En del av de store statlige investeringsprosjekter vil være av en så spesiell karakter at kostnadsestimatene her ikke kan legges til grunn en standardisert kostnadsstruktur. Nytteverdien av å systematisere erfaringsdata vil derfor her være marginal, siden det er liten sannsynlighet for at en liknende gjenbrukskontekst vil kunne oppstå i fremtidige prosjekter.

Kun bruk av normaliserte erfaringsdata i henhold til standardstrukturer og enhetspriser behandles derfor her.

Gjenbrukssituasjonen vil preges av to perspektiver:

1. Generelle forhold der normaliserte erfaringsdata kan gjenbrukes uten særlig grad av justering. Normaliseringen omfatter her primært justering av enhetspriser i hht. Prisindekser.
2. Prosjektspesifikke forhold der normaliserte data må omfattende justeres ved utarbeidelse av prosjektets kostnadsestimat

Ved 100 % gjenbrukbarhet av erfaringsdata kan erfaringsdata brukes direkte. Omfanget av erfaringsdata vil imidlertid være avgjørende for om en ut fra en statistisk analyse kan ekstrahere fordelingsfunksjonen og trepunkts parameterverdier. Denne idealsituasjonen vil kun unntaksvis oppstå. Erfaringsdata må derfor vurderes for å komme frem til parameterverdiene. Det legges her til grunn at parameterverdiene som søkes er P10, mest sannsynlig verdi og P90. Nedenfor gis et eksempel på gjenbruk av normaliserte erfaringsdata, der forholdene ligger til rette for en statistisk analyse.

## Eksempel på gjenbruk av erfaringsdata gjennom statistisk analyse

Statistisk analyse kan benyttes når erfaringsdata kan gjenbrukes direkte, eller etter at erfaringsdata er normalisert.

Eksempel:

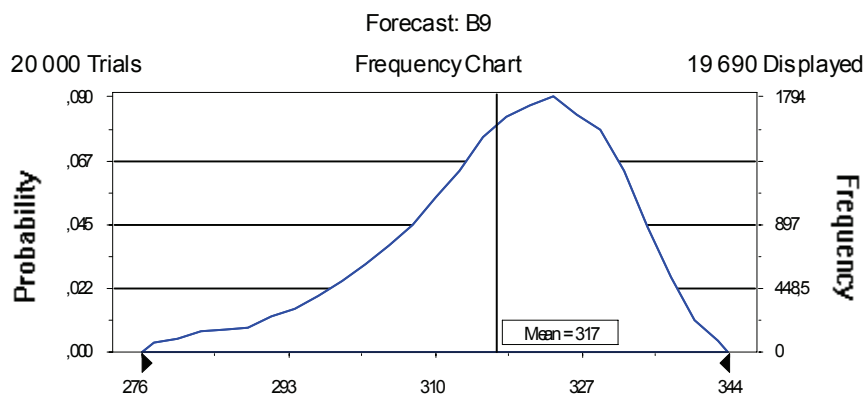
Konto 3 i bygningsdelstabellen, VVS-arbeider har følgende normaliserte enhetspriser:

298, 312, 330 og 331 NOK/M<sup>2</sup><sup>18</sup> .

Hvordan kan så disse dataene benyttes for å kvalitetssikre kostnadsestimatet? Med andre ord, hvordan kan disse dataene bidra til mest mulig riktig valg av P10, mest sannsynlig verdi og P90?

Et aktuelt alternativ er statistisk analyse for å finne den fordelingsfunksjon som er best tilpasset erfaringsdataene. Dette er gjort for eksemplet ovenfor.

Valg av funksjon ble basert på Kjikvadrattest-metoden. Fordelingsfunksjonen som ble valgt her var en Ekstremverdi fordelingsfunksjon, vist i figur 5-1

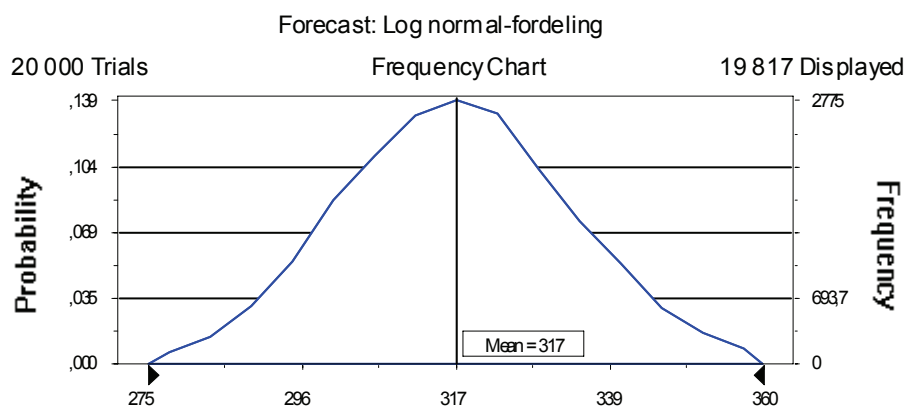


Figur 5-1 *Ekstremverdi fordelingsfunksjon.*

---

18. Å ha tilgang på gjenbrukbare erfaringsdata fra fire relevante prosjekter er i overkant av hva en i gjennomsnitt kan forvente.

Alternative metoder er for eksempel Kolmogov-Smirnov eller Smirnov-Anderson-metoden. Sistnevnte metode gav som resultat en Lognormal-fordeling, figur 5-2.



Figur 5-2 *Lognormal-fordeling.*

Begge metodene gav fordelingsfunksjoner som med samme forventningsverdi og tilnærmet samme minimumsverdi. Maksimumsverdi og sannsynlighetstetthet avviker imidlertid signifikant i eksemplet her. Første fordelingen reflekterer skjevheten i grunnlagsdata mens maksimalverdien intuitivt synes å være for lav. Lognormalfordelingen ville gitt høyest standardavvik, og vil normalt være et godt alternativ.

Som eksemplet viser er statistiske analyser basert på et så tynt datagrunnlag beheftet med meget stor både systematisk (standardavvik) og usystematisk (relativ sannsynlighetstetthet innen utfallsrommet) usikkerhet. Det er innlysende at økt dataomfang ville gitt en fordelingsfunksjon med større presisjon.

En annen konklusjon ut fra denne gjennomgangen er at det er en unødig begrensning å kreve at alle fordelingsfunksjoner skal defineres direkte ut fra nevnte trippelparametre. Et valg av fordelingsfunksjoner ut fra tilpasning til data vil kunne resultere i fordelingsfunksjoner som har 2, 3 eller flere parametre. Det anbefales imidlertid at trippelanslagene fortsatt benyttes som uttrykk for kvalifiserte vurderinger av utfallsrommet, og at disse benyttes til å tilpasse valgt fordelingsfunksjons parametre til P10, mest sannsynlig og P90. Det enkle alternativ til dette er at en begrenser seg til et lite utvalg fordelingsfunksjoner som alle kan defineres ut fra trippelparametre (trekantfordeling, beta, gamma, lognormal). Denne avgrensningen kan imidlertid noen få ganger være uhensiktsmessig.

Som nevnt tidligere så viser eksemplene ovenfor gjenbruk av erfaringsdata i en ideell situasjon som sjelden oppstår i praksis. Hvordan skal en så kvalitetssikre grunnlagsdata når erfaringsdata mangler i større eller mindre grad? Svaret er innlysende: En må trekke på fagkompetanse knyttet til det aktuelle prosjekt, aktuelle referanseprosjekter, supplert med fagkompetanse fra uavhengig hold. Kvalitetssikringen foregår her normalt gjennom en gruppeprosess.

## Gruppeprosessen

Gruppeprosessen har som formål å gjenbruke relevant kunnskap ved etablering av et kostnadsestimert. Både kvantitative og kvalitative forhold evalueres. Gruppeprosesser for fremkaffelse av erfaringsdata er i stor grad etablert som praksis. Det gis her derfor kun en kortfattet beskrivelse. En spesiell utfordring i gruppeprosessen er å søke å utløse deltakernes tause kunnskap relevant for prosjektet.

Som forberedelse til gruppeprosessen bør følgende forhold fokuseres:

1. Hvordan få utløst riktig, ofte taus kunnskap<sup>19</sup> gjennom gruppeprosessen?
2. Hvordan utløse gruppeprosessens korreksjonsmekanismer gjennom dialog/diskusjon?
3. Hvordan tilpasse denne kunnskapen som i utgangspunktet er forankret i enkeltverdier, slik at et realistisk utfallsrom kan defineres? Usikkerhetsdimensjonen er konseptuelt vanskelig for mange. Deterministisk kalkulasjon er fortsatt den mest utbredte praksis.
4. Hvordan utarbeide kvalitetssikret, sporbar dokumentasjon
5. Hvilken kompetanse må være representert for at analysens formål skal bli oppnådd med best mulig kvalitet. Utfordrerrollen er også viktig

Gjennomføring av gruppeprosessen bør omfatte:

1. Gjennomgang av formål, agenda, skap holdninger som sikrer helhetlig tenkning. Alle relevante perspektiver må dekkes
2. Dokumenter og om mulig vis grunnlagsdata og resultater fortløpende på stor-skjerm, slik at deltakerne kan kvalitetssikre referentens fortolkning
3. Resultatene fra kostnadsanalysen bør om mulig vises på avslutningen av gruppemøtet. Det må under ingen omstendighet foretas justeringer for å oppnå en på forhånd antatt forventningsverdi.
4. Rapport fra gruppemøtet sendes på høring til alle deltakere.

---

<sup>19</sup>Taus kunnskap er kunnskap som ikke er uttrykt eksplisitt skriftlig eller gjennom andre uttrykksformer. Taus kunnskap kan kun omsettes og gjøres tilgjengelig gjennom en dialog.



## 5.2 Kvalitetssikringsmetoden

Utfordringene når det gjelder analysemetoden er ikke banale og det finnes ikke enkle løsninger. Før vi går videre er det viktig å påpeke et viktig forhold i kvalitetsperspektivet: Totalestimatet både med hensyn på forventingsverdi og spredning er relativt robust overfor feil som gjøres i anslag på usikkerhet i det enkelte kostnadselement. Totalestimatet er imidlertid svært følsomt overfor eventuelle systematiske feil som gjøres, dvs. feil som er gjennomgående for mange/alle kostnadselementene.

### 5.2.1 Kvalitetssikring av utfallsrommet

Utfallsrommet for et anslag er definert på grunnlag av for eksempel antatt P10, mest sannsynlig verdi og P90. Følgende spørsmål må stilles: Hvordan kan disse verdiene, som gjerne er resultater fra en gruppeprosess, verifiseres. Det vil si at antatt P10 er en "riktig" P10 osv. Normalsituasjonen er at omfanget av normaliserte, gjenbrukbare erfaringsdata er begrenset, slik at utfordringen ikke kan takles gjennom en statistisk analyse. Abstraksjonsnivået i denne problemstillingen er relativt høyt, og utfordringen er som vist ovenfor, flere.

En metode som kan benyttes i gruppeprosessen, og som har som formål å "kalibrere" gruppen, er følgende:

1. Definer en stokastisk fordeling ut fra gitte trippelverdier
2. Trekk/simuler dataverdier for eksempel 5 datasett á 5 verdier fra den stokastiske variable
3. Presenter datasettene for gruppen (som ikke kjenner initiale trippelverdier) og be om en vurdering av P10, mest sannsynlig og P90. Fasit er initiale trippelverdier.
4. Gjenta prosessen inntil gruppen har etablert en følelse for i hvilket område trippelverdiene ligger i et begrenset datasett

Metoden hevdes ikke å være fullkommen, men vil kunne være et ledd i å forbedre kvaliteten på trippelverdiene fra gruppeprosessen. En bør ha spesiell fokus på å unngå systematiske feil, dvs. at P10/P90 systematisk gis for lav eller for høy verdi.

Det er viktig at gruppen består av en eller flere personer som har en utfordrerrolle. Dette for at prosjektgruppen egen, ofte noe ubalanserte virkelighetsoppfatning skal bli korrigert.

### 5.2.2 Korrelasjoner

Det bør først slås fast at korrelasjoner uttrykker avhengighet i betydningen samvariasjon forårsaket av et eller flere kjente eller ukjente årsaksforhold. Kvantitative korrelasjoner kan være et resultat fra en statistisk analyse, i andre sammenhenger kan korrelasjonene være basert på kvalifiserte vurderinger.

Korrelasjoner påvirker ikke forventningsverdien, men usikkerhetsnivået. Positive korrelasjoner øker variansen, mens negative korrelasjoner reduserer variansen.

Usikkerhetsnivået i mange kostnadsestimater hevdes å være for lavt. Metodisk er dette forårsaket av anvendelse av sentralgrenseteoremet, under forutsetning om "uavhengighet". Eksisterende korrelasjoner som ikke er tatt hensyn til i analysene er en av årsakene til at usikkerhetsnivået blir for lavt beregnet. Se Conceptrapport nr. ? om feilkilder. Inkludering av indre/ytre faktorer hevdes å være et metodisk grep som reduserer behovet for å inkludere korrelasjoner i analysen. Indre/ytre faktorer bidrar til mer korrekt forventningsverdi gjennom funksjonelle årsak-/virkningssammenhenger. Samtidig blir variansen mer korrekt. Men indre/ytre faktorer bidrar til at effekten av eventuell samvariasjon blir hensyntatt bare hvis faktoren er en felles kostnadsårsak som er isolert nettopp fordi den har virkning på mange elementer. Korrelasjoner uttrykker med andre ord et annet fenomen i estimatet.

En konsekvens av dette resonnementet er at korrelasjonsteori og anvendelse av korrelasjoner naturlig bør inngå som del av usikkerhetsanalyser og usikkerhetsstyring. Å generelt legge til grunn forutsetningen om uavhengighet, er en tvilsom strategi. Dette fordi eventuelle faktiske samvariasjoners innvirkning på kostnadsestimater og styringsgrunnlaget ikke blir hensyntatt. Se Conceptrapport nr. 13 "Usikkerhetsanalyser - Feilkilder i metode og beregning".

Hvordan bør så korrelasjonene bestemmes? Grad av samvariasjon uttrykkes på en skala fra -1 til +1, og referer ikke til en lineær måleskala. Korrelasjon -1 mellom to variable sier at når utfallet i virkeligheten eller gjennom en Monte Carlo-simulering blir høy for den ene variabelen så vil den alltid bli lav for den andre og vice versa. Korrelasjoner har ingen retning. Tilsvarende vil en korrelasjon +1 uttrykke at når den ene variabelen får en høy verdi så vil den andre også alltid få en høy verdi innenfor sitt utfallsområde. Hva så med korrelasjonsverdiene i mellom -1 og +1? Vi kan konseptuelt rimelig greit eliminere korrelasjonsverdien 0, da dette betyr at korrelasjoner ikke er et tema. 0 uttrykker som kjent at det antas å ikke være samvariasjon mellom variablene. Grunnlaget for en slik antakelse kan være statistiske analyser<sup>20</sup> eller kvalifiserte vurderinger.

Ikke-lineariteten forutsetter at det defineres referanser i den kvalitative vurderingen av korrelasjoner. Ofte benyttes "liten", "middels" eller "høy" korrelasjon som kvalitative uttrykk, der en assosierer intervaller, for eksempel 0,1-0,3/0,4-0,7/0,7-0,9 for positive korrelasjoner og tilsvarende på den negative siden. En viss opplæring må gis for at angivelse av korrelasjoner skal bli mest mulig korrekt. Når intervall er gitt ut fra et kvalitativt uttrykk, må dette representeres i analysen. Den enkleste tilnærmingen er å velge korrelasjonen midt i intervallet. Metodisk er dette ikke tilfredsstillende, siden relevant informasjon forkastes når intervallet erstattes av en enkelt verdi. Den beste metodiske tilnærmingen er at korrelasjonsintervallet tas med som en stokastisk variabel i en dynamisk stokastisk analyse. I noen situasjoner vil det foreligge presis korrelasjonsinformasjon, eller grunnlag for presise vurderinger.

Noen ganger kjenner man årsaks-/virkningsforholdet, og hvis man har et bevisst forhold til fenomenet er det mulig å enten modellere inn den matematiske sammenhengen, eller skille ut noen generelle forhold nettopp for å ivareta uavhengighet. Et eksempel er endringer i lønns- og prisnivå. Usikkerhet for hvor mange timeverk som trengs tas med i postestimater,

---

20. Det er sjelden at statistiske analyser gir korrelasjon 0 som resultat. Årsaken til dette er mangelfullt datagrunnlag. Statistiske analyser kan derfor gi en del forunderlige "samvariasjoner" som resultat. Fagkompetanse, fenomenkunnskap må bidra til at slike feil elimineres.

mens usikkerhet på timelønnsutviklingen, som virker i samme retning på mange poster, kan modelleres på utsiden av postkalkylen.

Hva korrelasjon har å bety i praktisk analyse er grundig behandlet i Conceptrapport nr. 9 om feilkilder.

### 5.2.3 Uspesifiserte kostnader

Posten uspesifisert defineres som kostnader som ikke konkret er identifisert på estimattidspunkt, men som forventes å påløpe. Finnes det retningslinjer/kunnskap som en kan dra nytte av når størrelsen på uspesifisertposten skal bestemmes? Og hva er usikkerhetsnivået i uspesifisertposten? For å ta det siste først. Det er rimelig at usikkerhetsnivået på det som er udefinert, er høyt. I prosjekter der omfanget av relevante erfaringsdata er begrenset, bør usikkerhetsnivået settes relativt høyt, sammenliknet med mer standardiserte prosjekter. Videre, utfallsområdet på uspesifisertposten bør settes høyest i de tidlige prosjektfaser. Tilsvarende bør størrelsen på uspesifisertposten settes høyest i de tidlige prosjektfaser. Det finnes ikke generelle retningslinjer som kan legges til grunn for valg av usikkerhetsnivå for uspesifisertposten.

Hva så med størrelsen på uspesifisertposten? Igjen så finnes det ikke generelle retningslinjer som kan legges til grunn. Det finnes eksempler på prosjekter i tidligfase, i ustabile politiske regimer, der en har valgt et påslag på identifiserte kostnader på 40 - 50 %. I Norge vil en ikke kunne forsvare slike påslag. Når det gjelder byggeprosjekter vil et rimelig nivå kunne være 10-15 % på for skisseprosjekt og 5 - 10 % for forprosjekt. En forutsetning for disse verdiene er at usikkerheten i det enkelte kostnadselement i basiskalkylen er angitt, at indre/ytte faktorer er definert, og selvsagt at det ikke ligger skjulte påslag i disse verdiene.

Hva som i den enkelte bedrift og innen de ulike prosjekttyper er riktig nivå på uspesifisertposten, er kunnskap som kan opparbeides over tid. Det anbefales at uspesifisertposten i utgangspunktet settes relativt lavt innen aktuelt intervall, og heller økes hvis erfaringene viser systematiske overskridelser.

Erfaringer knyttet til usikkerhetsnivået kan også opparbeides over tid. Det er ting som tyder på at usikkerhetsnivået i de fleste estimater er systematisk for lavt (Conceptrapport nr. 13 "Usikkerhetsanalyser - Feilkilder i metode og beregning"). Det anbefales her at en i utgangspunktet velger usikkerhetsnivå  $\pm 50\%$  (80 % konfidensnivå, P10 - P90) for uspesifisertposten (eksempelvis et trippelanslag på +3 % / +6 % / +9 %), og justerer hvis erfaringer over tid viser et annet usikkerhetsnivå.

En del bedrifter har etablert standarder når det gjelder størrelsen på uspesifisertposten i ulike prosjektfaser. En del bedrifter har også etablert kriterier knyttet til usikkerhetsnivået for å videreføre prosjekter. Dvs. for at prosjektet skal kunne videreføres, må usikkerhetsnivået på et gitt konfidensnivå være under gitte terskelverdier. Hvis kriteriet ikke innfris, må grundigere analyser og/eller tiltak iverksettes for å bringe usikkerheten ned til et akseptabelt nivå. Slike retningslinjer anbefales i bedrifter som har en relativt standardisert prosjektproduksjon.

## 6. Vurderinger rundt metoder

Før vi går over til å vurdere metodene vil det være nyttig med et lite tilbakeblikk. Et utvalg metoder for usikkerhetsanalyser er plukket ut for å studeres nærmere ut fra tre kriterier:

- Metodene skal være utviklet av internasjonalt anerkjente personer eller fagmiljøer,
- og/eller de skal være allment brukt, også internasjonalt,
- og/eller de skal være representative for de metodene som brukes i Norge.

I tillegg er et viktig kriterium at det skal være mulig å få innsikt i metodene innenfor en rimelig ressursbruk.

Ut fra dette var det naturlig å søke i litteraturen hvor vi fort fant to "altomfattende" metoder; Chapmans og Wards Shampu-metode og "usikkerhetsdelen" i PMI's PMBoK Guide. Med altomfattende i denne sammenheng menes at metodebeskrivelsen dekker hele prosessen rundt usikkerhetsstyring, eller om man vil, usikkerhetsledelse i prosjekter. En annen metode som fullt ut dekker analysedelen av usikkerhetsstyringen er Trinnvis kalkulasjon.

Vi valgte i tillegg å ta med et sett av støttemetoder som enten dekker deler av usikkerhetsanalysen, eller som er allment brukt som støtte i analyseprosessen. Det var også naturlig å se nærmere på de metodene som blir brukt av rådgivere som hadde rammeavtale med Finansdepartementet om kvalitetssikring av store statlige investeringer.

For å komplettere bildet så vi også etter metoder som blir brukt av store private prosjekteiere, og valget falt på Hydros Capital Value Prosess og støtteprosesser til denne.

Med støtte i beskrivelsen av de metodene vi har studert, har vi satt opp et sett med kriterier for hva vi mener kjennetegner en god og dekkende usikkerhetsanalyse. Siden flere av metodene beskriver hele prosessen for usikkerhetsstyring, har vi i dette enkelttilfellet latt oss friste til å tøy begrepet analyse til også å omfatte planlegging og oppfølging av tiltak.

Med suksesskriteriene som bakgrunn har vi fortatt en sammenstilling av metodene.

### 6.1 Suksesskriterier for analyser

For å kunne vurdere om en metode er god må vi først definere noen mål på en god metode. Her er det gjort ved å definere noen suksesskriterier for hvert steg i metodene. De definerte suksesskriteriene er en blanding av klare leveranser fra et analysetrinn til et annet, og mer eller mindre klart oppnådde resultater i form av enighet, forståelse, innsyn etc. Ikke alle suksesskriteriene er godt målbare. Noen ganger må man nøye seg med indikatorer. Gode indikatorer, suksessfaktorer, er de forhold som bør være til stede for å oppnå suksess. Vi skal her ta utgangspunkt i inndelingen som ble definert i tabell 2.1 i kapittel 2.

## Klargjøringer, mål og plan for analysen

En usikkerhetsanalyse bør starte med klargjøring av viktige forhold rundt prosjektet, samt avgrense det som skal være gjenstand for analyse. Med til oppstarten hører også definering av analysens mål og omfang, samt å utarbeide en plan for gjennomføringen av den.

### *Suksesskriterier:*

- Felles forståelse av prosjektmålene og prioriteringene og styringsprosessene
- Klart definert omfang av prosjektet, hva som er med og hva som ikke er med
- Definert ambisjonsnivå i tilknytning til sluttresultatet av prosjektet
- Felles forståelse av mål for usikkerhetsanalysen
- Tydelig avgrensning av analysen, både omfang og økonomisk
- Oversikt over de viktigste interessentene og deres mulige påvirkning på usikkerhetsbildet
- Interessentenes toleransegrense for usikkerhet er klarlagt
- Analysegruppen har felles ståsted for videre arbeid
- Avklarte suksesskriterier for analysen

## Identifisering og strukturering av usikkerhet og etablere kvalitativ modell

Neste oppgave er å identifisere prosjektets usikkerhetselementer, samt bygging av den kvalitative modellen som består av strukturering, rangering, klarlegging av koblinger, samt å klarlegge usikkerhetens påvirkning på prosjektet. Suksesskriterier:

- Alle relevante usikkerhetselementer og mulige hendelser med tilhørende kilder/årsaker er identifisert.

### *Suksessfaktorer:*

- At forholdet er et element i analyseprosessen
- Riktige personer gir input (de har motivasjon samt kunnskap om prosjektet).
- Prosesslederen har kunnskap, evner og tilgang på nødvendige verktøy for å skape den kreative prosessen som er nødvendig.
- Tilgang på historisk informasjon fra prosjektet og sammenliknbare prosjekter.
- Usikkerhetselementene er sortert i hensiktsmessige grupper.
- Alle koblinger mellom usikkerhetselementene og de ulike kostnadsbærerne i prosjektet er identifisert og beskrevet slik at påvirkning og usikkerhetsbidrag kan kvantifiseres.

### *Suksessfaktorer:*

- Samme som over
- Eventuelle korrelasjoner internt mellom kostnadsbærerne og internt mellom usikkerhetselementene er identifisert

- Usikkerhetselementene er rangert etter hvilken mulighet prosjektet har for å påvirke disse.
- Usikkerhetselementene er rangert etter en grovvurdering av sannsynlighet og konsekvens.
- Forutsetningene om usikkerhetselementene som skal ligge til grunn for estimeringen av kostnadsbærerne er klarlagt.
- Det er gjort scenariobeskrivelse av typen "optimistisk vurdert, pessimistisk vurdert, mest trolig" av de grupperte usikkerhetselementene.

### **Kvantifisering av usikkerhet**

Usikkerhet er en viktig faktor i beslutninger og styring. Det er derfor nødvendig å få den kvantifisert.

#### *Suksesskriterier:*

- Oversiktlig, kvantifisert korrelasjonsoversikt
- Riktig og forståelig kvantitativt mål på usikkerhet.

#### *Suksessfaktorer:*

- Riktige personer gir input (de har motivasjon samt kunnskap om prosjektet).
- Prosslederens har kunnskap, evner og tilgang på nødvendige verktøy for å skape den kreative prosessen som er nødvendig.
- Tilgang på historisk informasjon fra prosjektet og sammenliknbare prosjekter.
- Gode støttehjelpemidler
- Riktig forventet kostnad, tid, inntekt for prosjektet (avhengig av analysetype)

#### *Suksessfaktorer:*

- Samme som over
- Kvantitativt beskrevet sannsynlighet for å oppnå prosjektets mål (tid, kostnad, inntekt).
- Egen oversikt og behandling av den usikkerhet som kan karakteriseres som hendelsesusikkerhet

## Klassifisering og rangering

Etter at usikkerhetselementene er kvantifisert kan de rangeres etter kvantitative (og kvalitative) mål. Suksesskriterier:

- Rangert liste over de usikkerhetselementene som bidrar mest til den totale usikkerheten.
- Rangert liste over elementene som påvirker resultatet mest.
- Kvalitativ beskrivelse av de viktigste usikkerhetselementene (f eks beskrivelse, scenario, årsak/virkning, konsekvenser).
- Oversikt over behov for mer opplysninger og behovet for beslutninger

## Kvalitetskontroll

Analyseresultatene skal som oftest brukes til beslutninger og styring. Det er derfor viktig å kvalitetssikre det som hittil er gjort i analysen med dette for øye.

Suksesskriterier for at kvaliteten er god:

- Informasjonen som er benyttet oppleves som relevant og pålitelig.

### *Suksessfaktorer:*

- Prosessen har vært god.
- Kunnskapskilder/ekspertgrupper har vært riktig sammensatt.
- Grunnlagsdata er kvalitetssikret
- Referansene er relevant
- Tallmaterialet er gjenbrukbart.
- Deltagere i analysen oppfatter resultatet av analysen som troverdig og relevant.
- Rapporten fra analysen oppfattes som dekkende og relevant i forhold til de deler av prosjektet den var ment å dekke.

## Dokumentasjon og kommunikasjon

En god analyse sett fra analytikerens side, kan være lite relevant om en ikke sikrer at mottaker oppfatter og forstår hva analysen viser. Suksesskriterier for kommunikasjon av resultatene og analyseprosessen:

- Resultatene er fremstilt korrekt, objektivt og klart.
- Resultatene gir klare beslutnings-/styringssignaler
- Oppdragsgiver/beslutningstaker har forstått resultatene av analysen, og hva de innebærer.
- Resultatet oppfattes av mottaker som troverdig.
- Analyseprosessen og resultatet oppfattes av mottaker som relevant i forhold til prosjektet.

- Oppdragsgiver/beslutningstager kan benytte seg av resultatet til å gjøre beslutninger og styre usikkerheten i prosjektet. (Svaret får vi først når man ser hvordan resultatene blir brukt).

Selve usikkerhetsanalysen stopper ved dokumentasjon og kommunikasjon. Nesten alle metodebeskrivelsene inneholder imidlertid noe om planlegging og oppfølging av tiltak, og som sagt i innledningen til kapitlet har vi, for oversiktens skyld, valg å ta med dette også her.

### **Planlegging av tiltak**

Resultatene fra usikkerhetsanalysen bør brukes som grunnlag for å planlegge tiltak for å møte usikkerheten, øke mulighetene og redusere risikoen. Suksessfaktorer:

- Avsetninger er fastlagt med klart definert regime og rutiner for styring
- Alle usikkerhetselementene har fått en eier
- Det er etablert en tiltaksplan med tiltak for hvert usikkerhetselement, samt når tiltaket skal gjennomføres.
- Krise- evt. katastrofeplaner for alvorlige hendelser med definerte "trigger points" foreligger

### **Oppfølging**

Resultatene og tiltakslisten fra usikkerhetsanalysen bør brukes aktivt og bli en del av en kontinuerlig usikkerhetsstyring i prosjektet.

#### *Suksessfaktorer:*

- Usikkerhet blir en naturlig del av den "daglige" oppfølgingen.
- Prosjektets usikkerhetsbilde oppdateres kontinuerlig.
- "Usikkerhetskulturen" dreies fra en ren risikokultur mot en mulighetskultur.
- Beredskap mot kriser er etablert

## **6.2 Sammenstilling av metodene**

I dette kapitlet gjøres en sammenstilling av de forskjellige metodene som er presentert tidligere i rapporten. Sammenstillingen inneholder ikke sammendrag av de forskjellige metodene, da vi anser presentasjonen av den enkelte metode såpass knapp og oversiktlig at det ved hjelp av henvisningene til metodestegene skal være rimelig greit å søke tilbake. Det er derimot lagt vekt på å få frem "spesialiteter" som de enkelte metodene bidrar med til å gjøre analysene bedre, og derigjennom synliggjøre forhold det kan være lurt å se nærmere på, særlig med tanke på å utviklet metoder som enda bedre dekker behovet. De punktene som er tatt med her er mer eller mindre presentert i stikkords form, og det forutsettes at leseren går til metodebeskrivelsen eller grunnkilden for å få nærmere innsikt.

Metodebeskrivelsene er utarbeidet på bakgrunn av tilgjengelig utgitt litteratur, brosjyremateriell, underliggende materiale stilt til disposisjon fra firmaene, og intervjuer med nøkkel-



personell. Der det har vært praktisk mulig har det som er gjengitt i rapporten vært forelagt metodeeierne.

Både når det gjelder å tilrettelegge grunnlagsmaterieell, og når det gjelder vektlegging under intervjuene, kan det være forskjell på hva de enkelte mente det var viktig å få frem. Dette betyr at når vi har løftet frem noe i denne sammenstillingen, og samtidig knyttet dette til enkeltmetoder, betyr ikke det at ikke dette gjøres av andre også. Som vi senere kommer noe tilbake til er det mest typiske trekket ved analysene, og særlig de som er beskrevet av rådgiverne som er med i analysen, hvor like de er.

I vår gjennomgang har de definerte suksesskriteriene for hvert steg ligget i bunnen uten at vi har gjort noen detaljert sammenlikning mot det enkelte kriterium.

Sammenstillingen er først satt opp i en tabell hvor alle metodene er listet. Deretter kommer en henvisning til hvor i beskrivelsen av den enkelte metode vi finner mer om de punktene vi har trukket frem.

### **Klargjøringer, mål og plan for analysen**

Steket dreier seg om å klarlegge mål, omfang, avgrensninger og ambisjonsnivå for både prosjektet og usikkerhetsanalysen. I tillegg er det viktig å få oversikt over interessentene og deres krav, forventninger og påvirkningskraft. Å etablere en felles forståelse om prosjektet, analysen og suksesskriteriene innad i analysegruppen, er avgjørende for en god analyse.

Fra et initierende møte som bør finne sted mellom utførende part og bestiller av usikkerhetsanalysen, bør en definere hvilket ambisjonsnivå prosjektet har, samt hvilke elementer det består av. Denne avklaringen er nødvendig som grunnlag for senere vurderinger av f eks tid og kostnad. Med i agendaen til oppstartsmøtene hører også å avklare omfanget for selve analysen.

I metodebeskrivelsene fra rådgiverne gis det ingen spesifikke metoder for å klarlegge oppdragsgivers toleransegrense for usikkerhet. Statens vegvesen og Jernbaneverket har klare akseptkriterier for hvor stor spredningen i sannsynlighetsfordelingen for prosjektets investeringskostnader får være i forskjellige stadier av planleggingsfasen. Akseptkriteriet er knyttet til størrelsen på et 70 %-konfidensintervall som prosent av forventet kostnad.

Et av de viktigste elementene i dette steget er å avklare suksesskriteriene for analysen med oppdragsgiver. De fleste metodebeskrivelsene poengterer viktigheten av dette, men klare systematiske rutiner for oppgaven er vanskelig å finne.

Tabell 6.1 *Sammenstilling av metoder for klargjøringer, mål og plan for analysen*

Metode	Steg/ fase	Spesielt for metoden	Anmerkning
<b>Shampu</b>	1-2	Bruken av de 6 H-ene (egentlig W-ene: why, who, what, how, when og with). Definerer "show-stoppers"	
<b>Trinnvis-proses-sen</b>	1	Situasjonskart	
<b>PMI</b>	1		
<b>IRMA</b>	1	Strukturmodell, Oppførselsmodell, Indikatormodell	IRMA er egentlig en mal for utvikling av analysemodell
<b>Terramar</b>	1		Alle har en eller annen form for målanalyse for klargjøring av prosjektmålene. Mål, omfang og suksesskriterier for analysen blir også prioritert.
<b>PTL</b>	1	Situasjonskart	Litt mer utydelig er det hvorvidt det gjennomføres interessent-analyser.
<b>Metier</b>	1	Six Thinking Hats (Hvit hatt i dette trinnet)	
<b>Dovre</b>	1-2-3	Vekt på målprioritering	
<b>Holte-prosjekt</b>	1		
<b>Statens Vegvesen</b>	1	Definert akseptkriterium for hvor stor usikkerheten kan være., Situasjonskart.	
<b>Hydro PRM</b>	1		
<b>Støtte-meto-dene</b>			
• Logisk ramme- verk		Interessentanalyse, Målanalyse, Strategianalyse	
• Influ- ensdia- gram			I interessentanalysen

## Identifisering og strukturering av usikkerhet

Her dreier det seg om å få usikkerheten på bordet, og få den sortert og gruppert slik at det kan gjøres både kvalitative og kvantitative vurderinger av hvordan den kan virke inn på prosjektet, og hvordan den kan møtes. Viktig her er å etablere de forutsetningene om usikkerhetsfaktorene som skal ligge til grunn under estimering av kostnadsbærerne (evt. estimering av tidsbehovet for aktivitetene). Kort og godt er det snakk om å etablere en kvalitativ modell.

Tabell 6.2 *Sammenstilling av metoder for identifisering og strukturering av usikkerhet*

Metode	Steg/fase	Spesielt for metoden	Anmerkning
<b>Shampu</b>	2-4-5	Søker i tillegg å identifisere kildene/årsakene til usikkerheten, og allerede her begynne å tenke på løsningene. Viktig her er koblingen mellom årsaken, usikkerhetsvirkningen og løsningen.	
<b>Trinnvis-prosessen</b>	2-3	Gruppeprosess i godt sammensatte ressursgrupper	
<b>PMI</b>	2-3	Egen matrise for evaluering av usikkerhets-elementenes mulige innvirkning på prosjektets hovedmål.	
<b>IRMA</b>	2-3		
<b>Terramar</b>	2-3	<p>Precision tree som består av hendelsestre og influensdiagram. Hendelsestre benyttes primært for å forstå årsakssammenhenger mellom ulike usikkerhetsfaktorer bedre, for derved å hindre at samme forhold eller usikkerhetselement uriktig gir bidrag til ulike hendelser og dermed "overdimensjoneres" i forhold til usikkerhetsbildet.</p> <p>Terramar har også en oversiktlig metode for oppbygging av influensdiagram</p>	<p>Alle konsulentene benytter en eller annen form for matrise eller grupperingsmal for å sikre at ingen usikkerhetsområder blir glemt.</p> <p>De fleste har også mer eller mindre standardiserte oppsett for gruppering og strukturering av de identifiserte usikkerhetene. Dette kan for eksempel være gruppering etter påvirkning på prosjektmålene, påvirkbarhet, etc.</p>

Tabell 6.2 *Sammenstilling av metoder for identifisering og strukturering av usikkerhet*

Metode	Steg/ fase	Spesielt for metoden	Anmerkning
<b>PTL</b>	2		Det etableres også vanligvis en form for usikkerhetsregister.
<b>Metier</b>	2	Six Thinking Hats	
<b>Dovre</b>	4-5-6		
<b>Holteprosjekt</b>	1-2-3		
<b>Statens Vegvesen</b>	2-3	Gruppeprosess i godt sammensatte ressursgrupper	
<b>Hydro PRM</b>	2	Standard for usikkerhetsregister som skal følge prosjektet, og oppdateres ved alle "tollgates" og i gjennomføringsfasen	
<b>Støttemetodene</b>		SWOT, Scenarioanalyse, Grovanalyse, Hendelsestre, P/K-matrise	
• Logisk rammeverk		SWOT, Scenarioanalyse, Grovanalyse, Hendelsestre, P/K-matrise  Metode for analyse av usikkerhet knyttet til hvorvidt eller i hvilken grad suksessfaktorene er til stede.	

De fleste av metodene støtter seg på en eller annen form for gruppeprosess eller intervjuer av en sammensatt gruppe av personer med tilhørighet til prosjektet.

Et hjelpemiddel som synes å gå igjen for å sikre at ingen usikkerhetsområder blir glemt, er å samle de ulike usikkerhetselementene under noen relativt få overskrifter for å oppnå bedre oversikt over hva som er avdekket, samt lette behandlingen av disse senere i analysen. Det er også viktig å utnytte synergi i gruppen, da er sjansen mindre for at viktige usikkerhetselementer blir glemt.

Flere av metodebeskrivelsene til rådgiverne har skjemaer for scenariobeskrivelse hvor beskrivelsen av de enkelte usikkerhetselementene inneholder opplysninger om hva usikkerhetselementet virker på. Det bør utvikles et hjelpemiddel som sikrer en bedre og mer systematisk gjennomgang av disse sammenhengene.

Hvert usikkerhetselement beskrives etter det som er gjeldende forutsetning for kostnadskalkylen eller fremdriftsplanen, avhengig av hva som analyseres. Det er viktig at forutsetningene om disse usikkerhetselementene, som skal legges til grunn for kalkylen, er tydelig beskrevet, slik at alle kan basere sine kalkyletall på samme forutsetning. Vi har sakset følgende fra Statens vegvesens nye Håndbok 217 (SVV 2005). Håndboken benytter begrepet "in-

dre og ytre påvirkninger" Dette begrepet ligger nært opp til hva vi i dette kapittelet har kalt "usikkerhetslementer" eller "påvirkningsfaktorer".

*"Før vi går videre i prosessen skal en definere forutsetningene for de indre og ytre påvirkningene, som grunnkalkylen skal bygge på. Systematiseringen av de indre- og ytre påvirkningene bør derfor være gjort før en starter arbeidet med grunnkalkylen. Når det gjelder grunnforhold så kan grunnkalkylen for eksempel bygge på gjeldende geoteknisk rapport. Usikkerheten i om denne er riktig vil da være naturlig å legge i en indre og ytre påvirkning som kan hete grunnforhold.*

*Ved å etablere disse forutsetningene før en begynner med grunnkalkylen vil en unngå en del diskusjoner om forutsetninger når en kommer til vurderingen av de enkelte poster i kalkylen. Det er også viktig med tanke på å få grunnkalkylen til å bygge på de riktige forutsetningene. Hvis forutsetningene ikke defineres skikkelig kan en ende opp med ubensiktsmessig store kostnadsbidrag på de indre og ytre påvirkningene. Dette medfører fare for å få med ting dobbelt eller å være inkonsekvent vedrørende forutsetninger."*

### Kvantifisering av usikkerhet

Dette steget i analysen går ut på å koble kvantitative størrelser til den kvalitative modellen., og å foreta beregninger som gir et tilskudd av målbare størrelser til den nå kvalitative og kvantitative modellen.

Tabell 6.3 *Sammenstilling av metoder for kvantifisering av usikkerhet*

Metode	Steg/fase	Spesielt for metoden	Anmerkning
<b>Shampu</b>	6	En spesiell metode for kvantifisering av usikkerhet basert på årsaks- og konsekvensscenarier.	Metoden gir god innsikt, men er for krevende til at den i hvert fall på kort sikt blir "folkeie".
<b>Trinnvis-prosessen</b>	4-5	Skiller meget klart mellom usikkerhet i estimatene for de aktivitetene vi har planlagt å utføre, og usikkerhet knyttet til mulige hendelser og andre indre eller ytre påvirkningsfaktorer. Metoden er også sterkt koblet opp mot bruk av ressursgruppe, og input til kvantifiseringen skjer som en gruppeprosess.	Metoden er basert på en analytisk beregningsmodell basert på matematiske/statistiske regneregler.  Svakheten med en analytisk modell i forhold til simulering er at det er vanskeligere å beregne virkningen av korrelasjon.  I TK er dette søkt rettet på ved at virkningsårsaker som er felles for mange elementer isoleres og behandles for seg
<b>PMI</b>	4	Hendelsestre. Simulering	Input til dataprogrammene er sannsynlighetsfordelinger som for det meste etableres ved finne en passende kjent definert fordeling, og trippelanslag for å låse fordelingsfunksjonen.

Tabell 6.3 *Sammenstilling av metoder for kvantifisering av usikkerhet*

Metode	Steg/fase	Spesielt for metoden	Anmerkning
<b>Terramar</b>	4	Monte Carlo-simulering. Korrelasjonsmatrise	
<b>PTL</b>	3	Monte Carlo-simulering. Korrelasjonsmatrise	
<b>Metier</b>	3	Både analytisk beregning og simulering	Det er viktig å enten sørge for størst mulig statistisk uavhengighet mellom alle elementene eller å modellere inn de viktigste korrelasjonene. (Se for øvrig Conceptrapport nr. 13 om feilkilder i metoder og beregninger)
<b>Dovre</b>	7	Skaper en deterministisk basiskalkyle og samler all usikkerhet i usikkerhetselementene. Egenutviklet regnearkmatrise hvor virkningene fra usikkerhetselementene blir lagt på kostnadsbærerne.	
<b>Holteprosjekt</b>	3	Analytisk beregningsmodell med isolering av fellesårsaker	Alle rådgiverne fremstiller analyseresultatet i form av akkumulert sannsynlighetsfordeling (S-kurve), og synliggjør usikkerheten i form av ”tornadodiagram”.
<b>Statens Vegvesen</b>	4-5	Som i Trinnvisprosessen.  Maler for dokumentasjonsgrunnlag	
<b>Hydro PRM</b>	3	Kvantifiserer usikkerheten i både en poengskala eller ”risikonivåskala”, og i pengeverdier.	
<b>Støttemetode</b>		Konsekvensmatrise, Fuzzy logic, Scenarioanalyse, Følsomhetsanalyse	

Hvorvidt resultatet er riktig kan bare vurderes gjennom å se på suksessfaktorene og eventuelt referansemateriell.

Noen rådgivere angir at de benytter korrelasjonsmatriser som hjelp for å modellere inn følgene av avhengighet mellom kalkyleelementene. Generelt savnes imidlertid klart beskrevne rutiner for å få oversikt over korrelasjonene, og deretter få tatt hensyn til virkningen av dem.

Se Conceptrapportene nr. 11 "Usikkerhetsanalyse - Modellering, estimering og beregning", og nr. 13 "Usikkerhetsanalyse - Feilkilder i metode og beregning".

Flere av metodene ivaretar hendelsesusikkerhet og estimatusikkerhet i samme operasjon. Det som er litt uklart i enkelte beskrivelser er hvordan de ivaretar et krav om å skille mellom disse.

### Klassifisering og rangering

Modellen skal her bygges videre ut ved at usikkerhetselementene rangeres, og derved skape grunnlag for beslutninger og fremtidig styring.

Tabell 6.4 *Sammenstilling av metoder for klassifisering og rangering av usikkerhet*

Metode	Steg/fase	Spesielt for metoden
<b>Shampu</b>	7	Rangering etter <ul style="list-style-type: none"> <li>• Virkning</li> <li>• Løsningsmulighet</li> <li>• Behov for data eller avgjørelser</li> </ul> Kvalitativ og kvantitativ beskrivelse av prosjektets og moderorganisasjonens risikoeffektivitet
<b>Trinnvis-prosessen</b>	5	Rangering etter usikkerhetens størrelse. (Topp 10-liste)
<b>PMI</b>	3-4	Rangering etter behov for oppmerksomhet
<b>Terramar</b>	4	Rangering etter usikkerhetens størrelse, samt oversikt over oppside/nedside-potensialet
<b>PTL</b>	4	Rangering etter usikkerhetens størrelse, samt oversikt over oppside/nedside-potensialet og styrbarhet.
<b>Metier</b>	3	Rangering etter usikkerhetens størrelse, samt oversikt over styrbarhet.
<b>Dovre</b>	7	Rangering etter usikkerhetens størrelse, samt oversikt over oppside/nedside-potensialet og styrbarhet.
<b>Holte-prosjekt</b>	2-3	Benytter en klassifiseringsmatrise basert på hvor kjent de usikre forhold er, og påvirkbarheten. Rangering etter usikkerhetens størrelse, samt oversikt over styrbarhet.
<b>Statens Vegvesen</b>	5	Som i Trinnvisprosessen

Tabell 6.4 *Sammenstilling av metoder for klassifisering og rangering av usikkerhet*

Metode	Steg/ fase	Spesielt for metoden
<b>Hydro PRM</b>	3	<p>Risikoene fordelt i følgende kategorier:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Risikoer som krever oppfølging: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hovedrisikoer for prosjektet. Risikoer som vil ha en stor innvirkning på prosjektet om de inntreffer. Disse risikoene krever nøye oppfølging på ledelsesnivå.</li> <li>- Risikoer i kontraktsområdet. Risikoer som vil ha en moderat innvirkning på prosjektet om de inntreffer. Disse risikoene krever nøye oppfølging på Contract Area nivå.</li> <li>- Observasjonslisterisikoer. Andre eller tredjeordens risikoer som verken blir nøye oppfulgt eller utelukket.</li> </ul> </li> <li>• Ubetydelige risikoer. Risikoer som vil ha svært liten innvirkning på prosjektet om de inntreffer. Disse risikoene blir utelukket.</li> </ul>
<b>Støtte- metode</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Følsomhets-analyse</li> </ul>		



Vi ser at rangeringskriteriene er mange.

- Etter usikkerhetens størrelse
- Etter påvirkbarhet
- Etter innvirkning på sluttresultatet (følsomhet)
- Etter løsningsmuligheter
- Etter behov for nye data eller avgjørelser
- Etter behov for oppmerksomhet/oppfølging
- Oppside-/ nedsiddepotensialet
- Etter hvor usikkerheten eventuelt vil virke

Alle disse rangeringene har to klare formål:

- Å støtte beslutninger om tiltak
- Å være til hjelp for styring

De gir alle viktige signaler om hvor det er nødvendig å konsentrere fokus, og vi anbefaler en sammenstilling i for eksempel en tabell som vist nedenfor som viser hvor i rekkefølgen usikkerheten er etter de forskjellige rangeringene. (Tabellen er bare en antydning om hvordan en kan tenke seg en sammenstilling som gir kunnskap og oversikt.)

UE	Usikk. størrelse	Påvirkbarhet	Følsomhet	Løsning	Data-behov	Behov for oppmerksomhet	Opp / Ned	Vil virke på
Marked	1	L	1					Alt
Interessenter	2	M	3					Alt
Kostnadsbærer D	3	S	6					
-----	4							
-----	5							HP1-3
-----	6							
-----	7							
-----	8							
-----	9							
-----	10							

**Figur 6-1** *Forslag til sammenstilling av usikkerhet etter forskjellige rangeringer*

En følsomhetsanalyse vil avsløre hvilke av kostnadsbærene eller usikkerhetselementene hvor endringer i forhold til forutsatt vil ha størst virkning på resultatet. Se kapittelet om følsomhetsanalyse lenger framme i rapporten.

## Kvalitetskontroll

Kvalitetskontrollens oppgave er å sikre relevans og pålitelighet (validitet og reliabilitet). Nesten alle usikkerhetsanalyser har som underliggende formål å tilpasse kartet til terrenget, å danne grunnlag for beslutninger, å avdekke behovet for proaktive tiltak, og å berede for fremtidig styring. Det vil derfor være påkrevet å i hvert fall vurdere sluttresultatets relevans i forhold til dette.

Hvor pålitelige resultatene er, blir oftest et spørsmål om pålitelighet av input og behandling av inputtallene. Vurderinger som er gjort andre steder i delprosjektet konkluderer med at det er i input de største feilene gjøres, og kvalitetsvurderingene vil ofte gå på de prosessene som ligger til grunn for å fremskaffe både fakta og subjektivt vurdert input.

Tabell 6.5 *Sammenstilling av metoder for kvalitetskontroll av usikkerhetsanalyser*

Metode	Steg/fase i metodebeskrivelsen	Spesielt for metoden	Anmerkning
<b>Shampu</b>	8	Vurderer relevans opp mot <ul style="list-style-type: none"> <li>• Prosjektets referanseplaner</li> <li>• Prosjektets strategiske og taktiske planer (referanseplaner med mer eller mindre bearbejdede løsninger)</li> <li>• Prosjektets krise- eller katastrofeplaner</li> </ul>	
<b>Trinnvisprosessen</b>	5	Har et evalueringstrinn hvor det forutsettes å stille noen spørsmål	
<b>PMI</b>	3-4		
<b>Terramar</b>	4		Alle rådgiverne anbefaler en <i>referansesjekk</i> , men ingen har definert denne som en del av usikkerhetsanalysen
<b>PTL</b>	4	Vurderer sluttresultatet mot "magefølelsen" uttrykt ved utfylling av situasjonskartet	
<b>Metier</b>	4	Sluttvurdering av prosessen (Bonos "blå hatt")	
<b>Dovre</b>	7		
<b>Holteprosjekt</b>	3		
<b>Statens Vegvesen</b>	5	Sluttvurdering av prosessen (Bonos "blå hatt")	
<b>Hydro PRM</b>	3		

I de metodebeskrivelsene vi har gått gjennom er det ikke så mange klart beskrevne prosedyrer for kvalitetskontroll. Statens Vegvesen har imidlertid i sin nye utgave av håndbok om kostnadsoverslag og usikkerhetsanalyser (SVV 2005) viet temaet noe oppmerksomhet;

Overskriftene i en sjekklister er:

- Er det forhold ved kostnadsoverslaget som virker urimelig?
- Er kostnadsoverslaget realistisk?
- Har vi holdt oss til oppgaven?
- Har vi fått med oss alt?
- Er kostnadsoverslaget godt nok til vår formål?
- Er anslaggruppen fornøyd med kvalitetssikringen av kostnadsoverslaget?

Informasjonen som blir brukt må komme fra pålitelige og sikre kilder. Ressurspersonene i analysen må også kunne forstå informasjonen som skal benyttes. Tallmaterialet som benyttes må være gjenbrukbart. Med dette menes at tallmaterialet er normalisert slik at det kan benyttes generisk, eller gjort sammenliknbart med forholdene i det aktuelle prosjekt. (Se om gjenbrukbarhet av innsamlet materiale i kapittel 5).

Referansesjekk eller referanseanalyse er mye brukt som en kvalitetssikring av kostnadsoverslag. Referansetallene kan være mulig å fremskaffe på flere detaljningsnivåer, men så langt vi har sett er det mest vanlig å gjøre sammenlikninger mot et eller flere sammenliknbare prosjekter på grovt elementnivå. Referansesjekk som metode er imidlertid ikke særlig systematisert, og så langt vi har sett har det heller ikke vært noen samlet satsing for å finne fram til en god praksis. Bent Flyvbjerg skisserer en fremgangsmåte som han kaller "Reference class forecasting" (Flyvbjerg et.al, 2005). Metoden går i korthet ut på å samle data fra så mange sammenliknbare prosjekter at man kan etablere noen sannsynlighetsfordelinger over viktige parametere. Disse sannsynlighetsfordelingene kan siden brukes til å vurdere sannsynlige utfall for de samme parametere i "vårt" prosjekt.

Den beste kvalitetssikringen av selve analyseprosessen er tilbakemeldinger fra ressurspersonene har deltatt. Ut fra deres "magefølelse" kan en korrigere prosessen underveis, og etterpå gjøre en vurdering av eventuelle skjevheter, og korrigere for disse. Kanskje har en for eksempel vært for optimistisk eller for pessimistisk i analysen, og finner det riktig å korrigere sluttresultatet for dette.

Rutiner for kvalitetssikring er enten ikke beskrevet, eller dårlig beskrevet, i alle metodebeskrivelsene vi har gått gjennom. Vi tar imidlertid som en selvfølge at alle profesjonelle aktører kvalitetssikrer sine analyser, og vi har ingen indikasjoner fra våre generelle erfaringer på at dette ikke blir gjort. Vi vil derfor oppfordre til en intern innsats hos de enkelte aktører for å få rutineene skikkelig beskrevet.

## Dokumentasjon og kommunikasjon

Et av de viktigste elementene i usikkerhetsanalysen er presentasjon av resultatene, eller rettere sagt kommunikasjon av resultatene. I det siste ligger at presentasjonen må være slik at de som har bruk for den kunnskapen som nå foreligger må forstå hva de får, og hva det innebærer for beslutningene og behov for tiltak. Dette betyr at presentasjonen må tilpasses mot-taker, som igjen innebærer at den antakelig bør bestå av noen standardpresentasjoner og en tilpasset del.

Tabell 6.6 Sammenstilling av metoder for dokumentasjon og kommunikasjon av analyseresultatene

Metode	Steg/fase i metode-beskrivelsen	Spesielt for metoden	Anmerkning
Shampu	8		
Trinnvispro- sessen	6-7		
PMI	3-4		
Terramar	5	S-kurve, tornado (grafisk rangering etter størrelsen av usikkerheten), rangering etter påvirkbarhet, rangering etter oppside-/nedsida-potensialet, scenariobeskrivelse av usikkerhetsfaktorene, mulige tiltak for å spare, anbefalte tiltak for å håndtere usikkerheten, anbefalte avsetninger og tilhørende styringsregime, anbefalte styringsmål, oversikt over eierskap til usikkerhet og hvem som er best egnet til å håndtere den.	Terramar påpeker viktigheten av at kommunikasjonen "går i en loop gjennom hele analysen"
PTL	5		
Metier	4		
Dovre	8-9		
Holtepro- sjekt	3		
Statens Vegvesen	5-6	Hvordan kostnadsanaly- sen oppfyller akseptkrite- riet	
Hydro PRM	3		
Støttemeto- der		Logisk rammeverk, SWOT, Influensdiagram, Grovanalyse, Scenario, Følsomhet, P/K-matrise, Fuzzy logic	

Vi tror at et av de største potensialene for forbedringer i forhold til det som gjøres i dag ligger i dette steget. God kommunikasjon inneholder elementer av gjensidig informasjon, forståelse og ikke minst læring. Skal dette oppnås kreves planlegging. Derfor bør det i samarbeid med oppdragsgiver, og før analysen starter, utarbeides en kommunikasjonsplan som tar hensyn til oppdragsgivers behov for å følge prosessen, behov for spesielle opplysninger og forklaringer, og behov for å øke egen kompetanse.

Denne rapporten, eller forskningsprosjektet for øvrig, har ikke viet stor oppmerksomhet til rapporteringen og de visuelle fremstillingene av resultatene fra analysene. Vi ser imidlertid at det kan være behov for å rette et kritisk blikk mot dette, og hele tiden tenke i retning av videreutvikling. Når det er sagt vil vi også påpeke at det samtidig er viktig at det innenfor et fast regime er gjenkjennbarhet i rapporteringen. Dette peker i retning av en viss standardisering, som igjen krever at utviklingen skjer som en koordinert innsats.

### **Planlegging av tiltak**

Tiltaksanalyse er en naturlig avslutning av usikkerhetsanalysen. Tiltaksanalysen innebærer å ta tak i de viktigste resultatene fra usikkerhetsanalysen så langt, og vurdere behovet for tiltak, finne frem til og vurdere alternativer, og utarbeide anbefalinger. Det hører også med å identifisere (det mest naturlige) eierskapet til usikkerhetene, og en plan for gjennomføring av anbefalte tiltak.

Avsetninger og et fast regime for hvordan de skal utløses, er en viktig forutsetning for god usikkerhetsstyring. Med til tiltaksanalysen hører en anbefaling om dette, og en plan for videre vedlikehold av usikkerhetsbildet, og styring av usikkerheten gjennom prosjektet.

Vi anbefaler å etablere styringsmål med tilhørende avsetninger på flere nivåer. For eksempel styringsmål for prosjektleder på P25, styringsmål for moderorganisasjonen på P50, og ramme for prosjekteier på P85. Hvor høyt beløp rammen skal legges på er avhengig av hvor sikker man vil være for å ha penger nok. Differansen mellom disse målene er å betrakte som avsetninger som skal dekke overskridelser på lavere nivå, men styres av nivået over.

Det anbefales å bruke ressurspersonene fra analyseprosessen til å identifisere eierne av usikkerhetene, tiltak mot usikkerhet osv. Dette gjøres gjennom enkeltintervjuer eller gruppeintervjuer. Tiltakslisten bør også etableres i dialog med eierne av usikkerheten. Grunnen til dette er antakelsen om at de som er utplukket til ressurspersoner i utgangspunktet er de som vet mest om prosjektet og som innehar den fagkunnskapen som er nødvendig. I tillegg har deltakelse i analyseprosessen med tilhørende synergieffekter gitt disse personene en dypere innsikt i prosjektet og problemstillingene som gjør at det nærmest må betraktes som sløseri å ikke høste det som er mulig fra denne innsikten.

Krise- og katastrofeplaner bør selvfølgelig ha sitt utspring i prosjektet, men bør også være en del av hele organisasjonens styringsfilosofi.

Tabell 6.7 *Sammenstilling av metoder for planlegging av tiltak*

Metode	Steg/fase i metodebeskrivelsen	Spesielt for metoden	Anmerkning
<b>Shampu</b>	2,5,9	Har som grunnfilosofi at identifisering og planlegging av tiltak skal være en del av alle steg i analyseprosessen.  Har som grunnfilosofi at identifisering og planlegging av tiltak skal være en del av alle steg i analyseprosessen.	
<b>Trinnvisprosessen</b>	7	Egen sjekkliste	
<b>PMI</b>	5	En analyse av eierskap til usikkerhetene, og fordeling av ansvar for håndtering. Fire strategier for håndtering: Unngåelse, overføring, dempe virkning, akseptere (leve med).	
<b>Terramar</b>	6		Eget steg
<b>PTL</b>	6		Eget steg
<b>Metier</b>	4		Handlingsplan som del av en ytre prosess
<b>Dovre</b>		Har de samme fire strategiene som PMI + en viktig om å forsøke å utnytte usikkerheten	
<b>Holteprosjekt</b>	3		Eget steg
<b>Statens Vegvesen</b>	7		Eget steg
<b>Hydro PRM</b>	4		Eget steg
<b>Støttemetoder</b>		Logisk rammeverk	

## Oppfølging

Dette steget er egentlig ikke en del av selve usikkerhetsanalysen, men er en nødvendig del av usikkerhetsstyringen. Poenget er å skape et forhold til usikkerhet og usikkerheshåndtering på linje med det man har til andre viktige elementer i en prosjektgjennomføringsprosess. Usikkerheten må synliggjøres og håndteres, og usikkerhetsbildet med sine muligheter og risiki må kontinuerlig oppdateres gjennom prosjektets gang. Tiltaksplaner må utarbeides og følges opp på basis av det til enhver tid gjeldende usikkerhetsbildet.

Tabell 6.8 *Sammenstilling av metoder for oppfølging av usikkerhetsbildet*

Metode	Steg/fase i metodebeskrivelsen	Spesielt for metoden	Anmerkning
<b>Shampu</b>	9		Eget steg
<b>Trinnvisprosessen</b>		Ikke med i Trinnvisprosessen	
<b>PMI</b>	6	Eget steg som peker på viktigheten av å oppdatere usikkerhetsbildet, og å være våken for nye symptomer på usikkerhet.  Anbefaler å etablere en database over usikkerhetene som basis for erfaringsoverføring.	
<b>Terramar</b>		Del av totalanalyse	
<b>PTL</b>			
<b>Metier</b>			
<b>Dovre</b>			
<b>Holteprosjekt</b>			
<b>Statens Vegvesen</b>		Del av styringssystemet	
<b>Hydro PRM</b>		Del av totalanalyse innenfor CVP	

Dette forskningsprosjektet har et mandat som begrenser seg til usikkerhetsanalyser. Usikkerhetsstyringen er derfor ikke viet stor oppmerksomhet. Vi vil likevel trekke fram tre punkter som vi mener er spesielt viktig å få med i en fremtidig utvikling mot mer styring av usikkerhet:

- Usikkerhet blir en del av den "daglige" oppfølgingen.
- Prosjektets usikkerhetsbilde oppdateres kontinuerlig.
- "Usikkerhetskulturen" dreies fra en ren risikokultur mot en mulighetskultur.

## Generelle funn og betraktninger

Hva som er gode prosessuelle eller metodemessige grep i de forskjellige analysestegene er så avhengig av konteksten rundt analysen, og analysemiljøet generelt, at vi ikke vil gi oss ut på å vurdere metodene opp mot hverandre. Det mest karakteristiske trekket ved metodene er at de er svært like. Særlig gjelder dette de analysebeskrivelsene som kommer fra rådgiverne.

Alle synes å anvende gruppesamlinger i deler av analysen. Gruppen anvendes mest i forbindelse med kreative prosesser hvor det er viktig å få synergieffekter. Gruppesamlingen suppleres med intervjuer av ressurspersoner, delvis på emner som ikke har vært behandlet i gruppen, men oftest for å få utdypet spesielle forhold fra gruppesamlingen ytterligere. Blant rådgiverbedriftene er det litt varierende syn på bruken av grupper; fra PTL og Metier hvor en ressursgruppe sammensatt av fagfolk i og utenfor prosjektet og en strukturert gruppeprosess er en betydelig del av hele analysen, til Dovre hvor direkte intervjuer av fagfolk er et mer dominerende del av inputarbeidet.

Et fellestrekk ved alle metodene er at det startes med å etablere et felles ståsted for oppdragsgiver, analyseleder og ressurspersonene ved bl.a. en klargjøring av mål og omfang både for prosjektet og analysen. Det synes også å være et fellestrekk at man i identifiseringssteget benytter hjelpemidler for å hindre at viktige usikkerhetsområder kommer i skyggen. Disse hjelpemidlene kan være forskjellige former for risikoregistre og sjekklister, eller matriser som viser usikkerhetstyper eller -kilder.

Typisk for alle analysemetodene er også at det etableres og beskrives en kvalitativ scenarionmodell som er basis for senere kvantifisering. Kvantifiseringen av de forskjellige elementene består i å først anta en standard sannsynlighetsfordeling, og så finne den eksakte tetthetsfunksjonen ved å fastlegge noen punkter på kurven. I de "norske" metodene fastlegges disse punktene ved trippelanslag basert på subjektive vurderinger. Shampu har en noe mer komplisert anslagprosedyre, mens PMI mer er en systembeskrivelse som åpner for å bruke det som passer best i den enkelte situasjon. I de metodene hvor sannsynlighetsfordelingene etableres ved direkte anslag av punkter på tetthetskurven er det et gjennomgående trekk at dette gjøres ved trippelanslag av bestemte kvantiler i en "klokke"- eller trekantfordeling, (noen ganger er en kvantil erstattet av en annen typisk størrelse som for eksempel forventningsverdi eller mode).

Når det gjelder tallbehandling er Monte Carlo-simulering mest brukt. Trinnvis kalkulasjon og metoder som er basert på "Successiv Calculation" benytter en analytisk tilnærming basert på statistiske regneregler. Flere av beskrivelsene av de metodene som benytter simulering angir at inngangsdataene suppleres med korrelasjonsmatriser. Ingen har imidlertid noen god beskrivelse av hvordan man systematisk går frem for å få input til korrelasjonsmatrisen.

Kvalitetskontrollen av inngangsdata, prosess og sluttresultater er et viktig element for å sikre både relevans og pålitelighet. Ingen av metodene har beskrevne prosedyrer for dette.

Når det gjelder presentasjon og kommunikasjon om analysen og resultatene er S-kurven standard. De aller fleste presenterer også en rangering av usikkerhetsmomentene etter hvor mye de bidrar til den totale usikkerhet, gjerne da i form av et tornadodiagram (også kalt Paretdiagram). Det synes også som om en eller annen form for beskrivelse av hva som ligger til grunn for en optimistisk - en pessimistisk - en mest sannsynlig vurdering er standard hos de fleste. Vi har ikke funnet noen gode eksempler på kommunikasjonsplan.



Tiltaks-identifisering og -planlegging er også et element som går igjen. Noen betrakter dette som en del av usikkerhetsanalysen, og noen har det med i sin beskrivelse av en totalprosess for usikkerhetsstyring. Rådgiverne som har vært med i undersøkelsen har alle implementert KS-ordningens modell for anbefalinger om avsetninger.

I det materialet vi har gått gjennom savnes innslag av tydelige og systematiske mulighetsanalyser i forbindelse med identifiseringen, eller etter at usikkerhetselementene er brakt på bordet. Vi tror at det generelt er hva vi vil kalle en risikokultur når man tenker på usikkerhet. For at dette skal bli mer balansert trenger vi å arbeide for å fremme en mulighetskultur. Et ledd i å snu på dette vil være at det i usikkerhetsanalysene legges inn seanser hvor mulighetene er i fokus. Shampu-metoden har noe i retning av dette, og systematiske SWOT-analyser vil kunne være et hjelpemiddel.

Ellers aner vi en viss forskjell på hva vi vil kalle en skandinavisk tradisjon, representert ved Trinnvis kalkulasjon og alle rådgivernes metoder, og en mer angelsaksisk tilnærming representert ved Shampu, PMI og Hydros PRM. Den forskjellen som synes tydeligst er måten å skaffe seg input på. Skandinavisk tilnærming synes å være mer direkte og knyttet til subjektive vurderinger, mens Shampu og andre søker å "vitenskapeliggjøre" inputmetodene ved å gå veien via statistisk hjelpemidler.

Der vi fortsatt ser et stort udekket behov, særlig for offentlige prosjekter som går over lang tid, er metoder for å fange opp den usikkerheten som ligger i at man neppe om 10, 15, 20 år kommer til å bygge akkurat det prosjektet som man har planlagt og kalkulert i dag.

## 7. Metoder - vegen videre

Vi vil avslutte denne rapporten med noen korte refleksjoner over hva vi, med basis i det som har kommet frem under forskningsprosjektet, mener er viktige elementer som det bør forskes videre på.

Det er fortsatt mye å hente på å forbedre usikkerhetsanalysene, men det største potensialet ligger, når alt kommer til alt, i hvordan vi tar konsekvensene av analyseresultatene, og i hvordan usikkerheten blir håndtert gjennom hele prosjektet. De elementene som er listet nedenfor er plukket ut på basis av et slikt helhetsperspektiv.

De to første punktene er knyttet til forbedring av analysene

1. Forbedre kvaliteten på inngangsdataene
2. Gjette bedre om fremtiden

Det siste gjelder hvordan vi totalt forholder oss til usikkerhet i virksomheten

3. Utvikle usikkerhetsledelse

### 7.1 Forbedre kvaliteten på inngangsdataene

Det er flere faktorer som må være på plass for å sikre en fullt ut vellykket usikkerhetsanalyse, men bare noen få som er helt avgjørende for å hindre en mislykket analyse. En av disse er, som vi har påpekt ved flere anledninger i rapportserien, metodiske grep for å sikre relevant og pålitelig input. Et av inpulementene som er mye brukt, men hvor feil gir store utslag, er tripplestimer for å etablere sannsynlighetsfordelinger over for eksempel kostnader for de forskjellige kostnadsbærerne.

Som et eksempel på hva vi mener kan være en god innfallsvinkel for videre forskning vil vi gi en kort omtale av et arbeid gjennomført av Magne Jørgensen, Simula Research Laboratory & Universitetet i Oslo, og Karl Halvor Teigen, Psykologisk institutt, Universitetet i Oslo. (Jørgensen og Teigen, 2005).

Jørgensen og Teigen setter søkelyset på et forhold som i en årrekke har vært en "etablert sannhet" i prosjektledelsesmiljøet, nemlig at vurderingene av et konfidensintervall, selv i grupper, har vært alt for "trange". Innenfor prosjeklitteraturen har dette forholdet imidlertid, så vidt vi har registrert, aldri vært grundig behandlet og dokumentert. Jørgensen og Teigen har gjennom studier av litteratur og egne undersøkelser rundt estimeringsnøyaktighet, særlig i forbindelse med datautviklingsprosjekter, vist at de antakelsene som gjøres av hvor sikkert et estimat er, er svært overdrevet. Typisk vil et intervall som antas å være 98 % sikkert i virkeligheten bare dekke 60 - 70 % av utfallene.

Dette innebærer at når vi er henvist til å benytte subjektive vurderinger og trippelanslag som input i usikkerhetsanalysene synes det å være stor sannsynlighet for at spredningen blir sterkt undervurdert.

Jørgensen og Teigen konkluderer med at dette skyldes at måten man fastsetter sannsynlighetsfordelingene på er for vanskelig. Mennesker har vansker med å forholde seg til størrelser som 10 eller 90 % sikkert. En undersøkelse gjort blant norske IT-bedrifter viser at dataprogrammerere i gjennomsnitt ga de samme svarene på min- og maks- anslag for en arbeidsmengde uavhengig av om de ble instruert til å være 70 %, 90 % eller 99 % sikre, og at estimert nødvendig arbeidsinnsats for prosjekter blir overskredet med mer enn 25 % i 70 % av tilfellene.

De mener at spørsmål i retning av; *"Hva er sannsynligheten for at et element med forventet kostnad på 300 tusen kan bli 20 % dyrere"*, eller enda bedre *"hvor ofte har elementer med liknende estimeringskompleksitet blitt overskredet med mer enn 20 %?"*, er mye lettere å forholde seg til. Særlig det siste spørsmålet er en parallell til de tanker som ligger bak Flyvbjergs ideer om "reference forecasting" (Flyvbjerg et.al., 2005).

Jørgensen og Teigen har også gjort forsøk med en metodisk tilnærming basert på tre steg for å få mer riktige interallestimater. Metoden er nærmere beskrevet i Jørgensen og Teigen (2005).

De tradisjonelle "prosjektmiljøene" har i en årrekke fokusert på teknikker, verktøy og metoder når det gjelder usikkerhetsanalyser. Mye av dette har blitt bra, og vi mener at de analysemetodene som anvendes i Norge tåler internasjonal sammenlikning. På vurderingssiden mener vi imidlertid det er mer å hente, og en av de veiene vi vil anbefale er å se nærmere på resultatene fra vurderingsforskningen innen psykologien.

## 7.2 Gjette bedre om fremtiden

I en undersøkelse som ble gjennomført i forvaltningen (Se Conceptrapport nr. 10 "Usikkerhetsanalyse - Kontekst og grunnlag") slås det utvetydig fast at den største usikkerheten ligger i det å få gjennomført "de beste prosjektene", og intervjuobjektene har helt klart kommunisert at usikkerheten er vesentlig større knyttet til hvordan prosjektene dekker de behovene samfunnet til en hver tid har, sammenlignet med hvordan usikkerheten i kostnadsoverslaget for et planlagt prosjekt er.

Det etterlyses et betydelig større fokus på å kartlegge samfunnets behov, og så tilpasse og velge det prosjektet som best kan dekke disse behovene. Man trenger derfor overordnede og rasjonelle konseptvalg som i hovedsak tar utgangspunkt i vurderingene av behov og nytte.

Den største usikkerheten knyttet til behov er det faktum at behovene endres, både i mengde og type. Intervjuobjektene har sagt at å kartlegge dagens behov ikke er så vanskelig. Derimot ligger det en vesentlig usikkerhet i hvordan behovene vil være i fremtiden. Dette er et viktig tema, fordi de fleste offentlige prosjekter skal gi gevinster i mange titalls år, og da er det vesentlig å investere i prosjekter som er i stand til å svare på behovene langt fram i tid.

De tradisjonelle tanker om behovsendring i denne sammenheng er basert på prognoser om for eksempel trafikkutvikling. Vi er ubetinget enige med de som hevder at forbedringer i arbeidet med å fremskaffe de beste prognosene vil være et godt bidrag til å redusere usikkerhet. Imidlertid er det en annen hovedkilde til stor usikkerhet, særlig i offentlige prosjekter, som synes å ha noe for liten oppmerksomhet. Det dreier seg om de skiftende krav og for-

ventninger som publikum har til hva prosjektet skal dekke av behov, og hva som kan tolereres av ulemper som følge av prosjektet.

Mange statlige prosjekter, særlig de som inneholder elementer av lokaliseringsproblematikk, beslagleggelse av grunn, ulemper for deler av befolkningen eller berører natur eller verneinteresser, kan ha en svært lang modnings- og planleggingstid. Samferdselsprosjekter inneholder flere av disse elementene. Tiden fra man starter den første planleggingen til det for eksempel settes trafikk på veien tar gjerne minst ti år, og det finnes eksempler på at slike prosjekter har vart i over 30 år.

I løpet av så lang tid vil samfunnet, og derved våre prosjektforutsetninger, gjennomgå store endringer. Det skjer en gradvis endring i synet på hva som er viktig, og hva vi kan tolerere av ulemper.

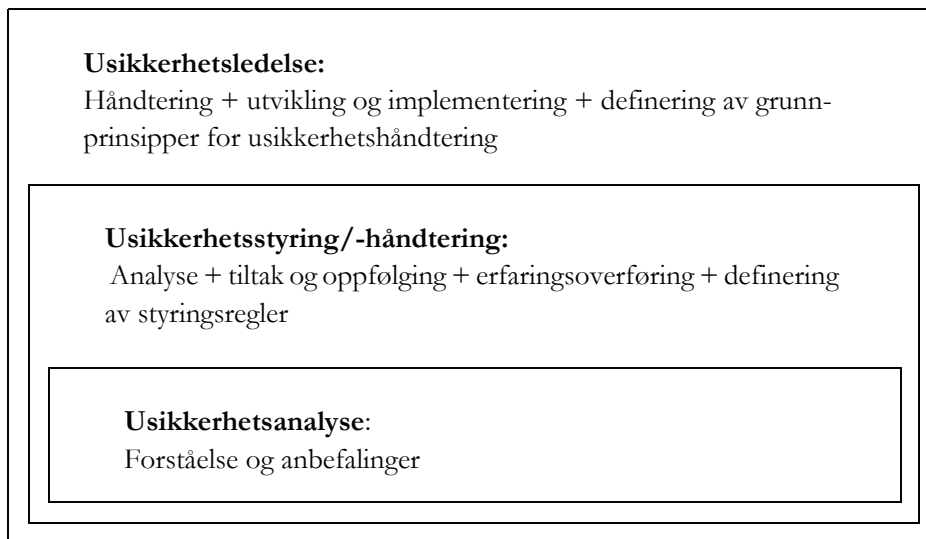
Det kan også skje noe dramatisk som gjør at vi kollektivt skifter fokus på hva vi oppfatter som risikabelt eller trussel mot velferd, liv og helse.

Det viser seg gang på gang at vi har svært vanskelig for å forestille oss hvor omfattende endringene i hva vi oppfatter som et nødvendig behov kan bli i løpet av en tidsperiode på 15-20 år. Dette fører til at når vi i tidligfasen av for eksempel et vegprosjekt skal bedømme usikkerhetsbildet med hensyn på kostnader, så er det en tendens til at vi ser for oss at dagens situasjon eller dagens trend vil være "evig".

Hvis helhetlig langtidsplanlegging skal bli bedre må vi få utviklet metoder som kan bedre enn i dag si noe om hvilke behov som må innfris og hvilken ressursinnsats som sannsynligvis kreves for å gjennomføre det prosjektet som vil være aktuelt på det tidspunktet det faktisk gjennomføres. Dette vil, etter hva all erfaring viser, være noe annet enn hvis vi skulle gjennomføre prosjektet i dag.

## 7.3 Usikkerhetsledelse

Usikkerhetsledelse kan ses på fra to sider. Den ene er håndtering av selve usikkerheten som er identifisert. Den andre er styring under bevisstheten om at vi har usikkerhet som er identifisert, men også usikkerhet som kanskje ikke er identifisert. Det vil være stort overlapp i de aktivitetene som initieres uansett synsvinkel. Forskjellen ligger mest i holdningen til usikkerheten, og at usikkerhetsledelse omfatter noe mer enn usikkerhetskåndtering, som igjen er noe mer enn usikkerhetsanalyse. Se figur 7-1.



Figur 7-1 *Usikkerhets-analyse/-håndtering/-ledelse.*

Som vi tidligere har vært inne på, settes usikkerhetsanalyser gjerne i gang med bakgrunn i en eller flere av følgende tre formål:

- Skaffe oversikt og riktigst mulig virkelighetsbilde
- Etablere beslutningsstøtte
- Gi grunnlag for styring og beredskap

Gode analyser i forhold til disse tre formålene er bra, men det som betyr noe er hva vi faktisk foretar oss med bakgrunn i analyseresultatene. Dette betyr at analysene må følges opp med tiltak og oppfølging. Tiltakene bærer som oftest preg av risikoaversjon, og er rettet mot å redusere den delen av usikkerheten som ikke klart og tydelig fremstår som umiddelbare muligheter. Oppfølgingen består i å kontrollere at tiltakene blir gjort. Vi mener at det ligger store gevinstmuligheter i å utvide tenkningen rundt tiltak til også å omfatte mulighetssiden, og at oppfølging av usikkerheten utvides til å omfatte en kontinuerlig oppgradering av risiko- og mulighetsbildet. Med til dette hører også erfaringsoverføring. Erfaringsoverføring har generelt vist seg å være vanskelig å få til i alt prosjektarbeide, og er sikkert ikke enklere når det gjelder usikkerhet. Hvordan skal vi så få det til? Vi tenker foreløpig i retning av usikkerhetsregistre og usikkerhetsregnskaper som en begynnelse, men her er utviklingsmulighetene store.

Usikkerhetsledelse er etter vår mening å ta konsekvensen av at usikkerhet eksisterer, og ut fra dette gjøre vurderinger, beslutninger og tiltak. Lederoppgavene i denne sammenheng er mange, og vi vil her bare nevne noen eksempler som kan være gjenstand for forsknings- og utviklingsoppgaver:

- Kulturbygging
  - Risikokultur vs. mulighetskultur
  - Usikkerhetsreduksjon vs. handlefrihet
  - Hvordan få usikkerhet til å være på agendaen i alle prosjektets vurderinger på linje med for eksempel kostnader?
- Miljøbygging
  - Miljø som sikrer at endringer i usikkerhetsbildet kommer frem
  - Miljø som sikrer at dårlige anelser blir håndtert før de blir dårlige nyheter, og at gode anelser også kan bli gode nyheter
- Organisering
  - Sørge for rett kompetanse i forhold til eksisterende usikkerhet
  - Definere eierskap til usikkerheten
  - Gi formelt ansvar for systematisk registrering/oppfølging av usikkerhetsbildet
  - Sørge for at usikkerheten oppfølges planmessig, samt lage og vedlikeholde planer og rutiner for usikkerhetskåndtering
- Beslutninger
  - Hvor mye og hva slags usikkerhet kan vi leve med
  - Hvilke krav skal vi sette til oversikt over usikkerhetsbildet i prosjektets forskjellige beslutningspunkter (faseoverganger/tollgates).
  - Definere regler for rammer og avsetninger
- Implementering av usikkerhetsledelse
  - Et overordnet ansvar for å kontrollere, og evt. sørge for, at resultatene fra de ovennevnte aktivitetene fører til formålstjenlig håndtering av usikkerhet.

Usikkerhetsledelse er ikke noe som bare må ivaretas på prosjektnivå. Minst like viktig er det at dette også hører med i bedriftens eller virksomhetens ledelsesfilosofi.

Chris Chapman, Stephen Ward og Ian Harwood fra University of Southampton tar i en artikkel (Chapman et.al, 2005) blant annet for seg hvorfor det er viktig å redusere effektene av det de kaller "dysfunctional corporate culture" i estimerings- og evalueringsprosesser. Etter

vår mening dekker mye av det de hevder i artikkelen også usikkerhetshåndtering og usikkerhetsledelse generelt. De drar blant annet frem at;

*"A holistic view of uncertainty is a key aspect of the present transformation of project risk management into project uncertainty management. Uncertainty management must embrace ambiguity as well as variability. Ambiguity is associated with lack of clarity because of lack of data, lack of detail, lack of structure to consider the issues, lack of clarity about the nature and variety of assumptions employed, sources of bias, and ignorance about how much effort it is worth expending to clarify the situation."*

Her trekker de frem tre viktige elementer som går på bedrifts- eller prosjektkulturen. Litt fritt tolket, sammenholdt med resten av artikkelen, sier de for det første at det pågår (eller bør pågå) en endring fra å tenke risikostyring til å tenke usikkerhetsstyring. Det vil si at noe av fokuset rettes også mot de muligheter som ligger i usikkerheten. (Se også Conceptrapport nr.14: "Positiv usikkerhet og økt verdiskaping"). For det andre sier de at usikkerhetsstyring må omfatte både det å ta konsekvensene av at "verden" er usikker, altså at det vil være variabilitet i utfallene uansett hvor mye vi vet, og det å håndtere uklarheter i vurderings- og beslutningsgrunnlaget. I det siste ligger at det er viktig å blant annet sørge for at nødvendig fagkunnskap, viten om de aktuelle forhold, forståelse av usikkerhet knyttet til forutsetningene, og systemer for vurdering er til stede. For det tredje sier de at det er stor uvitenhet om hva det krever av innsats å skaffe seg oversikt over usikkerhetsbildet, hva det kan føre til, og hva som må gjøres for å motvirke eller utnytte forhold som blir avslørt i løpet av usikkerhetsanalysen.

Andre illustrasjoner på hva Chapman, Ward og Harwood legger i begrepet "dysfunctional corporate culture" er utsagn som;

*"Unfortunately, irrational objectivity and reluctance to recognise the significance of ambiguities are often encouraged by inappropriate organisational cultures."*

*"Being precisely wrong in the sense of having a precisely correct answer to the wrong question is a standing joke, but there are clear cultural pressures within organisations driving many people in this direction."*

*"..... people do not like uncertainty and they prefer not to see it ....., and if messengers 'get shot' for telling the truth, people will be motivated to be economical with the truth."*

Alle elementer, grep og teknikker som moderne prosjektledelse består av, er resultat av en lang utvikling. Det å styre på tid, ressursbruk og kvalitet, og balansere disse styringsparametrene i forhold til prosjektets mål, har antakelig vært en viktig del av styringsfilosofien så lenge prosjektarbeid har eksistert, som igjen er bortimot like lenge som menneskeheten har eksistert. Til tross for denne lange utviklingstiden er det ikke vanskelig å finne eksempler på at det kan være mangler i måten dette blir gjort på. Antakelig er det også fortsatt en lang vei å gå når det gjelder å høste fruktene fra moderne tanker om prosjektledelse, som for eksempel det å legge styringen mer mot prosesser og systemer.

Når nå usikkerhetsdimensjonen er i ferd med å komme inn som en sentral del av prosjektledelsen, er det ingen grunn til å tro at det ikke også her skulle være mye upløyd mark. Også "usikkerhetsledelse" er basert på utvikling av holdninger, kunnskaper, metoder og verktøy. Dette vil ta tid, og det vil være optimistisk å tro at det som utvikles vil vinne gehør over alt

med en gang. Vi føler imidlertid at håndtering av usikkerhet er et av de heteste temaene innen prosjektledelse, og mener det er viktig å smi nå mens jernet er varmt. Hvis vi kan få gjort noe raskt med de mest fremtredende svakhetene i måten usikkerhet blir håndtert på i dag, kan en oppnå vesentlige forbedringer når det gjelder valg av prosjekter, og også når det gjelder planlegging og gjennomføring av prosjektene. Dette vil ikke bare styrke prosjektene, men også de virksomhetene og det samfunnet som skal leve av og med resultatene.



# Litteratur

AusAID (2005). *The Australian Agency for International Development (AusAID). AusGUIDELines*.  
URL: <http://www.ausaid.gov.au/ausguide/ausguidelines/index.cfm>. Lastet april 2005.

Austeng, Kjell (1994): *Praktisk risikoanalyse som beslutningsstøtte*. Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU

Austeng, Kjell og Hugsted, Reidar (1995): *Trinnvis kalkulasjon*. Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU.

Austeng, Kjell (1997): *Fuzzy Logic*. Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU.

Austeng, Kjell m fl. (2005): *Usikkerhetsanalysens plass i offentlige prosjekter underlagt Finansdepartementets KS-regime*. Forskningsprogrammet Concept, rapport 1070-1. Trondheim.

Berntsen, S., Sunde, T. (2003). *Styring av prosjektporteføljer i staten*. Concept rapport nr. 1. Trondheim.

Chapman, Chris, Ward, Stephen og Harwood, Ian (2005): *Minimising the effects of dysfunctional corporate culture in estimation and evaluation processes: A constructively simple approach*. Artikkel i International Journal of Project Management.

Chapman, Chris, Ward, Stephen (2003): *Project Risk Management*. John Wiley & Sons, Ltd. England.

Damsleth, Eivind (2004): *Intervjuer og samtaler med masterstudent Christian Kvalstad høsten 2004*.

Demo 2000 (2005): *Nettsiden til forskningsprogrammet Demo 2000*. URL: <http://www.demo2000.no> Lastet 16.03.05.

Diekmann, James (1992): *"Risk analysis: lessons from artificial intelligence"* International Journal of management. Vol 10 No 2 Mai 1992.

Diffenbach, J. (1982): *"Influence diagrams for complex strategic issues"*. Strategic Management Journal. Vol 3, s 133-146.

Drevland, Frode, Austeng, Kjell og Torp, Olav. (2005): *"Usikkerhetsanalyse - Modelling estimering og beregning"* Concept rapport nr. 11. Trondheim.

Eden, C., Williams, T., Ackermann, F., Howick, S. (2000): *"The role of feedback dynamics in disruption and delay on the nature of disruption and delay (D&D) in major projects"*. Journal of the Operational Research Society. Vol 51 No 3, s 291-300.

Edwards, W. and Newman, J.R (1982): *Multiattribute evaluation*. Sage Publications. Beverly Hills/London/New Dehli.

- European Commission (2004): *Aid Delivery Methods*. Volume 1, Project Cycle Management Guidelines. Brussel.
- Finansdepartementet (2004): *Anbudssinnbydelse. Rammeavtale om konsulenttjenester vedrørende kvalitets sikring av konseptvalg, samt styringsunderlag og kostnadsoverslag for valgt prosjekteralternativ*.
- Flyvbjerg, Bent, Mette K. Skamris Holm, and Søren L. Buhl (2005): "How (In)accurate Are Demand Forecast in Public Works Projects? The Case of Transportation." *Journal of the American Planning Association*, vol 71, no 2, Spring.
- Goodwin, Paul and Wright, George (1998): *Decision Analysis for Management Judgment. Second edition*. John Wiley & Sons, Ltd. England.
- HM Treasury (2004): *The Orange Book. Management og risk. Principles and Concepts*. London.
- Husby, Kilde, Klakegg, Torp, Berntsen, Samset (1999): *Usikkerhet som gevinst*. Norsk senter for prosjektledelse, Trondheim 1999.
- Hydro (2005a): *HTP Project Handbook - NHT\_HB-45*. Hydros interne prosjekthåndbok.
- Hydro (2005b): *Hydros intranettside om CVP: <http://intra.cvp.hydro.com>*
- Hydro (2005c): *Interne hydrodokumenter, gjennomgått av masterstudent Christian Kvalstad*.
- Hydro (2005d): *Interne prosjektdokumenter for caseprosjektet, gjennomgått av masterstudent Christian Kvalstad*.
- Hydro (2005e): *Hydros nettside <http://www.hydro.com>*.
- Hydro (2005f): *HTP-PR-06-Project Risk Management*. Intern hydromanual.
- Haanæs, S., Holte, E og Larsen, S. V. (2004): *Beslutningsunderlag og beslutninger i store statlige investeringsprosjekter* Concept rapport nr. 3.
- Jessen, Svein Arne (1998): *Mer effektivt prosjektarbeid i offentlig og privat virksomhet*. Tano Aschehoug.
- Johansen, A., Standal, M. (2004): "Fra interessentanalyse til interessentledelse". *Prosjektledelse* nr 1, 2004.
- Jordanger, Ingemund (2004): *Kvalitetssikring av analyser og resultat*. Trondheim, Prosjekt og Teknologiledelse AS.
- Jørgensen, Magne og Teigen, Karl Halvor (2005): *Kan vi unngå at "så å si helt sikkert" bare betyr "60 % sikkert"?*. Artikkel i *Prosjektledelse* nr. 2 - 2005.
- Klakegg, Ole Jonny (1993): *Trinnvis-prosessen*. Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU.
- Klakegg, Ole Jonny (1994): *Tidplanlegging under usikkerhet*. Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTNU.

- Klakegg, Ole Jonny, m fl. (2003): *Finansdepartementet. Kvalitetsikring av kostnadsoverslag, berunder risikoanalyse for store statlige investeringer. Felles begrepsapparat.*
- Klakegg, Ole Jonny (2004): *Målformulering i store statlige investeringsprosjekt.* Concept rapport nr. 6. Trondheim.
- Kvalstad, Christian (2004): *Usikkerhetsanalyse av prosjekter.* Prosjektoppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.
- Kvalstad, Christian (2005): *Hydros Capital Value Process (CVP). Med fokus på overforbarhet til statlige investeringsprosjekter og usikkerhetsbåndtering.* Masteroppgave ved Institutt for bygg, anlegg og transport, NTNU.
- Lichtenberg, Steen. (1990): *Prosjektplanlægning i en foranderlig verden.* Polyteknisk forlag, Danmark.
- Lyngroth, Steinar (2004): *Intern Hydrorapport om caseprosjektet.* IPRES Norway AS
- Lyngroth, Steinar (2005): *Field and area development planning - a probabilistic approach.* Presentasjon IPRES Norway AS.
- NTNU, Institutt for bygg, anlegg og transport: *Diverse interne notater.*
- Næss, P., Klakegg, O.J., Brekke, K.A., Olsson, N., (2004). *Bedre utforming av store offentlige investeringsprosjekter. Vurdering av behov, mål, fleksibilitet og effekt.* Concept rapport nr. 9, 2004. Trondheim.
- OECD (2005). *Glossary of evaluation and Results Based Management (RBM) terms.* URL: <http://www.oecd.org/dataoecd/secure/14/57/31950400.pdf>. Lastet april 2005.
- OED (Olje- og energidepartementet) (1996): *Petroleumsloven.*
- Palisade, PrecisionTree (2005): *PrecisionTree. Decision Analysis in Microsoft Excel!* URL: <http://www.palisade-europe.com/precisiontree/default.asp>.
- Pedersen, F.B., Solem, M., Grimstad, D., Nyrønning, H. (2001): *Standardized method for multidisciplinary uncertainty analysis.* CTR no B5. Oslo: Forskningsprogrammet Demo 2000.
- PMI (Project Management Institute) (2000): *A Guide to the Project Management Body of Knowledge. (PMBOK® Guide).* USA. Oversatt til norsk i 2003 av H. Skaldebø.
- PMI (Project Management Institute) (2005): *Nettsiden til PMI, Norway Oslo Chapter.* URL: <http://www.pmi-no.org>. Lastet 040305.
- Rausand, Marvin (1991): *Risikoanalyse. Veiledning til NS 5814.* Tapir forlag, Trondheim.
- Reibnitz, Ute von (1988): *Scenariotechniques.* McGraw - Hill.
- Rolstadås, Asbjørn (2001): *Praktisk Prosjektstyring.* Tapir Akademisk Forlag, Trondheim.

- 
- Samsset, Knut (2001): *Prosjektvurdering i tidligfasen*. Tapir forlag, Trondheim.
- Solem, Monica (2003): *Integrated uncertainty management. CTR no B7. Oslo: Forskningsprogrammet Demo 2000*.
- Statens vegvesen (2000): *Håndbok 054 - Oversiktsplanlegging. Veg- og transportplanlegging etter plan- og bygningsloven*.
- Statens vegvesen (2005): *Håndbok 217 - Anslagmetoden. Retningslinjer*
- Torp, O., og Kilde, H. (1996): *Usikkerhet som styringsparameter ved prosjektgjennomføring*. Forskningsprogrammet Prosjektstyring år 2000. Trondheim.
- Wallace, Stein W. (1994): *Why using stochastic programming?* Department of Managerial Economics and Operations Research, Norwegian Institute of Technology. University of Trondheim.
- Wallace (2005): URL: <http://home.bimolde.no/~wallace/scenarios.htm>.

# Concept rapportserie

Papirtrykk: ISSN 0803-9763

Elektronisk utgave på internett: ISSN 0804-5585

Tilgjengelig på

[www.concept.ntnu.no/Publikasjoner/Rapportserie/concept\\_rapport.htm](http://www.concept.ntnu.no/Publikasjoner/Rapportserie/concept_rapport.htm)

Rapport	Tittel	Forfatter
Nr. 15	Kostnadsusikkerhet i store statlige investeringsprosjekter; Empiriske studier basert på KS2 Cost Uncertainty in large Public Investment Projects; Empirical studies based on QA2	Olav Torp (red.), Ole Morten Magnussen, Nils Olsson og Ole Jonny Klakegg
Nr. 14	Positiv usikkerhet og økt verdiskaping Positive uncertainty and increasing utility	Ingemund Jordanger
Nr. 13	Usikkerhetsanalyse – Feilkilder i metode og beregning Uncertainty analysis – sources of error in data and analysis	Kjell Austeng, Vibeke Binz og Frode Drevland
Nr. 12	Metoder for usikkerhetsanalyse Uncertainty analysis – Methodology	Kjell Austeng, Jon Terje Midtbø, Vidar Helland, Olav Torp og Ingemund Jordanger
Nr. 11	Usikkerhetsanalyse – Modellering, estimering og beregning Uncertainty analysis – modeling, estimation and calculation	Frode Drevland, Kjell Austeng og Olav Torp
Nr. 10	Usikkerhetsanalyse – Kontekst og grunnlag Uncertainty analysis – context and foundations	Kjell Austeng, Olav Torp, Jon Terje Midtbø, Ingemund Jordanger og Ole Morten Magnussen
Nr. 9	Bedre utforming av store offentlige investeringsprosjekter. Vurdering av behov, mål og effekt i tidligfasen Improved design of public investment projects. Making up-front appraisals of needs, objectives and effects	Petter Næss med bidrag fra Kjell Arne Brekke, Nils Olsson og Ole Jonny Klakegg
Nr. 8	Realopsjoner og fleksibilitet i store offentlige investeringsprosjekt Real options and flexibility in major public investment projects	Kjell Arne Brekke
Nr. 7	Hvordan trur vi at det blir? Effektvurderinger av store offentlige prosjekt An estimated guess. Up-front assessment of anticipated effects of major public investment projects	Nils Olsson
Nr. 6	Målformulering i store statlige investeringsprosjekt Formulation of objectives in major public investment projects	Ole Jonny Klakegg
Nr. 5	Bedre behovsanalyser. Erfaringer og anbefalinger om behovsanalyser i store offentlige investeringsprosjekt Needs analysis in major public investment projects. Lessons and recommendations	Petter Næss
Nr. 4	Konseptutvikling og evaluering i store statlige investeringsprosjekt Concept development and evaluation in major public investment projects	Hege Gry Solheim, Erik Dammen, Håvard O. Skaldebø, Eystein Myking, Elisabeth K. Svendsen og Paul Torgersen
Nr. 3	Beslutningsunderlag og beslutninger i store statlige investeringsprosjekt Decisions and basis for decisions in major public investment projects	Stein V. Larsen, Eilif Holte og Sverre Haanæs
Nr. 2	Statlig styring av prosjektledelse. Empiri og økonomiske prinsipper. Economic incentives in public project management	Dag Morten Dalen, Ola Lædre og Christian Riis
Nr. 1	Styring av prosjektporteføljer i staten. Usikkerhetsavsetning på porteføljenivå Public project portfolio management. Estimating provisions for uncertainty at portfolio level.	Stein Berntsen og Thorleif Sunde