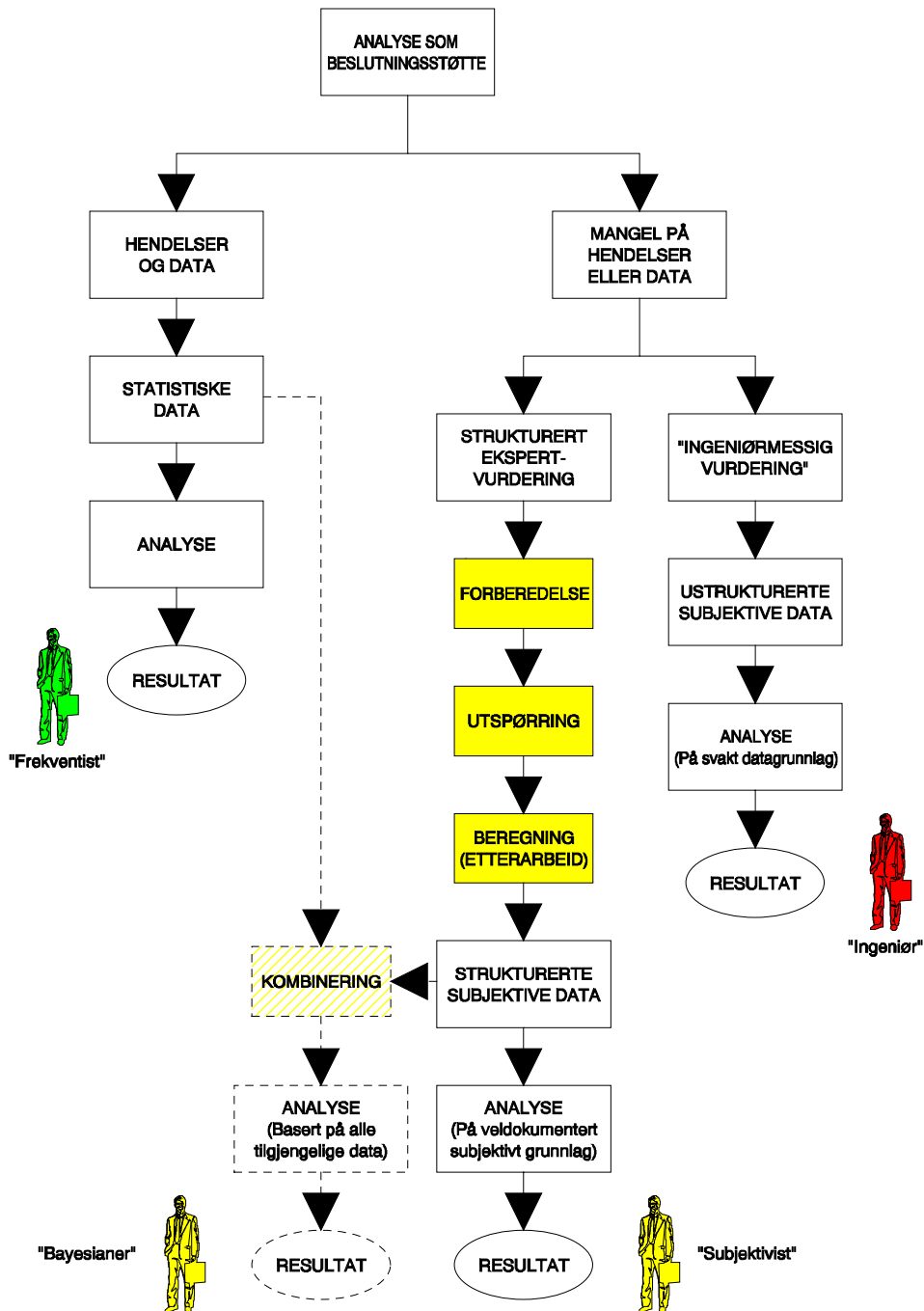


# HÅNDBOK FOR GJENNOMFØRING AV EKSPERTVURDERINGER







Prosjektstyring  
år  
2000

**INSTITUTT FOR PRODUKSJONS-  
OG KVALITETSTEKNIKK  
NORGES TEKNISKE HØGSKOLE  
UNIVERSITETET I TRONDHEIM**

Adresse: N-7034 Trondheim, Norway  
Besøksadresse: Rich. Birkelands vei 2B  
Telefon: +47 73 593800  
Fax: +47 73 597117

ARKIVNØKKEL

1822.96

RAPPORT NR.

NTNU 96004

ISBN

82-7706-057-2

DATO

25.06.96

SIGNATUR

SIDER/APPEND

70

# RAPPORT

TITTEL

Inngangsdata til LCP og bruk av ekspertvurderinger

- Håndbok for gjennomføring av ekspertvurderinger

FORFATTER(E)

Knut Øien  
Ole Jonny Klakegg  
Per R. Hokstad  
Ragnar Rosness

SAMMENDRAG

Det er utarbeidet en "Håndbok for gjennomføring av ekspertvurderinger" som gir retningslinjer for hvordan man kan få eksperter/ressurspersoner til å gi kvantitative estimater til verdier man mangler statistiske data for.

Dette er spesielt viktig i analyser som LCC- og LCP-analyser hvor antall inngangsparametre kan bli svært stort, og hvor statistiske verdier for samtlige av disse kan være svært vanskelig å fremskaffe. Alternativet er da å benytte ekspertvurderinger for å fremskaffe de resterende inngangs-parametrene.

Prosessen med gjennomføring av ekspertvurderinger kan inndeles i følgende 3 faser:

- Forberedelse
- Utspørring
- Beregning (etterarbeid)

Det er lagt vekt på å gi en helhetlig "oppskrift" på hvordan ekspertvurderinger gjennomføres, og derfor er alle fasene dekket, men vi har ikke gått spesielt dypt inn i noen av trinnene.

En begrunnelse for å benytte ekspertvurderinger er at analyser gjennomført med best mulige inngangsdata gir det beste beslutningsunderlag.

Nøkkelord NORSK	Nøkkelord ENGELSK
Ekspertvurdering	Expert Judgment
Levetidsanalyser	Life Cycle Analysis
Prosjektstyring	Project Management



# FORORD

Denne håndboken utgjør resultatet av prosjektet “Inngangsdata til LCP og bruk av ekspertvurderinger”.

Dette inngår i forskningsprogrammet prosjektstyring år 2000 (PS2000) ved NTNU/SINTEF.

Hensikten med å utarbeide en “Håndbok for gjennomføring av ekspertvurderinger” er knyttet til at det for LCC- og LCP-analyser (og også andre analyser) ofte er vanskelig å fremskaffe de nødvendige inngangsdata.

Et alternativ, når statistiske data ikke eksisterer eller ikke er tilgjengelig, er å hente slik informasjon fra “eksperter” (ressurspersoner) gjennom såkalte ekspertvurderinger. Retningslinjer for hvordan dette kan gjøres er gitt i håndboken.

Prosjektmedarbeidere har vært førsteamanuensis Ole Jonny Klakegg, NTNU institutt for bygg- og anleggsteknikk, seniorforsker Per R. Hokstad, SINTEF Sikkerhet og pålitelighet, og seniorforsker Ragnar Rosness, SINTEF Sikkerhet og pålitelighet.

Førsteamanuensis Per Schjølberg, NTNU institutt for produksjons- og kvalitetsteknikk, har vært faglig ansvarlig.

Trondheim, 21. juni 1996

Knut Øien  
Prosjektleder

# SAMMENDRAG

Det er utarbeidet en “Håndbok for gjennomføring av ekspertvurderinger” som gir retningslinjer for hvordan man kan få eksperter/ressurspersoner til å gi kvantitative estimater til verdier man mangler statistiske data for.

Dette er spesielt viktig i analyser som LCC- og LCP-analyser hvor antall inngangsparametre kan bli svært stort, og hvor statistiske verdier for samtlige av disse kan være svært vanskelig å fremskaffe. Alternativet er da å benytte ekspertvurderinger for å fremskaffe de resterende inngangs-parametrene.

Prosessen med gjennomføring av ekspertvurderinger kan inndeles i følgende 3 faser:

- Forberedelse
- Utspørring
- Beregning (etterarbeid)

Det er lagt vekt på å gi en helhetlig “oppskrift” på hvordan ekspertvurderinger gjennomføres, og derfor er alle fasene dekket, men vi har ikke gått spesielt dypt inn i noen av trinnene.

En begrunnelse for å benytte ekspertvurderinger er at analyser gjennomført med best mulige inngangsdata gir det beste beslutningsunderlag.

# SUMMARY

A “Handbook for performing expert judgments” has been developed, giving guidance on how to establish quantitative estimates from experts in lack of statistical data.

This is particularly important for analysis such as LCC- and LCP-analysis where the amount of necessary input parameters can be considerable. Establishing statistical data for all of these parameters can be difficult if not impossible. An alternative will be to use expert judgment in order to establish the remaining parameters.

The process of expert judgment can be divided into the 3 following phases:

- Preparation
- Elicitation
- Calculation

The handbook gives an overall “recipe” on how to carry out expert judgments. All the steps within each phase is covered, but each step is not elaborated in detail.

One reason for carrying out expert judgments is that those analysis performed with best possible input data, will give the best foundation for decisions.

# INTRODUKSJON

Når statistiske data ikke eksisterer eller ikke er tilgjengelig, vil alternativet være å skaffe slik informasjon fra eksperter/ressurspersoner. Gjøres dette på en strukturert og systematisk måte, både under planlegging, gjennomføring og beregning/etterarbeid av slik informasjonsinnhenting, som foreslått i denne håndboken, vil vi fremme en mest mulig objektiv og etterprøvbar håndtering av dette. En slik strukturert innhenting av informasjon er det vi betegner som “ekspertvurderinger”.

Vi gjennomfører ekspertvurderinger for å fremskaffe nødvendige inngangsdata til våre analyser.

Ref. /11/ gir følgende definisjon av ekspertvurderings-data:

*“Estimater av ukjente verdier til et system, gitt av eksperter som har system-relatert kunnskap.”*

## **Hensikt**

Hensikten med håndboken er først og fremst å gi en enkel og helhetlig “oppskrift” på hvordan ekspertvurderinger kan gjennomføres. (Se for øvrig kap. 6 punkt 3).

Derneft er den laget med den hensikt å være et rammeverk og et utgangspunkt for videre bearbeiding.

## **Omfang**

Figur 1 på neste side viser hva som dekkes ifm. ekspertvurderinger. Det er forsøkt å dekke samtlige trinn i alle 3 faser. Sålangt består prosedyrene av i alt 92 prosedyrepunkter (anbefalinger) og 33 fallgruber (advarsler).

## **Struktur**

Håndboken starter med en kort introduksjon (kapittel 1). Deretter gis en kort-versjon av prosedyrene for bruk ved enkle ekspertvurderinger (kapittel 2). Kapittel 3-5 utgjør hovedinnholdet, hvor prosedyrepunktene er beskrevet mer i detalj samt at det er gitt endel eksempler. Prosedyrene er utformet som standardiserte skjema forberedt for oppgradering, og de er delt inn i 3 hoveddeler som dekker hver sin fase i gjennomføringen av en ekspertvurdering.

- Kapittel 3 inneholder prosedyrer for forberedelsesfasen (fase I)
- Kapittel 4 inneholder prosedyrer for utspørringsfasen (fase II)
- Kapittel 5 inneholder prosedyrer for beregningsfasen (fase III)

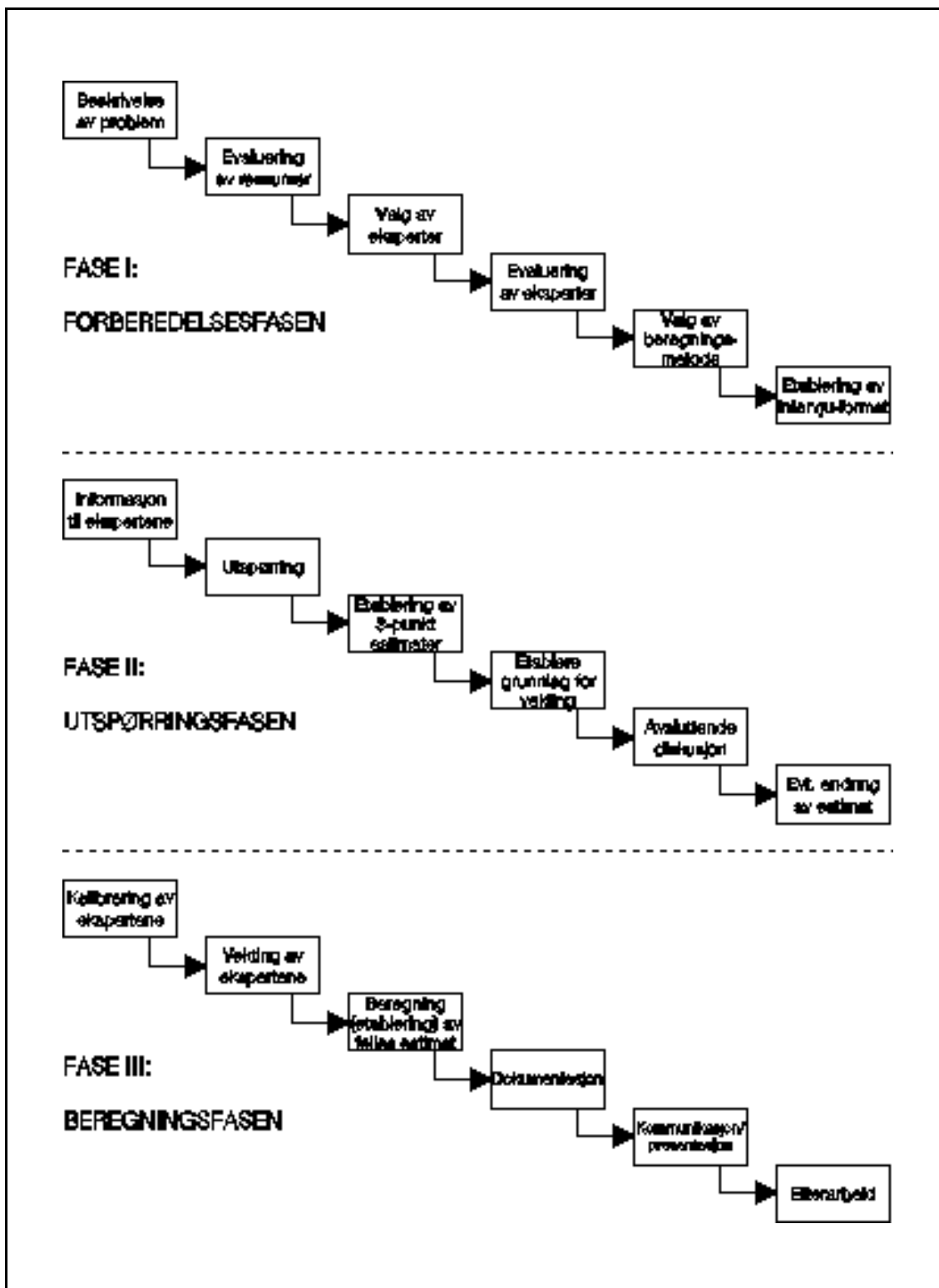
Noe generell teori omkring ekspertvurderinger er tatt med i kapittel 6, mens referansene er gitt i kapittel 7.

## **Bruk**

Det har vært en hovedmålsetting å gjøre håndboken fleksibel, dvs både kunne anvendes for ekspertvurderinger utført med lite ressurser og dermed på en enkel måte, samtidig som det er gitt retningslinjer for hvordan mer omfattende ekspertvurderinger kan gjennomføres.

Det er derfor ikke meningen at alle prosedyrepunkter skal utføres. Hvilke punkter som skal utføres avhenger av hvilke ressurser man har, hvilke problemstillinger man står ovenfor og de valg man tar

underveis, bl.a valg av ulike modeller. Alle punkter bør derfor ses igjennom for å vurdere om de er relevante. For svært enkle ekspertvurderinger utgjør kort-versjonen i kapittel 2 et forslag til hva som bør inngå. Her er det gitt henvisning til prosedyrene i kapittel 3-5 slik at man kan slå opp i disse for å få en nærmere utdyping. (Ref. I.1 henviser til fase I trinn 1.)



Figur 1 Trinnene i en ekspertvurderings-prosess



Denne håndboken er ment å skulle være et alternativ til ustruktureerte og udokumenterte “ingeniørmessige” vurderinger.

## **Referanser**

Det er en avveining i hvilken grad prosedyrene kun skal gjenspeile synspunkter og anbefalinger som er fremkommet i offentliggjort litteratur og som dermed har vært gjenstand for kritikk, eller om erfaringer gjort i prosjektgruppen og blant programdeltakerne også bør tas med.

I og med at det er lagt vekt på å gjøre prosedyrene praktisk anvendbare er det valgt også å ta med den kunnskap og erfaring som prosjektgruppen, programdeltakerne og andre i PS2000 sitter inne med, dersom dette ikke er vurdert som “urimelig” av prosjektgruppen. Dette er forsøkt håndtert ryddig ved at alle prosedyrepunkter er angitt med referanse/kilde slik at brukerne kan se hvor anbefalingen/synspunktet er hentet fra.

Det har også vært nødvendig for prosjektgruppen å utarbeide en del prosedyrepunkter for å få sammenheng i de trinnene som en gjennomføring av en ekspertvurdering består av. Dette skyldes at mesteparten av litteraturen som omhandler ekspertvurderinger tar for seg utvalgte problemstillinger, samt at de er innrettet mot svært omfattende ekspertvurderinger med bruk av store ressurser.

Referanselisten er gitt i kapittel 7.

## KORT-VERSJON

I tillegg til de “fullstendige” prosedyrene gitt i kapitlene 3-5, er det også laget en kort-versjon på 3 sider (én side pr. fase) hvor de viktigste anbefalingene/advarslene er gitt.

Denne er tenkt brukt som en sjekkeliste ved forholdsvis enkle ekspertvurderinger hvor det ikke er lagt opp til individuell vekting av ekspertene. Kalibrering og vekting av ekspertene (i fase 3) anbefales ikke gjennomført ved enkle ekspertvurderinger.

Det er og gitt referanser til prosedyrepunktene gitt i kap. 3-5 (I.1 betyr eksempelvis fase I trinn 1).

For å få mer forklaring til de enkelte prosedyrepunktene, samt bruk av kalibrering og vekting av eksperter (ved individuell estimering), henvises det til prosedyrene i kap. 3-5.

Det er i kort-versjonen som i “hovedprosedyrene” (kap. 3-5) ikke skilt mellom “hva-punkter” og “hvordan-punkter”. Noen oppfatter dette som skillet mellom retningslinjer og prosedyrer, mens andre igjen oppfatter prosedyrer til å inneholde både hva og hvordan (samt evt. “når”, “av hvem”, “hvor”, etc.). Vi har altså valgt ikke å skille på hva og hvordan.

<b>EKSPERTVURDERING</b>		<b>Dato:</b>	01.07.96
		<b>Rev.nr.:</b>	0
<b>Prosedyrer for Fase I: Forberedelsesfasen</b>	<b>Utført?</b>		<b>Ref.</b>
	<b>Ja</b>	<b>Nei - Hvorfor ikke?</b>	
1. Beskriv problemet/hva som skal estimeres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.1
2. Unngå for snevre avgrensninger av problemet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.1
3. Begrunn behovet for ekspertvurderinger i tilknytning til det foreliggende problemet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.1
4. Estimér tilgjengelig budsjett for gjennomføring av ekspertvurderingen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.2
5. Fastsett tidspunkt for når ekspertvurderingen må være utført	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.2
6. Angi hvor mye tid hver ekspert må avsette	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.2
7. Fastsett antall eksperter som skal benyttes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.2
8. Eventuelle statistiske data bør fremlegges for ekspertene	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.2
9. Velg de ekspertene som har mest kunnskap/erfaring om den aktuelle problemstillingen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.3
10. Velg de ekspertene som er tilgjengelige og motiverte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.3
11. Unngå at for mange av ekspertene har for stor interesse i prosjektet (interesse av et bestemt resultat)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.3
12. Unngå særlig dominante statuspersoner	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.3
13. Oppdragsgiver bør kontrollere listen med eksperter	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.4
14. Innhent opplysninger om ekspertenes bakgrunn og erfaring	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.4
15. Ta stilling til om det skal benyttes individuell estimering eller en gruppe-prosess (gruppe-konsensus)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.5
16. Velg hhv. estimeringsmetode/gruppe-teknikk	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.5

17. Utform et attraktivt format for spørreskjema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.6
18. Formulér klare og enkle spørsmål	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.6
19. Spørsmålene må være logisk korrekte og forståelige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.6
20. Bruk grafikk for angivelse av usikkerhet (høye/lave estimat)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.6
21. Bestem egnet nivå på nedbryting av problem/estimat	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.6
22. Gjennomfør en test av spørreskjemaet på kollegaer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	I.6

EKSPERTVURDERING		Dato:	01.07.96
		Rev.nr.:	0
Prosedyrer for Fase II: Utspørringsfasen	Utført?		Ref.
	Ja	Nei - Hvorfor ikke?	
1. Forklar ekspertene hva som er problemstillingen og hva som skal estimeres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.1
2. Forklar ekspertene hvordan ekspertvurderingen skal utføres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.1
3. Forklar hvordan resultatene (og de enkelte estimat) blir behandlet	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.1
4. Gjennomgå det (de) skjema som ekspertene skal fylle ut	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.1
5. Understrek betydningen av at de er oppriktige og ærlige når de estimerer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.1
6. Oppfordre ekspertene til ikke å la seg påvirke/dominere av de andre ekspertene eller analytiker/prosesslederen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.1
7. Forklar ekspertene endel av de viktigste fenomenene som gjør at de gir påvirkede/uriktige estimater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.1
8. Ekspertene skal behandles på en rettferdig og lik måte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.2
9. Analytiker/prosessleder må forholde seg nøytral og ikke ta aktiv del i vurderingene slik at estimatene påvirkes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.2
10. Analytiker/prosessleder må være tilstede under hele seansen for å vise interesse, kontrollere og svare på spørsmål	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.2
11. Begrens varigheten av utspørringen. (Ved individuell estimering maks. 1 time før det tas pause.)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.2
12. Analytiker/prosessleder må sørge for at ikke én (noen få) ekspert dominerer eller påvirker de øvrige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.2
13. Dersom kun én ekspert benyttes må estimatene begrunnes	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	II.2

14. Be ekspertene først angi deres laveste og høyeste estimat. Deretter angir de sitt beste estimat.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	II.3
15. Det anbefales å benytte et 90% konfidens-intervall for estimering av usikkerhet	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	II.3
16. Uten et rasjonelt grunnlag for vekting, bør lik vekting benyttes	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	II.4
17. Vekting anbefales ikke ved enkle ekspertvurderinger	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	II.4
18. Spør ekspertene til slutt om det er noen uklare spørsmål, slik at dette kan oppklares før utspørringen avsluttes.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	II.5
19. Ved gruppeprosesser bør ekspertene gi aksept for at resultatet er fullstendig og godt nok, før prosessen avsluttes.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	II.5

<b>EKSPERTVURDERING</b>		<b>Dato:</b>	01.07.96
		<b>Rev.nr.:</b>	0
<b>Prosedyrer for Fase III: Beregningsfasen</b>	<b>Utført?</b>		<b>Ref.</b>
	<b>Ja</b>	<b>Nei - Hvorfor ikke?</b>	
1. (Kalibrering av ekspertene anbefales ikke ved enkle ekspert-vurderinger)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.1
2. (Ulik vektning av ekspertene anbefales ikke benyttet ved enkle ekspertvurderinger)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.2
3. Etablér et felles estimat basert på ekspertenes estimater	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.3
4. Analytiker må dokumentere alle trinn i prosessen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.4
5. Alle antagelser (både fra analytiker og eksperter) bør samles i et eget skjema	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.4
6. Årsaken til at den enkelte ekspert er valgt, samt dennes styrke/ kunnskap i forhold til det aktuelle tema, må dokumenteres.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.4
7. De "rå-estimat" som ekspertene gir må forbli tilgjengelige	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.4
8. Enhver form for manipulasjon/vektning av estimater må begrunnes og dokumenteres	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.4
9. Alle beregninger må være reproduerbare	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.4
10. Ekspertenes navn bør oppgis, men det enkelte estimat behøver ikke å kunne tilbakeføres til en bestemt ekspert dersom anonymitet anses å fremme objektivitet.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.4
11. Presentér resultatene, hvordan de er fremkommet og hvem ekspertene er, for beslutningstaker/oppdragsgiver.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.5
12. Grafisk presentasjon av resultatene kan være fordelaktig, spesielt for å få frem usikkerheten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.5
13. Resultatene, samt behandlingen av de enkelte estimatene, presenteres for ekspertene (kan evt. skje	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> _____	III.5

skriftlig).		
14. Vurdér om resultatene er fornuftige og nøyaktig nok	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	III.6
15. Vurdér om det er behov for videre arbeid (behov for ytterligere data).	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	III.6
16. Arkivér sak/prosjekt med all tilhørende dokumentasjon	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	III.6
17. Oppdatér eventuelle databaser/kunnskapsbaser	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	III.6
18. Foreta en “debriefing” av gjennomføringen av ekspert-vurderings-prosessen (hvordan fungerte prosessen)	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	III.6
19. Revidér de prosedyrepunktene for gjennomføring av ekspert-vurderinger som det er erfart svakheter med	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> _____	III.6



## **FASE I: FORBEREDELSE-FASEN**

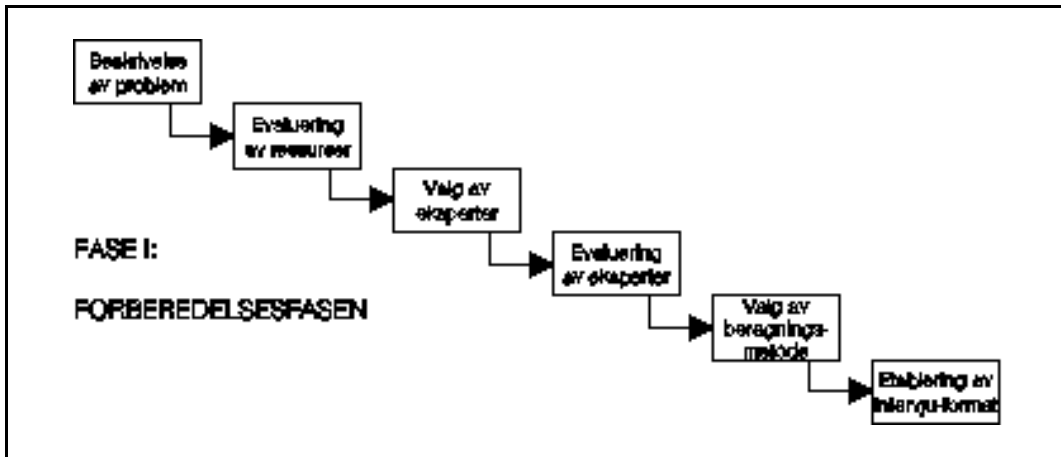
### **Hensikt**

Hensikten med forberedelsesfasen er å forberede og organisere den forestående ekspertvurderingen slik at et best mulig resultat kan oppnås med de ressurser man har til rådighet.

Forberedelsesfasen kan på mange måter sammenliknes med planleggings-fasen i et prosjekt. En dårlig forberedelse vil gi dårlig styring med utspørringen og behandlingen av estimatene, både med hensyn til tid, kostnader og resultat.

### **Innhold**

1. Beskrivelse av problem
2. Evaluering av tilgjengelige ressurser
  - 2.1 Budsjett
  - 2.2 Tid
  - 2.3 Statistisk datagrunnlag
  - 2.4 Antall eksperter
3. Valg av eksperter
4. Evaluering av eksperter
  - 4.1 Vurdering før utspørring
  - 4.2 Vurdering basert på kontrollspørsmål/evalueringer
5. Valg av beregningsmetode
6. Etablering av intervju-format
  - 6.1 Innhold
  - 6.2 Utseende/form
  - 6.3 Spørsmålstilling
  - 6.4 Nedbryting av problem/estimat
  - 6.5 Rekkefølge på spørsmål
  - 6.6 Utprøving
  - 6.7 Eksempler på intervju-format



<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 1
<b>1. Beskrivelse av problem</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Beskriv problemet/hva som skal estimeres</li> </ul> <p><b>Eksempel kostnadsestimat</b></p> <p>Problemet består i å gi et kostnadsestimat for f.eks en post i en kalkyle eller tidsforbruk for en aktivitet i et prosjekt. Spesielt i byggeprosjekt er dette vanlig, f.eks ved bruk av trinnvis kalkulasjon.</p> <p>[Direkte kostnadsestimat er altså særlig relevant for å estimere bygge-/anskaffelseskostnadene i et totalprosjekt.]</p> <p><b>Eksempel MTBF</b></p> <p>Problemet består i å anslå hvor lang tid det tar før en enhet (et element) svikter (midlere tid mellom feil = MTBF - mean time between failure).</p> <p>Dette kan være levetiden på en motor i et kjøretøy, vinduer eller tak på en bygning osv., (som i neste omgang kan regnes om til et kostnadsestimat for fremtidige vedlikeholdskostnader, altså en del av levetidskostnadene - LCC).</p> <p>[Indirekte kostnadsestimat via feilhendelser er altså særlig relevant for drifts- og vedlikeholdskostnadene i et totalprosjekt.]</p>		Ref. /10/	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Begrunn behovet for bruk av ekspertvurderinger i tilknytning til det foreliggende problemet. (Ekspertvurderinger skal normalt kun benyttes når det ikke eksisterer eller er utilstrekkelige statistiske data tilgjengelig).</li> </ul>		Ref. /11/	

<b>Fallgruber som må unngås</b>	
■ Manglende/utilstrekkelige/for snevre avgrensninger av problemet	Ref. /10/
■ Ikke ty til ekspertvurderinger før/uten at det er foretatt et søk etter relevante statistiske data	Ref. /10/

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 2
<b>2. Evaluering av tilgjengelige ressurser</b>		<b>Dato:</b>	01.07.96
		<b>Rev.nr.:</b>	0
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p>Dette gjøres for at den ekspertvurderingsprosess man legger opp til skal være tilpasset de tilgjengelige ressurser man har.</p> <p><b>2.1 Budsjett</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Estimér tilgjengelig budsjett for gjennomføring av ekspertvurderinger. (Timer og/eller kroner).</li> </ul> <p><b>2.2 Tid</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angi tidspunkt når ekspertvurderingene må være gjennomført.</li> <li>• Angi hvor mye tid hver ekspert må/kan avsette.</li> </ul> <p><b>2.3 Statistisk datagrunnlag</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Angi hvilket statistisk datamateriale som eventuelt forligger, og som dekker-/berører de forhold som ekspertene skal bedømme.</li> </ul> <p><i>Eksempel kostnadsestimat</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Kostnadsdata fra samme type prosjekt</li> <li>- Kostnadsdata fra lignende type prosjekt</li> <li>- Leverandørpriser</li> </ul> <p><i>Eksempel MTBF</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Feil/hendelsesdata fra samme utstyr</li> <li>- Feil/hendelsesdata fra lignende utstyr</li> <li>- Generiske data</li> <li>- Leverandørdata</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Alle objektive data (statistiske data) kan benyttes som et underlag/støtte i ekspertvurderings-prosessen, og ekspertene</li> </ul>		<p>Ref. /4/</p> <p>Ref. /4/</p> <p>Ref. /4/</p> <p>Ref. /4/</p> <p>(Dette er grunnlag for å vurdere antall eksperter)</p> <p>Ref. /11/</p>	

bør ha tilgang på disse og bruke dem som basis eller referanser for deres egne estimater.

**Fallgruber som må unngås**

- Ikke benytt irrelevante data eller data av for dårlig kvalitet. Må vurderes nøye.

Ref. /10/

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	2 av 2
<b>2. Evaluering av tilgjengelige ressurser</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ekspertvurderinger skal i utgangspunktet kun benyttes dersom det er ingen eller utilstrekkelige statistiske data tilgjengelig. Fortrinnsvis skal følgende data benyttes (i prioritert rekkefølge): <ul style="list-style-type: none"> <li>1) direkte relevante testdata eller statistisk informasjon</li> <li>2) analoge data (pluss korreksjonsfaktor fra minst én ekspert)</li> <li>3) kombinerte ekspertvurderinger (to eller flere eksperter)</li> <li>4) enkle ekspertvurderinger (én ekspert)</li> </ul> </li> </ul>		Ref. /11/	
<b>2.4 Antall eksperter</b>		Ref. /4/	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Angi det antall eksperter som skal benyttes basert på: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Tilgjengelig budsjett</li> <li>- Tilgjengelig tid</li> <li>- Behov for kunnskap/erfaring fra flere fagområder</li> </ul> </li> </ul>		Se og pkt. 3	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Når analoge data foreligger bør antallet uavhengige statistiske data-kilder pluss eksperter aldri være mindre enn tre.</li> </ul>		Ref. /11/	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ved rene ekspertvurderinger er minimum antall eksperter normalt to (enkle ekspertvurderinger - 1 ekspert - skal godkjennes av oppdragsgiver).</li> </ul>		Ref. /11/	
<b>Fallgruber som må unngås</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Husk at det er kostbart å samle eksperter i en gruppe. Vurdér nøye behovet for eksperter slik at ikke budsjettet sprekker.</li> </ul>		Ref. /10/	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Pass på ambisjonsnivået. Må ikke ta opp så mange problemstillinger at tidsrammen blir urealistisk, evt. at diskusjonen blir for grunn.</li> </ul>		Ref. /10/	

<p style="text-align: center;"><b>RETNINGSLINJER FOR</b></p>	<p><b>Side:</b></p>	<p>1 av 2</p>
<p><b>3. Valg av eksperter</b></p>	<p><b>Dato:</b></p>	<p>01.07.96</p>
	<p><b>Rev.nr.:</b></p>	<p>0</p>
	<p><b>Ref./komm.:</b></p>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Velg fortrinnsvis de eksperter som har best/mest kunnskap/erfaring om den aktuelle problemstilling</li> <li>• Velg ut de ekspertene som er tilgjengelige og motiverte</li> <li>• Ingen ekspert må tvinges til å delta. Er en ekspert villig til å delta må han være forberedt på å avsette nødvendig tid til dette.</li> <li>• Velg ut ekspertene slik at de til sammen dekker flest mulig av de forskjellige aspektene ved problemstillingen (ulike fagkategorier) uten unødvendig dubling av kunnskap (ved begrensede ressurser)</li> </ul> <p><b><i>Eksempel kostnadsestimat</i></b></p> <p><u>Før</u> et prosjekt er startet er følgende aktuelle kandidater:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Oppdragsgiver</li> <li>- Arkitekter</li> <li>- Rådgivende byggherrefirma</li> <li>- Rådgivende prosjektlederfirma</li> <li>- Rådgivende kostnadsanalytikere</li> <li>- Rådgivere mht. drift og bygging</li> <li>- Rådgivere mht. lokale forhold</li> <li>- (Offentlig myndighet)</li> </ul> <p>Etter at prosjektet er startet er det vanlig å benytte prosjektgruppen/ ressursgruppen, som normalt består av:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Byggherre</li> <li>- Entreprenør</li> <li>- Rådgivere</li> <li>- Arkitekt</li> <li>- (Offentlig myndighet)</li> </ul>	<p>Ref. /10/</p> <p>Ref. /10/</p> <p>Ref. /11/ foreslår at det for en gitt organisasjon etableres en database over hvilke eksperter som dekker hvilke tema/ fagområder, og som er villig til å delta i ekspertvurderinger.</p> <p>For kostnadsestimering er det vanlig at ekspertene “utfyller” hverandre faglig, dvs alle er ikke eksperter på alt og er derved heller ikke i stand til å bidra i samtlige estimater.</p>	



### **Fallgruber som må unngås**

- |   |           |
|---|-----------|
| ■ Unngå at for mange av ekspertene har for stor interesse i prosjektet (interesse av et bestemt resultat av ekspertvurderingen). Balanser med nøytrale eksterne eksperter. Ref. /11/ krever at minst halvparten av ekspertene er uavhengige eksterne eksperter. | Ref. /10/ |
| ■ Statuspersoner i en organisasjon (overordnede/sjefer) kan lett dominere over eksperter som er plassert lavere i organisasjonen. Analytiker/prosessleder må være våken for dette. Dette kan også avhjelpes noe ved at det innhentes eksterne eksperter.        | Ref. /10/ |

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>	<b>Side:</b>	2 av 2
<b>3. Valg av eksperter</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96
	<b>Rev.nr.:</b>	0
	<b>Ref./komm.:</b>	
<p><i>Eksempel MTBF</i></p> <p>Aktuelle kandidater kan være:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Vedlikeholdspersonell</li> <li>- Driftspersonell</li> <li>- Pålitelighetsanalytikere</li> <li>- Leverandører/servicepersonell</li> <li>- Design og konstruksjonspersonell</li> <li>- Kvalitetssikringspersonell</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analytiker (prosessleder) må være forberedt på å forhandle med hver av ekspertene om eventuell godtgjørelse for deltakelse i ekspert-vurderingen.</li> </ul>	<p>For estimering av hendelser er det mer vanlig å velge ut eksperter som stort sett har kunnskap/erfaring til å bidra i samtlige estimat, men fra noe ulik "synsvinkel".</p> <p>Ref. /11/</p>	
<b>Fallgruber som må unngås</b>		

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 2
<b>4. Evaluering av eksperter</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p>Dette danner grunnlag for/påvirker utformingen av intervju-format, evt. vektning av ekspertene samt valg av beregningsmetode.</p> <p><b>4.1 Vurdering før utspørring</b></p> <p>4.1.1 Oppdragsgivers godkjenning av ekspertene</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Oppdragsgiver bør kontrollere listen over eksperter, og kan be om utskiftninger på bakgrunn av: <ul style="list-style-type: none"> <li>- tvilsom uavhengighet</li> <li>- utilstrekkelig kunnskap/erfaring om aktuelt tema</li> <li>- kostnadene for intervjuene (behov for reduksjon av antall eksperter)</li> </ul> </li> </ul> <p>4.1.2 Kognitiv forståelse (for utforming av spørsmål og valg av ber.metode)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Er ekspertene istand til å angi estimat i form av sannsynligheter (grunnleggende forståelse for sannsynlighetsregning).</li> <li>• Er ekspertene istand til å gi kvantitative estimat, eller kun relative bedømminger (parvis sammenlikning)</li> </ul> <p><b>4.2 Vurdering basert på kontrollspørsmål/evalueringer</b></p> <p>4.2.1 Bruk av kontrollspørsmål (for evt. kalibrering og vektning av ekspertene)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Om mulig etablér kontrollspørsmål som er representative for de reelle spørsmålene, og hvor svarene kun er kjent av analytiker.</li> </ul> <p>4.2.2 Gjensidig vurdering (for evt. vektning av ekspertene)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La hver ekspert gjøre en bedømming av de øvrige ekspertene med hensyn på deres kompetanse ift. de estimat som skal gis (totalt, pr delområde eller pr enkeltestimat).</li> </ul>		<p>Ref. /11/</p> <p>Også betegnet som <u>direkte</u> vurderinger (vs. <u>indirekte</u> som benyttes ved f.eks parvis sammenlikning) (NB. Disse prosedyrene er så langt begrenset til kvantitative estimater.)</p> <p>Ref. /1/ Kontrollspørsmålene må være representative for de reelle spørsmålene.</p> <p>Ref. /10/ Forutsetter at ekspertene kjenner til hverandre. Skjema må isåfall</p>	

	utarbeides under pkt. 6.
<b>Fallgruber som må unngås</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Ved bruk av ekspertvurderinger for fremskaffelse av kvantitative data, anbefales det at oppdragsgiver (hovedkontraktor) så lite som mulig deltar i selve kvantifiseringen, for å kunne ivareta rollen som en uavhengig kontroll-instans.</li></ul>	Ref. /11/

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	2 av 2
<b>4. Evaluering av eksperter</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p>4.2.3 Kunnskapsprofil (for evt. vekting av ekspertene)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Innhent opplysninger fra ekspertene om deres profesjonelle bakgrunn og erfaring: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Yrke/stilling</li> <li>- Antall år med relevant erfaring</li> <li>- Relevant utdanning/kurs/prosjekter</li> </ul> </li> </ul>		<p>Ref. /7/</p> <p>Se eksempel på skjema under pkt. 6</p>	
<p>4.2.4 Konsistens-sjekk (for evt. vekting/utsiling av eksperter)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Legg inn spørsmål i spørre-skjema som gir konsistens-sjekk av ekspertens estimer, enten ved at samme spørsmål gis 2 ganger på ulik måte, eller at spørsmålet avdekker om sammenhenger i estimatene er forstått (f.eks at en sum av sannsynligheter ikke overstiger 1,0).</li> </ul>		<p>Ref. /10/</p>	
<b>Fallgruber som må unngås</b>			

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 2
<b>5. Valg av beregningsmetode</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p>Valg av beregningsmetode (prosess og tallbehandling) påvirker spørsmålstillingen og må velges før etableringen av intervju-format.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ta stilling til om det skal gjennomføres en individuell estimering, eller om gruppe-konsensus skal benyttes</li> </ul> <p><b><i>Kostnadsestimering</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Benytt gruppekonsensus i prosjekt-/ressursgruppen</li> </ul> <p><b><i>Estimering av hendelser (MTBF)</i></b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Benytt individuell estimering</li> </ul> <p>(Erfaring har vist at det er større tendens til at en gruppe legger seg på ekstreme estimater enn beregnede felles estimat basert på ren individuell estimering, ref./10/).</p>		<p>Dette innebærer både hvilken "prosess" man benytter, samt måten et "felles" estimat frem-kommer på (tall-behandlingen).</p> <p>Dette skyldes at ekspertene ifm. kostnads-estimering i stor grad utfyller hverandre. (Alle er ikke eksperter på alle tema som behandles.) Mens det for estimering av hendelser i større grad er en forutsetning at ekspertene har kunnskap om alle de hendelser som skal estimeres.</p>	
<b>Fallgruber som må unngås</b>			

## RETNINGSLINJER FOR

**Side:** 2 av 2

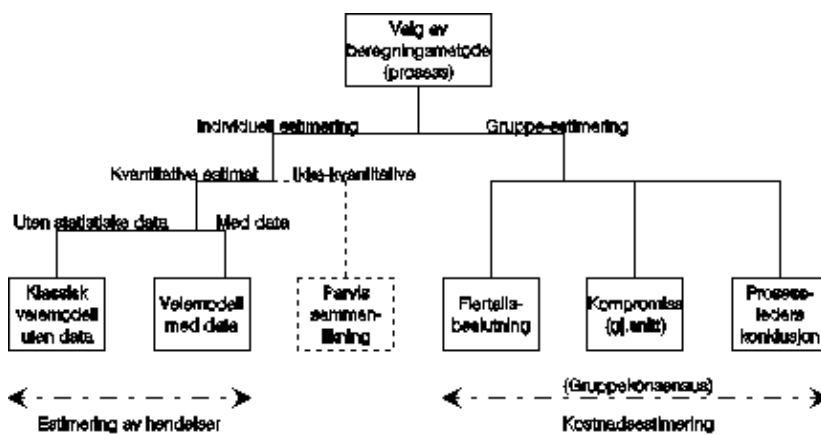
### 5. Valg av beregningsmetode

**Dato:** 01.07.96

**Rev.nr.:** 0

**Ref./komm.:**

- Velg beregningsmetode i henhold til beslutningslogikken nedenfor



De ulike situasjonene for når man har behov for ekspertvurderinger vil variere sterkt, noe som tilsier behov for å ha fleksibilitet i valg av metodikk/modeller.

Langt flere muligheter finnes enn det som er vist på figuren. Bl.a. Bayes-modeller for individuell estimering med statistiske data, Delphi-metoden som eksempel på gruppe-estimering etc.

Andre typer av metoder (kvalitative og semi-kvantitative) er intervall skalering, rangering, kategorisering og bruk av forholdstall (ref. /13/).

Beslutningslogikken viser at man først må ta stilling til om ekspertvurderingen skal skje i form av en gruppeprosess eller som individuell estimering.

Som vist på figuren og anbefalt på forrige side så er individuell estimering vanlig benyttet for estimering av hendelser, mens kostnadsestimering normalt skjer i form av en gruppeprosess.

Deretter kan man i prinsippet også skille mellom kvantitative og

(Ved bruk av gruppe-estimering antas evt. statistiske data å være underlagsinformasjo

kvalitative estimater. Eksempel på metode for å gi kvalitative estimater er parvis sammenlikning. Denne er vist stiplet på figuren, fordi vi her vil begrense oss til kvantitative estimeringer.

Ulike metoder for beregning av felles estimat ved individuell estimering vil bli benyttet avhengig av om det eksisterer statistiske data i tillegg til ekspertenes estimater. Det vil i disse retningslinjene kun bli beskrevet én metode hvor man ikke har data, og én metode hvor man har data.

For nærmere forklaring til de enkelte metodene/modellene henvises det til fase I, pkt. 6 og fase III, pkt. 1, 2 og 3.

n.)

**Fallgruber som må unngås**



<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 7
<b>6. Etablering av intervju-format</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p><b>6.1 Innhold</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• For kvantifisering av hendelser og bruk av individuell estimering skal spørreskjemaet inneholde følgende: <ul style="list-style-type: none"> <li>- en beskrivelse av den aktuelle hendelsen</li> <li>- en beskrivelse av det tilhørende scenario (hendelsesforløpet)</li> <li>- en liste av faktorer som kan påvirke sannsynligheten for hendelsen</li> <li>- et standardisert spørsmål angående frekvens/sannsynlighet (f.eks "Hvor ofte tror du at denne hendelsen vil inntreffe?")</li> <li>- et standardisert spørsmål angående usikkerhet</li> </ul> </li> <li>• Dersom analytiker har funnet frem til understøttende data må disse gjøres kjent for ekspertene</li> </ul>		Ref. /11/	Påvirkende faktorer kan være: For komp.; trykk, temp., vibrasjon, bruk etc. og for mennesker; stress, distraksjon etc.
<p><b>6.2 Utseende/form</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Utform et attraktivt, tiltalende og oversiktlig format for spørreskjema</li> </ul>		Ref. /11/	
<p><b>6.3 Spørsmålstilling</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Formulér klare, enkle spørsmål</li> <li>• Spørsmålene må være logisk korrekte og forståelige (lett for at spørsmålene oppfattes ulikt av ekspertene)</li> <li>• Vurdér om spørsmålene vedrørende hendelser kan være sannsynligheter, eller frekvenser, evt om parvis sammenlikning må benyttes (avhenger av pkt. 4 og 5) Eksempel: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Hva er sannsynligheten for at komp. A svikter i løpet av 4 år?</li> <li>- Dersom komp. A settes i drift nå, hvor lang tid tror du det vil gå før den svikter?</li> </ul> </li> </ul>		Ref. /1/ Ref. /10/	Viktig å prøve ut dette på forhånd, og velge det som er best egnet for de aktuelle ekspertene.  (Parvis

- Hvilken komponent vil være i drift lengst før svikt oppstår, A eller B?	sammenlikning)
<b>Fallgruber som må unngås</b>	

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 2 av 7

### 6. Etablering av intervju-format

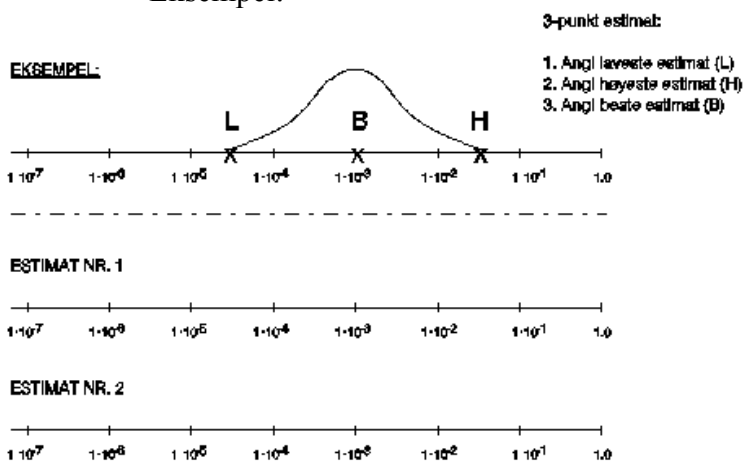
Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

- For estimering av usikkerhet (ytterpunkt-estimatene) er det fordelaktig med grafisk angivelse (inklusive et eksempel på hvordan svar skal gis).

Eksempel:



Med stort spenn i ytterpunkt estimatene (konfidensintervall) bør logaritmisk skala benyttes.

(Nedbrytingen må stemme med formen på tilgjengelige data.)

#### 6.4 Nedbryting av problem/estimat

- Bestem egnet nivå på nedbryting av problem/estimat. (Naturlig begrensning er gitt av tids-/kostnadsbegrensning samt begrensning i data og kunnskap.)

***Eksempel kostnadsestimat***

- Nedbrytingsnivået bestemmes suksessivt av prosjektgruppen

***Eksempel MTBF***

- Nedbryting til det komponent/delsystem-nivå som man har data/kunnskap om

***Eksempel hendelser generelt***

- Kan gjøres fleksibelt, valg av nivå kan gjøres av ekspert. (F.eks ut ifra et feiltre kan eksperten selv velge basishendelser eller grener i feiltreet som han har kunnskap til å estimere.)

**Fallgruber som må unngås**

- Nedbryting i så mange detaljer at oversikten mistes og mindre viktige detalj-diskusjoner overtar (gjelder for grupper)
- For lite detaljer slik at en ikke kommer tilstrekkelig i inngrep de virkelige grunnleggende problemene

Ref. /10/

Ref. /10/

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	3 av 7
<b>6. Etablering av intervju-format</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p><b>6.5 Rekkefølge på spørsmål</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Dersom kontrollspørsmål (eller konsistens-sjekk spørsmål) benyttes bør disse blandes sammen med de reelle spørsmålene slik at ekspertene ikke vet hva som er kontrollspørsmål.</li> </ul>	<p>Ref. /11/ Ekspertene bør få vite om det er lagt inn kontrollspørsmål</p>		
<p><b>6.6 Utprøving</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gjennomfør en test av spørreskjemaet på f.eks kollegaer.</li> <li>Testpersonene må vurdere om beskrivelser og spørsmål er adekvate og lett forståelige, samt at de sjekker listen med påvirkende faktorer.</li> </ul>	<p>Ref. /1/ Ref. /11/</p>		
<p><b>6.7 Eksempler på intervju-format</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eksempel på format for estimering av MTBF, se s. 4</li> <li>- Eksempel på format for estimering av hendelser, se s. 5</li> <li>- Eksempel på format for gjensidig vurdering av ekspertene, se s. 6</li> <li>- Eksempel på format for etablering av ekspertens kunnskapsprofil, se s. 7</li> </ul> <p>(Kostnadsestimering utført som en gruppe-prosess krever normalt ikke utarbeidelse av et fast spørreskjema. Man kan imidlertid også for kostnads-estimering benytte et format noe tilsvarende de som er illustrert for MTBF og hendelser, spesielt gjelder dette for bruk av kompromiss/gjennomsnitt.)</p>	<p>Ref. /10/ Ref. /11/ Ref. /10/ Ref. /10/</p>		

<b>Fallgruber som må unngås</b>	
■ Eventuelle kontrollspørsmål må være relevante for det aktuelle tema	Ref. /11/
■ Kontrollspørsmålene må være slik at ekspertene ikke oppfatter dem som irrelevante/"dumme"/irriterende.	Ref. /10/



<b>Fallgruber som må unngås</b>	



## RETNINGSLINJER FOR

Side: 5 av 7

### 6. Etablering av intervju-format

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

#### Eksempel på format for estimering av hendelser:

Beskrivelse av basehendelse:

Basehendelse nr.:

Beskrivelse av tilhørende scenario:

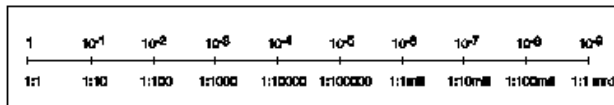
Operasjonsmodus:

Grensebetingelser, Påvirkende faktorer, Ytelsepåvirkende faktorer:

\*  
\*  
\*  
\*  
\*

Hvor ofte tror du denne hendelsen vil inntreffe?

Angi med et kryss (x) ditt beste estimat av hendelsefrekvensen og kryss av for enhet som du har benyttet.



---- timer                  ---- uker                  ---- måneder  
---- oppdrag eller oppdragsfaser                  ---- gang i bruk

Hvor ofte kan frekvensen av denne hendelsen vise seg å bli høyere enn ditt estimat?

Vennligst kryss av ett sted i hver av de 2 kolonnene

Større med en faktor på 2	Større med en faktor på 10
---- 1 av 3 ganger	---- 1 av 3 ganger
---- 1 av 5 ganger	---- 1 av 5 ganger
---- 1 av 10 ganger	---- 1 av 10 ganger
---- 1 av 20 ganger	---- 1 av 20 ganger
---- 1 av 50 ganger	---- 1 av 50 ganger
---- 1 av 100 ganger	---- 1 av 100 ganger
---- mindre	---- mindre

Ref. /11/

ESA (European Space Agency) benytter altså ett ark pr. hendelse/ estimat. (I forhold til eksempelet på forrige side blir det mange flere skjema å fylle ut for ekspertene.)

Behov for dokumentasjon og grundig behandling av hvert enkelt estimat vil være avgjørende for valg mellom disse to frem-gangsmåtene.

<b>Fallgruber som må unngås</b>	

## RETNINGSLINJER FOR

**Side:** 6 av 7

### 6. Etablering av intervju-format

**Dato:** 01.07.96

**Rev.nr.:** 0

**Ref./komm.:**

*Eksempel på format for gjensidig vurdering av ekspertene:*

Ref. /10/

Bedøm de øvrige ekspertene ved å gi dem poeng fra 0-10 (10 - høyest score).

Fyll ut linjen som angir ditt ekspertnummer.

		Ekspert nr. (som blir bedømt)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ekspert nr. (som bedømmer)	1										
	2										
	3										
	4										
	5										
	6										
	7										
	8										
	9										
	10										

Total poengscore for hver enkelt ekspert summeres, og samlet poengscore for samtlige eksperter summeres ut til høyre. Basert på dette kan ekspertenes vektor beregnes, se II.4.2 og III.2.3.

<b>Fallgruber som må unngås</b>	

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 7 av 7

### 6. Etablering av intervju-format

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

#### *Eksempel på format for etablering av kunnskapsprofil:*

##### **Ekspertens kunnskap og erfaring**

**Navn:** .....

Yrkestilling:

Antall år relevant erfaring: ..... år

Andel av tiden siste 5 år brukt på aktuelt fagområde: ..... %

Relevante prosjekter:

Relevant utdanning, kurs, etc.:

Andre relevante leder:

Ref. /10/

Se II.4.3 og III.2.4 for beregning av vektor basert på ekspertenes kunnskapsprofil.

Her er det antall år relevant erfaring, samt andel av tiden siste 5 år brukt på aktuelt fagområde (i %), som gir grunnlag for vekting.

<b>Fallgruber som må unngås</b>	
<p>(■ Dette må ikke ses på som en komplett kompetansevurdering, se da f.eks PS2000 - “Kompetanse som styringsparameter”)</p>	Ref. /14/

## FASE II: UTSPØRRINGS-FASEN

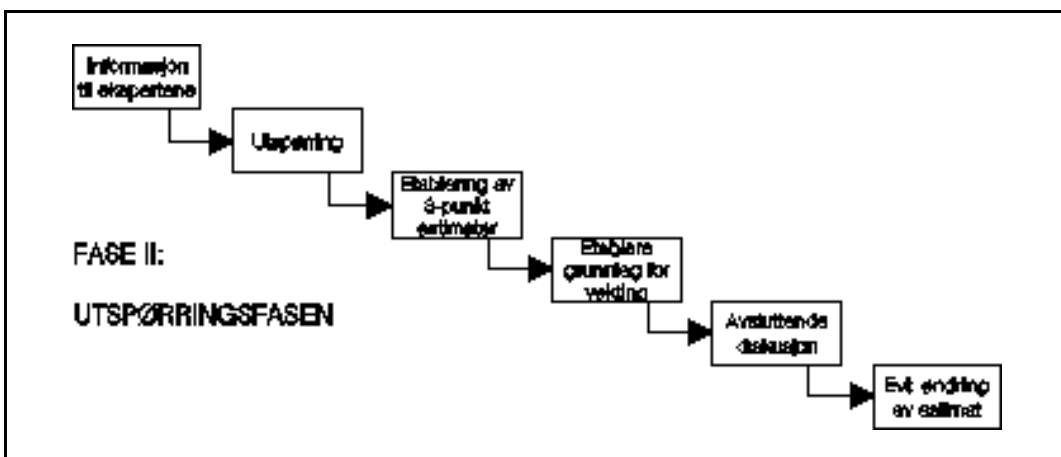
### Hensikt

Hensikten med utspørringsfasen er å trekke så mye relevant og objektiv kunnskap ut av eksperten som mulig.

“Utspørring” er ikke noe godt begrep i denne sammenheng. Det engelske begrepet som benyttes er “elicitation”, hvilket innebærer at man med en viss innsikt “lokker” ut av en person den kunnskap som man er ute etter.

### Innhold

1. Informasjon til ekspertene
  - 1.1 Faglig informasjon om angjeldende tema/problemområde
  - 1.2 Generell informasjon vedrørende ekspertvurderinger
2. Gjennomføring av utspørring (“kunnskaps-uthenting”)
3. Etablering av 3-punkt estimater
4. Etablere grunnlag for vekting av ekspertene
  - 4.1 Kontrollspørsmål
  - 4.2 Gjensidig ekspert-vekting
  - 4.3 Kunnskapsprofil
5. Oppsummering/avsluttende diskusjon
6. Eventuell endring av estimater



<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 2
<b>1. Informasjon til ekspertene</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p><b>1.1 Faglig informasjon om angjeldende tema/problemområde</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Forklar ekspertene hva som er problemstillingen og hva som skal estimeres</li> <li>Gjennomfør en (kort) diskusjon med ekspertene om temaet/problem-stillingen for å avdekke/oppklare eventuelle missforståelser/feil-oppfatninger, før estimeringen starter.</li> </ul>			
<p><b>1.2 Generell informasjon vedrørende ekspertvurderinger</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Forklar ekspertene hvordan ekspertvurderingen er tenkt gjennomført</li> <li>Forklar hvordan resultatene blir behandlet</li> <li>Gjennomgå det (de) skjema som ekspertene skal fylle ut</li> <li>Forklar ekspertene at de ikke vil bli holdt rettslig ansvarlig for de estimerer de gir</li> <li>Understrek overfor ekspertene betydningen av at de er oppriktige og ærlige når de estimerer</li> <li>Oppfordre ekspertene til ikke å la seg påvirke/dominere av de andre ekspertene eller analytikeren/møtelederen</li> <li>Forklar ekspertene endel av de viktigste fenomenene som gjør at de gir skjeve/“påvirkede” (eng. “biased”) estimerer. Noen av disse er: <ul style="list-style-type: none"> <li><u>Tilgjengelighet</u> (eng. “availability”) <ul style="list-style-type: none"> <li>Tilgjengelighet innebærer at vi har en tendens til å basere våre estimerer på de av de tidlige hendelsesfrekvensene/kostnadene som vi lettest kommer på (erindrer).</li> </ul> </li> </ul> </li> </ul>		<p>Ref. /1/</p> <p>Ref. /1/</p> <p>Ref. /11/</p> <p>Ref. /5/</p>	<p>Fordi informasjon om dette har ført til at påvirkningen bli mindre. (Jfr. Ref. /1/) Ref. /1/</p>



### **Fallgruber som må unngås**

- N.B. Mange av årsakene til skjeve estimater (som er listet på denne og neste side) vil ikke være aktuelt å forklare ekspertene, men kan mer ses på som bakgrunnsinformasjon til analytiker/prosessleder.

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	2 av 2
<b>1. Informasjon til ekspertene</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>Forankring og justering</u> (eng. “anchoring and adjustment”) <p>Forankring og justering innebærer at vi starter med en eller annen initiell verdi som vi deretter justerer, men ofte i utilstrekkelig grad. (Forankringen til den første verdien er for stor.)</p> </li> <li>- <u>Representativitet</u> (eng. “representativeness”) <p>Representativitet betyr at vi bedømmer sannsynligheten for utsagnet “objekt A tilhører klasse B” basert på i hvilken grad A representerer eller ligner på B.</p> </li> <li>- <u>Kontroll</u> (eng. “control”) <p>Vi har en tendens til å handle som om vi kan influere på en situasjon, som vi objektivt sett, ikke har noen som helst kontroll over. (Vi tror vi har en viss kontroll.)</p> </li> <li>- <u>Overkonfidens</u> (eng. “overconfidence”) <p>Når vi først har valgt et beste estimat og skal legge vår subjektive usikkerhet omkring dette estimatet via et høyeste og et laveste estimat (et konfidensintervall), har vi en tendens til å legge inn et for snevert intervall. Vi er det vi kaller over-konfidente. (Dette kan ses på som en variant av forankring og justering, ved at man forankres til beste estimat.)</p> </li> </ul> <p>Eksempler på disse formene for påvirkning (og andre) kan studeres nærmere i ref./1/ og spesielt i ref./12/. (Av analytikere.)</p> <p>Andre former for påvirkning er bl.a diskutert i ref. /13/. Noen av disse er:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sentrering (eng. “centering bias”)</li> <li>- Kontraksjon (eng. “contraction bias”)</li> <li>- Utjevningsstimulert (eng. “stimulus spacing bias”)</li> <li>- Spredningsstimulert (eng. “stimulus frequency bias”)</li> <li>- Logaritmisk feil (eng. “logarithmic bias in ratio scaling”)</li> </ul> <p>(Mange av disse er knyttet til bestemte metoder/teknikker for</p>		<p>Ref. /1/</p> <p>Ref. /1/</p> <p>Se evt. ref./1/ for nærmere utdyping vha. eksempler.</p> <p>Ref. /1/</p> <p>Se evt. ref./1/ for nærmere utdyping vha. eksempler.</p> <p>Ref. /1/</p> <p>Kunnskap om ulike former for påvirkning som kan gi gale estimater når ekspert-vurderinger benyttes, samt tiltak for å forhindre/ redusere effekten av disse, er et <u>stort</u> fagområde i seg selv.</p> <p>Eksempelvis så refererer ref. /13/ videre til 75 artikler/bøker/</p>	

utspørring, jfr. I.5).	rapporter.
<b>Fallgruber som må unngås</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>(■ “Alle” former for påvirkning som analytiker kan gjøre noe med, evt. orientere om.</li><li>(■ Gruppearbeid kan medføre feilkilder i tillegg til de nevnt ovenfor, se f.eks ref./6/.)</li></ul>	

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 1
<b>2. Gjennomføring av utspørring</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Behandle ekspertene på en rettferdig og lik måte, og vær helt åpen bl.a ved å la dem få tilgang på sluttdokumentasjonen (dersom de ønsker det)</li> </ul>		Ref. /8/	
<p>Individuell estimering:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sørg for at ekspertene får gjennomført estimeringene uten at de forstyrres/påvirkes av de andre ekspertene (eller av analytiker-/møteleder)</li> <li>• Dersom alle ekspertene er tilstede etter utspørringen kan en gruppe-diskusjon finne sted for å: <ul style="list-style-type: none"> <li>i) avklare eventuelle missforståelser vedrørende spørsmålene</li> <li>ii) tillate en korrigering av estimatene etter at ekspertene diskuterer og argumenterer for sine estimater</li> </ul> </li> <li>• Dersom kun én ekspert benyttes (sammen med analoge statistiske data) må eksperten gi en kort begrunnelse for hvordan estimatet er fremkommet.</li> </ul>		<p>Utspørringen kan skje samtidig for alle ekspertene, eller en etter en.</p> <p>Ref. /10/</p>	
<p>Gruppe-konsensus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sørg for å styre diskusjonen slik at ikke én enkelt ekspert får dominere for mye</li> <li>• Ved bruk av gruppekonsensus kan det være en fordel om ekspertene først gjør et individuelt estimat som de noterer ned, før diskusjon om felles estimat starter</li> <li>• Uformell tone letter prosessen</li> <li>• Det må ikke være noen forstyrrelser/avbrekk (mobiltelefon, beskjeder, etc.)</li> </ul>		<p>Ref. /11/</p> <p>Ref. /10/</p> <p>Ref. /10/</p> <p>Ref. /10/</p>	

<b>Fallgruber som må unngås</b>	
■ Analytiker/møteleder må forholde seg nøytral og ikke ta aktiv del i vurderingene slik at estimatene påvirkes	Ref. /1/
■ Analytiker/møteleder må være tilstede under hele seansen for å vise interesse, for å kontrollere at alt går riktig for seg, samt for å svare på spørsmål	Ref. /1/
■ Begrens varigheten av utspørringen. Ved individuell utspørring max. 1 time før det eventuelt tas pause.	Ref. /1/

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 1 av 1

### 3. Etablering av 3-punkt estimater

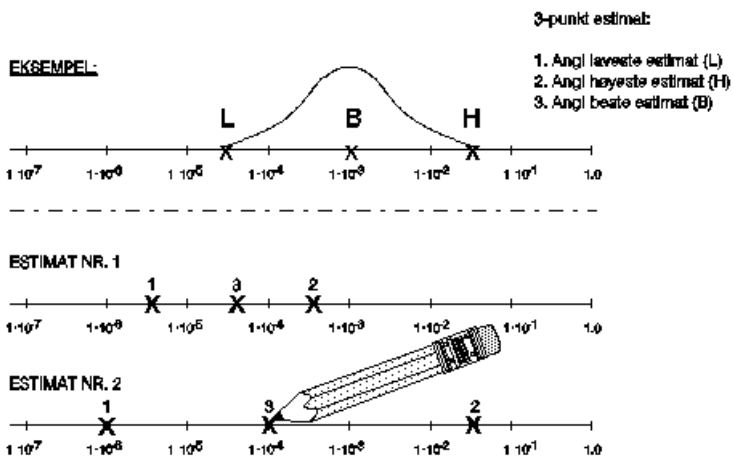
Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

- Be ekspertene først angi deres laveste estimat og høyeste estimat.  
Til slutt angir de sitt "beste" estimat (median-verdien).

#### *Eksempel MTBF:*



Ref. /6/

(Differansen mellom høyeste og laveste estimat utgjør et konfidens-intervall. Om dette er 90/95/99% vil for ekspertene være vanskelig å skille mellom ved subjektiv estimering.)

- Det anbefales å benytte et 90% konfidens-intervall.  
(Erfaring viser at de fleste er overkonfidente, dvs de angir et for snevert intervall, og at problemet bare blir større ved 95% eller 99%-konfidens intervall. Ref. /10/.)

<b>Fallgruber som må unngås</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Unngå å spørre etter beste estimat først, fordi dette kan føre til en “låsing” til denne verdien, som gjør at usikkerheten i form av ytterpunktestimaterne blir underestimert. (Ekspertene er overkonfidente.)</li></ul>	Ref. /6/

<p style="text-align: center;"><b>RETNINGSLINJER FOR</b></p>	<p><b>Side:</b></p>	<p>1 av 1</p>
<p style="text-align: center;"><b>4. Etablere grunnlag for vekting av ekspertene</b></p>	<p><b>Dato:</b></p>	<p>01.07.96</p>
	<p><b>Rev.nr.:</b></p>	<p>0</p>
	<b>Ref./komm.:</b>	
<p>Hvorvidt man ønsker å foreta en vekting må tas stilling til allerede i forberedelses-fasen (se I.4.2) fordi dette påvirker utforming av spørreskjema.</p> <p>Hvorfor man eventuelt skal foreta en vekting av ekspertene er fordi ingen eksperter er like "god". (Også ved uformelle analyser velger ofte analytiker å legge mest vekt på den/de eksperter han har mest tiltro til.)</p> <p>Det er imidlertid viktig at man dokumenterer på hvilket grunnlag vektene er gitt. Under utspørringen må man derfor sørge for at de nødvendige opplysninger (svar på kontrollspørsmål, gjensidig vekting, etc.) blir innhentet for å kunne foreta en vekting.</p> <p><b>4.1 Kontrollspørsmål</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Eventuelle kontrollspørsmål forutsettes å være blandet sammen med de reelle spørsmålene, og vil av ekspertene bli besvart på samme måte som de reelle spørsmålene, dvs som 3-punkt estimer.</li> </ul> <p><b>4.2 Gjensidig ekspert-vekting</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ekspertene gjøre en bedømmelse av hverandre ved å fylle ut et skjema/matrise for gjensidig vurdering.</li> </ul> <p>Mulig metode:  Hver ekspert gir de øvrige ekspertene poeng fra 1-10 (10 topp). Vekten hver enkelt ekspert blir gitt er da lik den totale poengsum for denne eksperten dividert med den totale poengsum for alle ekspertene.  (Se pkt. III.2.3 for nærmere beskrivelse av metoden).</p> <p><b>4.3 Kunnskapsprofil</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• La ekspertene fylle inn skjema med opplysninger om deres profesjonelle bakgrunn og erfaring.  Ulik vekting av ekspertene <u>kan</u> gjøres basert på å gi høyest vekt til ekspertene med mest relevant kunnskap (erfaring og utdanning).</li> </ul>	<p>Ref. /1/</p> <p>Ref. /10/</p> <p>Det finnes selvsagt mange måter en slik vekting kan bli gitt på.</p> <p>Ref. /10/</p> <p>Dette er lite benyttet og beskrevet ifm. ekspert-vurderings-litteratur.  (Se evt. ref. /14/)</p>	



<b>Fallgruber som må unngås</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Uten et rasjonelt grunnlag for å vekte ekspertene, bør ulik vektning ikke benyttes.</li> </ul>	Ref. /10/
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Vektning fører til en mer omfattende ekspertvurderings-prosess og vil ikke være aktuell å bruke ved svært enkle ekspertvurderinger.</li> </ul>	Ref. /10/
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Gjensidig ekspert-vektning bør ikke benyttes dersom det er sannsynlig at ekspertene kan legge ikke-faglige forhold til grunn for den vekt de gir de øvrige ekspertene.</li> </ul>	Ref. /10/ (Personlige motsetninger, faglig uenighet etc.)

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 1
<b>5. Oppsummering/avsluttende diskusjon</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Spør ekspertene om det er spørsmål som er uklare slik at dette kan avklares straks, og eventuelle korreksjoner av estimater som følge av dette kan gjøres.</li> <li>• Be ekspertene gi argumenter for sine estimater (dersom det er tid og ressurser til dette).</li> <li>• Ved uformelle gruppeprosesser bør man be gruppen vurdere om totalresultatet er (intuitivt) vurdert som fullstendig, dekkende, rett, relevant, godt nok osv. (Dette kan også avhjelpes med hjelpemiddel som f.eks situasjonskart, se ref. /6/).</li> </ul>		Ref. /10/ Dette vil for gruppeprosesser normalt bli avklart underveis.	
<b>Fallgruber som må unngås</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Aldri avslutte en gruppesesjon uten å gjøre en totalvurdering (- er målet med vurderingene nådd?)</li> </ul>		Ref. /10/	

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 1
<b>6. Eventuell endring av estimater</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• For individuell estimering <u>kan</u> det etter den individuelle sesjonen vurderes å gjennomføre en gruppesesjon i tillegg, hvor estimatene diskuteres og ekspertene tillates å korrigere sine opprinnelige estimat.</li> </ul>		Ref. /8/	
<b>Fallgruber som må unngås</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Sterk påvirkning av enkeltpersoner under en slik gruppediskusjon kan føre til uheldig påvirkning av mindre “pågående” eksperter. Dette gjelder ikke minst for eksperter med ulik formell og uformell status, f.eks sjef vs. underordnet.</li> </ul>		Ref. /10/	

## **FASE III: BEREGNINGS-FASEN**

### **Hensikt**

Hensikten med beregningsfasen er å få frem de resultat/estimat som legges frem for beslutningstaker (eventuelt inngår som inngangsdata i en analyse), basert på de estimat ekspertene gir enkeltvis eller som gruppe.

I tillegg inngår det i denne fasen dokumentering og presentering av prosess og resultater.

### **Innhold**

1. Kalibrering av ekspertene
  - 1.1 Kriterie for gjennomføring av kalibrering
  - 1.2 Metode for gjennomføring av kalibrering
2. Vekting av ekspertene
  - 2.1 Lik vekting
  - 2.2 Basert på kontrollspørsmål
  - 2.3 Basert på gjensidig vekting
  - 2.4 Basert på kunnskapsprofil
  - 2.5 Basert på argumentasjon ved avsluttende diskusjon
3. Beregning (etablering) av felles estimat
  - 3.1 Beregning basert på individuell behandling av ekspertene
  - 3.2 Etablering basert på gruppe-konsensus
4. Dokumentasjon
5. Kommunikasjon/presentasjon
  - 5.1 Presentasjon for beslutningstaker
  - 5.2 Presentasjon for ekspertene (tilbakemelding)
6. Etterarbeid
  - 6.1 Før rapportering
  - 6.2 Etter rapportering

Kalibrering av  
eksperimentene

Vekting av  
eksperimentene

Beregning  
(estimering) av  
felles estimat

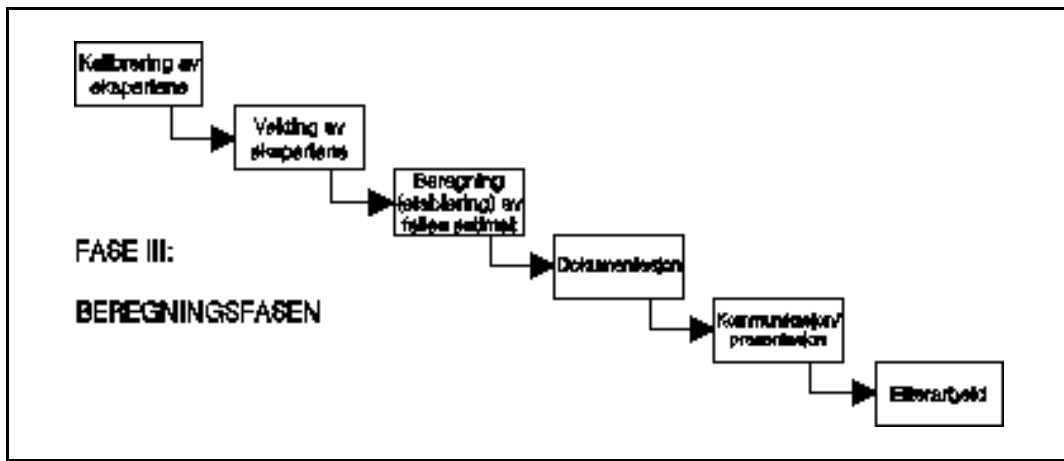
Dokumentasjon

Kommunikasjon/  
presentasjon

Etterarbeid

FASE III:

BEREGNINGSAFASEN



<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 4
<b>1. Kalibrering av ekspertene</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p>Kalibrering gjennomføres hvis det er klare indikasjoner på at eksperten systematisk over/under-estimerer den korrekte verdi, slik at verdifull informasjon tapes hvis han ikke kalibreres. (Hvis ikke vektet han svært lavt.)  Dette krever at det er benyttet kontrollspørsmål.</p> <p><b>1.1 Kriterie for gjennomføring av kalibrering</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Vurdér om det er grunnlag for kalibrering</li> </ul> <p><i>Generell modell</i></p> <p>n = antall kontrollspørsmål  x<sub>i</sub> er korrekt verdi, kjent av analytiker  Y<sub>i</sub> er ekspertens estimat  Z = antall Y<sub>i</sub> - x<sub>i</sub> som er &gt; 0</p> <p>Vi vil da kalibrere eksperten når Z enten er nær 0 eller nær n.</p> <p>Følgende enkle regel foreslås:</p> <p>(1) For n ≥ 5 gjennomføres kalibrering når</p> $Z < n/2 - \sqrt{n} \quad \text{eller} \quad Z > n/2 + \sqrt{n}$ <p>Eks.: For n = 5 kalibrerer vi hvis Z=0 eller Z=5  For n = 10 kalibrerer vi hvis Z=0,1,9,10</p> <p>(2) For 2 ≤ n ≤ 4 og Z=0 eller Z=n gjennomføres kalibrering når i tillegg Y<sub>i</sub>/x<sub>i</sub> gjennomgående er "store" (&gt;&gt;1) eller "små" (&lt;&lt;1), dvs:</p> <p>(i) Z=0 og <math>1/n \sum (Y_i/x_i) &lt; 1/(6-n)</math>, eller  (ii) Z=n og <math>1/n \sum (Y_i/x_i) &gt; (6-n)</math></p>		<p>Ref. /8/</p> <p>Ref. /10/</p> <p>Dvs systematisk over- eller underestimering.</p> <p>Dvs når ekspertens estimerer er "svært" langt unna korrekt verdi.</p> <p>Så få kontrollpunkter som 4 eller mindre krever at indikasjonen på over-/underestimering er svært klar.</p>	

<b>Fallgruber som må unngås</b>	
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Dersom man ønsker å benytte kontrollspørsmål for å kunne kalibrere eksperter, bør man ha minimum 5 kontrollspørsmål for at man “normalt” skal kunne påvise systematisk over- eller underestimering.</li><li>■ En må ikke ta feil av korrekt verdi for kontrollspørsmålene (skal dokumentere hvor verdiene er hentet fra).</li></ul>	Ref. /10/ Minimum antall kontroll-spørsmål for kalibrering er 5 iht. ref. /11/. Ref. /10/

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 2 av 4

### 1. Kalibrering av ekspertene

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

#### *Eksempel kostnadsestimat*

Anta  $n=3$  kontrollspørsmål  $x_i$ , ( $i = 1, \dots, 3$ ) for kostnadsestimering av aktivitetene A, B og C. Anta følgende korrekte verdier og estimater:

	$x_i$	$Y_i$
Kostnad akt. A	50.000	70.000
Kostnad akt. B	60.000	90.000
Kostnad akt. C	70.000	140.000

Alle  $Y_i$  er her større enn  $x_i$ , dvs  $Z=3$ , men:

$$1/n \sum (Y_i/x_i) = 1/3 \cdot (7/5 + 9/6 + 14/7) = 1.63 < (6-n) = 6-3 = 3$$

altså er det ikke grunnlag for å gjennomføre kalibrering.

#### 1.2 Metode for gjennomføring av kalibrering

- Dersom kriteriet for kalibrering er oppfylt, gjennomfør kalibrering av ekspertens estimater

#### *Generell modell*

For fremtidige reelle kostnadsestimat kalibreres eksperten i henhold til kalibreringsformelen (hvor  $Y$  er ekspertens estimat og  $\hat{x}$  er kalibrert estimat):

$$(1) \quad \hat{x} = \hat{a} + \hat{b} \cdot Y \quad (2) \quad \hat{x} = (\hat{a}/x_{i,min} + \hat{b}) \cdot Y$$

$\hat{a}$  og  $\hat{b}$  er de verdiene som minimaliserer "summen av kvadratfeil", og som dermed gir følgende minste kvadratsums estimater:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

Se illustrasjon på s. 4

Ref. /10/

Alt.(2) benyttes når  $Y$  er mindre enn laveste  $x_i$ -verdi (kontroll-verdi) og går mot 0. For  $Y=0$  er selvsagt  $\hat{x} = 0$  og ikke lik  $\hat{a}$

Se illustrasjon på s. 4

#### Fallgruber som må unngås

- Kalibreringsformel (1) har kun gyldighet innenfor det område ( $x$ -

Ref. /10/



verdier) en har kontrollspørsmål (kontroll-estimer) for, dvs.  
 $Y \in (\min(Y_i), \max(Y_i))$ .

- Kalibrering av ekspertene må av analytiker behandles konfidensielt, og ikke offentliggjøres. (Navnene til ekspertene kan imidlertid dokumenteres.)

Ref. /11/

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 3 av 4

### 1. Kalibrering av ekspertene

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

#### *Eksempel kostnadsestimat*

Anta at kriteriet for kalibrering er oppfylt (hvilket det egentlig ikke er jfr. forrige side) med talleksempelen benyttet ovenfor.

Utregning gir  $\hat{b} = 0.27$  og  $\hat{a} = 33.000$

Et reelt kostnadsestimat fra denne ekspertten på f.eks  $Y=100.000$  (for en aktivitet D) gir da følgende kalibrerte estimat:

$$\hat{x} = \hat{a} + \hat{b} \cdot Y = 33.000 + 0.27 \cdot 100.000 = \underline{60.000}$$

For en verdi  $Y < x_{i,\min}$ , f.eks  $Y = 30.000$  benyttes kalibreringsformel (2) som gir:

$$\begin{aligned}\hat{x} &= (\hat{a}/x_{i,\min} + \hat{b}) \cdot Y = (33.000/70.000 + 0.27) \cdot 30.000 \\ &= (0.47 + 0.27) \cdot 30.000 = 0.74 \cdot 30.000 \\ &= \underline{22.243}\end{aligned}$$

Vi ser at for  $Y=0$  får vi  $\hat{x} = 0$ , slik det bør være.

Dette er illustrert på figuren på neste side.

**Fallgruber som må unngås**

# RETNINGSLINJER FOR

**Side:** 4 av 4

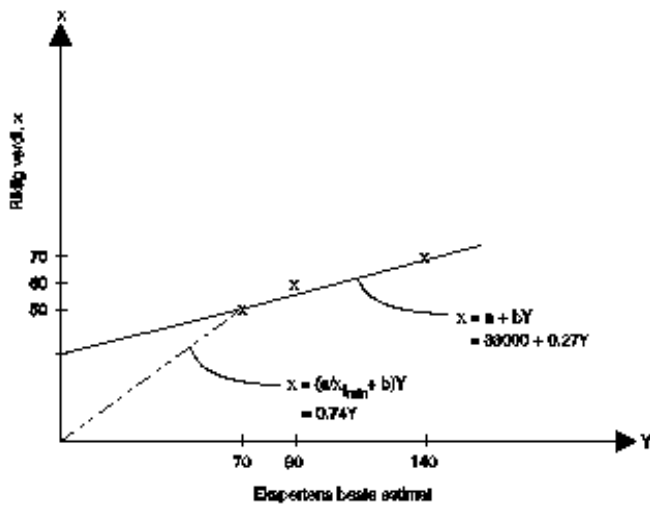
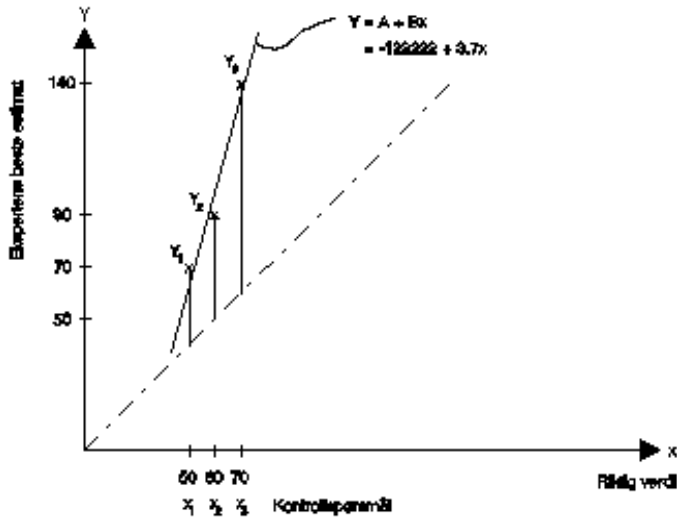
## 1. Kalibrering av ekspertene

**Dato:** 01.07.96

**Rev.nr.:** 0

**Ref./komm.:**

### Illustrasjon av kalibreringsmodellene



Eksempelet fra s. 2 er benyttet her.

Eksperten overestimerer de 3 kontrollspørsmålene men med kun 3 kontroll-spørsmål krever kriteriet for kalibrering at avviket fra riktig verdi er svært stort, noe det ikke er i dette eksempelet.

Illustrasjonen viser hvordan eksperten skulle vært kalibrert gitt at kriteriet for kalibrering var oppfylt (hvilket det jo egentlig ikke er i dette tilfellet).

Gyldighetsområdet for formel (1) er strengt tatt mellom 70.000 og 140.000. Spesielt når verdiene nærmer seg 0 vil det være galt å bruke formel (1).

Formel (1) - se s. 2 - benyttes for verdier over 70.000, mens formel  
(2) benyttes for verdier under  
70.000.

**Fallgruber som må unngås**

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 6
<b>2. Vekting av ekspertene</b>		<b>Dato:</b>	01.07.96
		<b>Rev.nr.:</b>	0
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p><b>2.1 Lik vekting</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gi ekspertene vekt lik <math>1/n</math>, hvor <math>n</math>=antall eksperter (Lik vekting av ekspertene benyttes når det ikke foreligger et grunnlag for å foreta en differensiert vekting, som f.eks kontrollspørsmål, gjensidig vekting, kunnskapsprofil etc.).</li> </ul> <p><b>2.2 Basert på kontrollspørsmål</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gi ekspertene vekt i forhold til deres estimerte tilfeldige feil (varians) ved vurdering av kontrollspørsmålene. (Dette uttrykker ekspertenes “sanne informasjonsverdi”.) Eksempel, se s. 2 og 3</li> </ul> <p><b>2.3 Basert på gjensidig vekting</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gi ekspertene vekt i forhold til hvordan de blir bedømt av de øvrige ekspertene. Eksempel, se s. 4 og 5.</li> </ul> <p><b>2.4 Basert på kunnskapsprofil</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gi ekspertene vekt i forhold til deres kunnskap. Eksempel, se s. 6.</li> </ul> <p><b>2.5 Basert på argumentasjon ved avsluttende diskusjon</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Gi ekspertene vekt i forhold til deres argumentasjon for sine estimer. I argumentasjon kan bl.a egne erfaringer og kildehenvisninger inngå. (En slik “ekspertvurdering” av ekspertene fra analytikers side må hvis det benyttes begrunnes og dokumenteres.)</li> </ul>	<p>Begrunnelse for å vekte er diskutert under II.4.</p> <p>Ref. /8/</p> <p>Se og kap. 7</p> <p>Se og kap. 7</p> <p>Se og kap. 7</p> <p>Ref. /8/</p>		

**Fallgruber som må unngås**

- Vekting som ikke er begrunnet eller ikke er dokumentert

Ref. /10/

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 2 av 6

### 2. Vekting av ekspertene

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

#### Vekting basert på kontrollspørsmål

##### *Generell modell*

Vektene baserer seg på ekspertenes “virkelige” informasjonsverdi målt som standard avvik av feil i estimatene.

Når det er M eksperter vil vekten for ekspert nr. j bli:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

Ref. /10/

Feil i estimatene er differansen mellom estimert verdi (beste estimat) og korrekt verdi, dvs  $Y_i - x_i$ , (evt.  $\hat{x}_i - x_i$  hvis kalibrert).

( $j=1, \dots, M$ )

hvor det estimerte standardavviket for ekspert j er:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

$\hat{x}_{ij}$  er (det kalibrerte) estimatet for  $x_i$  gitt av ekspert j, dvs:

$$\begin{aligned} \hat{x}_{ij} &= \alpha_j + \hat{\beta}_j \cdot Y_{ij} && \text{hvis kalibrering er brukt og } Y_i \geq \\ &= Y_i && \text{hvis ikke kalibrering} \end{aligned}$$

$i = 1, \dots, N$   
 $j = 1, \dots, M$

### Fallgruber som må unngås

- Vektingen av ekspertene er her utelukkende basert på hvor godt deres beste estimat treffer i forhold til korrekt verdi. Deres subjektive vurdering av usikkerheten i eget estimat basert på differansen mellom høyeste og laveste estimat ( $v_i = h_i - l_i$ ) får ingen betydning for vektingen. Hadde denne “tiltroen” til eget beste estimat influert på vektingen, f.eks ved at liten spredning/ variasjon hadde gitt økt vekt, ville det medført at overkonfidente eksperter (liten variasjon) ville blitt vektet høyere enn eksperter med mer “realistisk” variasjon. Unngå derfor å bruke “subjektiv” informasjonsverdi i vektingen.



## RETNINGSLINJER FOR

**Side:** 3 av 6

### 2. Vekting av ekspertene

**Dato:** 01.07.96

**Rev.nr.:** 0

**Ref./komm.:**

#### *Eksempel kostnadsestimat*

(forts. fra pkt.1)

Anta at vi har 3 eksperter;  $M = 3$ .

Anta at de 3 ekspertene gir følgende kostnadsestimater til de 3 kontroll-spørsmålene:

	$x_i$	$Y_i(1)$	$Y_i(2)$	$Y_i(3)$
Kostnad akt. A	50.000	70.000	40.000	60.000
Kostnad akt. B	60.000	90.000	80.000	50.000
Kostnad akt. C	70.000	140.000	60.000	90.000

En kontroll av kriteriet for kalibrering viser at forutsetningen for å kalibrere ikke er tilstede for noen av ekspertene, dvs  $\hat{x}_i(j) = Y_i(j)$ .

$i = 1, 2, 3$   
 $j = 1, 2, 3$

Utrekning gir da:

$$S(1) = \sqrt{[(70.000-50.000)^2 + (50.000-60.000)^2 + (140.000-70.000)^2]}$$

$$= \sqrt{(20.000^2 + 30.000^2 + 70.000^2)} = \underline{45461}$$

$$S(2) = \sqrt{[(40.000-50.000)^2 + (80.000-60.000)^2 + (60.000-70.000)^2]}$$

$$= \sqrt{(10.000^2 + 20.000^2 + 10.000^2)} = \underline{14142}$$

$$S(3) = \sqrt{[(60.000-50.000)^2 + (50.000-60.000)^2 + (90.000-70.000)^2]}$$

$$= \sqrt{(10.000^2 + 10.000^2 + 20.000^2)} = \underline{14142}$$

$$w_1 = (1/S(1)^2)/[1/S(1)^2 + 1/S(2)^2 + 1/S(3)^2]$$

$$= (1/45461^2)/(1/45461^2 + 1/14142^2 + 1/14142^2)$$

$$= 4.84E-10/(4.84E-10 + 5.0E-9 + 5.0E-9) = 4.84E-10/10.48E-9 = 0.046$$

$$w_2 = (1/S(2)^2)/[1/S(1)^2 + 1/S(2)^2 + 1/S(3)^2] = 5.0E-9/10.48E-9 = 0.48$$

$$w_3 = w_2 = 0.48$$

(Men siden  $w_1 + w_2 + w_3$  skal være lik 1.0 settes  $w_1 = 0.04$ )

Ekspert 1 vektet lavest fordi han i "sum" (kvadratsum) ligger lengst unna de korrekte verdiene.

Altså:

Vekt for ekspert nr. 1,  $w_1 = \underline{0.04}$

Vekt for ekspert nr. 2,  $w_2 = 0.48$

Vekt for ekspert nr. 3,  $w_3 = 0.48$

**Fallgruber som må unngås**

- Må ikke bruke fast vektning for alle estimat dersom ekspertenes kunnskap er ulik for ulike deler av de aktiviteter/hendelser som skal estimeres.  
(At eksperter bare dekker deler av det som skal estimeres er særlig typisk for kostnadsestimering i prosjekt.)

Ref. /10/

## RETNINGSLINJER FOR

**Side:** 4 av 6

### 2. Vekting av ekspertene

**Dato:** 01.07.96

**Rev.nr.:** 0

**Ref./komm.:**

#### Gjensidig ekspertvekting

Alle eksperter vurderer de øvrige ekspertene ved å gi dem poeng fra 0-10 (10 topp).

Vekten for hver enkelt ekspert blir da lik summen ekspertten oppnår dividert med den totale poengsummen alle ekspertene oppnår. (Dermed blir summen av vektene lik 1.0).

#### Generell modell

Ekspert nr. (som blir bedømt)

		1	2	3	...	n
Ekspert nr. (som bedømmer)	1		$p_{1,2}$	$p_{1,3}$	...	$p_{1,n}$
	2	$p_{2,1}$				$\vdots$
	3	$\vdots$				$\vdots$
	$\vdots$	$p_{n-1,1}$				$p_{n-1,n}$
	n	$p_{n,1}$	...	...	$p_{n,n-1}$	
		$\sum_{i=1}^n p_{i,1}$	...			

$$w_i = \frac{\sum_{j=1}^n p_{ij}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_{ij}}$$

$p_{ij}$  = poeng ekspert nr. i gir ekspert nr. j

En slik vekting kan gis generelt (dersom alle ekspertene dekker alle tema) eller for hvert enkelt deltema.

Ref. /10/

N.B. Her er n = antall eksperter (vi har tidligere også benyttet M om antall eksperter).

$w_j$  = vekt for ekspert nr. j

**Fallgruber som må unngås**

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 5 av 6

### 2. Vekting av ekspertene

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

#### *Talleksempel*

Anta at det benyttes 5 eksperter og at de gir hverandre følgende poeng:

		Ekspert nr. (som blir bedømt)				
		1	2	3	4	5
Ekspert nr. (som bedømmer)	1	6	2	7	9	
	2	8	4	7	9	
	3	9	8	8	5	
	4	8	4	4	7	
	5	7	7	3	7	
	32	22	18	29	30	126

Dette gir følgende vektor:

$$w_1 = 32/126 = \underline{0.25}$$

$$w_2 = 22/126 = \underline{0.17}$$

$$w_3 = 13/126 = \underline{0.10}$$

$$w_4 = 29/126 = \underline{0.23}$$

$$w_5 = 30/126 = \underline{0.24}$$

**Fallgruber som må unngås**

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 6 av 6

### 2. Vekting av ekspertene

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

#### *Eksempel på modell for vekting av ekspertene basert på deres kunnskaps-profil*

Ref. /10/

Baserer vektene på:

- i) Antall år relevant erfaring
- ii) Andel av tiden i de siste 5 år som er brukt direkte innenfor det aktuelle området

For eventuell videre "raffinering" henvises til PS2000-prosjektet "Kompetanse som styringsparameter".

Disse teller likt (dvs. 50% hver).

Ref. /14/

Poeng som gis baserer seg på følgende enkle modeller (forslag):

År:	0	1	2	3	4	5	6-10	10-15	15-20	20-30
Poeng	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Andel av tiden:	0	10%	20%	40%	50%	60%	80%	100%		
Poeng:		0	1	2	4	5	6	8	10	

(Innenfor enkelte områder vil også erfaring ut over 10 år være viktig, mens det i andre tilfeller ikke ligger noen mergevinst i det å ha erfaring utover f.eks 10 år.)

#### *Talleksempel*

Anta 3 eksperter med følgende erfaring:

Ekspert nr.:	1	2	3
Antall år:	2	5	20
Andel siste 5 år:	40%	50%	20%

Dette gir:

Poeng:	$2 \cdot 0.5 + 4 \cdot 0.5$	$5 \cdot 0.5 + 5 \cdot 0.5$	$9 \cdot 0.5 + 2 \cdot 0.5$	
	= 3	= 5	= 5.5	Sum: 13.5

Vekt:	$3/13.5$	$5/13.5$	$5.5/13.5$	
	= 0.22	= 0.37	= 0.41	

### **Fallgruber som må unngås**

- Intuitivt synes det riktig å legge større vekt på en ekspert med lang erfaring innenfor det angjeldende fagområde enn en mindre erfaren ekspert, og ved bruk av usystematiske metoder for innhenting av ekspertestimer vil ofte en analytiker legge mest vekt på en erfaren ekspert uten at dette dokumenteres og begrunnes. Det å finne en god modell for å gi differensierte vekter er imidlertid vanskelig og man skal passe seg for at ikke dette kun blir en lek med tall.



<b>RETNINGSLINJER FOR</b>	<b>Side:</b>	1 av 10
<b>3. Beregning (etablering) av felles estimat</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96
	<b>Rev.nr.:</b>	0
	<b>Ref./komm.:</b>	
<p>Beregning eller etablering av felles estimat gjennomføres for å få frem det estimat som analytiker skal benytte videre.  Det felles estimatet baserer seg på ekspertenes individuelle estimater/uttalelser/begrunnelser enten dette har skjedd individuelt eller i gruppen.</p> <p>Ved individuell estimering er det i større grad snakk om tall-behandling/matematikk, mens det for gruppe-estimeringer er tale om den prosess eller teknikk som leder frem til gruppens felles estimat.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Beregn eller etablér felles estimat i henhold til de retningslinjene som er gitt nedenfor (eller andre metoder/prosesser)</li> </ul> <p><b>3.1 Beregning basert på individuell behandling av ekspertene</b></p> <p>3.1.1 Klassisk veie-modell uten statistiske data (Se s. 2)</p> <p>3.1.2 Veie-modell med statistiske data (Se s. 4)</p> <p><b>3.2 Etablering basert på gruppe-konsensus</b></p> <p>3.2.1 Gruppe-konsensus (3 varianter) (Se s. 10)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Flertallsbeslutning</li> <li>- Kompromiss (gjennomsnitt)</li> <li>- Prosessleders konklusjon</li> </ul>		<p>Ref. /10/</p> <p>Vanlig benyttet ved estimering av MTBF.</p> <p style="text-align: center;">--- “ ---</p> <p>Vanlig benyttet ved kostnadsestimering.</p> <p>Prosessleders konklusjon må bekreftes (aksepteres) av gruppen.</p>

<b>Fallgruber som må unngås</b>	

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 2 av 10

### 3. Beregning (etablering) av felles estimat

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

#### 3.1.1 Klassisk veiemodell uten statistiske data

##### *Generell modell*

Felles estimat for  $x$  basert på  $M$  eksperter er gitt av:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

hvor  $w(j)$  er ekspertenes vektorer (se III.2 i prosedyrene), og  $\hat{x}(j)$  er ekspertenes (kalibrerte) estimater for  $x$

Felles estimat for "usikkerheten" uttrykt som variasjon ( $v$ ) er gitt av:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

hvor  $v(j)$  er ekspertenes variasjon ("subjektive informasjonsverdi") gitt av:

$v = h - l$       hvor  $h$  = ekspertens høyeste anslag  
 $l$  = ekspertens laveste anslag

##### *Eksempel kostnadsestimat*

(Forts. fra pkt. 1 og 2)

Anta at  $M=3$  eksperter har gitt følgende reelle kostnadsestimat  $Y$ :

	Y(1)	Y(2)	Y(3)
Kostnad akt. D	100.000	80.000	60.000

Det beregnede felles estimat blir da (med vektorer som angitt i III.2 s.3 av 6):

$$\hat{x} = 0.04 \cdot 100.000 + 0.48 \cdot 80.000 + 0.48 \cdot 60.000 = \underline{71.200}$$

Ref. /10/

Uten kalibrering blir  $\hat{x}(j)=Y(j)$

NB.  $v(j)$  "kalibreres" ikke, dvs  $h_j$  og  $l_j$  blir ikke kalibrert.

(Har valgt å benytte kostnadsestimering som eksempel, selv om dette normalt utføres som er gruppeprosess.)

Kontroll av kriteriet for kalibrering viste at det ikke var grunnlag for kalibrering, dvs:  $\hat{x}(j)=Y(j)$

<b>Fallgruber som må unngås</b>

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 3 av 10

### 3. Beregning (etablering) av felles estimat

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

forts. eksempel:

Anta følgende 3-punkt estimater for kostnader for aktivitet D:

Ekspert nr.	1	2	3
Høyeste verdi (h):	120.000	90.000	80.000
Beste estimat (Y):	100.000	80.000	60.000
Laveste verdi (l):	80.000	70.000	50.000

Dette gir:

Variasjon (v):	40.000	20.000	30.000
----------------	--------	--------	--------

Den beregnede felles (vektede) variasjonen blir da:

$$\hat{v} = 0.04 \cdot 40.000 + 0.48 \cdot 20.000 + 0.48 \cdot 30.000 = \underline{25.600}$$

[For kostnadsestimering er det vanlig å legge Erlang-fordeling (Gamma) til grunn. For denne gjelder  $v \approx 5 \cdot \sigma$ <sup>1)</sup>

$$\hat{x} \pm 2 \hat{\sigma} \text{ blir da } 71.200 \pm 10.240$$

dvs "en usikkerhet" på ca. 14%.

NB. For kostnadsestimering og bruk av Erlang-fordelingen vil ikke  $\hat{x}(j)$  nødvendigvis være lik "beste estimat". Forventningsverdien i Erlang-fordelingen er tilnærmet lik:

$$f = (l + 3Y + h) / 5$$

I talleksempelen vil dette for ekspert nr. 3 gi:

$$f = (50.000 + 3 \cdot 60.000 + 80.000) / 5 = 62.000 \quad (\text{Mens } Y = 60.000)$$

Dette gir  $\hat{x} = 72.160$ , (mot 71.200 ved å anta symmetrisk fordeling.)

Ref. /9/

<sup>1)</sup> For estimering av hendelser avhenger  $\sigma$  av hvilken fordeling som legges til grunn.

Nøyaktig:

$$f = (1 + 2.9Y + h) / 4.9$$

For ekspert nr. 1 og 2 er  $f=Y$

<b>Fallgruber som må unngås</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>■ Ved å legge inn en gitt fordeling, som vist ovenfor i kursiv, kan “modelleringen” bli (“urealistisk”?) detaljert.</li></ul>

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	4 av 10
<b>3. Beregning (etablering) av felles estimat</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p><b>3.1.2 Klassisk veiemodell med statistiske data</b></p> <p><i>Generell modell</i></p> <p>I tillegg til de M ekspertene har en data for N tilsvarende (liknende) prosjekt/ hendelser/etc. der verdien på x var <math>Z(j)</math>, <math>j=M+1, M+2, \dots, M+N</math></p> <p>Analytikeren kan i prinsippet ta stilling til følgende:</p> <p>(i) Hvorvidt de statistiske verdiene <math>Z(j)</math> skal <u>kalibreres</u> og dermed gi (de kalibrerte) estimatene:</p> $\hat{x}(j), \quad j=M+1, \dots, M+N$ <p>(ii) Hvilken <u>vekt</u> de statistiske verdiene skal gis i forhold til ekspertenes estimater:</p> $w(j), \quad j=M+1, \dots, M+N$ <p>(iii) Hvilken <u>variasjon</u>/varians som skal legges rundt verdien <math>Z(j)</math>, <math>j=M+1, \dots</math>:</p> $\sigma_j^2, \quad j=M+1, \dots, M+N$ <p>For (i) antar vi følgende 2 tilfeller:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Ren skalering (proporsjonalt med forskjell i "omfang")</li> <li>2) Ikke direkte relevant relevant prosjekt/hendelse</li> </ol> <p>For tilfelle 2) velger vi å uttrykke graden av ikke-relevans gjennom den varians <math>\sigma_j^2</math> som legges rundt verdien <math>Z(j)</math> og som håndteres under (iii).</p>		Ref. /10/	<p>Omfang kan være størrelsen på et prosjekt, bygg, etc.</p> <p>Ikke direkte relevans kan bety at det er en annen type prosjekt/bygg eller f.eks generiske verdier for hendelser.</p>

<b>Fallgruber som må unngås</b>	



## RETNINGSLINJER FOR

Side: 5 av 10

### 3. Beregning (etablering) av felles estimat

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

For (ii) velger vi følgende varianter:

- 1) Vektene baseres på de statistiske dataenes estimerte varians  $\sigma_j^2$  (gitt i (iii)), samt de estimerte standardavvikene til ekspertenes estimater  $S(j)$ . Dette krever bruk av kontrollspørsmål.

Vektene blir da som følger:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

For fastleggelse av  $\sigma_j^2$ , se (iii).

- 2) De statistiske dataene gis en vekt som er lik gjennomsnittet av vektene for ekspertenes estimater korrigert for det nye antall verdier (M+N). (Ved lik vekting av ekspertenes estimater blir alle verdiene, både ekspertenes og de statistiske, vektet likt):

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

$w^*(k)$  er "nye" vekter

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

**Fallgruber som må unngås**

- Sjekk at summen av vektene er lik 1.0

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 6 av 10

### 3. Beregning (etablering) av felles estimat

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

- 3) De statistiske dataene gis til sammen en vekt lik 0.5 (uansett antall) og ekspertenes estimater gis til sammen en vekt lik 0.5 (uansett antall):

$$w(j) = 0.5/M, \quad j=1, \dots, M$$

$$w(j) = 0.5/N, \quad J=M+1, \dots, M+N$$

For (iii) velger vi følgende modell for å beskrive analytikerens tiltro til de statistiske verdiene (ut i fra graden av relevans) uttrykt gjennom analytikerens estimerte varians  $\sigma(j)$ ,  $j=M+1, \dots, M+N$ :

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

[*hvor  $\sigma_j = v/k$  (og hvor  $k \approx 5$  ved bruk av Erlangfordeling)*]

$K$  = faktor som uttrykker hvilken tiltro analytiker har til de statistiske verdiene i forhold til ekspertenes estimater. For  $K=1$  er  $\sigma(j)$  for de statistiske verdiene =  $\sigma(j)$  for ekspertenes estimater.  
 $K>1 \Rightarrow$  større tiltro til statistiske verdier.

#### Oppsummering:

Felles estimat for  $x$  basert på  $M$  eksperter og  $N$  statistiske data er gitt av:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

hvor  $w(j)$  er vektene, og

$\hat{x}(j)$  er estimater/verdier

(Kan i prinsippet velge en vilkårlig "totalvekt" for hhv. de statistiske data og ekspertenes estimater.)

<b>Fallgruber som må unngås</b>	

## RETNINGSLINJER FOR

Side: 7 av 10

### 3. Beregning (etablering) av felles estimat

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

Felles estimat for "usikkerheten" uttrykt som variasjon ( $v$ ) er gitt av:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

hvor  $v(j) = k \cdot \sigma_j$ , (og hvor  $k \approx 5$  for kostnadsestimering når Erlang-fordeling legges til grunn.)

#### *Eksempel kostnadsestimat*

Anta som tidligere følgende 3-punkt estimater gitt av 3 eksperter ( $M=3$ ):

Ekspert nr.	1	2	3
Høyeste verdi (h):	120.000	90.000	80.000
Beste estimat (Y):	100.000	80.000	60.000
Laveste verdi (l):	80.000	70.000	50.000

I tillegg antar vi at vi har 2 statistiske verdier ( $N=2$ ) som følger:

$$Z_4 = 100.000 \quad Z_5 = 110.000$$

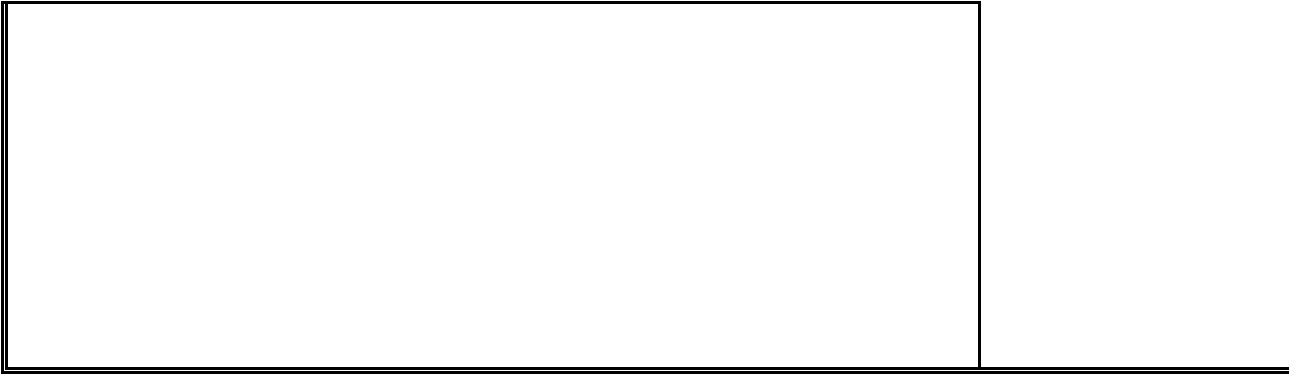
#### (i) Kalibrering

Her antar vi at de statistiske verdiene er representative, men at eventuelle forskjeller (f.eks type bygning, lokalisering, driftsforhold etc.) uttrykkes som større eller mindre grad av tiltro til de statistiske verdiene gjennom den varians  $\sigma_j^2$  som legges rundt verdien  $Z(j)$ . Dette gjøres under (iii).

#### (ii) Vekting

Her velger vi variant 1). Denne krever at analytiker har angitt hvilken varians  $\sigma_j^2$  som skal legges rundt  $Z(j)$ , jfr. (iii) nedenfor. (Kommer deretter tilbake til vektingen.)

**Fallgruber som må unngås**



## RETNINGSLINJER FOR

Side: 8 av 10

### 3. Beregning (etablering) av felles estimat

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

forts. eksempel:

(iii) Analytikers estimerte varians for de statistiske verdiene

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

Vi antar at analytiker setter  $K=2$ , dvs at han har en større tiltro til de statistiske verdiene enn ekspertenes estimerer (med en faktor på 2).

Vi får da:

$$\sigma(4) = \sigma(5) = 0.5 \cdot (8.000 + 4.000 + 6.000) / 3 = \underline{3.000}$$

Går nå tilbake til (ii) for beregning av vektorer etter følgende modell:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

Vi får da:

$$w(1) = (1/8000^2) / [(8000^{-2} + 4000^{-2} + 6000^{-2}) + (3000^{-2} + 3000^{-2})]$$

$$v(1) = 40.000$$

$$v(2) = 20.000$$

$$v(3) = 30.000$$

og  $\sigma = v/5$ , dette gir:

$$\sigma(1) = 8.000$$

$$\sigma(2) = 4.000$$

$$\sigma(3) = 6.000$$

$$= (1/8000^2)/3.28 \cdot 10^{-7} = \underline{0.05}$$

$$w(2) = (1/4000^2)/3.28 \cdot 10^{-7} = \underline{0.19}$$

**Fallgruber som må unngås**



## RETNINGSLINJER FOR

Side: 9 av 10

### 3. Beregning (etablering) av felles estimat

Dato: 01.07.96

Rev.nr.: 0

Ref./komm.:

forts. eksempel:

$$w(3) = (1/6000^2)/3.28 \cdot 10^{-7} = \underline{0.08}$$

$$w(4) = w(5) = (1/4000^2)/3.28 \cdot 10^{-7} = \underline{0.34}$$

Felles estimat for de 3 ekspertene og de 2 statistiske verdiene blir da:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

$$\begin{aligned} &= \\ &0.05 \cdot 100.000 + 0.19 \cdot 80.000 + 0.08 \cdot 60.000 + 0.34 \cdot 100.000 + 0.34 \cdot 10.000 \\ &= \underline{96.400} \end{aligned}$$

Felles estimat for usikkerheten uttrykt som variasjon ( $v$ ) blir da:

Install Equation Editor and double-click here to view equation.

$$\begin{aligned} &= \\ &0.05 \cdot 40.000 + 0.19 \cdot 20.000 + 0.08 \cdot 30.000 + 0.34 \cdot 15.000 + 0.34 \cdot 15.000 \\ &= \underline{18.400} \end{aligned}$$

$$\text{hvor } v(1) = 40.000$$

$$v(2) = 20.000$$

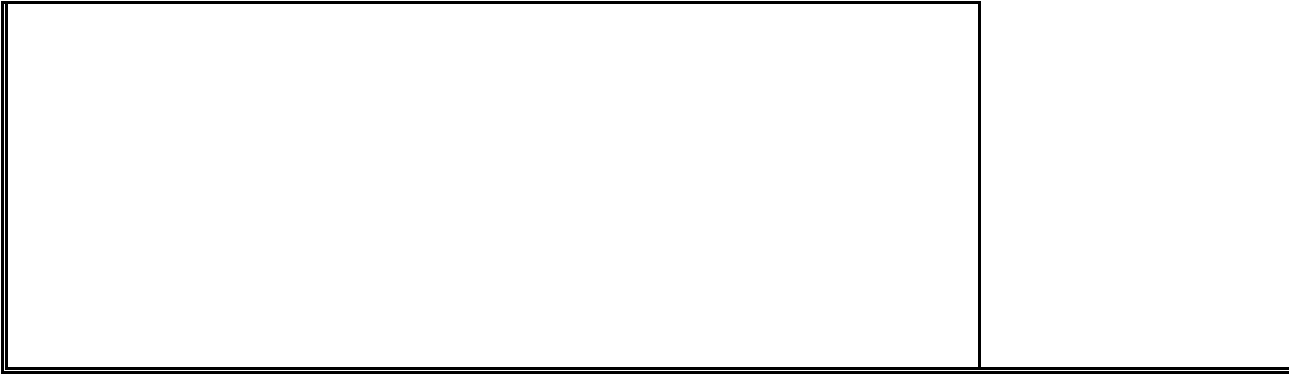
$$v(3) = 30.000$$

$$v(4) = v(5) = 5 \cdot \sigma = 5 \cdot 3.000 = 15.000$$

$\hat{x} \pm 2 \hat{\sigma}$  blir da  $96.400 \pm 7.360$

dvs en usikkerhet på ca. 7,5%.

**Fallgruber som må unngås**



<b>RETNINGSLINJER FOR</b>	<b>Side:</b>	10 av 10
<b>3. Beregning (etablering) av felles estimat</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96
	<b>Rev.nr.:</b>	0
	<b>Ref./komm.:</b>	
<p><b>3.2.1 Gruppekonsensus</b></p> <p>Ved gruppe-estimeringer snakker vi om ulike type prosesser (teknikker) som benyttes for å fremskaffe/etablere gruppens felles estimat. Dette innbefatter i liten grad tallbehandling som ved individuell estimering.</p> <p>Noen av disse “teknikkene” som kan benyttes i grupper er:</p> <p>a) Flertallsbeslutning</p> <p>Her er det tilstrekkelig at flertallet er enig om et felles estimat for gruppen. “Avstemnings”-formen kan variere, og vi vil ikke komme nærmere inn på dette her.</p> <p>b) Kompromiss (gjennomsnitt)</p> <p>Dette er et rent gjennomsnitt av de individuelle estimatene gitt av hver enkelt ekspert i gruppen. Dette tilsvarer en klassisk veiemodell uten data (3.1.1) for det særtilfelle at man ikke foretar noen kalibrering eller vektning av ekspertenes estimater. Dette kan eksempelvis gjennomføres ved å benytte spørreskjema som for individuell estimering, og regne sammen et felles estimat underveis i gruppeprosessen eller etterpå.</p> <p>c) Prosessleders konklusjon</p> <p>På bakgrunn av de individuelle estimatene til ekspertene foreslår prosessleder (analytiker) et felles estimat og som gruppen må gi aksept for. (Sikre mot at prosessleder har feiltolket.) Denne metoden er ofte benyttet fordi den er forholdsvis effektiv (tidsbesparende).</p>		

<b>Fallgruber som må unngås</b>	
■ Forhastede konklusjoner fra prosessleder	Ref. /10/
■ Flertallsbeslutninger kan skape langvarige diskusjoner på siden av kjerne-problemet. Prosessleder må være oppmerksom på dette og gripe inn.	Ref. /10/

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 1
<b>4. Dokumentasjon</b>	<b>Dato:</b>	01.07.96	
	<b>Rev.nr.:</b>	0	
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p>Grundig dokumentasjon er fundamentalt for at en analyse skal være troverdig, og er et grunnleggende vitenskapelig krav.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analytiker må dokumentere alle trinn i prosessen. Ref. /10/</li> <li>• Alle antagelser (både fra analytiker og fra ekspertene) bør samles i et eget skjema/tabell/kapittel. Ref. /10/</li> <li>• Årsaken til at den enkelte ekspert er valgt, samt dennes styrke/kunnskap i forhold til de estimer som skal gis, må dokumenteres. Ref. /11/</li> <li>• Datakildene for eventuelle kontrollspørsmål må dokumenteres. Ref. /11/</li> <li>• De "rå-estimat" som ekspertene gir må forbli tilgjengelige. Ref. /1/</li> <li>• Enhver form for manipulasjon (også korreksjoner/rettinger) og vekting av estimer gjort av analytiker må begrunnes og dokumenteres. Ref. /1/</li> <li>• Alle beregningene må være reproducerbare på det vis at alle formler og data dokumenteres og refereres slik at det er mulig for en "tredje part" å gjennomgå beregningene. Ref. /8/</li> <li>• Ekspertenes navn bør kunne oppgis, i det minste som gruppe. De kan få være anonyme i de tilfeller hvor dette anses å fremme objektivitet og resultatets fullstendighet. (Som minimum må ekspertenes status, erfaring og bakgrunn angis.)</li> </ul>			

<b>Fallgruber som må unngås</b>	

<b>RETNINGSLINJER FOR</b>		<b>Side:</b>	1 av 1
<b>5. Kommunikasjon/presentasjon</b>		<b>Dato:</b>	01.07.96
		<b>Rev.nr.:</b>	0
		<b>Ref./komm.:</b>	
<p><b>5.1 Presentasjon for beslutningstaker</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Det (de) endelige resultat (f.eks totalt kostnadsestimat), hvordan dette har fremkommet og hvem (hvilke eksperter) som har bidratt, presenteres for beslutningstager.</li> <li>• Grafisk presentasjon av resultatene kan være fordelaktig dersom resultatene også inneholder usikkerhet. (F.eks S-kurver).</li> <li>• Det må klart defineres hva resultatene kan/skal brukes til (og hva de <u>ikke</u> kan brukes til) for å unngå misbruk.</li> <li>• Kriterier for hvor lenge eller under hvilke forutsetninger resultatet er gyldig bør angis.</li> </ul>		Ref. /10/	
<p><b>5.2 Presentasjon for ekspertene (tilbakemelding)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• De endelige resultatene (beregnete felles-estimer) fremlegges for ekspertene, og analytiker forklarer hvordan enkeltestimaterne er behandlet slik at hver ekspert kan se på hvilken måte dennes estimer har påvirket felles-estimatene. (Dette inkluderer eventuell kalibrering og vektning.)</li> </ul>		Ref. /10/	
		Ref. /10/	
		Ref. /10/	
		Ref. /10/	
		Ref. /8/	

### Fallgruber som må unngås

- Noen eksperter kan ha problemer med å ta i mot og akseptere en tilbakemelding om at de faktisk har svart veldig dårlig og derfor er vektet lavt (eller kanskje til og med kuttet helt ut). Hvis man derfor planlegger å benytte kontrollspørsmål og foreta vekting, bør man vurdere denne risikoen på forhånd. Kanskje bør man iallefall la resultatene/vektingen av de øvrige ekspertene kun gjøres kjent for ekspertene anonymt (A, B, C, osv) og ikke med navn.
- Fremstillinger som blir mistolket/ikke forstått.

Ref. /1/

Ref. /10/





<b>Fallgruber som må unngås</b>	

# GENERELL TEORI

## 1 HISTORIKK

Funderinger, brainstorming, gjetninger og spekulasjoner utført av eksperter og brukt som underlag i strukturerte beslutningsprosesser er av relativt ny dato. Det startet med etableringen av RAND Corporation i USA etter 2. verdenskrig. I den første tiden var det 2 metodikker som dominerte. Dette var scenariemetoden og Delphi-metoden. Begge utviklet ved RAND.

### 1.1 Scenarie-analyser

Herman Kahn utviklet denne metoden som en slags systemanalyse-metode hvor hypotetiske sekvenser av hendelser konstrueres med den hensikt å fokusere på årsaksprosesser og beslutningspunkter. Dette gir svar på 2 typer av spørsmål:

- 1) Nøyaktig hvordan kan en hypotetisk situasjon oppstå, trinn for trinn?
- 2) Hvilke alternativer finnes, for hver aktør, ved hvert trinn, for å forhindre, endre eller lette prosessen?

Denne typen scenarie-analyser må ikke forveksles med ulykkes-scenarier, og de brukes kun til å undersøke hovedtrender som ekstrapoleres inn i fremtiden uten at sannsynligheten for at scenariene skal inntreffe blir vurdert eller benyttet.

Når trendene ekstrapoleres inn i fremtiden, kan enhver teoretisk- eller erfaringsbasert kunnskap som kan påvirke ekstrapoleringen, tas hensyn til.

### 1.2 Delphi-metoden

Denne metoden er også utviklet ved RAND (Helmer og Gordon, 1963) og er den mest kjente metoden for å fremskaffe og behandle eksperters meninger/vurderinger.

Delphi-metoden kan summeres opp i 8 trinn:

1. Et "observasjonsteam" (analytikere) definerer målsetninger og velger ut respondenter (eksperter). Respondentene er vanligvis anonym for hverandre og svarene er anonyme.
2. Observasjonsteamet forbereder et foreløpig spørreskjema som de sender ut til respondentene for kommentarer.
3. Svarene gjennomgås og et endelig spørreskjema etableres.
4. Respondentene svarer på spørreskjemaene.

5. Observasjonsteamet analyserer svarene og beregner medianverdier og interkvartilspredningen (25% og 75% estimatene).
6. Resultatet returneres til respondentene som blir spurt om de ønsker å endre på svarene deres. De som da fortsatt havner utenfor interkvartilene blir bedt om å gi argumenter for deres anslag.
7. Reviderte anslag blir prosessert nok engang og argumenter for "utstikkere" blir beskrevet. Denne informasjonen blir sent tilbake til respondentene og prosessen blir gjentatt 3-4 gang.
8. Median-verdiene etter siste runde blir brukt som beste anslag. Generelt er spredningen i siste runde mindre enn i første runde, noe som menes å indikere en grad av konsensus.

Metoden var veldig populær på 60- og 70-tallet, men noen nyere evalueringsstudier som har sett nøye og kritisk på Delphi-metoden har konkludert med at den bryter viktige metodologiske regler for sunn eksperimentell vitenskap. Sammenlikninger med andre metoder har også vist at i noen tilfeller var Delphi-metoden den dårligste.

En av kritikkene er rettet mot "belønningen" ved å endre mening i retning av medianverdien på grunn av gruppe-interaksjon, hvilket ikke har vist seg å øke den relative hyppigheten av korrekte estimater. Delphi-metoden ser ut til å ha mistet sin popularitet.

### **1.3 Ekspert-systemer (kunstig intelligens)**

I et historisk perspektiv er det også naturlig å nevne ekspertsystemene eller kunstig intelligens systemene, som forsøker å modellere vitenskapelig resonnering under usikkerhet. Disse systemene har forsøkt å modellere usikker resonnering analogt med ikke-probabilistisk resonnering, og har støtt på problemer.

For ethvert problemområde kan vi etablere et sett med regler for resonnering, og dersom vi tester og justerer disse reglene lenge nok kan vi "tune" systemet slik at det gir store feil svært sjelden. Før eller senere vil vi derfor på en slik måte kunne få frem en tilfredsstillende ad hoc løsning for det bestemte problemet.

Ekspertsystemer som MYCIN (regelbasert system utviklet for å hjelpe til med diagnose og behandling av bakteriologiske infeksjoner) kan betraktes som en slik ad hoc løsning. De kan ikke betraktes som generiske løsninger på problemet med resonnering under usikkerhet.

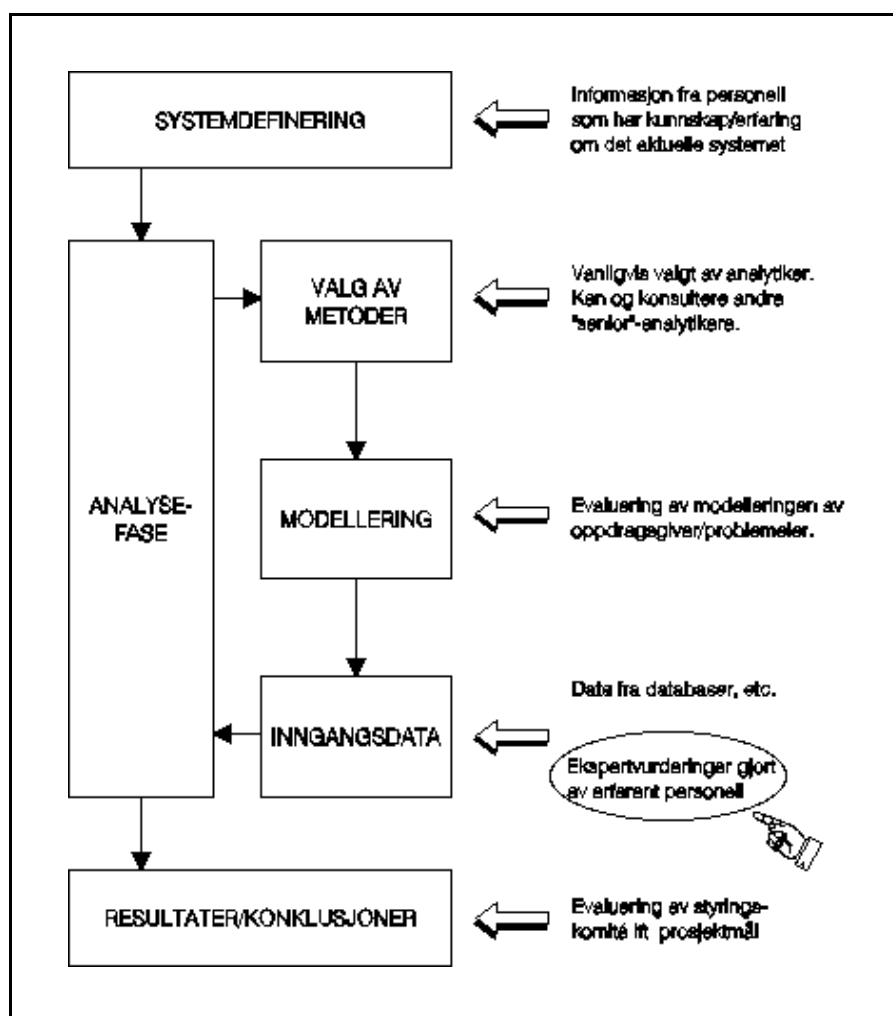
En generisk løsning på problemet med resonnering under usikkerhet krever en teori som kan lede oss til å avdekke og korrigere feil i probabilistisk tenkning. Det eksisterer mange slike teorier, eller "proto-teorier" som er under utvikling. En av disse er teorien omkring fuzzy sets.

## 2. HVILKE VURDERINGER ER DET SNAKK OM?

Generelt kan vi ha eksperter innenfor ethvert område eller tema, og således kunne man betrakte enhver form for informasjon eller kunnskap om dette som ekspertise og behandle det som "ekspert-vurderinger". Vi vil imidlertid her begrense oss til en spesifikk type vurdering når vi ber ekspertene gi oss sin kunnskap/erfaring om et tema.

Det finnes ingen klar definisjon i litteraturen på hvilken form for informasjon som kan betraktes som ekspertvurderinger, men i det meste av litteraturen er ekspertvurderinger benyttet for å "karakterisere" innsamlingen av kvantitative data i mangel av statistiske data, dvs. subjektive sannsynligheter. Et eksempel på slike data er feilrater.

I figur 6.1 har vi forsøkt å illustrere endel av den informasjon som behøves i et prosjekt (f.eks en pålitelighetsanalyse), for å vise hva vi her legger i "ekspertvurderinger" sammenliknet med annen type informasjon.



**Figur 6.1** Ekspertvurderinger av inngangsdata sammenliknet med annen type informasjon

I systemdefineringsfasen har vi behov for informasjon om systemet, hvordan det virker, skal

brukes og vedlikeholdes, etc. Dette er informasjon som vi kan få fra det personellet som har denne erfaringen, og de kan for såvidt betraktes som "eksperter", men denne type informasjon (uansett hvor viktig den er) er ikke det vi vanligvis mener med ekspertvurderinger.

I analysefasen må analytikerne velge metodene som skal brukes, basert på type problem de står ovenfor. Her kan analytikerne betraktes som metode-"eksperter", eller de kan konsultere seniorpersonell som oppfattes som eksperter på analyse-metoder, for at disse skal velge de mest passende metodene for det aktuelle problemet. Dette er også viktig informasjon, men er heller ikke det vi vanligvis mener med ekspertvurderinger.

Når metodene er valgt, må problemet tilpasses til metodene, dvs modellere problemet ved å gjøre forenklinger og antagelser. En slik modellering (omdanning) av problemet bør evalueres av en ansvarlig person hos "problem-eier" som har grunnleggende forståelse for de metodene som skal brukes og som kan vurdere om forenklingene og antagelsene er holdbare og godtagbare. En slik verifisering av modelleringen er svært viktig (og har lett for å bli oversett eller kun overlatt til analytikerne). Denne type informasjon/vurdering er heller ikke den vi vanligvis betrakter som en ekspertvurdering.

Input-data til modellene våre kan enten være statistiske data (objektive data) eller subjektive data fremskaffet fra personell som har den nødvendige kunnskap/erfaring til å gi slik informasjon. **Estimering av slike subjektive data er det vi her betrakter som ekspertvurderinger.** Vi har også begrenset dette til kvantitative data, men generelt kan og kvalitative estimeringer som f.eks rangering betraktes som ekspertvurderinger.

Endelige resultater og konklusjoner evalueres av en styringskomite/oppdragsgiver mot prosjektmålene. En slik "ekspert"-evaluering av resultatene er også viktig, men ikke det vi vanligvis legger i begrepet ekspertvurderinger.

Evalueringer/kvalitetssikring utført av faglige ansvarlige/kvalitetssikrings-ansvarlige er ikke illustrert i figuren, men bør dekke alle faser i prosjektet. En slik evaluering av faglig ansvarlige er heller ikke det vi vanligvis mener med ekspertvurderinger.

Som en oppsummering kan vi si at den type vurderinger som vi her betrakter som ekspertvurderinger er:

#### **kvantitative estimer av inngangsdata til modeller**

Eksempel på slike er feiltrær til bruk i feiltrær og kostnadsestimater til bruk i kostnadskalkyler.

### **3. HVORFOR HAR VI BEHOV FOR EKSPERTVURDERINGER?**

Ekspertvurderinger er først og fremst aktuelt når man mangler eller ikke har tilstrekkelige statistiske data. Det er ikke ment å skulle være et alternativ til statistiske data. Ideelt sett bør vi helst satse på å bygge opp databaser for å fremskaffe statistiske data, men i påvente av at databaser blir etablert og at hendelser skal inntreffe og bli registrert, må vi benytte oss av den kunnskap og erfaring som personer som arbeider med de aktuelle systemene/ problemstillingene

sitter inne med. Ellers får vi ikke løst problemet. Dessuten vil det for nye systemer og for svært sjeldne hendelser ikke eksistere et tilstrekkelig statistisk dataunderlag.

Nå kan det selvsagt hevdes at vi alltid har benyttet oss av eksperter til å estimere kvantitative verdier av ulike slag, fordi statistiske data ikke har eksistert eller de har vært dårlig tilgjengelig, men at dette har skjedd på en noe uformell måte. Er ikke dette greit nok? Hvorfor formalisere dette så mye? Kan vi ikke bare fortsette å bruke "ingeniørmessige vurdering" når vi har behov for kvantitative verdier i våre modeller/ beregninger?

Dette er ikke nødvendigvis svart/hvitt. Det er mange grunner til at man ikke bør gjøre en ekspertvurdering for formalistisk og omfattende, samtidig som det er mange gode grunner for å være skeptisk til en uformell håndtering av dette slik som ved såkalte "ingeniørmessige vurderinger". Fordeler og ulemper ved begge "ytterpunktene" er forsøkt illustrert i tabell 6.1.

Faktorer	Formell ekspertvurdering	Ingeniørmessig vurdering
Struktur	Systematisk og strukturert fremgangsmåte/ prosess	Usystematisk og ustrukturert prosess. "Diskusjon over bordet".
Spesifisering av informasjon	Godt spesifisert. Kun informasjon gitt som svar på vel definerte spørsmål.	Upresist. Antagelser ikke spesifisert.
Dokumentasjon	Alle trinn i prosedyren er godt dokumentert.	Dårlig eller ingen dokumentering.
Omfang av innsamlet informasjon	Begrenset. Kun den som fås gjennom forhåndsdefinerte spørsmål.	Bred. Kan dekke mange aspekter ved temaet, også via oppfølgingsspørsmål.
Evalueringsregler av eksperter	"Objektive" regler for evaluering og eventuell vektning av ekspertene.	Tiltroen til en bestemt ekspert bedømmes subjektivt av analytiker.
Enkelhet	Omfattende og kostbar	Veldig enkel. Utføres uten forberedelse.

**Tabell 6.1** Fordeler og ulemper ved formalistiske ekspertvurderinger kontra uformelle ingeniørmessige vurderinger

Vi vil se litt nærmere på noen av forskjellene.

#### Dokumentasjon

Ved å bruke formell ekspertvurdering vil alle trinnene i prosessen bli godt dokumentert. Ved ingeniørmessige vurderinger vil det vanligvis være svært lite som dokumenteres. En mer strukturert fremgangsmåte som ekspertvurderinger fremmer også dokumentering av resultater. Videre vil ofte informasjonen som samles inn være mye mindre presist definert ved ingeniørmessige vurderinger. Viktige antagelser som ligger til grunn for vurderingene er heller

ikke nødvendigvis angitt.

#### Omfang av informasjon (kompletthet)

Omfanget av den informasjon som samles inn via formelle ekspertvurderinger er ofte begrenset ved at den kun er respons på vel definerte spørsmål. Den fanger ikke opp noen "ekstra" informasjon enn svarene på spørsmålene, noe som og stiller store krav til det spørreskjema som utarbeides. Det er lite rom for oppfølgingsspørsmål og improvisasjon, noe som kan gå utover hvor komplett informasjon man klarer å fange opp for det aktuelle tema.

Ved ingeniørmessige vurderinger kan man lettere få generell innsikt i tillegg til presise kvantifiseringer for et gitt tema.

#### Objektiv bedømming av eksperter

Ved formelle ekspertvurderinger tillates ikke ulik vektning dersom ikke det finnes rasjonelle grunner for dette (som f.eks bruk av kontrollspørsmål). Denne fremgangsmåten fremmer derfor en objektiv behandling av ekspertene, mens det ved ingeniørmessige vurderinger ofte er rent subjektivt hvem analytikeren velger å ha størst tiltro til.

#### Enkelhet

Ingeniørmessig vurdering, med dens mangel på struktur og forberedelse, er ofte for enkel til at den blir troverdig. Formelle ekspertvurderinger har en tendens til å bli nokså komplekse og omfattende, og det er et problem at for omfattende ekspertvurderingsmetoder neppe vil være et relevant alternativ til ingeniørmessige vurderinger, pga høye kostnader.

En konklusjon er derfor at dagens ingeniørmessige vurdering har et stort problem med hensyn til dokumentasjon og objektivitet. Når det gjelder hvor komplett informasjonen blir er bildet noe mere blandet. Fordelen med å ha en vel strukturert liste med spesifiserte spørsmål anerkjennes, men dette kan og føre til en lite fleksibel utspørring, og er ikke nødvendigvis det beste i alle sammenhenger.

Alt i alt ønsker vi å komme bort fra ingeniørmessige vurderinger, men at det positive med denne fremgangsmåten bibeholdes samtidig som de formelle ekspertvurderingene gjøres noe mer fleksibel og forenkles noe for å kunne være et reelt alternativ til ingeniørmessige vurderinger.

I tillegg til dette så er det så stor usikkerhet knyttet til estimerer fremskaffet på en strukturert og systematisk måte gjennom ekspertvurderinger, at rent intuitivt skulle således ingeniørmessige vurderinger gjort uformelt og ustrukturert være for rene gjetninger å betrakte.

De ulike alternativene, alt fra bruk av rene statistiske data og til uformelle ingeniørmessige vurderinger er illustrert i figur 6.2. (Prioriteten er avtagende fra venstre mot høyre i figuren.)

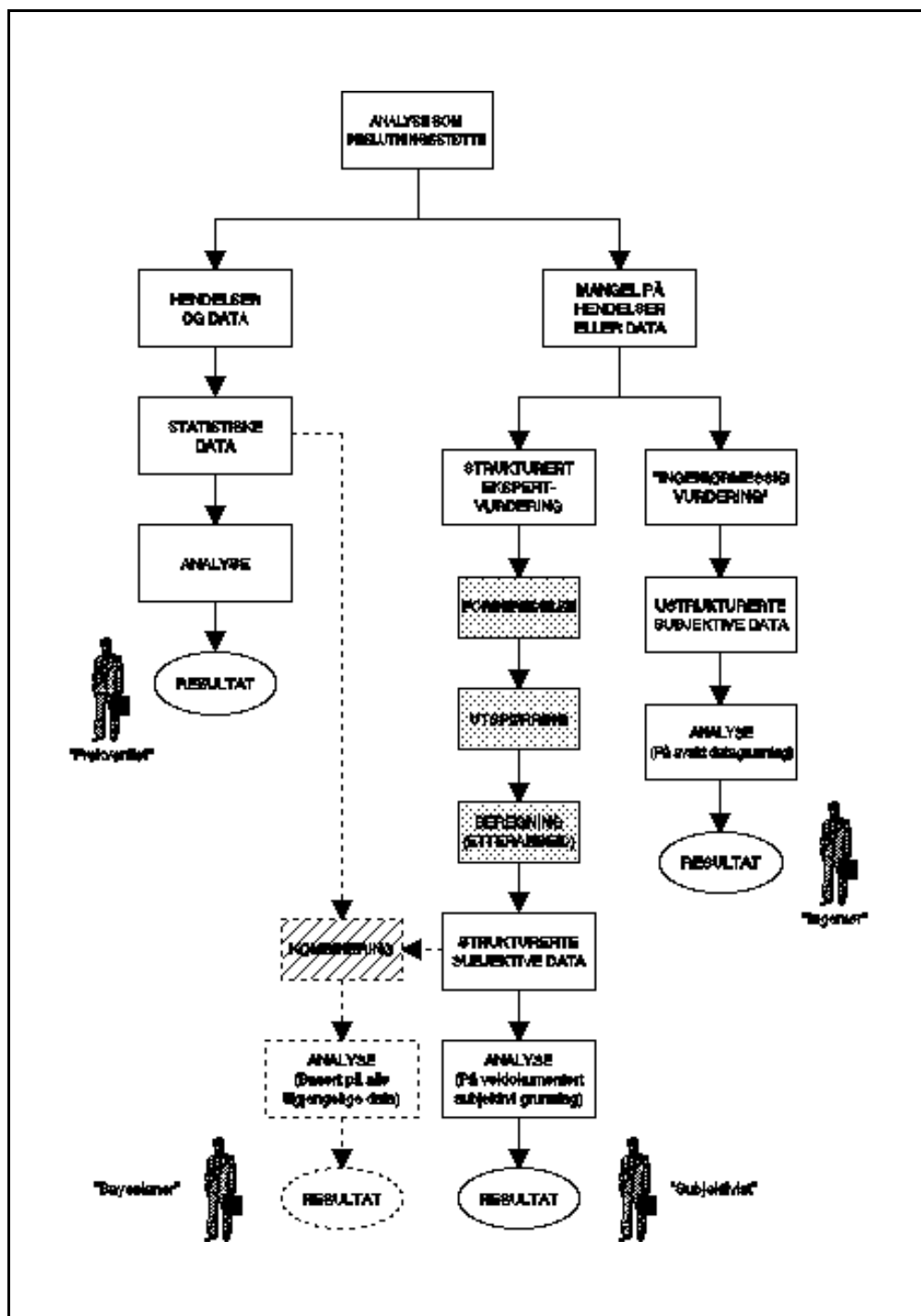
#### i) "Frekventistens" alternativ

Dersom man har hatt hendelser og disse er registert, så har man statistiske data som man kan benytte i modellene slik at analysen kan fullføres og man kan komme frem til et resultat. Dette kan kanskje betraktes som det ideelle alternativet.



## ii) "Ingeniørens" alternativ

Dersom man ikke har hendelser (sjeldne hendelser) eller data ikke har blitt registrert, da har man ikke noen statistiske data å legge til grunn og man er avhengig av subjektive data. Dette er ofte tilfelle og nesten like ofte er denne subjektive informasjonen innsamlet på en høyst ustrukturert og tilfeldig måte. Dette er referert til som "ingeniørmessig vurdering". Den er ikke bare subjektiv, den er også tilfeldig og benytter ofte "tommelfingerregler". Resultatet av en analyse basert på slike data vil derfor være fundert på et svakt grunnlag.



Figur 6.2 Ulike alternativer for fremskaffelse av inngangsdata

### iii) "Subjektivistens" alternativ

I stedet for å samle inn subjektive data på en ustrukturert måte som ved "ingeniørmessige vurderinger", bør dette gjøres på en systematisk og strukturert måte. Fremgangsmåten man velger må bl.a forholde seg til ulike former for "påvirkning" ("bias") eller "ikke-objektivitet" for at de subjektive dataene skal bli så objektive som mulig, slik at kan ha tiltro til dem. Et forslag til fremgangsmåte inndelt i tre hovedfaser; forberedelse, utspørring og beregning, er presentert i kapitlene 3-5 i denne håndboken.

Resultatet av en analyse som benytter data fremskaffet gjennom ekspertvurderinger (gitt at ikke statistiske data er tilgjengelig), kan sies å være basert på den beste informasjonen som er tilgjengelig (gitt de økonomiske begrensningene).

### iv) "Bayesianerens" alternativ

Dette siste alternativet kan benyttes dersom man har noen statistiske data, men ikke tilstrekkelig til å basere en analyse på kun rene statistiske data. Denne begrensede mengden med statistiske data utgjør den såkalte "a priori"-informasjonen. Denne informasjonen oppdateres med subjektive data via ekspertvurderinger ved å benytte Bayes teorem.

Dette er derfor en kombinasjon av statistiske data og ekspertvurderinger, og også i dette tilfellet kan det hevdes at analysen er basert på all tilgjengelig informasjon.

Tradisjonelt benytter en Bayesisk fremgangsmåte seg av ekspertvurderinger som prior informasjon, og så oppdateres denne etterhvert som statistiske data samles inn. Men en beslutning må ofte fattes innen en begrenset tid, og man har ikke tid til å vente på at ytterligere statistiske data skal kunne etableres gjennom nye hendelser. Derfor er en slik "omvendt" Bayesisk fremgangsmåte foreslått her.

## 4. HVEM ER SÅ "EKSPERTENE"?

Ekspertene er personer med kunnskap og erfaring om det system vi er ute etter informasjon om. Dette kan være f.eks vedlikeholdspersonell, og de behøver ikke nødvendigvis å være høyt skolert for å bli betraktet som "eksperter".

I "expert judgment" - litteraturen er dette forholdet lite behandlet. Svenson (ref. /13/) diskuterer dette basert på Shanteau, og hvor det settes svært strenge kriterier for hvilken erfaring og egenskaper en person må ha for at han skal bli betraktet som en ekspert. Disse er:

- i) Erfaring i å gjøre vurderinger og ta beslutninger
- ii) Mer enn 10 års erfaring innenfor det aktuelle tema
- iii) Iboende egenskaper som selvtillit og tilpasningsdyktighet

En person som tilfredstiller den første eller de 2 første, men ikke den siste vurderes av Shanteau til å være en novise og ingen ekspert. Etter hans vurdering vil en slik person heller ikke kunne trene seg opp til å tilfredsstille punkt iii), og han vil forbli en novise selv om han selv oppfatter seg som en ekspert og også folkene rundt ham gjør det.

Dette er en for oss alt for rigid vurdering av hva som skal til for å karakterisere en person som

en ekspert. Det er dessuten heller ikke slik at vi ber om "eksperter" etter noen faste kriterier, men heller om personer som innehar mest mulig kunnskap/erfaring fra et fagområde/tema. Altså et nokså pragmatisk forhold til hva vi legger i begrepet "ekspert".

## 5. HVORDAN BØR EKSPERTVURDERINGER GJENNOMFØRES?

Dette har vi forsøkt å gi retningslinjer for i kapitlene 3-5, og vi vil ikke komme nærmere inn på dette her. Men hele den fremgangsmåten som er illustrert i denne håndboken er basert på en del overordnede krav som vi diskuterte i tilknytning til tabell 6.1 som grunnlag for å gjøre en vurdering mellom ekspertvurderinger og ingeniørmessige vurderinger.

De overordnede kravene er:

- 1) Dokumentasjon
- 2) Objektivitet
- 3) Empirisk kontroll (estimatene bør kunne kontrolleres empirisk)
- 4) Kompletthet
- 5) Enkelhet

Kravene 1-4 er det behov for for å oppnå vitenskapelig troverdighet. Krav 5 om enkelhet er det behov for for at fremgangsmåten skal være så praktisk at den får omfattende anvendelse.

## 6. TERMER OG BEGREPER

Vi vil her definere og diskutere noen termer og begreper knyttet til ekspertvurderinger. Mange av disse beskriver egenskaper eller attributter til ekspertene eller de estimatene de gir.

### 6.1 Forventningsretthet (eng. "unbiasedness")

Forventningsretthet kan defineres som graden av nøyaktighet i estimatene, og beskriver i hvilken grad estimatene viser systematiske avvik fra riktig verdi. Systematiske avvik kan skyldes psykologiske faktorer, eller de kan være forårsaket av at ekspertens erfaring på en eller annen måte ikke er helt representativ (f.eks andre driftsforhold).

En definisjon av "skjevhet" (eng. "biasedness") kan være:

$$\text{Skjevhet} = \text{graden av systematisk avvik fra riktig verdi}$$

Et vanlig mål på ekspertens skjevhet er:

$$\text{Skjevhet} = \text{midlere estimert verdi} - \text{riktig verdi}$$

## 6.2 Kalibrering (eng. "calibration")

Kalibrering kan ha 2 betydninger. Kalibrering (som verb) innebærer å korrigere estimatene til en ekspert som viser systematiske avvik, dvs gir skjeve/"påvirkede" estimater.

Kalibrering (som adjektiv) benyttes av bl.a ref. /1/ til å beskrive nøyaktigheten i et bestemt estimat (uavhengig av systematiske eller tilfeldige feil). Ref. /1/ definerer kalibrering som:

*Kalibrering = i vilken grad de estimerte sannsynlighetene stemmer overens med de observerte relative frekvensene*

Kalibrering (som adjektiv) blir dermed nesten det samme som forventningsretthet med den forskjell at avviket fra riktig verdi ikke behøver være systematisk og ikke skyldes noen form for "påvirkning"/ systematisk skjevhet.

## 6.3 Over-, og underestimering (eng. "over-, and underestimation")

I forbindelse med skjevhet benyttes ofte begrepene over- og underestimering. Overestimering betyr at eksperten i for mange tilfeller gir et estimat som er høyere enn riktig verdi, og underestimering betyr at han i for mange tilfeller gir et for lavt estimat i forhold til riktig verdi. Disse er ofte knyttet til skjevhet og dermed systematiske avvik, slik at dersom vi kalibrerer ekspertens estimater vil dette være svært nyttig informasjon. Jo mer systematisk avvikene er, jo bedre vil kalibreringen kunne bli og dermed og de kalibrerte estimatene som benyttes videre.

## 6.4 Informasjonsverdi (eng. "informativeness")

Selv om eksperten ikke viser noen systematiske avvik fra riktige verdier, så betyr ikke det at han alltid gir estimater nær de riktige verdiene. Han kan og ha tilfeldige/usystematiske avvik, som resulterer i spredning eller variasjon i estimatene rundt de riktige verdiene. Vi bruker her begrepet informasjonsverdi for å beskrive ekspertens usystematiske (uforutsigbare/tilfeldige) avvik fra riktige verdier. Dette er også referert til som grad av presisjon.

*Informasjonsverdi = grad av usystematisk variasjon/spredning i estimatene rundt de riktige verdiene*

En ekspert som har store variasjoner i sine estimater vil, selv om han av og til treffer bra, oppfattes å ha liten informasjonsverdi (er ikke til å "stole" på), og bør gis lav vekt når hans estimater veies sammen med andre eksperters estimater.

NB! Noen (f.eks ref./1/) benytter informasjonsverdi om ekspertens egen vurdering av hvor sikker han er på sitt estimat, dvs. det konfidensintervall han legger rundt sitt beste estimat. Dette betegner vi som subjektiv informasjonsverdi (eng. "subjective informativeness"), se nedenfor.

En måte å måle informasjonsverdien på er å bruke kvadratrotsummene av avvikene mellom ekspertens estimater og de riktige verdiene.

## 6.5 Subjektiv informasjonsverdi (eng. "subjective informativeness")

*Subjektiv informasjonsverdi = informasjonsverdien i estimatet, vurdert av eksperten selv*

Dette er gitt av det konfidensintervall han legger rundt sitt beste estimat, dvs for 3-punkt-estimatene differansen mellom høyeste og laveste verdi for hvert estimat. Dette uttrykker hvor sikker eksperten er på sitt eget estimat.

Det finnes flere mål på subjektiv informasjonsverdi. En av disse er forholdet mellom virkelig og subjektiv variasjon (eller standard-avvik).

Legg merke til at det har ikke vist seg å være noen god korrelasjon mellom en eksperts kalibrering/nøyaktighet og hans subjektive informasjonsverdi. Det er altså ingen garanti for at en ekspert som angir smale konfidensintervall gir bedre estimat (mer nøyaktige) enn en med vide konfidensintervall.

Over- og underkonfidens er karakteristikk av ekspertens egen tiltro.

## 6.6 Over-, og underkonfidens (eng. "over-, and underconfidence")

Overkonfidens betyr at eksperten har for stor tiltro til sine egne estimater ved at han legger for smale konfidensintervall omkring sin beste estimat. Underkonfidens betyr at han legger for vide konfidensintervall omkring beste estimat.

## 6.7 Avhengighet (eng. "dependence")

Avhengighet er nært knyttet til skjevhet. Dersom eksperten gir skjeve estimater og denne skjevheten viser spesielle mønstre snakker vi om avhengighet. For eksempel kan skjevheten øke når de riktige verdiene øker. Dette representerer en positiv avhengighet (korrelasjon) mellom de riktige verdiene og skjevheten. Avhengighet kan sies å være en spesiell form for skjevhet.

## 6.8 Oppløsning/adskillelse (eng. "resolution")

*Oppløsning = evne til å skille mellom sannsynligheten til en bestemt hendelse fra den gjennomsnittlige sannsynligheten for hele settet med hendelser*

Eksempel på dette er evnen til å skille ut og kunne vurdere feilraten til et utstyr på bestemte installasjoner, fra kun det å gi generiske gjennomsnittlige feilrater, felles for alle installasjonene.

## 6.9 Konsistens (eng. "consistency")

*Konsistens = vurderingen er uavhengig av metoden som benyttes og når den gjennomføres*

Konsistens innebærer at vurderingen er reproduserbar, dvs vi får det samme resultatet uavhengig av tid og fremgangsmåte. For den enkelte ekspert betyr det at han er konsistent dersom han gir samme svar selv om spørsmålet stilles på ulike måter, og at han gir samme svar om vurderingen gjentas på et senere tidspunkt. Dersom eksperten ikke er konsistent bør han få lavere vekt.

### 6.10 Koherens (eng. "coherence")

*Koherens = overenstemmelse med lovene i sannsynlighetsteorien*

Dette kan og betegnes som "logisk konsistens".

F.eks så er  $P(A \text{ eller } B) = P(A) + P(B) - P(A \text{ og } B)$ , og  $A^* = 1-A$ . Dersom ekspertene ikke er i stand til å gi svar som overenstemmer med dette, dvs at han er inkoherent, så bør dette iallefall få noe å si for hvordan spørsmålene stilles.

### 6.11 Reproduserbarhet (eng. "reproducibility" or "inter-expert reproducibility")

*Reproduserbarhet = vilken grad ulike eksperter får samme resultat (ved bruk av samme metodikk)*

Mangel på reproduserbarhet skulle indikere at iallefall noen av ekspertene ikke gir tilfredsstillende estimater.

Reproduserbarhet kan måles gjennom spredningen (eng. "spread"):

*Spredning = differansen mellom høyeste og laveste median estimat fra ulike eksperter*



## REFERANSELISTE

- [1] Cooke, R., *Experts in Uncertainty - Opinion and Subjective Probability in Science*, Oxford University Press, 1991.
- [2] Gossens, L.H.J., Cooke, R.M., van Steen, J.F.J., *Expert Opinions in Safety Studies, Vol. 1: Final Report*, TUDelft, 1989.
- [3] van Steen, J.F.J., Oortman Gerlings, P.D., *Expert Opinions in Safety Studies, Vol. 2: Literature Survey Report*, TUDelft, 1989.
- [4] Hokstad, P. and Øien, K., *Expert Judgment - For Assessing Input Data to a Small/medium Size Reliability Study*, Presentation at the Growth Point Center Group Meeting, Trondheim 1994-08-25
- [5] Hokstad, P., Reinertsen, R. and Øien, K., *Recommendations on the use of expert judgment in safety and reliability engineering studies. Two offshore case studies*. Submitted for Reliability Engineering and System Safety, 1996.
- [6] Klakegg, O. J., *Trinnvis-prosessen*, Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH, 1993.
- [7] Hokstad, P. and Aarø, R., *Reliability Data for Control and Safety Systems*, SINTEF Report STF75 F94056, SINTEF Safety and Reliability, Trondheim 1994.
- [8] Hokstad, P. and Øien, K., *The Use of Expert Judgments in Reliability Engineering Studies*, Draft 1994-06-30.
- [9] Austeng, K. og Hugsted, R., *Trinnvis kalkulasjon*, Institutt for bygg- og anleggsteknikk, NTH, 1995.
- [10] Prosjektgruppen (Hokstad, P., Klakegg, O.J., Rosness, R. og Øien, K.)
- [11] European Space Agency - ESA, *Expert Judgement, Requirements and Methods*, PSS-01-405, Issue 1 Draft 1-Nov. 1991, Noordwijk, the Netherlands.
- [12] Kahneman, D., Slovic, P. And Tversky, A., *Judgment under Uncertainty: Heuristics and Biases*. Cambridge, Cambridge University Press, 1982.
- [13] Svenson, O., *On expert judgments in safety analysis in the process industries*. Reliability Engineering and Systems Safety, 25, 219-256, 1989.
- [14] Arentz, C., Bakken, J., Kilde, H.S., Klakegg, O.J., Krogh, J., *Kompetanse som styringsparameter - Grunnlag for utvikling*, NTH Rapport NTH 95010, PS2000, 1995.