



Forord

Denne oppgaven er skrevet ved Institutt for matematiske realfag og teknologi (IMT) ved Norges Universitet for Miljø og Biovitenskap (NMBU) våren 2014. Oppgaven er en avsluttende oppgave på sivilingeniørstudiet Industriell Økonomi, og har et omfang på 30 studiepoeng.

Jeg vil takke veileder Tor Kristian Stevik for god hjelp og veiledning under arbeidet. Jeg vil og takke Dag Eirik Thomassen I Cipax AS for et bra samarbeid. Samtidig vil jeg takke ansatte og studenter ved NMBU for å ha bidratt til en flott studietid.

Norges Universitet for Miljø- og Biovitenskap

Ås, 15.05.14

Mathias Stensaas Thorsen

Sammendrag

Temaet for denne oppgaven er konseptuell investeringsanalyse for mindre prosjekter. Det er gjort et litteraturstudie i forhold til brukte metoder for beslutningsanalyse, og herunder anbefalt fremgangsmåte for å utføre disse.

Det å ta beslutninger er en vanskelig prosess, og øker i vanskelighet sammen med kompleksiteten. Ved å dele problemet opp i mindre deler som vurderes separat vil man kunne med stor sikkerhet ta en mer korrekt beslutning enn det man ville gjort ved å se på problemet holistisk.

Den anbefalte prosessen for beslutningsanalyse innenfor investeringsproblemer er metoden Even Swap, med innledende støtte og problemstrukturering fra SWOT-analyse og usikkerhetsanalyse. Det er tatt med en annen metode, SMART, til sammenligning. Denne baserer seg på utregninger av kriterievekter og nyttefunksjoner, ettersom den kan være hensiktsmessig i visse tilfeller.

Hovedfordelen med Even Swap er hvor enkelt analysen kan foretas. Forskjellen i kompleksitet mellom en analyse basert på Even Swap og SMART-metoden øker i takt med kompleksiteten til problemet.

Metodene er prøvd på et reelt beslutningsproblem.

Abstract

The subject for this thesis is conceptual investment analysis for smaller projects. A literature study has been performed on used methods in decision analysis, and recommended procedures to perform the analysis.

Decision making is a difficult process, and the difficulty increases proportional to the complexity of the problem. By dividing the problem in to smaller parts that is evaluated separately, one is enabled to make a more correct decision than one might would if the decision problem was viewed holistically.

The recommended method for performing a decision analysis for investment decisions is Even Swap, with SWOT-analysis and insecurity analysis for support and problem structuring.

The main benefit with Even Swap is the simplicity in which the method can be performed. The difference in complexity between Even Swap and the SMART method increases with the complexity of the problem.

The methods are tested on a real decision problem.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	1
Sammendrag	2
Abstract	3
1. Innledning.....	7
1.1. Bakgrunn	7
1.2. Formål.....	8
1.3. Problemstilling.....	8
1.3.1. Mål.....	8
1.4. Avgrensninger.....	8
2. Teori.....	9
2.1. Mindre begreper og modeller	9
2.1.1. Mål og målsetting.....	9
2.1.2. Prosjekt.....	9
2.1.3. Konsept.....	10
2.1.4. Investeringsanalyse	11
2.1.5. Nytte	11
2.1.6. Normalisering	12
2.2. Flermålsanalyse	12
3. Metode	13
3.1. Hva er metode	13
3.2. Flermålsanalyse	13
3.2.1. Problemanalyse og strukturering	14
3.2.2. Modellutvikling.....	16
3.2.3. Evaluering av alternativer.....	21
3.2.4. Sammenstilling	22
3.3. SWOT-Analyse	23
3.4. Usikkerhetsanalyse.....	23

3.5.	Even Swap.....	25
3.6.	SMART	26
4.	Resultater	36
4.1.	Anbefalt metode	36
4.2.	Cipax AS.....	36
4.2.1.	Problemanalyse og strukturering.....	37
4.2.2.	Modellutvikling.....	45
4.2.3.	Evaluering av alternativer.....	46
4.2.4.	Sammenstilling	49
5.	Diskusjon	54
5.1.	Diskusjon generelt metodegrunnlag	54
5.2.	Cipax Case.....	56
6.	Konklusjon	57
7.	Videre anbefalinger	57
8.	Referanser	58
9.	Vedlegg.....	58
9.1.	Energikostnader Cipax.....	58

Figurer

Figur 1:	Flermålsanalyse - anbefalt metode.....	14
Figur 2:	Hierarkiske mål.....	16
Figur 3:	Eksempel på nyttefunksjoner.....	19
Figur 4:	Matrise til usikkerhetsanalyse.....	25
Figur 5:	Even Swap metode.....	26
Figur 6:	Den effektive fronten	32
Figur 7:	Eksempel på sensitivitetsanalyse	34
Figur 8:	Cipax AS lokaler	37
Figur 9:	Oversikt over bearbeidingslokalene fra området kalt Biovac på figur 7	38

Figur 10: Oversikt over bearbeidingslokalene fra området kalt Mølla på figur 7	39
Figur 11: Eksisterende avtrekksløsning	41
Figur 12: Alternativ 1a - løsningsforslag	41
Figur 13: Alternativ 1b - løsningsforslag.....	42
Figur 14: Eksempelbilde på takmonterte vifter.....	42
Figur 15: Temperaturforskjell i bygg med høye tak og veggmontert termostat i betjeningshøyde	43
Figur 16: Forslag til vifteplasseringer(rødt) - Alternativ 2a	44
Figur 17: Justerbare takmonterte vifter	44
Figur 18: Case Cipax AS - Nyttetre	46
Figur 19: Nytte og kostnad	52
Figur 20: Sensitivitetsanalyse på vekter "energikostnader" og "innemiljø"	53

Tabeller

Tabell 1: Eksempel på SWOT-analyse.....	23
Tabell 2: SWOT-analyse alternativ 0	47
Tabell 3: SWOT-analyse alternativ 1a.....	47
Tabell 4: SWOT-analyse alternativ 1b	47
Tabell 5: SWOT-analyse alternativ 2a.....	48
Tabell 6: SWOT-analyse alternativ 2b	48
Tabell 7: Scoring av alternativ	49
Tabell 8: Even Swap - score	49
Tabell 9: Even Swap - Alternativ 0' og 1a etter første swap.....	50
Tabell 10: Nytte	50
Tabell 11: Et hypotetisk alternativ med alle kriterier på de laveste nivåene.....	51
Tabell 12: Vekter til nytteanalysen.....	51
Tabell 13: Vektet nyttesum for alle alternativer	51
Tabell 14: Nytte og kostnader for alternativene	52
Tabell 15: Marginalkostnad for nytte.....	52

Vedlegg

1. Energiforbruk Cipax AS

1. Innledning

1.1. Bakgrunn

Concept-programmet er et forskningsprogram som er organisatorisk knyttet til NTNU og er fullfinansiert av Finansdepartementet. Forskningsprogrammet har til formål å «utvikle kunnskap som skal sikre bedre konseptvalg, ressursutnytting og effekt av store statlige investeringer. Programmet har et særlig fokus på tidligfasen i prosjektene, fra den første ideen oppstår til endelig finansiering av gjennomføringen er vedtatt. Vi vektlegger den finansierende parts perspektiv (project governance)»(Om Concept-programmet 2014).

Det har i lengre tid vært mye fokus på å utføre slike analyser korrekt i store offentlige prosjekter, mens det ikke har vært like stort fokus på beslutningsanalyse i mindre prosjekter.

Mennesker er vant med å ta beslutninger med flere kriterier i hverdagen og gjøre avveininger dem i mellom for å finne den beste løsningen. Når man bestiller en bil eller en ferie veier man flere kriterier opp mot hverandre og reduserer problemet til et fåtall avgjørende faktorer. Hvis beslutningsproblemet derimot blir for komplekst kan det fort ende med at en beslutningstaker velger et alternativ som kun gjør det bra på et av kriteriene, eller at beslutningstaker ikke velger alternativer som er relativt gode fordi de kriteriene som et alternativ scorer bra på ikke tillates å veie opp mot det dårlige. Disse problemene oppstår fordi en uhjulpert beslutningstaker har begrenset informasjonsbehandlingskapasitet(Goodwin & Wright 1998). Når man står foran et stort og komplekst problem blir en beslutningstaker tvunget til å bruke forenklete mentale strategier for å komme til et valg. Hvis problemet isteden splittes i mindre deler og fokuserer på en del av problemet separat, har beslutningstakeren mulighet til å få en dypere forståelse for problemet enn det som kunne bli oppnådd ved å se på problemet holistisk. Ved å bruke tid og innsats for å analysere problemet blir beslutningstakeren tvunget til å tenke grundig rundt problemet slik at det etableres en logikk, som er spesifikk og forsvarbar. Etter en slik analyse vil beslutningstakeren være bedre rustet til å forklare og forsvare hvorfor en spesifikk løsning eller alternativ er foretrukket.

De personene som vil vurdere beslutningsproblemet vil i mange tilfeller innenfor mindre prosjekter innebære sentrale ledere, tillitsvalgte og andre ansvarspersoner, og kan også inkludere medlemmer fra styret og ansatte fra produserende virksomhet og administrasjon avhengig av omfanget av analysen og størrelsen på prosjektet og bedriften. For mindre prosjekter vil det med stor sannsynlighet ikke være personer som driver med beslutningsanalyse på heltid som skal vurdere problemet. Det er derfor viktig å studere beslutningsanalyse.

1.2. Formål

Denne oppgavens formål er å studere diverse metoder for å løse beslutningsproblemer og å komme med en anbefalt løsning for en metode som kan løse problem innenfor det aktuelle beslutningsområdet.

1.3. Problemstilling

Anbefale metoder for konseptuell investeringsanalyse i mindre prosjekter.

Hvilke metoder bør en beslutningstaker bruke for å utføre en slik analyse?

1.3.1. Mål

Målet for denne oppgaven vil være å sette seg inn i diverse metoder for konkretisering og analysing av prosjekter eller problem.

Å samle flere teorier og metoder slik at produktet blir en konsis fremgangsmåte for å utføre konseptuell investeringsanalyser for mindre prosjekter.

Denne fremgangsmåten skal testes på en aktuell og reell case, hvor en investeringsbeslutning skal vurderes.

1.4. Avgrensninger

Det vil ikke fokuseres på metoder for investeringsanalyse, men selve beslutningsanalysen.

Det vil ikke bli diskutert beslutningsanalyser som involverer risiko.

2. Teori

2.1. Mindre begreper og modeller

2.1.1. Mål og målsetting

Mål er et konkret uttrykk for en intensjon (Samset 2008). Det er viktig å definere mål slik at alle som er involvert skal ha en lik oppfatning av den definerte ønskede retningen.

Effekt mål og resultat mål er to forskjellige begreper det er meget viktig å kunne skille mellom. Ved hjelp av disse målbegrepene tvinges bruker til å definere hva nytteverdien skal bestå av.

Effekt mål, ofte kalt formål, beskriver hvorfor prosjektet er etablert og er i tillegg en ønsket fremtidig situasjon som skal oppnås ved å gjennomføre prosjektet. Effekt mål er oppdragsgiver, altså bestillende part, sitt ansvar.

Resultat mål, ofte kalt mål alene, beskriver hva et prosjekt skal oppnå og er knyttet til prosjektets resultater og leveranser. Resultat mål er prosjektleder, altså gjennomførende part, sitt ansvar.

I mange prosjektarbeider gjøres det ofte feil ved at man starter et prosjekt ut i fra feil rekkefølge. Man starter med å definere hva prosjektet skal utvikle av nye produkter. Dette kan være abstrakte produkter som opplæringsvirksomhet eller konkrete produkter som produksjonsutstyr eller et nytt datasystem. Dermed sier man først etterpå, hvilket en nesten er pliktet til, noe om hva slags forbedring tiltaket skal føre til på lang sikt. Noen gjør muligens det som er enda verre, effekt mål og resultat mål blir blandet sammen under en felles fane kalt mål.

Effekt mål og resultat mål er fundamentalt ulike og prosjektarbeid vil heves betraktelig om man skiller i mellom disse fra begynnelsen av. Mangel på dette fører ofte til uklarheter og forvirring, som er det direkte motsatte av hva man tenker seg at «mål» skal føre til.

2.1.2. Prosjekt

Prosjekt er et ord som brukes ofte til det daglige uten at folk er så nøye med definisjonen. En forbinder det gjerne med en litt spesiell oppgave som skal gjennomføres innen en viss tid. Det er på et sett riktig, men mer presist kan man definere et prosjekt som en organisasjon med disse egenskapene (Westhagen et al. 2008):

Engangsoppgave

Organisasjonen er ikke etablert for å løse denne typen oppgave, men derimot denne spesifikke oppgaven. De ligger utenfor normal rutine og kompetanse

Definert mål

Det er en målrettet organisasjon, og den har et mål som er besluttet ut fra en spesifikk situasjon.

Egen midlertidig organisasjon

Prosjektet betraktes som et eget styringsobjekt, og ivaretas av en midlertidig og ekstraordinær organisasjon innenfor den ordinære organisasjonen som et tillegg til denne.

Tidsavgrenset

Et prosjekt er tidsavgrenset i den forstand at deres avslutning og oppløsning er planlagt på forhånd. Dette innebærer at oppgaver som defineres som prosjekter, antas å ha en løsning. Det er ikke en løpende driftsmessig funksjon i organisasjonen.

Kompleksitet og tverrfaglighet

Det er først når en oppgave er så stor at den krever betydelig innsats fra flere fagområder at det er aktuelt å definere den som et prosjekt.

2.1.3. Konsept

Begrepet konsept brukes i filosofien som en betegnelse på en abstrakt ide eller modell, som tilsvarer noe konkret i virkeligheten eller i språket (Samset 2008). Konsepter vurderes i denne oppgaven som en hypotese på den beste investeringen organisasjonen kan ta. Når man foretar en investeringsanalyse har man som oftest flere konsepter som man står mellom.

Konsepter som foreslås skal være prinsipielle, som vil si at de kan være ulike men det de har til felles er at de er egnet til å løse samme problem (Samset 2008).

Når det skal prosjekteres er det meget viktig at det gjøres innledende arbeid med å definere behovet eller problemet som analysen skal prøve å løse. Deretter vil neste oppgave være å finne et eller flere konsepter som kan være et godt forslag til å løse problemet eller tilfredsstillende behovet. Det beste konseptet vil bli valgt som utgangspunkt for utforming av prosjektet. Vellykket gjennomføring av prosjektet vil føre til den ønskete effekt, behovstilfredstillelse og lønnsomhet.

Et konsept er ikke opptatt av å gå i dybden på løsningen, men fokuserer heller på de overordnede aspektene ved løsningsforslaget. Et konsept handler om å finne den beste løsningen på det gitte problemet.

Et alternativ som ofte ikke tas med i betraktningen er nullalternativet, og dette kan være svært uheldig. Nullalternativet er en løsning på problemet som innebærer at man fortsetter som før, eventuelt med mindre tilpasninger som skulle kunne gjøre dette alternativet hensiktsmessig.

Dette konseptutvelgelses- eller innledende strukturerte prosjektarbeidet gjøres for sjelden. Ofte gjør man seg en forutinntatt mening om hvilken løsning som bør velges, og denne meningen blir lagt for

mye vekt på i analysen(Samset, 2008). Dette kommer i mange tilfeller av at det er en sentral aktør som presenterer en bestemt ide og sørger for at den velges uten grundig analyse av alternativer.

Et konsept kan ses på som en tenkt intervensjon i en større årsak-virkningskjede som skal føre til en ønsket endring(Samset 2008).

2.1.4. Investeringsanalyse

Investeringsanalyse er en analyse hvor man skal vurdere hvilken løsning på plassering av kapital som vil føre til den beste løsningen økonomisk basert på ønskede kriterier. Dette gjøres ofte ved at man regner netto nåverdi(NNV) av forventede fremtidige kontantstrømmer. Kontantstrømmene kan eventuelt risikojusteres. Man kan ved hjelp av en slik analyse få kvantifisert den beste løsningen. Utfordringen ligger i å finne riktige tall og metode i analysen.

Nåverdi er et begrep som referer til dagens verdi av en fremtidig sum, og baseres på at verdien av penger er varierende. I alle voksende økonomier foregår det inflasjon, som innebærer at pengenes verdi synker. I en investeringsanalyse av denne typen tar man i bruk metoden for diskontert kontantstrøm. Diskontering innebærer å redusere beløpet avhengig av den forventede forskjellen i realverdi.

Det er forskjellige metoder man kan bruke i en slik analyse. Enten bruker man avkastningskravet som diskonteringsrente, og vurderer dermed direkte om et alternativ vil føre til en positiv avkastning i forhold til det ønskede. Man kan forkaste alle alternativ som ikke tilfredsstillt kravet direkte. Man kan også bruke en generell finansieringsrente, eller pengekostnaden, og dermed finner man heller den absolutte avkastningen. I begge tilfeller er man ute etter den med høyest resultat.

2.1.5. Nytte

Nytte er et begrep om hvor mye man får igjen for de ressursene vi bruker for å gjennomføre noe. Det brukes relativt i forhold til hvor stor grad av måloppnåelse som tilfredsstillt.

Nytte er evnen til noe til å tilfredsstillt et ønske eller behov. Nytte er et relativt begrep. Man kan ikke si at et alternativ scorer dobbelt så bra som et annet hvis nytteverdien til det første alternativet er 2 ganger så stort som nytteverdien til det andre. Her sammenligner man intervallet, eller forbedringen, mellom nytteverdien som skiller alternativene. Temperaturskalaene Fahrenheit og Celsius er de mest kjente eksempler på intervallskalaer. Vi kan ikke, for eksempel, si at vann som er ved 80 °C har en temperatur som er det dobbelte av temperaturen av vann ved 40 °C. Dette kan bekreftes ved å konvertere temperaturene til Fahrenheit, som gir 175 °F og 104 °F, respektivt. Vi kan nå ikke si at temperaturen er den dobbelte av den andre. Vi kan derimot si at en økning i temperatur fra 40 °C til

80 °C er det dobbelt av en økning fra 40 °C til 60 °C. En slik sammenligning gjelder selv om vi konvertere temperaturen til fahrenheit(Goodwin & Wright 1998).

2.1.6. Normalisering

Normalisering brukes til å assistere beslutningstakere. Det er ikke hensiktsmessig å ta en beslutning ut i fra en absolutt kostnadsvurdering om konseptene har stor variasjon i omfang og nytte(Jordanger et al. 2007). Normalisering innebærer at man regner relative tall på nytte og/eller kostnad og bruker disse tallene som vurderingskriterie i den videre analysen. Dette gir et mer nøyaktig bilde av konseptet.

2.2. Flermålsanalyse

MCDA, eller «Multiple-Criteria Decision Analysis», er en generell betegnelse på analyser av problemer som har flere beslutningskriterier. På norsk er dette kalt flermålsanalyse. De fleste problemstillinger har flere vurderingskriterier. Skal man kjøpe en ny bil må man veie pris mot ytelse, kostnad, kvalitet og så videre. Det er utviklet mange forskjellige modeller ut i fra forskjellige behov.

Flermålsanalyse er et verdifullt verktøy når man skal velge et valg med flere alternativer. Den hjelper til å fokusere på hva som er viktig, er logisk og konsistent og lett å bruke.

Den enkleste modellen er en matrise hvor vurderingskriteriene blir vektet slik at de tilsammen tilsvarer 100 poeng. Deretter blir hvert løsningsforslag vurdert fra 1, som er meget dårlig, til 5, som er meget bra etter hvor godt hver løsning løser problemet. Man multipliserer dermed vektene og løsningsvurderingen til å finne en sum for hvert problem. Man vil dermed få en løsning med høyest poengsum.

I beslutningsprosesser hvor det er flere mål og kriterier som legges til grunn for beslutningen og hvor mål og kriterier ofte vil kunne være i konflikt med hverandre benyttes flermålsanalyse. Det er en prosess som har som hensikt å assistere beslutningstakere som står overfor et problem der ulike verdier er i konflikt. (Jordanger et al. 2007)

3. Metode

Dette kapitlet omhandler den metodiske tilnærmingen som er benyttet i oppgaven. Det er inkludert metoder som er til hjelp ved en beslutningsanalyse i mindre prosjekter.

3.1. Hva er metode

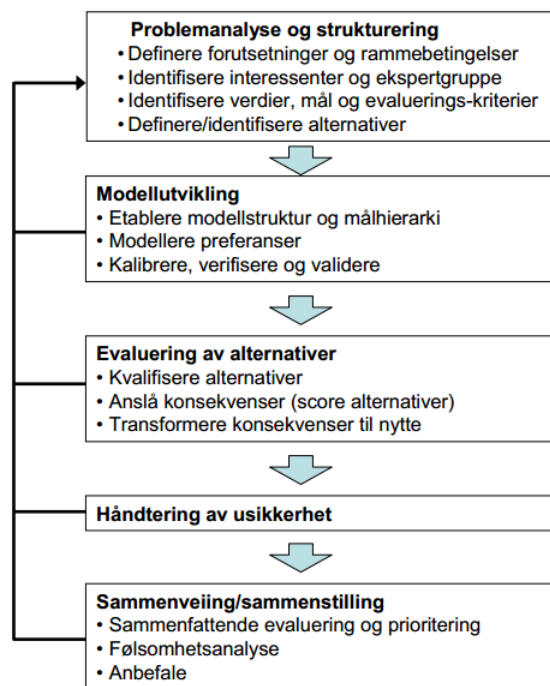
Metode er fremgangsmåten som har blitt brukt for å løse spørsmålene som problemstilling spør etter.

Valg av metode gjøres på bakgrunn av hvilket fenomen som ønskes undersøkt.

3.2. Flermålsanalyse

I følge rapport nummer 18. fra Concept-programmet ved NTNU(Jordanger et al. 2007), er dette en anbefalt fremgangsmåte for å utføre en flermålsanalyse:

1. Problemanalyse og strukturering. Definisjon av forutsetninger og rammebetingelser, identifikasjon av interessenter, etablering av ekspertgruppe, identifisere verdier, mål og evalueringskriterier og definisjon av aktuelle alternativer.
2. Modellutvikling. Her inngår etablering av modellstruktur og målhierarki, modellering av preferanser og kalibrering, verifisering og validering av modellen.
3. Evaluering av alternativer. Her inngår kvalifisering av alternativer, vurdering av scoren til alternativene på de ulike kriteriene. Hvis mulig eller ønskelig transformeres konsekvenser til nytteverdi.
4. Håndtering av usikkerhet. Med utgangspunkt i prosjekteiers risikoholdning og krav til robusthet tar vi hensyn til alternativenes usikkerhetsprofil.
5. Sammenveining og sammenstilling. Omfatter sammenfattende evaluering og prioritering. Her inngår også sensitivitetsanalysen for å undersøke anbefalingens robusthet, spesielt i forhold til subjektive kriterier og vektorer. Prosessen omfatter til slutt utarbeidelse av dokumentasjon av evalueringsprosessen og –grunnlaget, og endelig anbefaling.



Figur 1: Flermålsanalyse - anbefalt metode

Denne metoden kommer nå til å bli beskrevet nærmere i stor grad fra Concept rapport nr. 18(Jordanger et al. 2007).

3.2.1. Problemanalyse og strukturering

Hensikten med dette leddet er å oppå en felles forståelse for problemsituasjonen og en presis formulering av beslutningsproblemet. Med andre ord vil dette si at man skal finne ut hva som skal gjøres før man finner ut av hvordan det skal gjøres. Det første steget er å klarlegge hvilke forutsetninger og rammer som gjelder for beslutningsproblemet og hvem som berøres av beslutningen som skal tas. De som berøres kalles interessenter til beslutningsproblemet. Det er viktig å diskutere de sentrale aspektene ved beslutningsproblemet tidlig i prosessen, som interessentenes forventninger, mål og verdier og aktuelle beslutningsalternativer. Desto mer komplekst beslutningsproblemet er, jo mer krevende og viktig er denne fasen.

Definisjon av forutsetninger og rammebetingelser

Som regel vil det allerede i utgangspunktet finnes ideer over hva som er problemet og hvordan det kan løses. Dette punktet går ut på å drøfte og klarlegge problemet innad i gruppen.

Beslutningstakerne kan komme til å se problemet i en videre sammenheng enn det de så for seg opprinnelig, og det er dermed mulig å finne nye alternativer som kan løse problemet. Det er også mulig at den opprinnelig tenkte løsningen ikke er realistisk eller i strid med de føringer som er gitt.

Identifisere verdier, mål og evalueringskriterier

Overordnede mål og verdier i forhold til beslutningen må arbeides videre med og presiseres av beslutningsgruppen. Dette gjøres eventuelt i samarbeid med eksperter innenfor problemområdet. Hensikten i dette steget er at beslutningsgruppen skal oppnå en felles forståelse for hva som er de overordnede målene i selve beslutningen.

Evalueringskriteriene kan være kvantifiserbare, slik at de kan måles eller beregnes disse direkte, eller de an være av en mer kvalitativ natur, slik at gruppen må foreta en skjønnsmessig vurdering av alternativenes score.

I forbindelse med investeringsprosjekter vil det ofte være en blanding av kvantifiserbare kriterier og kriterier som må vurderes mer skjønnsmessig. Veivesenets håndbok 140 kan brukes for inngående kunnskap i evaluering av disse, og inneholder eksempelvis en blanding av prissatte og ikke prissatte virkninger i sine konsekvensanalyser. Ved bruk av kriterier som vurderes skjønnsmessig, er det viktig å gi så presise retningslinjer som mulig for hvordan skjønnnet skal utøves, samt eventuelt å arrangere trening og samlinger for å få de som skal utøve skjønnnet til å gjøre det på en ensartet måte. Det er akkurat slik det gjøres med internasjonale hoppdommere og for sensorer ved nasjonale prøver(Jordanger et al. 2007).

I forbindelse med problemstruktureringen er det også naturlig å vurdere hvilken type informasjon man kan forvente å få tak i med hensyn til beslutningsproblemet og kvaliteten på informasjonen. Dette vil kunne få betydning i forbindelse med utarbeidelse av kriterier og valg av analysemetode. Er informasjonen i hovedsak kvalitativ bør en vurdere å benytte enklere metoder som er utviklet for dette formålet.

Etter (Keeney & Raiffa 1976) fra (Jordanger et al. 2007) er det riktig å fokusere på verdier og mål for beslutningen før man diskuterer aktuelle beslutningsalternativer. Dette skyldes at et verdifokus i motsetting til alternativfokus minsker faren for at den kreative prosessen blir for snever, slik at man ikke evner å se nye måter å realisere ønskede verdier og mål på(Jordanger et al. 2007).

Definisjon av alternativer

Problemstrukturen leder ut i et antall relevante beslutningsalternativer. Innen beslutningsanalyse benyttes normalt et nullalternativ som referanse, som andre alternativer vurderes opp i mot. Nullalternativet må være realistisk, altså inkludere mindre tilpasninger og tiltak som vil være nødvendige dersom ingen av alternativene realiseres. Nullalternativet representerer muligheten for å kunne forkaste alle de definerte alternativene hvis disse ikke er bedre.

Alle realistiske alternativer bør i prinsippet tas med i vurderingen. Hva som er realistisk, avgjøres ikke bare av hvor stor sannsynlighet det er for at alternativet faktisk kan gjøre noe med problemet, men også av de føringene som er gitt. Sammenhengen en ser problemet i vil kunne være avgjørende for hvilke alternativer en ser for seg.

Valg av metoder og verktøy for problemanalyse

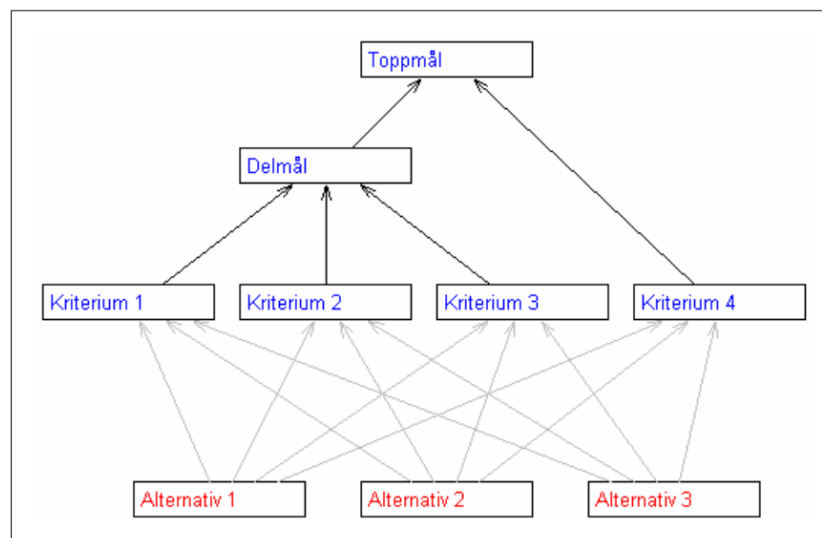
Det finnes mange metoder som kan velges for å støtte problemstrukturering. Det kan sies generelt at en metode kan velges ut ifra hvor stort og komplekst problemet er (Jordanger et al. 2007). Det er listet flere i denne oppgaven.

3.2.2. Modellutvikling

Målhierarki, modellstruktur

Modellutvikling er en sentral del av flermålsanalysen og omfatter utvikling av selve flermålsanalysemodellen med mål, delmål og kriterier, og modellering av preferanser. Det vil ofte være naturlig å organisere mål og delmål i en hierarkisk struktur (Jordanger et al. 2007).

Utgangspunktet er de verdiene, målene, delmålene og kriteriene som ble identifisert i problemanalysen. Disse må bearbeides videre og struktureres, slik at man oppnår en komplett modell som representerer alle relevante aspekter av beslutningsproblemet (Jordanger et al. 2007).



Figur 2: Hierarkiske mål

Laveste nivå i målhierarkiet, som kan kalles lovnodene, består av kriterier som benyttes for å vurdere hvor godt alternativet tilfredsstillende overliggende mål og delmål ved å beregne/vurdere konsekvenser for hvert alternativ på hvert kriterium. De uttrykte konsekvensene betegnes ofte som scoren til alternativene på kriteriene, og fremstilles ofte i en konsekvensmatrise.

I hvilken grad resultatene av en beslutningsanalyse tas til følge av en beslutningstaker, avhenger av beslutningstakers tiltro til at modellen representerer alle relevante aspekter ved beslutningsproblemet (Jordanger et al. 2007). Det vil med andre ord si om beslutningstakeren setter lit til modellens validitet. Modellen må være valid, altså den må representere alle relevante aspekter ved beslutningsproblemet. Av dette følger at målhierarkiet må være fullstendig, dvs. at ingen overordnede mål for beslutningen er utelatt, heller ikke relevante delmål som bidrar til realisering av de overordnede målene. Om målhierarkiene er tilstrekkelig komplett er en sentral usikkerhetsfaktor i analysen og den må hensyntas. På den annen side må hierarkiet også være oversiktlig og så lite og transparent som mulig. I forhold til kravet om kompletthet kan disse kravene virke motstridende, men det er viktig for at blant annet beslutningstakere skal kunne sette seg inn i modellen. For å oppnå enkle og transparente modeller er det viktig å sørge for at mål og kriterier ikke er redundante samt følge regelen om at bare kriterier som evner skille mellom alternativene er relevante for beslutningen. Det vil si at hvis man scorer alternativene likt på et kriterium, vil ikke dette kriteriet være relevant. Man bør også tilstrebe preferanseuavhengighet, spesielt hvis en benytter seg av metoder som tillater avveininger og kompensering.

Preferanseuavhengighet betyr at bytteforholdet mellom to kriterier (nytte) er uavhengig av scoren på de øvrige kriteriene. Kriteriene A og B er preferanseuavhengige hvis ulike verdier av A, gitt B holdt konstant, er uavhengig av verdien på B. Vi har her innbyrdes preferanseuavhengighet, og den gjelder begge veier.

Målene i målhierarkiet bør være «SMART» (Jordanger et al. 2007; Samset 2008):

- Spesifikke
- Målbare
- Aksepterte
- Realistiske
- Tidsavgrensede

Hvis kostnader skal inkluderes i analysen, bør en tenke igjennom om disse skal inkluderes i flermålsanalysen, eller behandles utenfor modellen. I praksis kan det være vanskelig å vekte kostnader opp mot aggregert nytte i en modell. Da kan det være fornuftig å holde kostnader utenfor modellen, og heller gjennomføre en nytte-kostnad-vurdering i etterkant.

Preferansemodellering

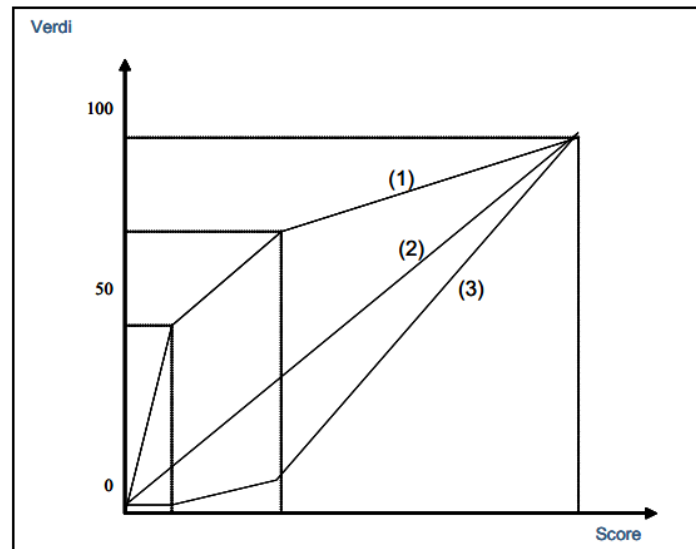
Etter det har blitt etablert en modell som man er fornøyd med og denne er forankret hos beslutningstaker, kan man begynne prosessen med å belyse og modellere preferanser. Dette er muligens det mest utfordrende trinnet i prosessen, men også det viktigste forutsatt at

beslutningsproblemet er velformulert. Flermålsanalysemetodene sørger for at det beslutningsalternativet som i størst mulig grad samsvarer med oppgitte preferanser velges eller rangeres øverst.

Preferanser er hvordan beslutningstakere vurderer betydningen av å oppnå forskjellige score på de ulike kriteriene. Preferanser uttrykkes vanligvis på to nivåer; gjennom vekter og nyttefunksjoner. Vektene brukes til å uttrykke innbyrdes viktighet mellom kriteriene, og fastsettelse av disse gjøres på forskjellige måter avhengig av hvilken metode som benyttes. Bruk av nyttefunksjonsmetoder som tillater avveining og kompensering krever en viss forsiktighet mht. fastsettelse av vektene for at avveining skal være meningsfullt. En metode som anvendes ofte er bruk av såkalte «swing»-vekter (Goodwin & Wright 1998), og vil belyses mer under SMART.

Nyttefunksjonen reflekterer verdisetningen av alternativenes score på et kriterium, dvs. alle scorer, uavhengig om de er målt/vurdert på en kardinalskala eller ordinalskala, avbildes på en felles forholdstallskala. Det benyttes ofte en skala fra 0-100 hvor det alternativet som har dårligst score gis verdien 0 mens det alternativet med høyest score gis verdien 100. Neste steg er å finne et antall mellomliggende punkter på kurven ved først å spørre beslutningstaker eller eksperter hvilken score som gir verdien 50. Når denne er bestemt kan man gå videre og bestemme hvilke scorer som gir verdiene 25 og 75. Siden man transformerer scoren til en forholdstallskala så betyr det at verdien 50 er halvparten så bra som verdien til 100, og 25 er halvparten så bra som 50 osv. Man kan fortsette på denne måten til man har nok punkter til å kunne tegne opp nyttefunksjonen for kriteriet.

Nyttefunksjonen vil typisk være ikke-lineær ved at den stiger raskest til å begynne med og deretter avtar stigningstakten. I Figur 3: Eksempel på nyttefunksjoner, kan man se forskjellige nyttefunksjoner. Funksjon (1) er en nyttefunksjon hvor nytten avtar med økende måloppnåelse. Jo høyere man er på x-aksen (scoren) jo mindre blir forholdet mellom endring i verdi og endring i score, det vil si at man for eksempel har mindre nytte av en økning fra 90 til 100 enn en økning fra 40 til 50. Score-elastisiteten er omvendt-eksponentiell i et slikt tilfelle. Funksjon (2) er en lineær nyttefunksjon hvor alle endringer ville ført til en relativt like stor endring i nytte, og funksjon (3) er en nyttefunksjon hvor nytten øker eksponentielt i forhold til grad måloppnåelse.



Figur 3: Eksempel på nyttefunksjoner

Det viser seg ofte i praksis at det å finne ut beslutningstakers eller ekspertgruppens preferanser er vanskelig, fordi preferansemodelleringsprosessen fremstår som lite transparent for beslutningstaker og interessenter. Det er derfor viktig at man har god kjennskap til relevante metoder og samtidig evner å tilpasse disse til de personene som man skal modellere preferanse til. Hvilke spørsmål som stilles og hvordan disse stilles er viktig.

De fleste flermålsanalysemetoder er utviklet for å modellere en enkelt beslutningstakers preferanser, ikke en gruppe med interessenter hvor alle ønsker å få sitt syn representert. Om det er en homogen gruppe kan det være mulig å produsere en konsensus, altså en felles preferanse. Dette kan være svært uheldig hvis det er svært divergerende syn i gruppen. En midtstilling, eller at noen gir seg, kan føre til at enkelte ikke får sine syn tilstrekkelig ivaretatt. Dette kan føre til at beslutningsgrunnlaget mister noe av sin verdi. Spriker referansene mye, kan det forsøkes å modellere de enkeltes preferanser for så å se hvordan dette slår ut på rangeringen av alternativene. I denne sammenhengen har det ofte ikke noe hensikt å aggregere de enkeltes rangeringer til en felles rangering av alternativene, med mindre resultatet av de ulike rangeringene er relativt lik. De eventuelt ulike resultatene kan være et godt utgangspunkt for videre diskusjoner. det er mulig man kommer til enighet, hvis ikke vil de forskjellige resultatene inngå i beslutningsgrunnlaget som leveres til beslutningstaker.

Hvordan håndterer man forskjellige ekspertgrupper? I det enkleste tilfellet vil det være at det finnes en enkelt beslutningstaker som utreder sitt eget beslutningsproblem og treffer den endelige avgjørelsen. I private virksomheter vil administrerende direktør stå til ansvar for styret, som igjen står til ansvar for eierne.

Når det skal gjøres viktige avgjørelser i det offentlige, for eksempel en stor investering, vil underlaget

for beslutningen bli utredet av en ekspertgruppe. Gruppen vil ha som oppgave å komme med en anbefaling til den endelige beslutningstakeren. Hvis det ikke er vesentlige menings- eller interessemotsetninger i gruppen, kan denne situasjonen ofte behandles som om det bare er en beslutningstaker, som skal gjøre en beslutning på anbefalingen. Om det derimot er store motsetninger i gruppen, står man overfor en forhandlingssituasjon som må løses. Den vanligste metoden på å løse dette er å diskutere seg fram til en enighet. I utgangspunktet kan det være gitt en prosedyre for hvordan gruppemedlemmenes syn skal forvandles til en kollektiv beslutning, eller at gruppen selv kommer fram til en slik prosedyre som ledd i utredningen. Dette tilfellet dekkes også av beslutningsteorien, i den delen som omhandler beslutninger med flere beslutningstakere. Selv om gruppen selv har, eller har arbeidet seg fram til, en enhetlig oppfatning om hva problemet er, kan det finnes interesser utenfor gruppen med et helt annet syn. Disse interessentene kan eventuelt innarbeides i gruppens arbeid ved at en kartlegger preferansene til de ulike interessegruppene og behandler beslutningen som en beslutning med flere beslutningstakere, hvorav noen ikke er representert i gruppen som utreder problemet.

Kalibrering, verifisering og validering

For at en flermålsanalyseprosess skal være vellykket i den forstand at resultatene benyttes når en beslutning skal tas, kreves det at beslutningstakere og interesser har tiltro til modellen. Tiltro kan ses på som en subjektiv oppfattelse av modellens anvendbarhet (validitet) og dens korrekthet (verifikasjon). Det er her listet opp noen viktige faktorer for å skape troverdighet til modellen (Jordanger et al. 2007):

- Vektlegge problemstrukturering for å oppnå en omforent og presis formulering av beslutningsproblemet
- Involvering av beslutningstakere og andre interesser i prosessen
- Sørge for at modellen er komplett og relevant
- Sørge for at modellen er enkel og transparent
- Kalibrering av modellen for å sjekke at preferansemodellen er en god representasjon av interessentenes preferanser.

Kalibrering bør fortrinnsvis gjøres i forkant av alternativanalysen. Formålet er å undersøke om modellen gjør en rimelig avveining mellom kvantitative og kvalitative forhold. Økonomikriteriet, som måles på en forholdsskala, egner seg som referanse i kalibreringen (Jordanger et al. 2007).

Man kan sjekke hvor sensitiv modellen er for endringer i vektene på forskudd.

3.2.3. Evaluering av alternativer

Kvalifisering av alternativer

Det vil være mulig å gjøre evalueringen av beslutningsalternativene i flere trinn. Det vanligste er å foreta en første gjennomgang av alternativene (kvalifisering) for å sjekke at disse er relevante, og eventuelt tilfredsstillende visse fastsatte krav som for eksempel til kostnadsrammer, miljøkrav, krav til lokalisering og så videre. Denne prosessen kan gjøres ved å rangere evalueringskriteriene og fastsette akseptable nivåer på disse. Prosessen starter med å vurdere alternativene opp mot det høyest prioriterte kriteriet, så det nest høyeste osv. Denne prosessen kan også lede ut i nye alternativer identifiseres. Hvis beslutningsalternativene skal vurderes i ulike scenarier kan det være fornuftig med en foranalyse hvor man spesielt ser på alternativenes robusthet overfor utvalget av scenarier.

Anslå konsekvenser (scoring av alternativene)

Det å anslå konsekvenser innebærer å vurdere eller beregne hvor godt et alternativ scorer på kriteriene i målhierarkiet, med andre ord konsekvensene av ulike valg. Konsekvenser som kan måles direkte eller beregnes, uttrykkes normalt på en kardinalskala, mens konsekvenser som ikke enkelt kan kvantifiseres vurderes på en ordinal skala. Ordinalskalaen inndeles etter tre nivåer eller mer. Ifølge (Jordanger et al. 2007) er det hensiktsmessig å begrense antall nivåer til for eksempel fem, hvor det vurderes fra klart bedre, 2, til klart dårligere, -2, i forhold til nullalternativet. De resterende nivåene klassifiseres som bedre, 1, like godt, 0, og dårligere enn, -1. Vurderingene som gjøres av ekspertgruppen vil ofte ikke ha større nøyaktighet enn dette, og det vil derfor ikke føre til noen større nøyaktighet ved å bruke en finere inndeling på skalaen.

Resultatet av dette fremstilles vanligvis som en konsekvensmatrise, med alternativene som rader og konsekvensene (det anslåtte utslaget på de ulike kriteriene) som kolonner. En konsekvensmatrise som dette er sluttproduktet av den første delen av beslutningsprosessen, analysedelen. Det som gjenstår er vurderingen av det som står i konsekvensmatrisen og selve beslutningen. Det er her viktig å understreke at konsekvensene bør være satt så objektivt som mulig selv i tilfellene hvor disse vurderes av en ekspertgruppe. Man bør skille mellom det å beregne/vurdere konsekvensene (objektive) og det å omsette konsekvenser til nytte(subjektive preferanser).

Til å finne konsekvensene av alternativene i et gitt scenario vil det i mange tilfeller trenge et modellsystem for hvordan de ulike aktørene som påvirkes av tiltaket vil reagere og endre sin adferd, og/eller hvordan naturen vil reagere. Det er output fra et slikt modellsystem som skal gi grunnlag for å beregne alle kriteriene. Det finnes jo ikke direkte kunnskap om framtiden. Utformingen av

modellsystemet og utformingen av kriteriene vil måtte avpasses mot hverandre for at dette kravet skal kunne oppfylles.

Transformere konsekvenser til nytte

Utgangspunktet for evalueringen av alternativene er beslutningsmatrisen, som fremstiller scorene for alternative kriterier. I evalueringsprosessen videre kan man velge mellom mange forskjellige metoder. I Concept rapport nummer 18 (Jordanger et al. 2007) deler de det inn i elementære metoder, nyttefunksjonsmetoder og rangeringsmetoder. For nyttefunksjonsmetodene omsettes alternativenes score til nytteverdi ved å benytte nyttefunksjonen som er etablert for hvert kriterium og det beregnes en total nytteverdi for hvert alternativ. Alternativene kan da rangeres på bakgrunn av totalverdiene. For rangeringsmetoder beregnes det ofte indekser for støtte og bevis for alternativets godhet i forhold til andre alternativer. I denne prosessen sammenlignes alternativer gjerne parvis, og på bakgrunn av dette bygges det opp partielle eller komplette rangeringsrelasjoner.

3.2.4. Sammenstilling

Sammenfattende evaluering og prioritering

Etter at alternativene er evaluert og rangert, gjennomføres det en helhetlig vurdering av resultatene i forbindelse med utarbeidelsen av en anbefaling. Er forskjellene små, kan det godt være at man ikke har grunnlag for å kunne hevde at det ene alternativet er særlig bedre enn det andre på grunn av usikkerheten i fastsettelsen av scorene. I dette alternativet vil begge alternativene kunne være akseptable for beslutningstaker, og en nærmere analyse av disse kan være hensiktsmessig. Beslutningsgrunnlaget som overleveres beslutningstaker bør inneholde rangeringen, relevant informasjon fra utviklingen av modell, preferansemodelleringen og en vurdering av usikkerhet.

Følsomhetsanalyse/Sensitivitetsanalyse

Man bør analysere robustheten av alternativene. Spesielt gjelder dette hvis rangeringen viser liten forskjell mellom det beste og nest beste rangerte alternativet. Denne robustheten undersøkes ved en følsomhetsanalyse der det undersøkes hvor mye endring i score og/eller vektprosent som må foretas for at rekkefølgen blir endret. Følsomhetsanalyse er en måte å se på hvilken betydning usikkerhet i angivelsen av preferanser har for resultatet. Hvis man anser den nødvendige endringen til å være urimelig, er rangeringen endelig. Hvis man derimot anser nødvendig endring som mulig, gjennomgår hele evalueringen av finalistene på nytt. Det kan i en slik situasjon være nødvendig å hente inn tilleggsinformasjon før endelig evaluering og valg kan gjøres.

Anbefale

Flermålsanalysens resultat er en anbefalt løsning sammen med argumentasjonen for denne. Beslutningsgrunnlaget bør i tillegg inneholde vurdering av usikkerheter og resultater fra følsomhetsanalyser som sier noe om hvor robust anbefalingen er. Grunnlaget bør kanskje også diskutere forskjeller mellom interessentenes preferanser og anbefalt løsning. Det er meget viktig at sporbarheten i evalueringsprosessen er god. Det skal finnes dokumentasjon i anbefalt løsning som beskriver evalueringsprosessen, kriteriene som ble valgt, vektene som ble tilordnet og begrunnelse for gitt score pr. kriterium og alternativ.

3.3. SWOT-Analyse

En SWOT-analyse er en pro & contra oppstilling som brukes for å strukturere informasjon som grunnlag for strategidannelse (Samset 2008). Den brukes lokalt for hvert alternativ som vurderes. SWOT er et engelsk akronym og står for styrker (Strengths), svakheter (Weaknesses), muligheter (Opportunities) og trusler (Threats).

SWOT-analysen er ikke en analyse som vil kunne gi mer informasjon eller en konklusjon, men det er en nyttig metode for å strukturere argumenter for og i mot alternativer. Metoden vil kunne øke innsikten i hvert alternativ (Andersen 2007).

Selve gjennomførelsen av en SWOT-analyse er svært enkel. Det innebærer kun en idemyldring rundt hvert av fokuspunktene for hvert alternativ. Det er anbefalt at dette gjøres i en gruppe bestående av personer fra forskjellige bakgrunner som er relevant for problemet (Andersen 2007).

Tabell 1: Eksempel på SWOT-analyse

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

3.4. Usikkerhetsanalyse

Usikkerhetsanalyse er definert som en systematisk fremgangsmåte for å identifisere, beskrive og beregne usikkerhet (Klakegg 2003).

Usikkerhetsanalyser settes ofte i gang med bakgrunn i et eller flere av følgende tre formål(Austeng et al. 2005):

- Å være en del av beslutningsgrunnlaget i de beslutningspunktene som avgjør om et prosjekt skal gå over til senere faser
- Få fram mulige forhold i prosjektets framtid som krever forhåndstiltak for å avverge eller begrense, eller som krever oppbygging av beredskap.
- Være til støtte i styringen av prosjektet ved at bevisstheten om risiko og muligheter øker hos aktørene, og at man får tydeliggjort hvor det er viktigst å konsentrere oppmerksomheten. Det må her poengteres viktigheten av en kontinuerlig oppdatering av usikkerhetsbildet.

I analysen som gjøres vil de viktigste elementene være å ha en god og veldefinert prosess, altså gode metoder for å sikre valide og pålitelige resultater. Herunder ligger det å sørge for riktig og relevant input, korrekt behandling av input (kvalitativ og kvantitativ) og presentasjon av resultatene som gjenspeiler de virkelige forhold(Austeng et al. 2005).

Omfanget av analysen avhenger av størrelsen på prosjektet og hvor usikkert prosjektet i utgangspunktet oppfattes av den gjennomførende part. Viktigheten av prosjektresultat for eier kan også være en faktor. De mest omfattende av analysene har ofte gruppesamlinger med personer som er fra diverse fagområder, har balanse i forhåndsoppfatning og nødvendig styrke hos enkeltpersonene til å være kritiske til å stå imot diverse former for press(Austeng et al. 2005).

Man kan dele en usikkerhetsanalyse i to deler. En del er den kvalitative delen hvor man har som formål å få frem og beskrive usikkerheten. Dette gjøres ved å definere usikkerhetselementene, deres årsaker, hvor de virker, påvirkningsmuligheter og en utgreiing av elementene. Den andre delen er den kvantitative delen, hvor man tallfester sannsynligheter, utfallsrom og eventuell påvirkningsmulighet(Austeng et al. 2005).

Foreslått fremgangsmåten for usikkerhetsanalyse kan se slik ut(Andersen 2007):

1. Identifisere usikkerhetselementer, både av positiv og negativ karakter.
2. For hvert usikkerhetselement, vurder sannsynligheten for at elementet vil inntreffe
3. For hvert usikkerhetselement, angi konsekvensen for prosjektet om det skulle inntreffe
4. Oppsummere de identifiserte usikkerhetselementene i en usikkerhetsmatrise.

Man vurderer hvert usikkerhetselement etter sannsynlighet for at hendelsen skjer og konsekvens hvis det skulle inntreffe. Deretter kan man illustrere usikkerhetselementene i en usikkerhetsmatrise med sannsynlighet på y-aksen og konsekvens på x-aksen.

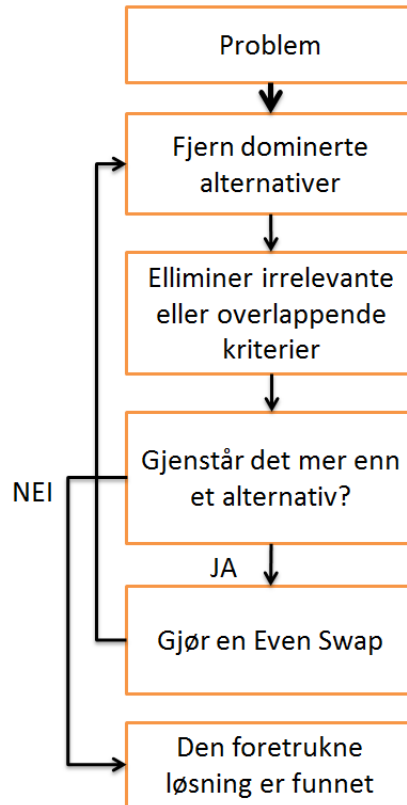
5: Svært høy sannsynlighet					
4: Høy sannsynlighet					
3: Middels sannsynlighet					
2: Lav sannsynlighet					
1: Svært lav sannsynlighet					
Sannsynlighet / Konsekvens	1: Nesten ingen effekt	2: Liten effekt	3: Middels effekt	4: Stor effekt	5: Svært stor effekt – prosjektet i fare

Figur 4: Matrise til usikkerhetsanalyse

3.5. Even Swap

Even Swap er en metode for flermålsanalyse er en strukturert metode for å analysere problemer med mange alternativer. Dette utføres ved at man gjør avveininger mellom nytte i en kriterie mot nytte i en annen kriterie.

For et alternativ, blir nytten eller konsekvensen i et kriterie endret mot en endring i et annet kriterie. Dette byttet skal gjøres uten at den totale nytten til alternativet endres. Det vil si, man bytter nytten mellom kriterier slik at alternativet beholder sin relative preferanse. Det nye alternativet er like preferert som det originale alternativet, kan da brukes istedenfor. Målet for metoden er å utføre avveininger som enten fører til at en kriterie blir irrelevant(hvis alternativene har lik verdi), eller fremprovosere bevis for at det finnes dominerte alternativ ved at et alternativ scorer høyere på de resterende kriteriene. Denne metoden gjentas til det gjenstår kun et alternativ.



Figur 5: Even Swap metode

Tidlig i prosessen er det mulig å eliminere alternativer som er praktisk dominert. Med dette kan man fjerne alternativer tidlig i gjennomføringen og redusere antall avveiinger som er nødvendig for å finne en foretrukket løsning. Et alternativ X dominerer praktisk alternativ Y, hvis Y er litt bedre enn X i kun et eller få kriterier, men X klart gjør det bedre enn Y i flere andre kriterier.

Det kan være hensiktsmessig å bruke spesialisert programvare ved større problemer. Disse kan foreslå neste steg i analysen for en beslutningstaker. En av disse, Smart-Swaps, finner man beskrevet i (Mustajoki & Hämäläinen 2005).

3.6. SMART

SMART står for «Simple Multi-Attribute Rating Technique», og er en metode for nytteanalyse under MAVT(Multi-Attribute Value Theory). Hovedmålet for analysen er å hjelpe beslutningstakeren til å få en økt forståelse av beslutningsproblemet(Goodwin & Wright 1998). Vi skal her gå i dybden på hvordan denne kan gjøres basert på Goodwin og Wright (1998). Det er en metode som baseres på adderende nytte. Adderende nytte kan matematisk representeres slik:

$$u(x) = \sum_{i=1}^n w_i u_i(x_i)$$

hvor n er antall kriterier, x_i er konsekvensen av dette alternativet med hensyn på kriterie i , $u_i(x_i)$ er dens vurdering på en skala fra 0-1, og w_i er vekten av kriterie i som representerer den relative viktigheten av dette kriteriet. Vektene er normalisert til å summere til 1.

Analysen

På grunn av SMARTs simplicitet i både de svarene som kreves og hvordan disse svarene er analysert, har SMART blitt meget populær. Analysen er gjennomiktig, slik at det er trolig at metoden vil føre til en økt forståelse på problemet og vil bli akseptert av en beslutningstaker som er skeptisk til en matematisk «sort boks»-tilnærming (Goodwin & Wright 1998). Dette, i tillegg til at metoden er relativt kjapp, fører til at den er ofte brukt. Kostnaden av denne simpliciteten er at metoden i noen tilfeller ikke vil fange alle detaljene og kompleksiteten av det reelle problemet. I praktisk bruk har den til tross for dette blitt funnet til å være meget robust (Goodwin & Wright 1998).

Hovedstegene i analysen er som følger

1. Identifisere beslutningstakeren(e).
2. Identifisere alternativer.
3. Identifiser kriteriene som er relevante for beslutningsproblemet.
4. For hvert kriterie, tildel verdier for å måle hvor godt alternativene tilfredsstill målne.
5. Bestem en vekt for hvert kriterie.
6. For hvert alternativ, ta et vektet gjennomsnitt av verdiene tildelt til det alternativet.
7. Ta en innledende avgjørelse.
8. Gjør en sensitivitetsanalyse for å se hvor robust beslutningen er for endringer i verdiene gitt av beslutningstaker.

Steg 1 og 2 er definert i flermålsanalysen. Det neste steget innebærer å identifisere kriteriene som beslutningstakeren anser som relevant i forhold til problemet. Kriterier er som tidligere nevnt brukt til å måle hvor godt alternativer oppfyller målene til beslutningstakeren. Vi trenger derfor å finne et sett med kriterier som kan bli evaluert på en numerisk skala. Beslutningstakerens initielle kriterier kan, uhjelpet, i mange tilfeller være vage (Goodwin & Wright 1998). Han kan for eksempel si at han ser etter kontorlokalet som er «best for hans bedrift». Kriteriene kan derfor brytes ned til mer spesifikke kriterier før evalueringer kan gjøres. Et nyttetre kan være nyttig her.

For å konstruere nyttetreet starter vi med å fokusere på de generelle punktene som beslutningstakeren anser som viktig. Det er så klart ingen begrensning på antall kriterier som man kan spesifisere. Det kan være at man kan ha «kortsiktige kostnader», «langsiktige kostnader», «risiko», «pålitelighet» og «fordeler» som sine initielle kriterie. Det er heller ingen krav om å kategorisere hovedkriteriene i kostnader og fordeler.

Etter man har laget et treet, hvordan kan man bestemme seg for at det er en nøyaktig og brukbar modell for beslutningstakerens kriterier? Her er et forslag på fem vurderingskriterier som kan bli brukt til å vurdere treet (Goodwin & Wright 1998):

1. **Kompletthet:** Hvis treet er komplett, vil alle kriteriene som beslutningstakeren ønsker å vurdere vil være med i treet.
2. **Operasjonalitet:** Dette kriteriet er møtt når alle kriterier på det laveste nivået i treet er spesifikke nok for at beslutningstakeren kan evaluere dem for de forskjellige alternativene. For eksempel, hvis vår beslutningstaker føler at han ikke hadde mulighet til å vurdere «imaget» til lokalene på en numerisk skala, ville ikke treet vært operasjonelt.
3. **Dekomponerbarhet:** Dette kriteriet krever at høyt et alternativ scorer på et kriterie kan bli vurdert uavhengig av scoren på andre kriterier. Man er i det tilfelle nødt til å se på treet på nytt og se om man kan redefinere eller regrupere kriteriene.
4. **Fravær av redundans:** Hvis to kriterier egentlig representerer den samme tingen er et av kriteriene redundant. Faren med redundans er at det kan lede til dobbel-telling, som kan forårsake at visse mål har en feil vekt når den endelige beslutningen skal gjøres. En måte å sjekke for redundans vil være å sjekke om beslutningen vil bli påvirket hvis man fjerner et kriterie. Hvis en fjerning av et kriterie ikke ville ført til noen endring for valget av den beste løsningen er det ingen grunn til å beholde den.
5. **Minste størrelse:** Hvis treet er for stort kan en meningsfull analyse være umulig. For å forsikre om at dette ikke skjer, bør ikke kriterier dekomponeres ut over et nivå hvor de kan evalueres. Noen ganger kan størrelsen på treet bli redusert ved å eliminere kriterier som ikke skiller mellom alternativer.

Det kan noen ganger være nødvendig å finne kompromisser mellom disse kriteriene. For eksempel, for å gjøre treet operasjonaliserbart kan det være nødvendig å øke størrelsen. Ofte kan flere forsøk på å formulere treet være nødvendig før en akseptabel struktur er funnet.

Måle hvor godt alternativene scorer på hvert kriterie

Etter at man har identifisert kriteriene som er viktig for en beslutningstaker, er det neste steget å finne ut hvor godt de forskjellige alternativene scorer for hvert av kriteriene på det laveste nivået.

Det å avveie, «å trade off», kostnader mot fordeler kan være en ekstremt vanskelig avgjørelse. Det er hevdet at denne typen avgjørelse er den minst sikre og mest ukomfortable som kan gjøres av alle avgjørelser som kreves i beslutningsproblemer med flere kriterier (Goodwin & Wright 1998). Denne avveiningen vil gjøres senere i analysen, og for øyeblikket kun konsentrere oss om fordel-kriteriene.

For å score kriteriene vil oppgaven bli lettere om man kan identifisere variabler for å representere kriteriene. For eksempel, størrelsen av kontoret kan bli representert ved gulvarealet. Men skiller mellom kriterier som er lett kvantifiserbare, som «årlige leiekostnader», og kriterier som vurderes på en kvalitativ skala, som «image». og På grunn av dette er det to alternative metoder som kan anvendes for å måle scoren som kan gis til alternativene for hvert kriterie: direkte scoring og nyttefunksjoner.

Ved direkte scoring vil man vurdere kriterier til alternativene på en ordinal skala. Man tar først å velger seg ut et kriterie, og rangerer alle alternativene etter det minst foretrukne til det mest foretrukne i forhold til det aktuelle kriteriet. Man gir da det alternativet som ble rangert høyest en nytteverdi av 100, og det alternativet som ble rangert nederst en nytteverdi av 0. Deretter skal beslutningstaker rangere de andre alternativene slik at avstanden dem i mellom representerer i hvilken grad beslutningstakeren foretrekker et alternativ mot et annet i forhold til det kriteriet.

Etter å ha etablert et første sett av nytte for et kriterie, bør disse kontrolleres for å se om de konsekvent representerer preferansene til beslutningstakeren.

Nyttefunksjoner

Nyttefunksjoner er en funksjon som er tenkt til å representere den nytteverdien for et hvert alternativ innenfor et kriterie. Dette er relativt rett frem. Det innebærer å finne en funksjon som kan representere preferansene til en beslutningstaker.

Nyttefunksjoner er i ytterst sjeldne situasjoner en lineær funksjon. Dette skyldes at den marginale nytten som oftest synker med høyere nytte, på samme måte som nytten av at en lottogevinst økte fra 0 til 1 million kroner gir en mye større marginalnytte enn en økning av lottogevinsten fra 9 til 10 millioner kroner.

Man finner selve funksjonen ved at man tar for seg alternativene med deres respektive kriterie r . Man definerer det alternativet som har den høyeste verdien for et kriterie, som nytteverdi 100, og det alternativet som har det laveste verdien for et kriterie, som en nytteverdi av 0.

$$u(\text{minst preferert}) = 0$$

$$u(\text{mest preferert}) = 100$$

Deretter skal man finne midtpunktet mellom disse ytterpunktene. Beslutningstaker skal her bestemme seg for en verdi som tilsvarer midtpunktet i forhold til nytte, mellom det mest prefererte alternativet og det minst prefererte alternativet. Det vil si, at en økning fra det minst prefererte alternativet til midtpunktet vil gi en like stor økning i nytte som en økning fra midtpunktet til det

mest prefererte. Denne verdien skal finnes på generelt grunnlag, og trenger ikke å være tilstede i alternativene.

$$u(\text{midtpunkt}) = 50$$

Deretter må man finne kvartilene. Det gjøres på tilsvarende måte, hvor målet er å finne den verdi for grad av tilfredstillelse av kriteriet, som er i midtpunktet mellom det minst prefererte alternativet og midtpunktet.

$$u(\text{nedre kvartil}) = 25$$

$$u(\text{øvre kvartil}) = 75$$

Bestemme kriterievekter

Vi har tidligere sett hvordan man kan finne nytteverdier for å måle hvor godt et alternativ gjør det i forholdt til hvert kriterie. Det neste steget vil være å kombinere nytteverdiene for de forskjellige kriteriene for å få et bilde på den totale nytteverdien et alternativ har.

En enkel metode for å oppnå dette er å tildele vekter til hvert kriterie etter hvor stor grad beslutningstaker oppfatter kriteriet som viktig. Beslutningstakeren i et valg av et nytt kontorlokale kan for eksempel her mene at arealet på lokalet er viktigere enn avstanden til kunder og derfor gi en vekt på 5 til areal og 1 til avstand til kunder. Denne fremgangsmåten kan dessverre føre til at man får problemer.

Vi skal her ta for oss et forenklet problem, hvor valget er mellom kun to alternativer, i dette tilfelle kontorlokaler, X og Y, og vi vurderer kun kriteriene areal og avstand fra kunder.

Kontor	Areal (m ²)	Avstand (km)
X	40	0
Y	41	20

Nytteverdien tidel til disse vil da være:

Kontor	Areal (m ²)	Avstand (km)
X	0	100
Y	100	0
Vekter	5	1

Hvis man antar at vektene 5 og 1 gjelder kan man finne den vektete verdien for nytte for hvert alternativ.

$$\text{Kontor X: Vektet nytteverdi} = 5 * 0 + 1 * 100 = 100$$

$$\text{Kontor Y: Vektet nytteverdi} = 5 * 100 + 1 * 0 = 500$$

Ifølge beslutningstakeren her skulle man valgt kontor Y. Dette er fordi den gjorde det best på kriteriet som ble vurdert til å være mest viktig. Hvis man ser på størrelsesforskjellen mellom kontor X og Y skiller det kun en kvadratmeter dem i mellom, og de tildelte vektene antyder at man skal være villig ofre 20 km i avstand fra kundene for den økningen. Er det reelt? Så klart ikke!

Problemet med viktighetsvekter er at de ikke tar hensyn til intervallet mellom det mest og minst prefererte alternativet for hvert kriterie. Hvis det ikke er mye som skiller mellom alternativene for et kriterie, slik at intervallet dem i mellom er liten, kan det være at dette kriteriet ikke er viktig i beslutningen, selv om beslutningstakeren anser den som et viktig kriterie.

Dette kan løses ved å ta i bruk swing-vekter. Man kommer fram til disse ved å be beslutningstakeren sammenligne en endring, eller sving, fra det minst foretrukne kriterienivået til det mest foretrukne kriterie nivået for et kriterie til et annet.

Beslutningstaker skal her forestille seg et hypotetisk alternativ, hvor alle kriteriene var på sine laveste nivåer. Deretter skal beslutningstaker bestemme seg for et kriterie som han, hvis han fikk muligheten, vill flytte til det høyeste nivået for å maksimere nytten man kunne få ut av en slik endring. Etter det er gjort, skal beslutningstaker utføre denne øvelsen igjen med de gjenstående kriteriene. Da ender man opp med en rangering av viktighet for kriteriene.

Finne nyttesummen av fordelene

Vi har nå funnet et mål på hvor godt hvert lokale gjør det på hvert kriterie, og dette gjør det mulig for oss å sammenligne nytteverdien til et kriterie med nytteverdien til de andre. Dette betyr at vi nå har muligheten til å finne ut den totale nytten til et kontorlokale ved å kombinere alle seks nytteverdiene som er knyttet til det kontoret.

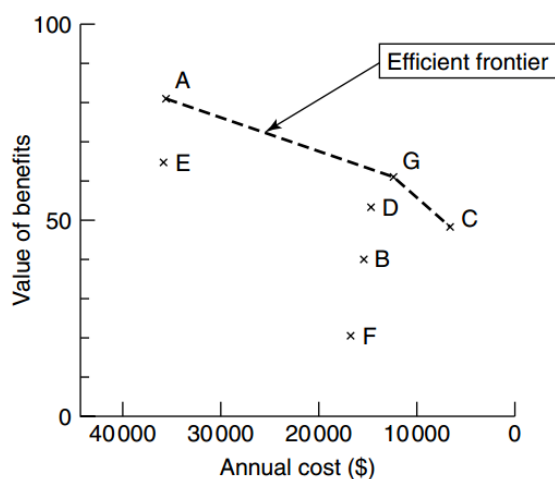
For å gjøre det antar vi at denne adderende modellen er passende for problemet. Dette er den mest brukte modellen, men er ikke hensiktsmessig i alle tilfeller. For eksempel ved kjøp av et hus, vil en attraktiv arkitektur og en fin hage komplementere hverandre, noe som sammen vil kunne føre til en høyere nytteverdi for et alternativ som scorer høyt på begge.

Veie fordeler mot kostnader

Hittil har vi ignorert kostnadene og kun fokusert på fordeler på grunn av vanskelighetene som en beslutningstaker ofte har med å foreta avveininger mellom kostnader og fordeler. Hvis man ikke har et problem med dette så kan man behandle kostnad som en hvilken som helst annet kriterie. Man kunne tildelt alternativet med den laveste kostnaden nytteverdien 100 og den med den høyeste kostnaden nytteverdien 0. Vekter kunne bli fordelt ved at man sammenligner svingninger fra det minst foretrukne nivået til det mest foretrukne nivået av fordeler til svingninger fra den verste til den beste kostnaden. I et slikt tilfelle har man muliggjort nytten av kostnad til å bli inkludert når man

bruker den additive modellen for å vurdere hvor attraktiv alternativene er. Alternativet med den høyeste totale scoren for nytte vil være den man burde velge. Denne metoden brukes når en beslutningstaker ikke har noe problem med å tallfeste nytten for alle kriterier.

Om beslutningstakeren på dette stadiet fortsatt oppfatter det å avveie nytte og kostnad er det hensiktsmessig å lage et scatter-diagram med nytteverdi på en akse og kostnader på den andre aksene.



Figur 6: Den effektive fronten

I et slikt diagram kan man se at jo høyere på nytte-skalaen og jo mer til høyre på kostnadsskalaen et alternativ er, jo mer attraktiv er det. Når man har dette diagrammet er det mulig å raskt finne ut om det finnes dominerte alternativ. Dominerte alternativ er de alternativene som både har lavere nytteverdi og høyere kostnad enn andre ikke-dominerte alternativ. Er det et annet alternativ som kan gi mer nytte for mindre penger vil en beslutningstaker aldri velge det foregående alternativet og man anser da det som dominert. De dominerte alternativene kan da ekskluderes fra videre analyse. De ikke-dominerte alternativene sies det at ligger på den effektive fronten.

Det kan være at dette er nok informasjon for at en beslutningstaker kan ta et valg. I det minste burde det belyse dens forståelse av beslutningsproblemet. Den kan bli overrasket over resultatene, og kan ønske å gå igjennom informasjonen som har gitt for å se hva som har skjedd.

Det er også mulig at beslutningstakeren fortsatt ikke føler det er mulig å ta et valg mellom alternativene på den effektive fronten. Hvis dette er tilfelle er det en metode man kan bruke for å belyse kostnaden ved å øke nytten.

Dette steget innebærer å se på marginalkostnaden for nytte. Det vil si at vi spør spørsmålet; Hva kost er det siste nyttepoenget i kroner? Denne kostnaden finner man slik:

$$K_m = \frac{(K_n - K_{n-1})}{u_n - u_{n-1}}$$

Hvor K_m er marginalkostnaden av nytte, K_n er kostnaden til et alternativ, K_{n-1} er kostnaden til det alternativet med lavere nytteverdi og kostnad, u_n er nytten til det første alternativet og u_{n-1} er nytten til alternativet med lavere nytteverdi og kostnad. Denne varierer mellom hvert alternativ, og her kan man finne ut om den økningen i nytte man ville få for å velge et alternativ fremfor det foregående har en rimelig kostnad.

For å finne hvor mye en økning et nyttepoeng er verdt for eieren kan man velge et av kriteriene på det laveste nivået som beslutningstakeren anser som lett å vurdere i pengeverdier.

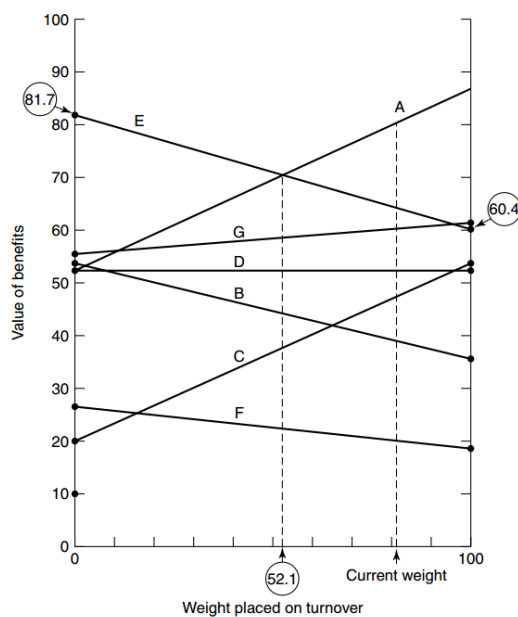
Beslutningstakeren skal her bestemme hvor mye den er villig til å betale for en økning i det kriteriet, fra det dårligste nivået til det høyeste. Det vil si, innenfor det valgte kriteriet, hvor mye ville beslutningstakeren være villig til å betale for å gå fra det minst prefererte alternativet til det mest prefererte alternativet.

Sensitivitetsanalyse

Informasjonen som har blitt gitt så langt i analysen er helt klart meget usikre. En beslutningstaker vil med stor sannsynlighet være usikker på om resultatet fra analysen er valid og faktisk representerer de preferansene beslutningstakeren måtte ha. Derfor bør man, før man gjør en sluttanbefaling, utforske hvor stor påvirkning en endring av vektene vil ha på si for anbefalingen.

Sensitivitetsanalyse blir brukt til å utforske hvor robust valget av et alternativ er til endringer i verdiene, fortrinnsvis vektene, brukt i analysen.

For å utføre en sensitivitetsanalyse må vurdere endringen i aggregert nytte for hvert alternativ etter en endring av preferansevektene. Man kan sjekke mellom preferansenivåer man er usikker på. Man kan først starte med å velge et kriterie på mellom-nivå. Hvis det kriteriet, med tilhørende underkriterier, hadde en preferansevekt på til sammen 0, hva ville da den aggregerte nytten være for alternativene da? Og tilsvarende, hvis den hadde en vekt på til sammen 100, hva ville den aggregerte nytten for alternativene være i det tilfelle? Her er det viktig å huske på å normalisere vektene før nytten regnes ut. Man ender da opp med to verdier for hvert alternativ, i tillegg til den opprinnelige nytteverdien. Disse to kan tegnes opp på i et diagram, og samtidig trekkes det en strek mellom linjene. Alle verdiene i denne regresjonslinjen tilsvarer alle mulige aggregerte nytteverdier for alternativet. Da ender man opp med et diagram som vist nedenfor.



Figur 7: Eksempel på sensitivitetsanalyse

Hvis det er stor avstand mellom krysningspunktet som fører til at et annet alternativ enn det som tidligere har blitt anbefalt, kan man være relativt sikker på at analysen er robust og man har funnet en riktig konklusjon. Tilsvarende analyse kan utføres på kriterier på lavere nivå. Å utføre en sensitivitetsanalyse bør føre til at beslutningstakerens forståelse av problemet øker og det kan føre til at den revurderer noen av verdiene. Man ser også i mange sensitivitetsanalyser at det er ikke nødvendig at verdiene er presise. Det må ofte store endringer til før et annet alternativ blir vurdert som mer attraktiv.

Teoretiske forutsetninger

1. Beslutsomhet: Det er antatt at beslutningstaker har mulighet til å bestemme seg for hvilken av to alternativer han foretrekker.
2. Transitivitet: Hvis man foretrekker A over B, og B over C, må man også foretrekke A over C.
3. Summering: Hvis man foretrekker A over B, og B over C, må man også foretrekke A over C mer enn hva man foretrekker A over B.
4. Løsbarehet
5. Endelig øvre og nedre grense for nytte: Når man vurderer nytte må man anta at det beste alternativet ikke er så fantastisk og det verste alternativet ikke er så forferdelig at man ville vurdert disse alternativene til pluss og minus uendelig

Antagelser gjort ved aggregering av nytte

Vi har brukt den adderende modellen for å summere nytten for forskjellige alternativer i dette eksempelet. Bruken av denne modellen er ikke riktig når det ikke tilfredsstillers innbyrdes preferanseuavhengighet. Med andre ord kan ikke den totale nytteverdien av flere kriterier være avhengig av nytteverdien til andre kriterier. Hvis dette er tilfelle, kan man bruke en multiplikativ modell, hvor summen av nytte fra to kriterier blir vurdert som summen av de respektive vektene og nytteverdi, i tillegg til produktet av alle vektene og nytteverdiene.

$$Nytte = w_1 * n_1 + w_1 * n_2 + w_2 * n_1 * w_2 * n_2$$

I slike tilfeller blir det å utføre en MAVT med SMART mer komplekst og mindre attraktivt.

4. Resultater

4.1. Anbefalt metode

For mindre prosjekter vil det være et stort sprik i kompleksitet og størrelse. Det anbefales generelt at det gjøres en flermålsanalyse. Hvilke elementer man skal inkludere vil avhenge av omfanget.

For beslutningsproblemer anbefales det at man gjennomfører en flermålsanalyse basert på Even Swap.

I noen tilfeller kan SMART-metoden være foretrukket. Dette gjelder spesielt i problemer hvor man har få kriterier og/eller alternativer.

Det viktigste er at beslutningstakerene vil sette lit til modellen i etterkant, ellers er arbeidet forgjeves.

4.2. Cipax AS

Disse metodene er brukt til å vurdere et reelt problem hos Cipax AS. Cipax AS er en bedrift i Bjørkelangen i Akershus. De er eid av Cipax Industrier AB og har søsterselskaper i Sverige, Estland, Finland og Polen. De spesialiserte seg på rotasjonsstøping av plastprodukter, fortrinnsvis i PE. Deres produkter er blant annet minirenselanlegg, diverse lagringstanker og beholdere, bøyer og båter. En av deres mest kjente produkter er Pioner-båtene, som de eier merkevaren til selv. I 2013 omsatte Cipax AS for 69,3 millioner kroner (*Cipax AS Regnskapstall 2014*).

På deres produksjonslokaler i Bjørkelangen har de tre ovner hvorav noen fyres på strøm og noen på gass. De går store mengder energi til å drive ovnene. Produksjon- og lagerlokalet er avlangt med ovner i siderom. På grunn av den store høyden på taket blir det store temperaturskjeller mellom tak og gulv i bearbeidings- og lagerlokalet, mens i ovnsrommene går arbeiderene nærmest i t-skjorte hele året.

Arbeiderene på gulvet i resten av lokalet klager over at det er kjølig på gulvet i bearbeidings- og lagerlokalene i deler av året hvor det er kaldt ute. De oppfatter som meget ubehagelig og ønsker at det gjøres tiltak for å forbedre arbeidsforholdene. Åpnes en garasjedør i bearbeidings- og lagerområdene reduseres temperaturen på gulvet til tilnærmet utetemperatur. Ledelsen er ikke fornøyd med situasjonen slik den er i dag hvor de har et stort energiforbruk for å drive ovnene, mens arbeiderene bruker kraftige elektriske veggmonterte vifteovner i tillegg for å øke temperaturen på gulvet.

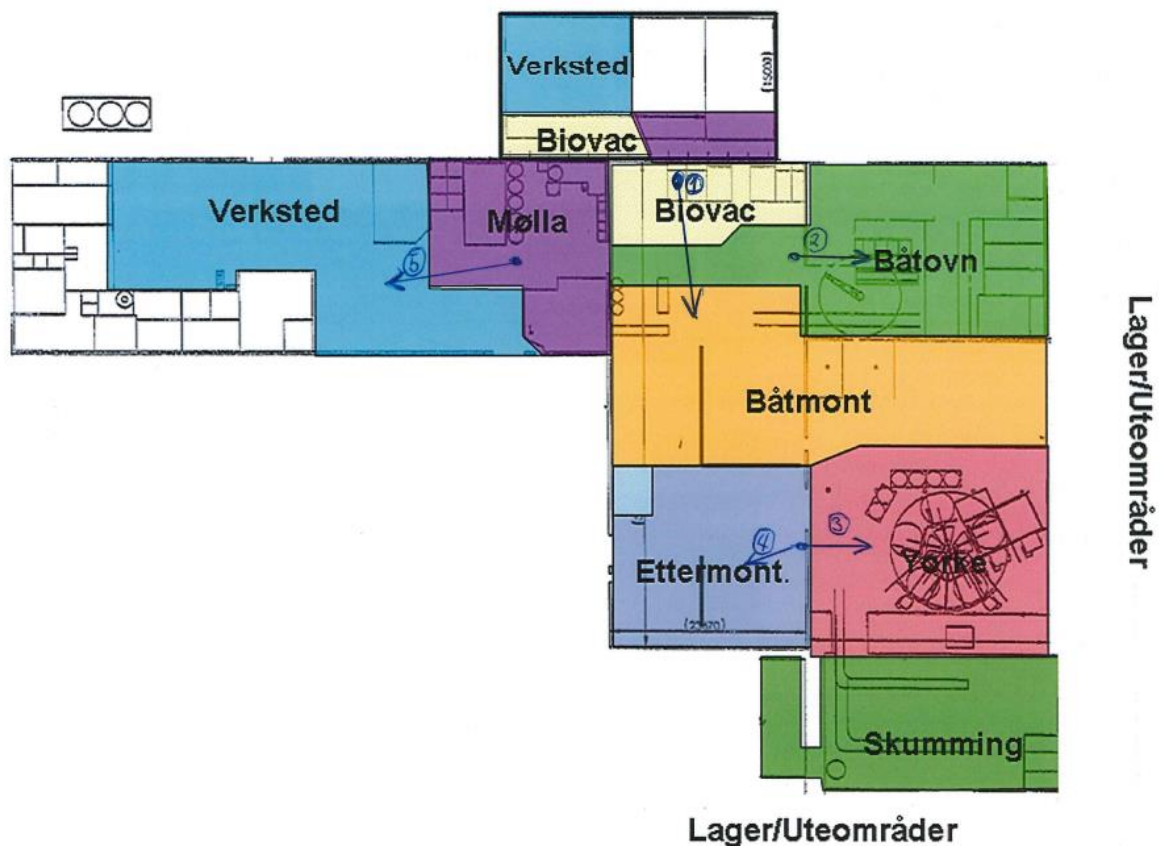
Det har ikke blitt foretatt målinger av hva temperaturskjellen er mellom tak og gulv er i Cipax sine lokaler. Administrerende Direktør Dag Eirik Thomassen i Cipax AS estimerer at temperaturen ligger

på opp i mot 25 °C ved taket og 12 °C ved gulvet(Thomassen 2014), altså en temperaturforskjell på 13 °C. Fra et tilsvarende problem i lokalene til Amsoil Inc(*Case Study: Amsoil Inc* 2014) som ligger nord i Wisconsin i USA, med omtrentlig samme klima som Cipax i Norge, har det blitt registrert 16 °C forskjell i temperatur mellom gulv og tak. Det er nærliggende å påstå at de har et høyere tak fra de tilgjengelige bildene, men med Cipax sine ovner som produserer så mye varme så kan man anta at temperaturforskjellen ligger i den størrelsesordenen.

4.2.1. Problemanalyse og strukturering

Definisjon av forutsetninger og rammebetingelser:

Cipax AS sine produksjonslokaler er en avlang bygning med kontorlokaler i den ene enden og produksjonsovner i den andre, med bearbeidingslokaler i mellom. Det er to ovner i bygningen. Den ene, kalt «Båtovn», drives på strøm og er en konvensjonell ovn hvor formene med plast kjøres inn og roterer stillestående. Den andre ovnen, kalt «Alan Yorke», drives på gass og er en type ovn som det lages mindre typer gjenstander, hvor formene beveger seg i en halvsirkel igjennom ovnen mens de roterer. I rommet «Skumming» lages det isoporkuler som brukes til å blant annet stive opp de produserte produktene



Figur 8: Cipax AS lokaler

Det eksisterende ventilasjons- og luftesystemet i Cipax sine lokaler er et «lappeteppe», ettersom at det holder til i en bygningsmasse som er relativt gammel og som har skiftet eiere flere ganger. Det er flere ventilasjonsrør som går i taket som ikke er i bruk etter at det har blitt foretatt endringer som har gjort at de aktuelle rørene blir overflødige. Ut over dette er isolasjonen i bygningen svak, med takpapp i taket.

Den varme avtrekksluften fra ovnene blåses rett ut i friluft fra den ene siden av taket, og på den andre siden suges det frisk luft som pumpes inn i ovnsrommene. Mesteparten av varmen som brukes i ovnene går dermed til spille. Luften som suges fra ovnene inneholder avgasser fra smeltet plast og kan dermed ikke brukes direkte til å varme opp lokalene.

Det eksisterende energiforbruket er høyt. Ved å sammenligne energiforbruket for måneder med omtrentlig samme produksjonsvolum kan man finne ut et omtrentlig anslag på energiforbruket av strøm. Propan fylles med ujevne mellomrom og innkjøp korresponderer derfor ikke til forbruk.

	Jan 12'	Mai 12'	Differanse
Strøm (kWh)	234.427	120.351	114.076

Det vil si at et omtrentlig anslag på den elektriske energien som brukes til oppvarming vil ligge i overkant av 100.000 kWh for en kald måned. Dette er betydelige mengder som tilsvarer store kostnader.



Figur 9: Oversikt over bearbeidingslokalene fra området kalt Biovac på figur 7



Figur 10: Oversikt over bearbeidingslokalene fra området kalt Mølla på figur 7

Ledelsen har overfladisk vurdert følgende tiltak(Thomassen 2014):

1. Installere store industrivifter med diameter rundt 5 meter.
2. Punktavsug ved ovnene som distribuerer varmen via et konvensjonelt ventilasjonsanlegg, muligens via en varmeveksler.

Problemet kan brytes ned til at det etterspørres et automatisk system som fører til at innetemperaturen i produksjonslokalene holder seg på et behagelig arbeidsnivå, samtidig som det vil bli muligjort å gjenbruke varmen fra produksjonsovnene i lokalet som erstatning for andre oppvarmingskilder.

Den utnyttbare varmen fra ovnene befinner seg i avtrekksluften fra ovnene. Denne luften vil ha avgasser fra den smeltede plasten og er ikke direkte brukbar. For å kunne utnytte denne varmen må man skille den uønskede avgassen fra varmebæreren.

Det vil være ønskelig at installasjon og implementering av det valgte systemet skal påføre så liten hinder som mulig for produksjonen. Det er stor etterspørsel etter Cipax sine produkter og ovnene går i flere perioder døgnet rundt på sommerhalvåret.

Identifisere verdier, mål og evalueringskriterier

I denne innledende delen av problemstruktureringen tenker man seg følgende mål hierarki.

- 1 Bedre produktivitet
 - a. Lavere energikostnader og energibruk
 - i. Redusere bruk av ekstra varmeovner for å varme lokalene.
 - ii. Mere gjenbruk av varme fra produksjonsovnene.
 - b. Bra arbeidsmiljø
 - i. Behagelig og jevnt inneklime
 - c. Begrenset investering
 - d. Pålitelighet

Det finnes oversikt over total energiforbruk for ovnene og selskapet. Det er anslått at i en kald måned vil energiforbruket til oppvarming overskride 100.000 kWh.

Definisjon av alternativer

Det er kommet fram til at det skal vurderes følgende alternativer:

Alternativ 0: Nullalternativet

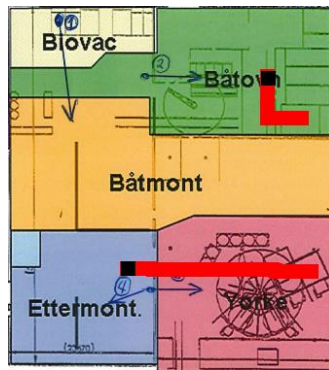
Nullalternativet vil være at man fortsetter som før, eventuelt med mindre endringer. Det vil innebære at man ikke gjør store endringer til eksisterende løsninger. Det er diverse mindre endringer som kan gjøres som kan hjelpe arbeiderene i deres arbeid.

- Installere infrarøde stråleovner i tak som varmer mot gulv.
- Kjøpe inn jakker som er varme og lette å arbeide i slik at kulden ikke blir like merkbar.
- Installere forheng ved garasjedøren(e) som minimerer utslipp av varme når dørene åpnes

Dette vil være løsninger som har liten økonomisk konsekvens men som kan forbedre arbeidsmiljøet. Det vil derimot ikke innfri ønsket om å utnytte varmen fra ovnene i større grad.

Alternativ 1: Punktavsug ved ovnene som distribueres til et ventilasjonssystem som sprer varmen i lokalet

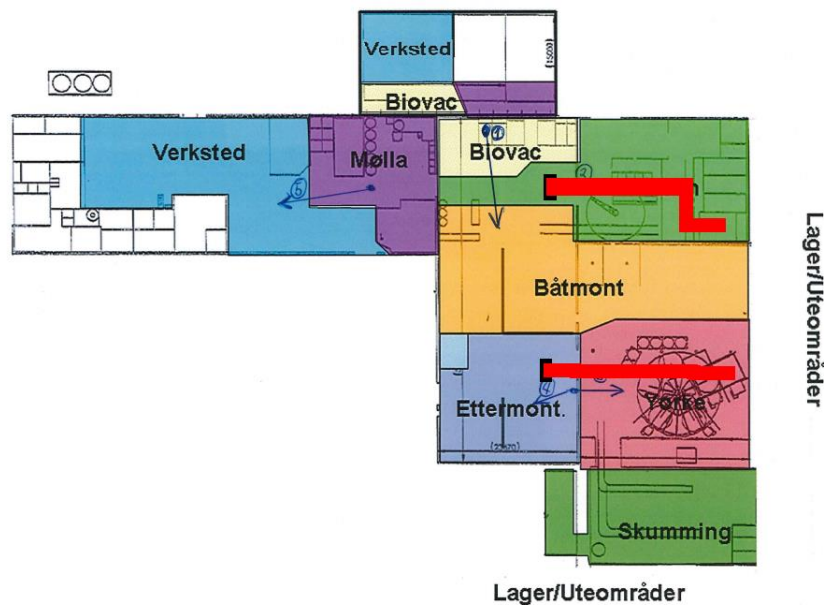
Dette steget innebærer at man gjør endringer i det eksisterende ventilasjonsanlegget. I dag har begge ovnene sug på oversiden, før det ledes langs taket i ventilasjonsrør til et punkt hvor den går i taket. Det eksisterende avsuget fra «Alan Yorke» ledes gjennom ovnsrommet og ut i rommet markert som «Ettermont.» som vist på figuren under. Det eksisterende avsuget fra båtovnen går litt kortere, det går noen meter vekk fra veggen før den tar en 90 grader vinkel og går ut av taket nærmere midten av rommet. Dette er illustrert i Figur 11: Eksisterende avtrekksløsning Figur 11, hvor rød strek tilsvarer ventilasjonsrør og svart viser omtrentlig plassering for utsug.



Figur 11: Eksisterende avtrekkløsning

Alternativ 1a: Punktavsug ved ovnene som distribuerer varmen ut i lokalene.

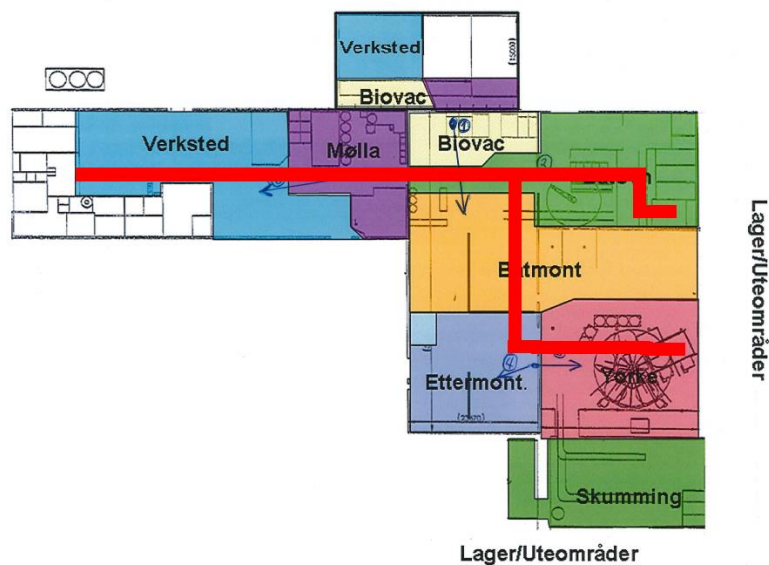
Man installerer en løsning som kan skille den varmbærende luften fra den uønskede avgassen fra plasten, og samtidig blåse varmen inn i lokalene. Det vil ikke tas stilling til foretrukket løsning for det i denne oppgaven, men tenkte løsninger inkluderer en varmeveksler som overfører varmen til frisk luft eller aktive karbonfiltre som fjerner den uønskede avgassen fra den opprinnelige luften. Kostnader vil vurderes konservativt.



Figur 12: Alternativ 1a - løsningsforslag

Alternativ 1b: Punktavsug ved ovnene som distribuerer varmen til et sentralisert ventilasjonssystem.

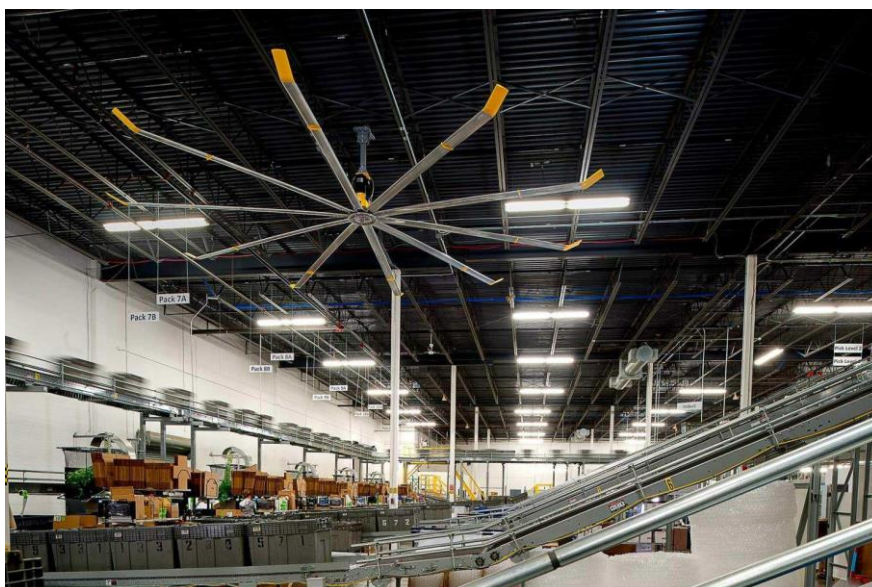
Dette er et supplement til alternativ 1a. Den rene varmen fra ovnene vil bli distribuert igjennom et ventilasjonssystem som vil kunne spre varmen i hele produksjonslokalene. Man får i dette alternativet mulighet til å redusere bruken av andre varmekilder i alle rom.



Figur 13: Alternativ 1b - løsningsforslag

Takmonterte saktegående takvifter

Et av hovedproblemene slik det er i dag er mangel på sirkulasjon av luft. Varmen legger seg opp i taket som en varmfront og det er store forskjeller mellom tak og gulv. Den varme luften under taket blander seg ikke med den kalde. Det som vil kunne løse dette er å montere større takmonterte vifter.

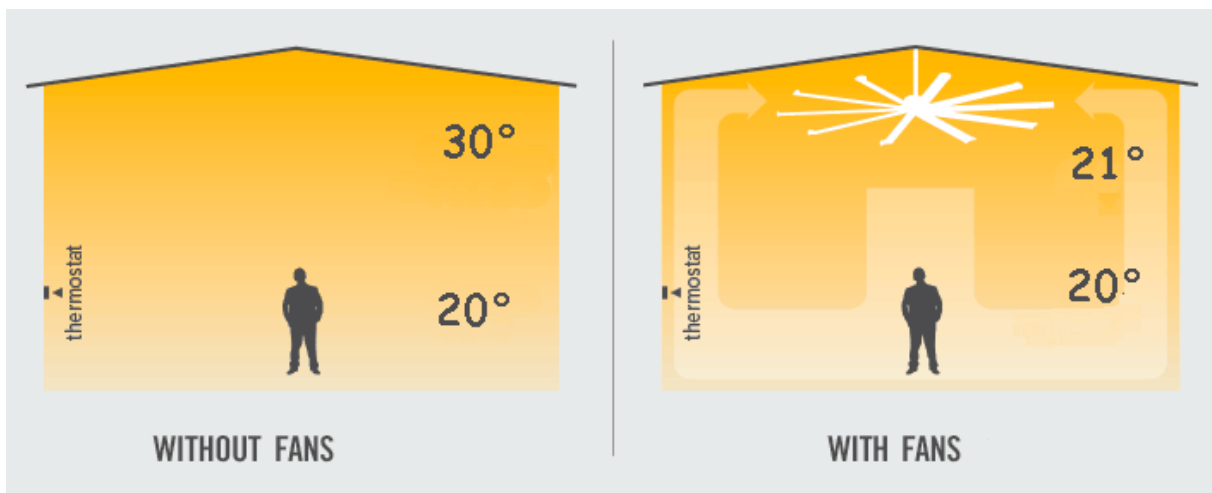


Figur 14: Eksempelbilde på takmonterte vifter

Viftene er forholdsvis store og kan dermed kjøres sakte og stillegående samtidig som de klarer å flytte store mengder luft. I forhold til mindre vifter vil bevegelsen av luft ikke være konsentrert eller ha stor hastighet, slik at det ikke oppleves som ubehagelig vind. I varmere tider vil man kunne drive viftene raskere for å få en behagelig innetemperatur.

Igjennom flere case-studier utført av Big Ass Fans har det blitt funnet at man kan senke forskjellen i temperatur mellom gulv og tak til kun 1 °C. Størrelsen på varmeoverføring er lineært avhengig av temperaturforskjellen mellom de to varmebærerene som det går varme i mellom. Hvis man senker temperaturforskjellen mellom ute og inne fra 20 °C til 10 °C vil det i teorien halvere varmetapet. Dette prinsippet utnyttes i løsninger som nattsenking av temperatur.

I verskedsdelen er det flere takmonterte kraner, noe som fører til at vifter kun kan plasseres i midtgangen hvor det ikke går kran.



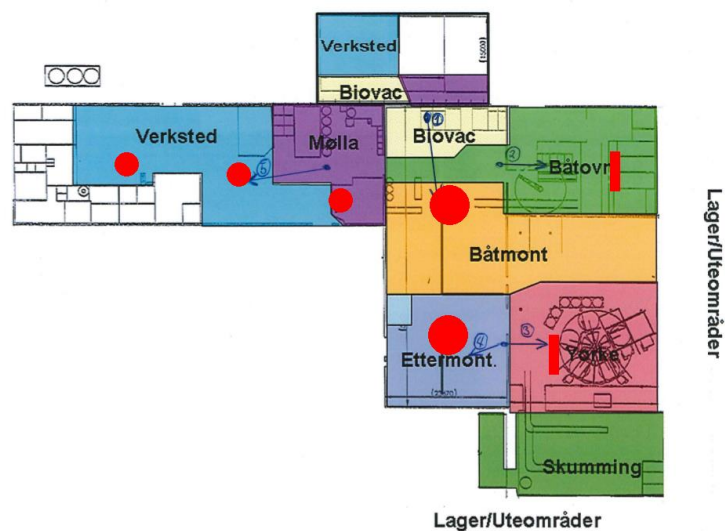
Figur 15: Temperaturforskjell i bygg med høye tak og veggmontert termostat i betjeningshøyde

Alternativ 2a: Takmonterte vifter – enkel løsning

Det monteres kun takmonterte vifter som vil kunne jevne ut temperaturen i rommene de er plassert. Det monteres sidestilte vifter i ovsnrommene som blåser luft fra ovsnrommene mot bearbeidingsrommene.

Det vil ikke bli gjort endringer slik at det vil bli mulig å utnytte spillvarmen fra ovnen ut i stor grad ut over dagens løsning.

Det forespeiles at løsningen kan dekket av to store vifter i hovedbearbeidingslokalene, tre mindre vifter i verkstedet i kontordelen, og mindre vifter som er justerbare i retning som plasseres i ovsnrommene, som kan geleide den varme luften ut av ovsnrommene.



Figur 16: Forslag til vifteplasseringer(rødt) - Alternativ 2a



Figur 17: Justerbare takmonterte vifter

Alternativ 2b: Takmonterte vifter i tillegg til gjenbruk av varme fra ovnene – komplett løsning

Dette alternativet er et supplement til alternativ 2A, ved at man kombinerer alternativ 1A og 2A. Det vil si at man velger å gå fra kun vifter til i tillegg å gjenvinne varmen fra ovnene til bruk i lokalene.

Valg av metoder og verktøy for problemanalyse

Det vil bli brukt følgende metoder og verktøy:

- Flermålsanalyse
- SWOT-analyse av alternativene
- Excel som regneverktøy
- Beslutningsanalyse
 - Even Swap
 - SMART-metoden

4.2.2. Modellutvikling

Målhierarki og modellstruktur

Tidligere i prosessen ble det forespeilet følgende mål.

- 2 Bedre produktivitet
 - a. Lavere energikostnader og energibruk
 - i. Mindre bruk av ekstra varmeovner for å varme lokalene.
 - ii. Mere gjenbruk av varme fra produksjonsovnene.
 - b. Bra arbeidsmiljø
 - i. Behagelig og jevnt inn klima
 - c. Begrenset installasjonskostnad
 - d. Pålitelighet

Etter nøyere gjennomgang er det sett at dette ikke er en fornuftig målstruktur. For det første, kriteriene «mindre bruk av ekstra varmeovner» og «mere gjenbruk av varme fra produksjonsovnene» er ikke innbyrdes uavhengige. En reduksjon i bruk av elektriske varmeovner vil komme av mindre behov for oppvarming, som enten kan skyldes økt bruk av alternative energikilder, altså fra ovnene, eller mindre varmetap fra bygningen. Det bestemmes dermed at det nederste nivået her sløyfes, slik at man kun står igjen med mellomnivået «Lavere energikostnader».

Det nederste nivået i «Bra arbeidsmiljø» er også unødvendig på dette stadiet. Pålitelighet er et mål som blir vurdert som overflødig, ettersom at kun alternativer som scorer høyt på dette kriteriet vil bli vurdert. Vi står da igjen med tre kriterier som følger.

- 1 Bedre produktivitet
 - a. Lavere energikostnader og energibruk
 - b. Bra arbeidsmiljø
 - c. Begrenset installasjonskostnad

Preferansemodellering

Vi starter her med å trekke fram kriteriene vi definerte tidligere og plassere de i to hovedkategorier:

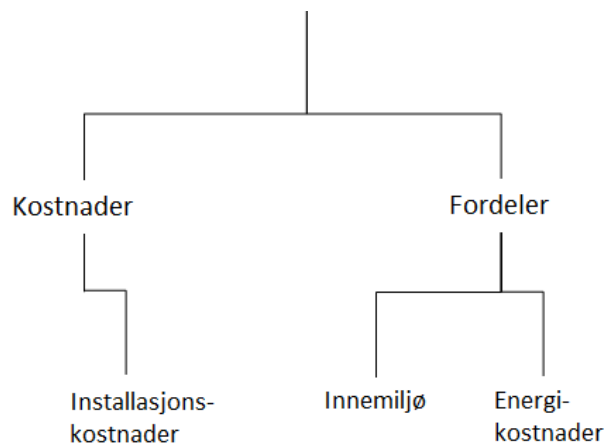
Kostnader:

- Installasjonskostnader

Fordeler:

- Komfort i innemiljø
- Reduserte energikostnader

Deretter setter vi disse kriteriene opp i et nyttetre:



Figur 18: Case Cipax AS - Nyttetre

Man kan i realiteten redusere nyttetreet til dette. Her har vi oppnådd innbyrdes preferanseuavhengighet i tillegg til at vi har unngått redundans. Det påstås at det ikke er flere kriterier som vil kunne føre til et annet utfall.

Kalibrering, verifisering og validering

Etter videre analysering vurderes det til at det innledende beslutningsproblemet er definert tilfredsstillende og man går videre i analysen.

4.2.3. Evaluering av alternativer

Kvalifisering av alternativene

Alle de tidligere definerte alternativene vurderes til å være kvalifiserte.

Anslå konsekvenser

Her anvendes det SWOT-analyse for å presentere alternativene.

Alternativ 0: Nullalternativet

Tabell 2: SWOT-analyse alternativ 0

Styrke	Svakheter
<ul style="list-style-type: none">• Meget enkel løsning• Lav kostnad	<ul style="list-style-type: none">• Ingen effekt på energibruk• Begrenset effekt på innemiljø
Muligheter	Trusler
<ul style="list-style-type: none">• Kan løse deler av problemet på kort sikt	<ul style="list-style-type: none">• Misnøye blant de ansatte• Alternativkostnaden over tid ved å ikke bruke mer av varmen fra ovnene kan bli høy.

Alternativ 1a: Ventilasjon – enkel løsning

Tabell 3: SWOT-analyse alternativ 1a

Styrke	Svakheter
<ul style="list-style-type: none">• Enkel løsning, kun mindre endringer som må til•	<ul style="list-style-type: none">• Begrenset effekt på innemiljø• Dekker ikke hele lokalet
Muligheter	Trusler
<ul style="list-style-type: none">• Kan utvides senere	<ul style="list-style-type: none">• Forutsetter at det er mulig å gjennomføre

Alternativ 1b: Ventilasjon – komplett løsning

Tabell 4: SWOT-analyse alternativ 1b

Styrke	Svakheter
<ul style="list-style-type: none">• Dekker hele produksjonslokalet•	<ul style="list-style-type: none">• Eksisterende ventilasjon må totalrenoveres/rives• Høy installasjonskostnad
Muligheter	Trusler
<ul style="list-style-type: none">• Kan opprette et helhetlig system som gjør at hele bygget kan utnytte overskuddsvarme fra ovnene.	<ul style="list-style-type: none">• Den eksisterende ventilasjonen må kunne fjernes uten for store inngrep i bygningen

Alternativ 2a:

Tabell 5: SWOT-analyse alternativ 2a

SWOT-ANALYSE ALTERNATIV 2A	
Styrke <ul style="list-style-type: none">• Relativt enkel og billig løsning• Vil trolig gi et godt inneklima	Svakheter <ul style="list-style-type: none">• Begrenset gjenbruk av varme• Plasskrevende i tak
Muligheter <ul style="list-style-type: none">• Kan eventuelt utvide løsningen senere	Trusler <ul style="list-style-type: none">• Forutsetter at det er mulig å gjennomføre

Alternativ 2b:

Tabell 6: SWOT-analyse alternativ 2b

SWOT-ANALYSE ALTERNATIV 2B	
Styrke <ul style="list-style-type: none">• Vil trolig gi et godt inneklima• Stor utnyttelse av varme fra produksjonsovner	Svakheter <ul style="list-style-type: none">• Plasskrevende i tak
Muligheter <ul style="list-style-type: none">• Man kan både utnytte overskuddsvarme og senke taktemperatur for å redusere varmetapet	Trusler <ul style="list-style-type: none">• Komplisert – to forskjellige tiltak som kombineres

Total vurdering av score:

Det velges å vurdere kriteriene som følger:

- Installasjonskostnader
 - Minimere kostnader
- Innemiljø
 - Fem nivåer: Meget Dårlig, Dårlig, Moderat, Bra, Meget Bra
- Energikostnader
 - Tre nivåer: Liten/Ingen reduksjon, Moderat reduksjon, Betydelig reduksjon

Tabell 7: Scoring av alternativ

Alternativer	Navn	Installasjonskostnader (kr)	Innemiljø	Energikostnader
0	Nullalternativ	50.000	Dårlig	Liten/ingen reduksjon
1a	Oppgradere ventilasjonssystem – enkel	200.000	Moderat	Moderat reduksjon
1b	Oppgradere ventilasjonssystem – omfattende	500.000	Bra	Betydelig reduksjon
2a	Vifter – enkel	250.000	Bra	Moderat reduksjon
2b	Vifter - omfattende	400.000	Meget bra	Betydelig reduksjon

4.2.4. Sammenstilling

Dette eksempelet kommer til å bli løst med både Even Swap og SMART.

4.2.4.1. Even Swap

Vi skal løse dette beslutningsproblemet med metoden Even Swap. Vi ser at alternativenes rangering og oppstilling ser ut som følger:

Tabell 8: Even Swap - score

	0	1a	1b	2a	2b	Intervall
Installasjonskostnader	50.000	200.000	500.000	250.000	400.000	50-500
Innemiljø	Dårlig	Moderat	Bra	Bra	Meget bra	Dårlig – Meget bra
Energikostnader	Liten reduksjon	Moderat reduksjon	Betydelig reduksjon	Moderat reduksjon	Betydelig reduksjon	Liten - Betydelig

Ettersom vi kun har tre kriterier, vil vi kun trenge en swap i de fleste tilfeller for å dominere et alternativ. Innledende ser vi at alternativ 1b er praktisk dominert av alternativ 2b, ettersom alternativ 1b har lavere score for innemiljø og en høyere installasjonskostnad. Vi starter her ved å se på nullalternativet. Den har lav måloppnåelse på alle kriteriene utenom installasjonskostnader. For å gjøre den nærmere sammenlignbar med resten av alternativene kan det foreslås å øke «Energikostnader» for alternativ 0 fra «Liten/ingen reduksjon» til «Moderat reduksjon». Dette kompenseres vi ved å øke installasjonskostnader med kr 150.000 til kr 200.000. Dette kan vi betegne med:

Nullalternativ: (Energikostnader: Liten reduksjon → Moderat reduksjon, Installasjonskostnader: 50.000kr → 200.000kr).

Den nye sammensetningen av nullalternativet, 0', er nå like preferert som den originale. Hvis vi skulle sammenligne alternativ 0' og alternativ 1a kan vi redusere vurderingen til et kriterie ettersom alternativene har samme score på alle andre kriterier.

Tabell 9: Even Swap - Alternativ 0' og 1a etter første swap

Alternativer	Navn	Installasjonskostnader (kr)	Innemiljø	Energikostnader
0'	Nullalternativ'	200.000	Dårlig	Moderat reduksjon
1a	Oppgradere ventilasjonssystem – enkel	200.000	Moderat	Moderat reduksjon

Nullalternativet er dominert av alternativ 1a på kriteriet «innemiljø». Vi har dermed redusert problemet til 3 alternativer.

Videre utfører vi følgende avveiiinger:

Nummer		Endring	Kompensasjon	Resulterende dominans
2	Alternativ 1a	Innemiljø: Moderat → Bra	Installasjonskostnader: 200.000 → 300.000	Alternativ 1a dominert av 2a
3	Alternativ 2a	Energikostnader: Moderat reduksjon → Betydelig reduksjon	Installasjonskostnader: 250.000 → 400.000	Alternativ 2a dominert av alternativ 2b

Etter dette gjenstår det kun alternativet 2b, Vifter – komplett løsning. Dette vil være anbefalt løsning ved bruk av metoden Even Swap.

4.2.4.2. SMART-metoden:

Det er gjort forsøk på å estimere nytten til alle alternativene på hvert kriterie. Disse ser ut som følger:

Tabell 10: Nytte

Alternativer	Navn	Installasjonskostnader	Innemiljø	Energikostnader
0	Nullalternativ	100	0	0
1a	Oppgradere ventilasjonssystem – enkel	70	40	40
1b	Oppgradere ventilasjonssystem – omfattende	0	75	90
2a	Vifter – enkel	60	80	60
2b	Vifter - omfattende	25	100	100

Neste steg innebærer å finne vektene til hvert kriterie. For å gjøre det forestiller vi oss et hypotetisk alternativ hvor alle alternativene er på sine verste punkter. Det anses vanskelig å vurdere nyttefunksjonen for installasjonskostnader på vegne av Cipax, så dette kriteriet ventes det med å ta med.

Tabell 11: Et hypotetisk alternativ med alle kriterier på de laveste nivåene

Alternativer	Navn	Innemiljø	Energikostnader
-	Dårlig alternativ	Dårlig	Liten/ingen reduksjon

Det skal nå vurderes hvilket kriterie som skal bli flyttet fra dette laveste nivået til det høyeste, for å gi mest nytte. Det alternativet som ville kunne gitt størst fordel av å transformeres til det beste nivået vurderes til å være «energikostnader». Det resterende kriteriet «innemiljø» vil deretter være det kriteriet som ville gi mest nytte for seg ved å endres fra det minst prefererte nivået til det mest prefererte nivået.

En endring av «innemiljø» fra det minst prefererte nivået til det mest prefererte nivået vurderes til å gi en nytte tilsvarende 30 % av den tilsvarende endringen i «energikostnader».

Tabell 12: Vekter til nytteanalysen

Kriterie	Vekt	Vekt (normalisert)
Energikostnader	100	77
Innemiljø	30	23
	130	100

Nå som vi har vektene, og vi tidligere har funnet nytten for alle alternativene innenfor hvert kriterie, kan vi løse selve nytteanalysen for hvert alternativ.

Tabell 13: Vektet nyttesum for alle alternativer

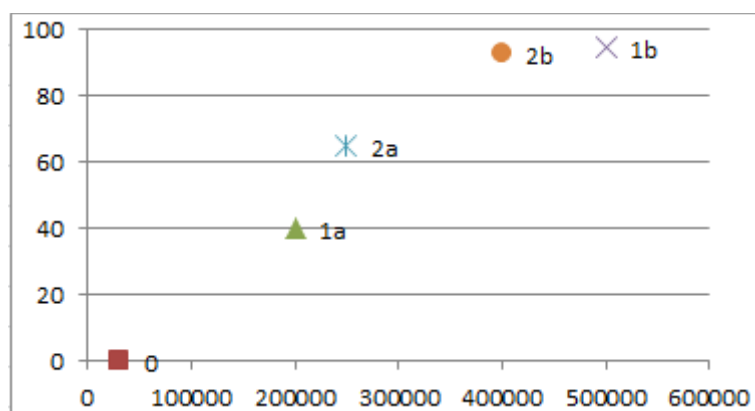
	w	0	1a	1b	2a	2b
Energikostnader	77	0	40	100	60	90
Innemiljø	23	0	40	75	80	100
Vektet nyttesum		0	40	94,3	64,6	92,3

Vi har nå funnet den preferansevektede nytten for hvert alternativ. Vi skal nå inkludere installasjonskostnader i analysen og vurdere marginkostnaden på nytte mellom alternativene.

Tabell 14: Nytte og kostnader for alternativene

Alternativer	Navn	Installasjonskostnader (kr)	Vektet nyttesum
0	Nullalternativ	50.000	0
1a	Oppgradere ventilasjonssystem – enkel	200.000	40
1b	Oppgradere ventilasjonssystem – omfattende	500.000	94,3
2a	Vifter – enkel	250.000	64,6
2b	Vifter - omfattende	400.000	92,3

Det er ingen av alternativene som er dominert initielt, ettersom en økt kostnad i alle tilfeller fører til en høyere nytte. Dette illustreres i følgende diagram.



Figur 19: Nytte og kostnad

Vi finner dermed ut marginalkostnaden per nyttepoeng for alternativene.

Tabell 15: Marginalkostnad for nytte

Alternativ	Nytteverdi	Marginal nyttekost	Gjennomsnittskostnad/ nyttepoeng
0	0		
1a	40	5000	5000
1b	94,25	51282	5305
2a	64,6	2033	3870
2b	92,3	5415	4333

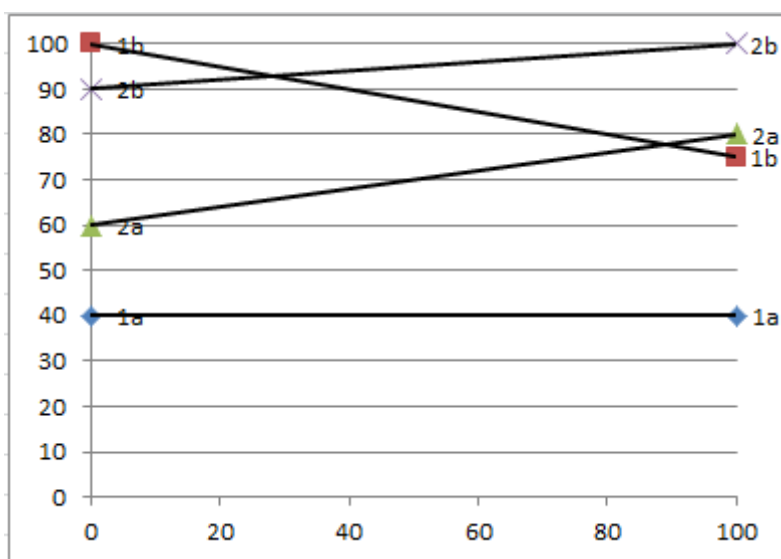
Det viser seg at den økte marginalnytteten for å gå fra alternativ 2b til 1b kommer på en kostnad på 51.282 kr per nyttepoeng. Dette skyldes at det kun skiller 2 poeng (94,3-92,3) mellom disse

alternativene, og samtidig er det en forskjell på investeringskostnad på 100.000 kr. Uten at det er nødvendig å anslå hvor mye et nyttepoeng er verdt for Cipax, anser vi det som en marginalkostnad som er for høy. Den foreløpige anbefalingen vil være at man går for alternativ 2b.

Våre vekter er relativt tilfeldig plassert etter i hvor stor grad en måloppnåelse tilfører en antatt nytte. Vi kan kontrollsjekke om det er andre alternativer som vil kunne bli preferert med andre vekter ved en sensitivitetsanalyse.

Sensitivitetsanalyse

Det er utført en sensitivitetsanalyse med fokus på kriteriene «energikostnader» og «innemiljø».



Figur 20: Sensitivitetsanalyse på vekter "energikostnader" og "innemiljø"

Det viser seg at 1b er foretrukket så lenge man har en vekt på «innemiljø» som er under 28,6. Dette er relativt nærme til den eksisterende vekten, som er på 23. Er vekten på «innemiljø» over 28,6, vil alternativ 2b score høyere enn alternativ 1b, i tillegg til å ha en lavere investeringskostnad. Hvis man ser på gjennomsnittlig kostnad per nytte for alternativ 2b er skiller ikke den seg ut i forhold til de andre alternativene med lavere nytte. Når sammenhengen mellom nytte og kostnad er lineær innenfor et relevant kostnadsnivå vil det alltid være hensiktsmessig å gå for alternativet som gir mest nytte.

Det anbefales dermed med stor sikkerhet alternativ 2b – Vifter komplett løsning.

5. Diskusjon

Formålet med denne oppgaven er å samle og anbefale et metodegrunnlag for konseptuell investeringsanalyse.

5.1. Diskusjon generelt metodegrunnlag

Når man skal gjøre en investeringsanalyse er det mange som er svært usikre og gjør holistiske vurderinger av problemet. Det er da mulig at man fokuserer på enkeltkarakteristikker slik at man ender opp med et dårlig resultat.

Flermålsanalyse er et meget viktig verktøy for å strukturere og definere beslutningsproblemet som en investeringsanalyse er. En person som ikke er opplært i beslutningsanalyse kan ha store vanskeligheter med å dokumentere at et valg er den riktige løsningen. Derfor er det gunstig å bruke flermålsanalyse i slike beslutningsproblemer.

Både SMART og Even Swap baserer seg på teorien om aggregert nytte. Even Swap forenkler problemløsningen ved at man deler rangeringen av alternativene i mindre deler, som lett kan avveies.

Even Swap er ofte enklere å utføre, ved at man ikke trenger å estimere en nyttefunksjon for hvert kriterie i tillegg til at det fører til færre operasjoner i de fleste tilfeller. Det er derimot enklere for en beslutningstaker å dokumentere stegene som har ført til anbefalingen ved bruk av en rangeringsteknikk som SMART (Mustajoki & Hämäläinen 2005).

Det er visse kilder som påstår at for å ha en transparent prosess og muligheten til å forklare og forsvare et valg, så er en nytteanalyse som SMART påkrevd (Mustajoki & Hämäläinen 2005). Når du kun er ute etter å finne det beste alternativet for deg selv, kan Even Swap være det beste alternativet.

Valget mellom å ta i bruk nytteanalysemetoden SMART og avveiiingsmetoden Even Swap må tas, ettersom den ene er en erstatning for den andre. Det skal ikke være nødvendig å prøve å løse beslutningsproblemet med begge metodene, ettersom de begge skal kunne produsere en anbefalt robust løsning. Om man hadde hatt behov for å kjøre begge ville det si at en av metodene ikke gav en robust løsning.

Denne vektestimeringen medfører vanligvis minst $n-1$ preferansedefinisjoner for å finne den relative preferansen mellom kriteriene, hvor n er antall kriterier (Mustajoki & Hämäläinen 2005). I deres oppgave har de antatt en lineær nyttefunksjon på grunn av en forenkling. I tillegg vil man da ha estimeringen av nyttefunksjoner innad for hvert kriterie i vår foreslåtte metode basert på SMART.

Fordelen med Even Swap fremfor andre alternativer er at man ikke trenger å estimere en nyttefunksjon (Mustajoki & Hämmäläinen 2005). Man sammenligner heller alternativer som er relativt like for å dominere de i tur og deretter ender opp med et anbefalt alternativ. Den er enkel og bruke og er intuitiv. Før man gjør en Even Swap vet man ikke hvor mange operasjoner det vil ta for å finne frem til preferert løsning.

SMART-metoden er basert på en adderende nyttefunksjon- Dette forutsetter innbyrdes preferanseuavhengighet mellom alternativene.

I følge (Mustajoki & Hämmäläinen 2005), er det tegn som tilsier at Even Swap ikke er mye brukt i praksis. De foreslår at det kan skyldes at på tross av dens simplisitet, er det behov for regneverktøy i analyseringen av konsekvensene, spesielt i store problem. Den krever i tillegg stor forståelse av avveininger.

Det har relativt nylig blitt fokus på veivalg i beslutningsanalyse med Even Swaps (Lahtinen & Hämmäläinen). I teorien skal en metode kunne produsere det samme resultatet uavhengig av veivalg. Om man bruker penger eller en annen kriterie som fokus for avveining, skal det bli den samme prefererte løsningen. De har kommet til flere resultater som:

- Et alternativ blir mer trolig valgt om alle Swap'ene blir utført i det alternativet.
- Et fokus på kostnad gir fordel til alternativer som scorer bra på pengekriteriet.

De konkluderer med at veivalg er et reelt fenomen som må studeres videre.

Det finnes både fordeler og ulemper ved å bruke begge metodene, men det er ikke mulig å konkludere for en metode som kan gjelde for alle situasjoner. Det viktigste kriteriet i beslutningsproblem er at beslutningstaker bruker en modell som den har god innsikt i og har tiltro til. Dette kan føre til at sannsynligheten for at resultatet av analysen er så sikker som mulig.

SWOT- analyse og usikkerhetsanalyse er tatt med for å de som måtte ønske å bruke dette for å øke forståelsen for beslutningstakerene. Disse metodene er velprøvde og øker innsikten til beslutningstakeren.

Av andre metoder for vurdering av et problem eller alternativer under problemet finnes det blant annet radardiagram og kraftfeltanalyse (Andersen 2007).

Metodene beskrevet i denne oppgaven kan ses på som en shoppingliste som kan plukkes ut etter behov. Det er beslutningstaker sine krav til gjennomsiktighet og dokumenterbarhet som fører til beslutningen om hvilken metode som skal brukes. Det viktigste målet er å få fram det beste alternativet, og det må velges en metode som gjør at beslutningstaker tar de riktige valgene.

5.2. Cipax Case

Resultatene fra casen viser at det foretrukne valget er alternativ 2b, vifter med komplett løsning i forhold til gjenvinning av ovnsvarme. Denne anbefalingen var konsekvent for begge metodene, som ventet. Problemet i denne casen er relativt enkelt og lite. Dette gjør at foranalysen er enkel å utføre, slik at både Even Swap og SMART kan være hensiktsmessige løsninger. Samtidig ser man her tydelig hvor tilfeldig Even Swap kan virke for utenforstående. Man kutter her og legger til der før man ender med et alternativ.

Casen er utført av forfatter, og preferansene illustrerer muligens ikke virkeligheten hos Cipax AS. Undertegnede har hatt god dialog med administrerende direktør, Dag Eirik Thomassen, og det har blitt konkludert med at resultatene er robust innenfor de aktuelle alternativene.

6. Konklusjon

Det har blitt gjort et forsøk på å samle og anbefale et metodegrunnlag til å foreta konseptuell investeringsanalyse i mindre prosjekter.

Det anbefales at en beslutningstaker utdyper og strukturerer problemet ved bruk av metoden fra Concept rapport nummer 18(Jordanger et al. 2007), med støtte fra SWOT-analyse og usikkerhetsanalyse om ønskelig. Selve beslutningsanalysen bør gjøres med enten Even Swap, eller en nytteanalyse-basert metode som SMART. Valget mellom disse avhenger av beslutningstakerens preferanser.

7. Videre anbefalinger

Det foreslås følgende videre arbeid:

- Inkludere metoder for risiko
- Spesifisere ytterligere hvilke kriterier som fører til at en metode er preferert over en annen.

8. Referanser

- Andersen, B. (2007). *Verktøykasse for analyse i prosjekters tidligfase*. Concept rapport nr 17.
- Austeng, K., Torp, O., Midtbø, J. T., Helland, V. & Jordanger, I. (2005). Metoder for usikkerhetsanalyse. *Concept-programmet*. Trondheim: Concept programmet, NTNU. 313 s.
- Big Ass Fans - Case Study: Amsoil Inc.* (2014). Tilgjengelig fra: <http://www.bigassfans.com/case-studies/amsoil-inc/> (lest 01.05.14).
- Cipax AS Regnskapstall.* (2014). Tilgjengelig fra: <http://www.proff.no/regnskap/cipax-as/bj%C3%B8rkelangen/emballasje/Z001VL0M/> (lest 04.05.14).
- Goodwin, P. & Wright, G. (1998). *Decision analysis for management judgement*: John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Jordanger, I., Malerud, S., Minken, H. & Strand, A. (2007). *Flermålsanalyse i store statlige investeringsprosjekter*. Trondheim. 120 s.
- Keeney, R. L. & Raiffa, H. (1976). *Decisions with multiple objectives: Preferences and value tradeoffs*: John Wiley & Sons, Chichester, England. .
- Klakegg, O. J. (2003). Kvalitetssikring av kostnadsoverslag, herunder risikoanalyse for store statlige investeringer.
- Lahtinen, T. J. & Hämäläinen, R. P. Path Dependency in Decision Analysis: The case of Even Swaps.
- Mustajoki, J. & Hämäläinen, R. P. (2005). A Preference Programming Approach to Make the Even Swaps Method Even Easier. *Decision Analysis*, 2 (2): 13.
- Om Concept-programmet.* (2014). Tilgjengelig fra: <http://www.concept.ntnu.no/om-programmet> (lest 04.05.14).
- Samset, K. (2008). *Prosjekt i tidligfasen*. Trondheim: Tapir Akademiske Forlag. 344 s.
- Thomassen, D. E. (2014). *Case Cipax* (e-post til Mathias Thorsen 04.04.14).
- Westhagen, H., Faafeng, O., Hoff, K. G., Kjeldsen, T. & Røine, E. (2008). *Prosjektarbeid*. 4 utg.: Gyldendal Norsk Forlag AS.

9. Vedlegg

9.1. Energikostnader Cipax

VERDISKAPING PRODUKSJON

*påske

		2012												
PROD GRUPPE	AVD	JAN 12	FEB 12	MAR 12	APR 12	MAI 12	JUN 12	JUL 12	AUG 12	SEP	OKT	NOV	DES	YTD 12
110	Alan Yorke	333	438	347	288	335	401	249	334	362	234	220	119	3 659
310	Båtovn	586	576	587	496	579	471	227	245	293	277	370	174	4 882
800	Etterbearbeiding	184	230	111	157	207	268	159	162	203	193	176	34	2 084
810	Etterbearb båt	227	226	244	199	222	179	97	86	123	121	149	80	1 953
815	Etterbearb skumming	150	180	180	123	198	131	70	147	68	43	35	63	1 387
900	Mølle	126	138	114	106	135	125	69	85	83	75	79	39	1 174
SUM	ALLE AVD	1 606	1 788	1 583	1 368	1 676	1 574	871	1 059	1 132	943	1 029	509	15 139

Propankjøp (omregn kWh)			126 226	84 056	107 779		122 614	106 476		116 113	69 079	110 191		
Strøm kWh		234 427	223 669	166 816	157 608	120 351	106 138	60 903	77 824	90 100	128 313	152 471	191 909	

*påske

		2013												
JAN 13	FEB 13	MAR 13	APR 13	MAI 13	JUN 13	JUL 13	AUG 13	SEPT 13	OKT 13	NOV 13	DES 13	YTD 13		
426	383	401	384	331	369	282	264	369	404	361	238	4212		
418	530	463	552	543	625	317	352	270	280	325	205	4880		
163	187	184	220	134	173	177	150	221	286	189	109	2193		
197	218	155	207	203	221	133	115	89	106	110	63	1817		
155	148	160	118	126	140	101	91	121	117	123	60	1460		
112	121	113	117	108	132	77	91	88	93	91	54	1197		
1 471	1 587	1 476	1 598	1 445	1 660	1 087	1 063	1 158	1 286	1 199	729	15 759		
136 611	25 967	91 061	131 231	88 571	135 772		152 349	71 504		171 789				
146 486	221 389	215 943	167 171	121 980	122 486	86 860	84 260	93 493	122 144	122 116	155 663			

Diff 12/13	
	553
	-2
	109
	-136
	73
	23
	620

NB!

Propan fylles med ujevne og noen ganger litt tilfeldige mellomrom, månedens innkjøp korresponderer derfor ikke 100% med forbruk
Propan går utelukkende til Alan Yorke prod ovenfor (110)

Strøm går på båtovn (største forbruker), mølle, øvrig prosess, oppvarmin etc

Verdiskapinga er å regne som et forholdtall som beskriver produksjonsaktiviteten.

Hvis man sammenlikner en kald måned (f.eks januar 2012) og en varm måned (f.eks mai 2012) med nogenlunde likt volum på båtovn, kan man få et forhold til hva som går til prosess og hva som går til oppvarming



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Postboks 5003
NO-1432 Ås
67 23 00 00
www.nmbu.no