

Modell for optimering av investeringsbeslutninger – resultater og anvendelse

Maria Fleischer Fauske

Forsvarets forskningsinstitutt (FFI)

10. mai 2011

FFI-rapport 2011/00940

1185

P: ISBN 978-82-464-1931-2

E: ISBN 978-82-464-1932-9

Emneord

Optimering

Investeringer

Økonomi

Langtidsplanlegging

Godkjent av/

Sigurd Glærum

Prosjektleder

Espen Skjelland

Avdelingssjef

Sammendrag

FFI-prosjekt 1185 “Støtte til Forsvarsdepartementets langtidsplanlegging” (SIMFOR III) skal blant annet utnytte kvantitative analyser for å se på fremtidig utvikling av Forsvaret. Denne rapporten beskriver anvendelsen av en optimeringsmodell prosjektet har utviklet for å se på fremtidige investeringsbeslutninger. Modellen forsøker å finne robuste investeringsvalg gitt at fremtidig budsjett- og kostnadsutvikling er usikker.

Det er tidligere utgitt et FFI-notat som beskriver optimeringsmodellen og dens virkemåte. I denne rapporten er fokuset på hvordan modellen kan brukes i støtte til Forsvarsdepartementets langtidsplanlegging.

Rapporten illustrerer ulike analyser som kan gjøres med modellen. Analysene er basert på data fra KOSTMOD. På denne måten har det vært mulig å vise prinsippene for hvordan modellen kan benyttes som en del av langtidsplanleggingen i Forsvaret. Disse analysene viser hvorfor det er viktig å ta hensyn til at fremtiden er usikker. De viser hvorfor vi bør møte denne usikkerheten ved å ta investeringsvalg som gjør at vi opprettholder muligheten til å tilpasse oss etter hvert som tida går. Modellen gir også innspill til hvilke investeringer som vil være robuste og mindre sårbare dersom budsjettet ikke utvikler seg slik som vi antar i dag.

English summary

One of the objectives for FFI project 1185 “Support to the Ministry of Defence’s long-term defence planning” (SIMFOR III) is to support the Ministry of Defence with quantitative analyses for its long-term defence planning. This report describes the application of an optimization model developed by SIMFOR III. The purpose of the model is to find robust investment decisions given that the future budget and cost development is uncertain.

A report describing the formulation and technical aspects of the model has previously been published. The focus in this new report is how the model can actually be applied in long-term defence planning.

This report describes several analyses that can be performed using the model. The analyses are based on data from KOSTMOD, and are used to illustrate why it is important to consider future uncertainty. The report shows how this uncertainty can be addressed by making investment choices that help us to stay flexible and able to adapt as time goes by. The model also suggests which investment choices will make us less vulnerable if the budget does not develop the way we assume today.

Innhold

1	Introduksjon	7
2	Planlegging under usikkerhet	7
2.1	Stokastiske modeller	7
2.2	Hensiktsmessig anvendelse av scenarier	7
3	Bruk av optimering til planlegging under usikkerhet	8
3.1	Optimeringsmetodens bakgrunn og anvendelse	8
3.2	Eksempel på planlegging ved hjelp av optimering	9
4	Planlegging av Forsvarets fremtidige investeringer	12
4.1	Hvordan gjøres planleggingen i dag?	12
4.2	Fleksibiliteter i planleggingen	13
4.3	Ulempen ved dagens planleggingsmetode	13
5	Beskrivelse av modell for optimering av investerings- beslutninger	14
5.1	Hensikten med modellen	14
5.2	Aktuelle resultater og analysemuligheter	14
5.3	Modellens struktur og elementer	15
6	Analyser og resultater	19
6.1	Data og budsjettutviklingsscenarier	19
6.1.1	Prosjekter fra KOSTMOD	19
6.1.2	Valg av budsjettutviklingsscenarier	20
6.2	Analyse 1: Risikoen ved å ta fremtidig budsjettutvikling for gitt	21
6.3	Analyse 2: Forutse gunstige investeringstidspunkter	22
6.4	Analyse 3: Prioritering i henhold til ambisjonsnivå	26
6.5	Analyse 4: Kategorisering av investeringer i henhold til usikkerhetsnivå	27
7	Konklusjon	28
	Referanser	30
	Appendix A Modellformulering	31
	Appendix B Oversikt over prosjekter	34

1 Introduksjon

FFI-prosjekt 1185 “Støtte til Forsvarsdepartementets langtidspanlegging” (SIMFOR III) skal blant annet utnytte kvantitative analyser for å se på fremtidig utvikling av Forsvaret. Denne rapporten beskriver anvendelsen av en optimeringsmodell prosjektet har utviklet for å se på fremtidige investeringsbeslutninger. Modellen forsøker å finne robuste investeringsvalg under forutsetning av at fremtidig budsjett- og kostnadsutvikling er usikker.

Det er tidligere utgitt et FFI-notat som beskriver optimeringsmodellen og dens virkemåte [1]. I denne rapporten er fokuset på hvordan modellen kan brukes i Forsvarsdepartementets langtidspanlegging. Rapporten tar for seg temaet planlegging under usikkerhet og viser hvordan optimeringsmodeller passer inn i dette bildet. Rapporten avsluttes med en gjennomgang av ulike analyser som kan gjøres med modellen.

2 Planlegging under usikkerhet

Vi kan ikke spå om fremtiden med særlig grad av sikkerhet. Noen hevder derfor at det ikke finnes deterministiske planleggingsproblemer [2]. Planlegging og usikkerhet går hånd i hånd. Dersom vi ser bort fra fremtidig usikkerhet, risikerer vi at dårlige løsninger fremstår bedre i dag enn de vil vise seg å være i fremtiden. Motsatt kan gode løsninger fremstå dårligere enn de er.

2.1 Stokastiske modeller

Planleggingsmodeller som tar høyde for usikkerhet, kalles stokastiske modeller. Tankegangen i slike modeller er at vi ikke bør se bort ifra at vi får ny informasjon om verden ettersom tida går. Denne informasjonen gir oss en verdi, da vi kan bruke den til å velge løsninger som passer bedre til den verdenen vi faktisk skal forholde oss til. Vi kan ta valg i dag som gir oss fleksibilitet til å handle i tråd med informasjon vi får etter hvert som tida går. Ved å tenke deterministisk risikerer vi å ta valg som låser oss til én vei og som utelukker muligheten til å ta gode valg senere.

Stokastiske modeller bruker scenarier og sannsynligheter for å uttrykke usikkerhet.

2.2 Hensiktsmessig anvendelse av scenarier

Når man skal forholde seg til en usikker fremtid er det vanlig å bruke scenarier som beskriver ulike utviklinger eller fremtidige hendelser.

Scenarier brukes gjerne til å utforske potensielle løsninger for hvordan man bør handle i dag og i fremtiden. For hvert scenario finner man den løsningen som er best, gitt at akkurat dette scenariet inntreffer. Dersom alle løsningene har en egenskap til felles, regner man med at denne egenskapen må være en del av det optimale valget. Etter å ha utforsket potensielle løsninger som dette, velger man gjerne det mest sannsynlige scenariet og planlegger deretter. Problemet oppstår dersom det ikke er dette scenariet som faktisk inntreffer. Hvis man da har låst seg til en vei som var tilpasset det scenariet man valgte, kan det vise seg at løsningen ikke blir spesielt god.

I stedet for å gjøre som beskrevet over, kan man benytte scenarier til å finne ut hva som er beste løsning for hvert scenario, under forutsetning av at de andre scenariene også kan inntreffe. Til hvert scenario tilordnes det en sannsynlighet for at akkurat dette vil inntreffe. En gitt løsning vil ha forskjellig forventet verdi i de ulike scenariene. Den løsningen som velges, er den som har høyest forventet verdi, når man tar høyde for at alle scenarier kan inntreffe.

Et lite og godt forklart eksempel som illustrerer effekten av å bruke scenarier på de to forskjellige måtene som er beskrevet her, finnes i [2]. Denne artikkelen kan også leses på internett¹. En annen god kilde til temaet planlegging under usikkerhet er [3].

3 Bruk av optimering til planlegging under usikkerhet

3.1 Optimeringsmetodens bakgrunn og anvendelse

Optimering er en vanlig metode innen operasjonsanalyse og anvendes også ved FFI. Blant annet er verktøyet J-DARTS [4], som brukes av SIMFOR III til å vurdere fremtidige styrkestrukturer, basert på en optimeringsmodell. Andre anvendelser av optimering ved instituttet kan studeres i [5], [6], [7], [8] og [9].

De første optimeringsmodellene ble utviklet under andre verdenskrig, da de ble tatt i bruk som matematiske modeller for å beregne hvordan man kunne redusere egne kostnader, samtidig som man skulle påføre fienden størst mulig tap. Tradisjonelle optimeringsproblemer innenfor det militære er beskrevet i [10]. Etter andre verdenskrig spredte anvendelsen av slike modeller seg til industrien generelt, hvor de i de siste 50 årene har hatt stor betydning. I dag har anvendelsen også spredt seg til andre sektorer i samfunnet. Kompleksiteten og variasjonen i typer optimeringsmodeller har økt kraftig i løpet av disse årene.

Optimering kalles også matematisk programmering, noe som gjenspeiler at det er en kvantitativ, matematisk metode. Optimeringsmodellen formuleres som ligninger og ulikheter som definerer begrensninger i løsningenes utfallsrom samt en målfunksjon som uttrykker hva man ønsker å optimere. Vanlige eksempler på målfunksjon er minimering av kostnad eller maksimering av inntekt. En grundig forklaring av forskjellige typer optimeringsmodeller og mulige anvendelser er gitt i [11].

Når man bruker optimering til å løse stokastiske problemer, kalles det stokastisk optimering eller stokastisk programmering. Dette temaet kan studeres i blant annet [3], [11] og [12]. I denne rapporten skal vi beskrive en stokastisk modell for optimering av investeringsbeslutninger. Dette problemet er komplekst og omfattende. Prinsippene i en slik modell bør forklares med et enkelt og oversiktlig eksempel. Dette er gjort i kapittel 3.2.

¹ URL til artikkelen: http://www.telenor.com/telektronikk/volumes/pdf/3_4.1998/Page_021-023.pdf

3.2 Eksempel på planlegging ved hjelp av optimering

Målet med dette eksempelet er å vise hvordan en stokastisk optimeringsmodell kan fungere, hvilken informasjon den gir og hva som er dens verdi. Eksempelet har noen urealistiske forutsetninger, men disse rammebetingelsene er ikke sentrale da hensikten med eksempelet er å illustrere noen av prinsippene ved stokastiske modeller.

Eksempel

En beslutningstager skal vurdere hvilke investeringer som skal gjøres fra august til desember i år. Seks forskjellige prosjekter skal vurderes. Disse prosjektene er listet opp i tabell 3.1. Prosjektene har forskjellig varighet. Prosjekt C er obligatorisk. Det betyr at dette prosjektet *skal* gjennomføres. Prosjekt A er det mest verdifulle prosjektet, og beslutningstager er meget opptatt av å få startet opp dette prosjektet så tidlig som mulig. Når et prosjekt er startet opp, kan det ikke avsluttes før det er ferdigbetalt.

Budsjettet i august er 600 kr. Hver måned kan budsjettet enten øke med 100 kr eller ikke øke i det hele tatt. Det er ikke mulig å overføre penger fra en måned til en annen.

Beslutningstager setter opp en plan for hvordan hun skal investere utover høsten. Hun regner med at budsjettet øker med 100 kr hver måned og setter opp planen deretter. Budsjettet er vist i tabell 3.2 sammen med optimal investeringsplan. Prosjekt A, C og D blir startet opp i løpet av høsten, henholdsvis i august, oktober og desember.

Investering	Kostnad	Verdi	Krav
Prosjekt A	400 kr per måned.	2000 kr	Fem måneders varighet.
Prosjekt B	800 kr, engangssum.	800 kr	
Prosjekt C	300 kr per måned.	900 kr	Obligatorisk. Tre måneders varighet.
Prosjekt D	200 kr første måned, 700 kr andre måned.	900 kr	
Prosjekt E	300 kr, engangssum.	300 kr	Krever at prosjekt F startes samtidig.
Prosjekt F	25 kr per måned.	125 kr	Fem måneders varighet. Kan bare startes hvis prosjekt E også startes.

Tabell 3.1 Mulige investeringsprosjekter for beslutningstager, inkludert kostnader, verdier og eventuelle krav til prosjekter eller betalingsplaner.

	August	September	Oktober	November	Desember
Budsjett	600 kr	700 kr	800 kr	900 kr	1000 kr
Investering	Prosjekt A 		Prosjekt C 		Prosjekt D
Kostnad	400 kr	400 kr	700 kr	700 kr	900 kr

Tabell 3.2 Optimal investeringsplan, gitt at budsjettet vil vokse med 100 kroner hver måned fra august til desember.

Beslutningstager ser at budsjettplanen hun har satt opp kan være noe optimistisk. Det er slett ikke sikkert at budsjettet øker med 100 kr hver måned. Hun vil regne med at flere budsjettutviklinger kan inntreffe, og hun ønsker å se om en slik antagelse vil påvirke hvilke investeringsvalg hun bør ta.

Fem ulike budsjettutviklingsscenarier synes å være sannsynlige i beslutningstagerens tilfelle. Hun setter opp disse som vist i tabell 3.3. I måneder der budsjettet enten stiger eller forblir flatt, vurderer beslutningstager at sannsynligheten for stigning er 50 %.

Tabell 3.4 viser hvordan beslutningstager bør investere for de ulike scenariene. Ved å ikke gjøre noen investeringer i august, holder beslutningstager muligheten åpen for å gjøre bedre beslutninger i september enn hvis hun investerte i prosjekt A i august, slik den deterministiske løsningen i tabell 3.2 viste. Det å låse seg til prosjekt A så tidlig vil få uheldige konsekvenser på følgende måte:

Hvis beslutningstager tar for gitt at det beste scenariet vil inntreffe og investerer i prosjekt A i august, mens det for eksempel viser seg at det er det dårligere scenario 1 som inntreffer, vil ikke beslutningstager ha råd til å kjøpe det obligatoriske prosjekt C. Hun vil heller ikke ha råd til noen andre prosjekter før i desember, da hun kan starte prosjekt D. Beslutningstager kan med andre ord bare investere i prosjekt A og D. Dette betyr at hun investerer for 2700 kr. I tillegg må hun nedprioritere et obligatorisk prosjekt. Dersom hun tar høyde for flere scenarier og scenario 1 slår til, vil hun kunne investere som tabell 3.4 viser. Dette innebærer at hun får investert for 3325 kr.

Beslutningstager bestemmer seg for å legge litt mer tankearbeid i relevansen til de forskjellige scenariene. Hun mener at et budsjett som ikke stiger en eneste gang i løpet av høsten ikke er sannsynlig, og hun fjerner derfor scenario 0 fra problemformuleringen sin. Når scenarioutvalget forandres, er det viktig at optimeringen gjøres på nytt da resultatet kan endre seg. Beslutningstager optimerer problemet på nytt og får resultatet som er vist i tabell 3.5.

	August	September	Oktober	November	Desember
Scenario 0	600 kr	600 kr	600 kr	600 kr	600 kr
Scenario 1	600 kr	600 kr	600 kr	700 kr	800 kr
Scenario 2	600 kr	700 kr	800 kr	800 kr	800 kr
Scenario 3	600 kr	700 kr	800 kr	800 kr	900 kr
Scenario 4	600 kr	700 kr	800 kr	900 kr	1000 kr

Tabell 3.3 Oversikt over hvilke budsjettutviklingsscenarier beslutningstageren ønsker å ta høyde for i planleggingen.

	August	September	Oktober	November	Desember
Scenario 0		Prosjekt E Prosjekt F	Prosjekt C		Prosjekt D
Scenario 1		Prosjekt E Prosjekt F	Prosjekt C		Prosjekt A
Scenario 2		Prosjekt A	Prosjekt C		
Scenario 3		Prosjekt A	Prosjekt C		Prosjekt D
Scenario 4		Prosjekt A	Prosjekt C		Prosjekt D

Tabell 3.4 Optimal investeringsplan for hvert scenario, når det er tatt høyde for at de andre scenariene også kan inntreffe.

	August	September	Oktober	November	Desember
Scenario 1			Prosjekt C	Prosjekt A	
Scenario 2		Prosjekt A	Prosjekt C		
Scenario 3		Prosjekt A	Prosjekt C		Prosjekt D
Scenario 4		Prosjekt A	Prosjekt C		Prosjekt D

Tabell 3.5 Optimal investeringsplan for hvert scenario når scenario 0 er utelukket fordi det vurderes som lite sannsynlig.

I dette tilfellet vil det under scenario 1 være mest lønnsomt å vente helt til oktober før det investeres. Da vil det være penger nok til å investere i det verdifulle prosjekt A i november. Dette er en måned tidligere enn løsningen i tabell 3.4.

Vi ser at utvalget av scenarier har noe å si for hvilke investeringer det ser ut til at man kan forvente at er lønnsomme. Det betyr ikke at man kan fjerne og legge til scenarier slik man ønsker, men det viser at det er viktig å være bevisst når man setter dem opp og at man bør etterstrebe å velge de som best representerer det mulige utfallsrommet. Dette er tydeligst når det er få scenarier. Med flere scenarier har ikke hvert enkelt scenario like stor betydning.

Dette eksempelet viser med en enkel analyse at vurderinger av fremtidig budsjettutvikling har betydning i planleggingen av fremtidige investeringer. Videre i rapporten vil vi se hvordan stokastisk optimering kan brukes i planleggingen av investeringer for Forsvaret.

4 Planlegging av Forsvarets fremtidige investeringer

4.1 Hvordan gjøres planleggingen i dag?

Totaloversikten over aktuelle investeringer i materiell i Forsvaret finnes i Perspektivplan materiell (PPM) som vedlikeholdes og styres av Forsvarsdepartementet (FD). PPM inneholder mulige investeringer åtte år frem i tid. I PPM klassifiseres aktuelle prosjekter i kategorier etter grad av godkjenning; mulige prosjekter (MP), planlagte prosjekter (PP) og godkjente prosjekter (GP).

Idéer og forslag til prosjekter kan for eksempel oppstå fordi det melder seg behov i grenstabene, fordi materiell når sin maksimale levetid eller fordi FD identifiserer fremtidige kapabilitetsbehov.

En oppdatert PPM slippes en gang i året og denne gjelder da til neste oppdaterte PPM slippes. Samtidig er planen fleksibel. Når prosjekter utredes og kostnader og betalingsplaner blir estimert, endrer bildet seg og planen må oppdateres. Det er også en dynamikk knyttet til kontraktinngåelser, noe som bidrar til at planen sjelden kan fryses til et "fastsatt". PPM er derfor i liten grad bindende, særlig fra et par år frem i tid.

Som støtte til forsvarsplanleggingen vedlikeholder Forsvarets forskningsinstitutt analyseverktøyet KOSTMOD [13]. Dette verktøyet inneholder blant annet en oversikt over materiellinvesteringer i et langtidsperspektiv. Tidshorisonen er 20 år. KOSTMOD baserer seg i stor grad på PPM når det gjelder de første åtte årene i planen.

I PPM og KOSTMOD søker man å tilpasse seg én gitt, fremtidig budsjettutvikling.

4.2 Flexibiliteter i planleggingen

De første årene i PPM er planen fastsatt i større grad enn i de senere årene. Prosjekter der kontrakter er inngått er ikke lenger fleksible, selv om kostnader og betalingsplaner i noen tilfeller justeres underveis.

Det er et stort antall prosjekter i PPM, og mange av dem er relativt små, noe som gjør at det er mange brikker å "pusle sammen" slik at man får utnyttet budsjettet best mulig. Dette gir også en fleksibilitet i planleggingen og gjennomføringen av prosjekter. Store og langvarige prosjekter hindrer i større grad fleksibilitet.

Man planlegger til en viss grad med å gå over budsjettet, særlig i de første årene i PPM. Dette handler blant annet om at prosjekter kan bli forsinket, slik at man trenger en viss planmessig overhøyde for faktisk å kunne omsette et gitt budsjett.

I KOSTMOD skisseres en langsiktig plan som i enda større grad enn PPM er usikker. Denne prøver å gi et oversiktsbilde over kostnader på lang sikt. Også her gjelder det at store og langvarige prosjekter bidrar til mindre fleksibilitet. En viktig faktor i en plan som går over lang tid, er at det kommer til å oppstå prosjekter i fremtiden som vi ikke vet om i dag. I KOSTMOD forsøker man å møte dette ved å inkludere et slags fiktivt prosjekt der kostnaden øker for hvert år. Dette representerer uforutsette kostnader i fremtiden.

4.3 Ulempen ved dagens planleggingsmetode

Det vil som regel være mye som kan gjøres bedre i en planleggingsprosess. I denne rapporten vil vi fokusere på hvordan dagens metode forholder seg til budsjettutviklingen. Ved å bare regne med én spesifikk budsjettutvikling tar man ikke på forhånd hensyn til at man lærer noe om utviklingen etter hvert som tida går. Denne kunnskapen vil i realiteten kunne brukes til å justere planen, og det vil være lønnsomt å ta høyde for at man vil få slik fremtidig informasjon. På den måten behøver man ikke i samme grad å tilpasse seg fortløpende. I stedet bygger man inn robusthet i antagelsene.

I kapittel 4.2 kom det tydelig fram at investeringsplanen er fleksibel og kan justeres underveis ettersom man ser hvordan budsjettet utvikler seg. Slike løsninger er imidlertid høyst sannsynlig ikke like gode som de valgene man ville gjort dersom man tok høyde for ulike budsjettutviklinger helt fra starten. Særlig de langvarige investeringene kan binde opp budsjettet på en slik måte at man blir hindret i å gjøre de beste valgene i fremtiden. Dersom budsjettutviklingen viser seg å bli dårligere enn man antok, må prosjekter nedprioriteres ved at de ikke gjennomføres eller eventuelt at kvantiteten innenfor enkeltprosjekter justeres ned.

I neste kapittel beskrives en optimeringsmodell som kan brukes til å ta høyde for ulike fremtidige budsjettutviklinger i planleggingen. Modellen sørger også for å justere kvantiteten i prosjektene opp eller ned ettersom hva som viser seg å være best.

5 Beskrivelse av modell for optimering av investeringsbeslutninger

Hensikten med denne rapporten er å beskrive anvendelsen av en optimeringsmodell som er utviklet for å se på Forsvarets investeringsbeslutninger de neste 20 årene (OIB-modellen). I dette kapitlet beskrives modellens hensikt, oppbygging og anvendelsesområder. Modellens tekniske beskrivelse er grundig dokumentert i [1].

5.1 Hensikten med modellen

I OIB-modellen er det tatt høyde for usikkerhet i fremtidig budsjett- og kostnadsutvikling. Dette representeres gjennom en rekke forskjellige budsjettutviklingsscenarier. De ulike budsjettutviklingsscenariene representerer endringer i inntekt og/eller i det generelle kostnadsbildet. Modellen tar med andre ord ikke høyde for usikkerhet knyttet til enkeltprosjekters kostnad.

Gitt denne fremtidige usikkerheten velger modellen beslutninger som ikke utelukker muligheten for gode investeringsvalg i fremtiden. Modellen kan således brukes som et hjelpemiddel til å utvikle en robust investeringsplan som ikke er like sårbar for fremtidige endringer i budsjettet som dagens planer.

I analysene i denne rapporten vil vi kun se på usikkerhet knyttet til budsjettutvikling. Vi vil ikke kommentere usikkerheten knyttet til kostnadsbilde.

5.2 Aktuelle resultater og analysemuligheter

OIB-modellen er et analyseverktøy som kan gi forslag til løsninger på flere problemstillinger. Tabell 5.1 viser de viktigste spørsmålene som modellen gir et svar på. Disse spørsmålene vil belyses ytterligere i kapittel 6. Siste kolonne i tabellen viser hvilket delkapittel som illustrerer de ulike spørsmålene.

Spørsmål	Modellens svar	Eksempel
Hvilke investeringer bør vi gjøre i dag?	Modellen gir ut en liste over de investeringer det vil lønne seg å gjøre i dag, slik at fleksibilitet i framtiden opprettholdes.	Kap. 6.3
Hvordan skal vi investere de neste årene?	For hvert budsjettutviklingsscenario gir modellen ut en liste over hvilke prosjekter som skal velges, og til hvilket tidspunkt, dersom dette scenariet inntreffer. Når tida går og vi ser hvordan budsjettet utvikler seg, kan vi gå inn i resultatene fra modellen og se hvordan vi bør investere når utviklingen ble nettopp slik den ble.	Kap. 6.3
Hva er sannsynligheten for at en gitt, fremtidig investering bør gjennomføres?	Hvert budsjettutviklingsscenario tilordnes en sannsynlighet for å inntreffe. Modellen viser hvilke budsjettutviklingsscenarier som åpner for de forskjellige investeringene. Ved å se på alle budsjettutviklingsscenarier som tillater en gitt investering, kan vi regne ut sannsynligheten for at denne investeringen vil vise seg å bli et riktig valg med hensyn til robusthet og fleksibilitet.	Kap. 6.4
Hva er kostnaden ved å tenke deterministisk i valget av investeringer?	Hvis vi velger en deterministisk fremgangsmåte og tar for gitt at "budsjettutviklingsscenario A" vil inntreffe, vil det antagelige utgjøre en kostnad, eller en ulempe, dersom et "budsjettutviklingsscenario B" inntreffer i stedet, der våre investeringsvalg viser seg å ikke være optimale. Det er sannsynlig at vi må omstille oss og gjøre nye prioriteringer for å innordne oss den nye budsjettsituasjonen. Ved å se på modellens optimerte investeringsplaner, kan vi se hvor mye vi sparer på å slippe å gjøre en slik omprioritering.	Kap. 6.2
Hvordan kan investeringene dekke ulike ambisjonsnivåer for fremtiden?	Modellen vil søke å dekke lavere ambisjonsnivåer før den prioriterer investeringer som dekker høyere ambisjonsnivåer.	Kap. 6.4
Kan investeringene kategoriseres i henhold til usikkerhetsnivå?	Modellen kan antyde hvilke fremtidige investeringer som kan karakteriseres som sikre og hvilke som må omtales som usikre, med hensyn til budsjettets påvirkning på hvilke investeringer det er mulig å gjøre.	Kap. 6.5

Tabell 5.1 Oversikt over hvilke analyser det først og fremst er mulig å gjøre med OIB-modellen, formulert som spørsmål analysene kan besvare.

5.3 Modellens struktur og elementer

I dette kapitlet beskrives de viktigste elementene i OIB-modellens oppbygging. Den matematiske formuleringen av dette finnes i appendix A.

Investeringsprosjekt

Investeringsprosjektene er optimeringsproblemets grunnelementer. Et spesielt sett av data knyttes til hvert prosjekt og er obligatorisk hvis optimeringsmodellen skal kunne ta prosjektet med i vurderingen. Det som må presiseres er:

- Prosjektets kostnad og en betalingsplan som forteller hvordan kostnaden fordeles utover i tid.
- Prosjektets verdi. Denne verdien kan for eksempel være knyttet til størrelsen på investeringskostnaden. Det kan også gjøres en vektning av prosjektene, slik at man justerer “verdien” gjennom en vurdering av hvor viktige prosjektene er i forhold til hverandre.
- Prosjektets første og siste lovlige starttidspunkt.
- Prosjektets tilknytning til andre prosjekter. Et prosjekt kan for eksempel være avhengig av at et annet prosjekt har startet *først*. Et prosjekt kan også *medføre* at et annet prosjekt må starte på et senere tidspunkt. Prosjekter kan dessuten være gjensidig utelukkende. Det vil si at man ønsker å starte det ene eller det andre prosjektet, men ikke begge to.

All informasjon om prosjektene må skrives inn i en Excelfil på et bestemt format som optimeringsmodellen leser inn.

Budsjett

Budsjettet har en gitt størrelse i år 0. Etter dette kan budsjettet utvikle seg på forskjellige måter. Det ideelle hadde vært om man kunne ta høyde for alle teoretisk mulige budsjettutviklingsscenarier, men dette er åpenbart umulig. Antall budsjettutviklingsscenarier må begrenses. I forbindelse med stokastisk optimering sier man gjerne at ca. 100 ulike scenarier er tilstrekkelig til å representere fremtidige muligheter. Det er vanlig å generere scenarier basert på:

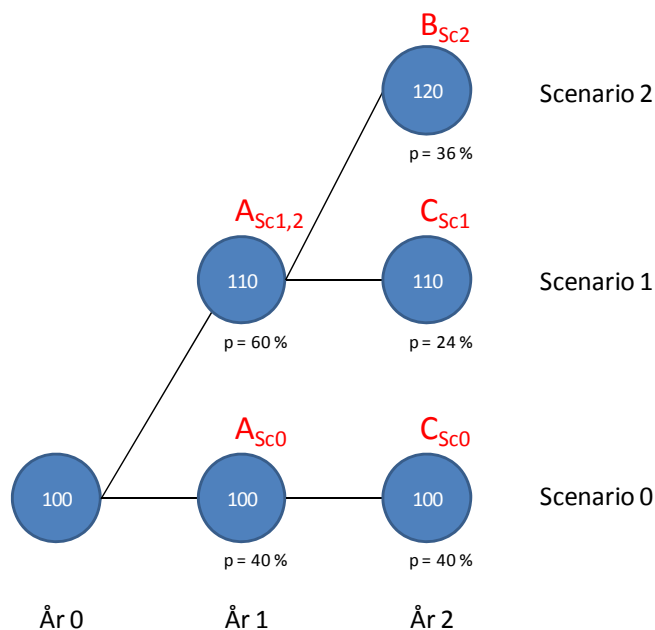
- historiske data
- matematisk/statistisk modell
- ekspertuttalelser

Ofte brukes en kombinasjon av disse metodene. I OIB-modellen brukes enten bare ekspertuttalelser til å velge sannsynlige budsjettutviklinger eller en kombinasjon av ekspertuttalelser og en matematisk modell som genererer scenariene automatisk.

Den matematiske modellen trekker tilfeldige budsjettutviklingsscenarier fra et større utvalg. Dette større utvalget består av alle kombinasjoner der budsjettet enten er flatt eller endrer seg med en gitt prosent hvert år. Det er foreløpig ikke implementert en modell som kan generere flere enn to mulige utviklinger hvert år.

Målfunksjon

Målfunksjonen er et matematisk uttrykk som representerer det vi optimerer. I OIB-modellen maksimeres forventet verdi av prosjektporteføljen. Det vil si at verdien til hvert prosjekt multipliseres med sannsynligheten for at prosjektet vil starte. Dette gjøres for alle prosjekter. Summen av alle disse verdiene gir forventet verdi av prosjektporteføljen.



Figur 5.1 Eksempel på tre ulike budsjettutviklinger og tilhørende sannsynligheter. Tallet i de blå sirklene viser budsjettstørrelsen et gitt år. Sannsynligheten p er et uttrykk for sannsynligheten for å være i et gitt scenario etter et visst antall år. Eksempler på investeringer er markert i rødt over hver sirkel.

Figur 5.1 viser et lite eksempel på hvordan prosjekter kan plasseres og hvordan sannsynligheter påvirker forventet verdi. Figuren viser tre ulike budsjettutviklingsscenarier. I år 0 er budsjettet lik 100. Hvert år utvikler budsjettet seg på to forskjellige måter, og hvert år er sannsynligheten for at budsjettet øker lik 60 % og sannsynligheten for at budsjettet ikke øker lik 40 %. Noen av prosjektene som startes i de forskjellige scenariene, er vist i figuren. I scenario 0 startes prosjekt A i år 1 og prosjekt C i år 2. I scenario 1 startes prosjekt A i år 1 og prosjekt C i år 2. I scenario 2 startes prosjekt A i år 1 og prosjekt B i år 2.

I det følgende beskrives noen eksempler på hvordan forventet verdi av prosjektene beregnes.

For å finne forventet verdi av prosjekt A i scenario 0, multipliseres verdien til A med sannsynligheten for at budsjettet utvikler seg slik at vi fremdeles er i scenario 0 når vi kommer til år 1. Sannsynligheten for dette er 40 %. Forventet verdi av prosjekt A i dette scenariet er derfor:

$$E(A_{Sc0}) = 0,4V_A \quad (5.1)$$

der V_A er verdien av prosjekt A.

Prosjekt A startes i år 1 både i scenario 0, 1 og 2. Uansett hvilken utvikling budsjettet tar i år 1 vil derfor prosjekt A startes. Sannsynligheten er dermed lik 100 % for at prosjekt A startes i år 1.

Forventet verdi av prosjekt A totalt blir derfor:

$$E(A) = 0,6V_A + 0,4V_A = V_A \quad (5.2)$$

Prosjekt C startes i år 2 i både scenario 0 og scenario 1. For scenario 1 multipliseres verdien av prosjekt C med sannsynligheten for at vi fremdeles er i scenario 1 når vi kommer til år 2. Denne sannsynligheten regnes ut ved at man multipliserer sannsynligheten for at budsjettet øker fra år 0 til 1 med sannsynligheten for at budsjettet er flatt fra år 1 til 2. Forventet verdi av prosjekt C i dette scenariet er dermed:

$$E(C_{sc1}) = 0,6V_C \times 0,4V_C = 0,24V_C \quad (5.3)$$

Prosjekt C startes i år 2 i både scenario 0 og scenario 1. Forventet verdi av prosjekt C kan derfor uttrykkes som:

$$E(C) = 0,4V_C + 0,24V_C = 0,64V_C \quad (5.4)$$

Forventet verdi av de tre prosjektene fra figur 5.1 er oppsumert i tabell 5.2.

Generelt kan uttrykket for forventet verdi av prosjektporteføljen uttrykkes som:

$$E(\text{prosjektportefølje}) = \sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I p_{nk} V_i \quad (5.5)$$

Der K er antall scenarier, N er antall år og I er antall prosjekter. Med andre ord sier uttrykket at for hvert scenario k skal man gå gjennom hvert år n og sjekke om prosjekt i startes der. Dersom prosjektet startes der, skal verdien av prosjektet multipliseres med sannsynligheten p_{nk} for å være i akkurat dette scenariet i akkurat dette året. Alle slike verdier legges sammen og gir forventet verdi av prosjektporteføljen.

Prosjekt	Tidspunkt	Forventet verdi
A	År 1 i scenario 0 og 1	V_A
B	År 2 i scenario 2	$0,36V_B$
C	År 2 i scenario 0 og 1	$0,64V_C$

Tabell 5.2 Tabellen uttrykker forventet verdi av prosjektene fra figur 5.1. Forventet verdi fremkommer ved at et prosjekts verdi multipliseres med sannsynligheten for at prosjektet vil bli startet.

I modellen er det ønskelig at prosjektene startes så tidlig som mulig innenfor lovlig tidsintervall. For at modellen skal plassere prosjektene så tidlig den kan, må den få beskjed om at dette lønner seg. Dette er løst ved at prosjektenes verdi blir svakt neddiskontert i henhold til starttidspunkt. Et prosjekt får med andre ord litt lavere verdi hvis det startes senere enn hvis det startes tidligere. Uttrykket for målfunksjonen til modellen blir da:

$$\sum_{k=1}^K \sum_{n=1}^N \sum_{i=1}^I D^n P_{nk} V_i \quad (5.6)$$

Der D er et tall som er mindre enn 1. D^n er dermed faktoren som verdien V_i neddiskonteres med.

Beskrankninger

I OIB-modellen settes det en del krav som begrenser løsningsrommet. Disse kravene må formuleres som beskrankninger i modellen, det vil si ligninger og ulikheter som sørger for at begrensninger ikke overskrides. De matematiske formuleringene kan studeres i [1] eller i appendix A. Her gjengis med ord alle beskrankninger som er lagt inn i modellen:

- Budsjettet kan ikke overskrides med mer enn $X\%$ i noe år, for noe scenario.
- To budsjettutviklingsscenarier som har lik utvikling opp til et bestemt år, må ha like investeringsbeslutninger fram til dette året.
- Et prosjekt kan ikke starte før første lovlige starttid eller etter siste lovlige starttid.
- Et prosjekt B kan være avhengig av at et prosjekt A må være startet før B kan starte og at det må være minst x år mellom dem. Dermed kan ikke B velges hvis ikke A velges.
- Et prosjekt A kan kreve at et prosjekt B også starter, maks x år etter A. Det *kan* imidlertid være slik at B kan velges selv om ikke A velges.
- Et prosjekt A og et prosjekt B kan være gjensidig utelukkende. I så tilfelle kan ikke A velges hvis B velges og omvendt.
- Modellen gir mulighet for å definere obligatoriske prosjekter. Det vil si prosjekter som modellen *skal* velge.
- Prosjekter kan bare startes én gang i løpet av et scenario.
- Deler av prosjekter kan ikke startes. Enten velges hele prosjektet eller så velges det ikke. Hvis man ønsker muligheten for å investere i deler av et prosjekt, kan dette løses ved at prosjektet deles opp i to eller flere mindre prosjekter.

6 Analyser og resultater

6.1 Data og budsjettutviklingsscenarier

6.1.1 Prosjekter fra KOSTMOD

Prosjektene som er brukt som input til analysene i denne rapporten er hentet fra KOSTMOD i november 2010. Analysene vil demonstrere mulige anvendelser av OIB-modellen. Med

utgangspunkt i prosjektene fra KOSTMOD, vil modellen maksimere forventet verdi av prosjektporteføljen. I praksis vil dette si at modellen prøver å realisere mange og/eller dyre prosjekter.

En oversikt over prosjektene finnes i appendix B, men ingen prosjektnavn eller prosjektkostnader er gjengitt i denne rapporten. Økonomer ved FFI bisto i å tilpasse dataene til modellen. For hvert prosjekt ble det bestemt et første og siste lovlige starttidspunkt, og det ble bestemt om prosjektet skulle være obligatorisk eller valgfritt. Avhengigheter mellom prosjekter ble også bestemt. Det er et poeng å fristille seg noe fra kravene i KOSTMOD med tanke på de nevnte spesifikasjonene, da dette gir optimeringsmodellen frihet til å pusle sammen investeringene på best mulig måte. Det er imidlertid viktig å holde seg innenfor fornuftige og naturlige rammer for prosjektene.

Et prosjekts verdi er knyttet opp mot investeringskostnaden til prosjektet og opp mot hvilket ambisjonsnivå prosjektet dekker. I denne sammenhengen tenker vi på ambisjonsnivåer slik de er definert av prosjekt SIMFOR III i [14].

Data fra KOSTMOD gjelder for årene fra 2010 til 2029, men i denne rapporten brukes år 0 til 19. Dette er gjort fordi vi ønsker å ha et generelt fokus på resultatene og ikke komme med en konkret anbefaling for investeringer knyttet til spesielle årstall.

6.1.2 Valg av budsjettutviklingsscenarier

Antatt budsjettstørrelse i år 0 er i samme størrelsesorden som Forsvarets investeringsbudsjett for 2010. I KOSTMOD legges det inn en forutsetning om at budsjettet hvert år vil vokse 1,5 % utover justering for konsumprisindeksen. I OIB-modellen ønsker vi å ta høyde for andre mulige budsjettutviklinger. Teoretisk sett finnes det et uendelig antall slike utviklinger, og vi kan ikke forholde oss til alle. Vi velger å si at budsjettet kan utvikle seg på to måter hvert år – flatt eller med en økning på 1,5 %. Sannsynligheten for at budsjettet går opp settes til 50 % hvert år.

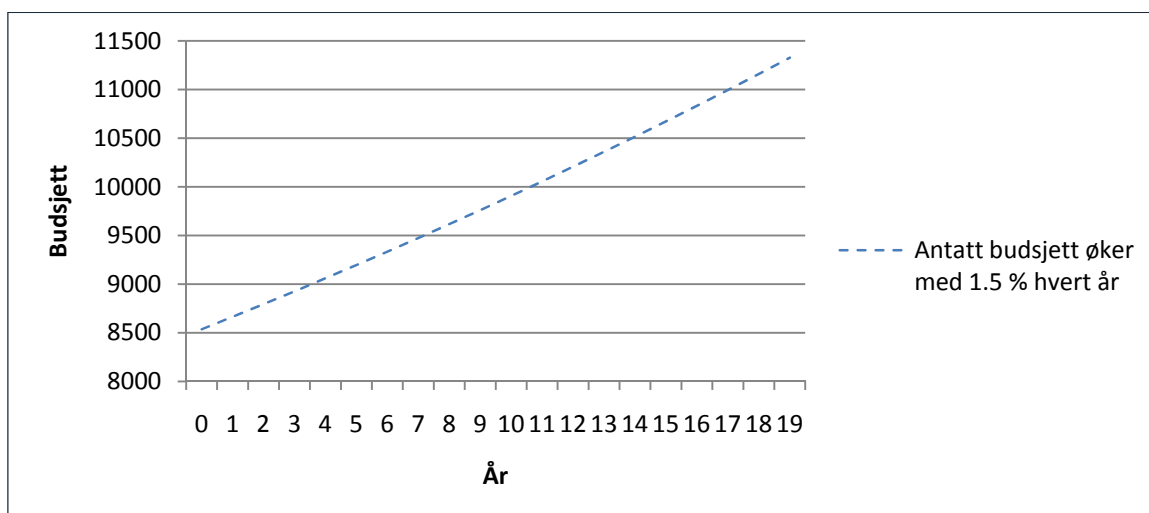
Selv med denne begrensningen på to muligheter hvert år vil vi i løpet av 20 år få 524 288 ulike budsjettutviklingsscenarier. Modellen klarer ikke å kjøre med så mange muligheter, og det er heller ikke nødvendig. Det viktigste er at de ulike budsjettutviklingsscenariene spenner ut mulighetsrommet på en god måte. I stokastisk optimering sier man vanligvis at ca. 100 scenarier gir en god representasjon av usikker fremtid. Antall scenarier påvirker imidlertid også ytelsen til modellen. Mange scenarier kan medføre at modellen bruker lang tid på å finne den beste løsningen. I tillegg kan modellen i verste fall kreve mer minne under kjøring enn det som er tilgjengelig på datamaskinen. Mange scenarier gjør også at resultatene kan bli noe uoversiktlige og vanskelig å tolke. Disse momentene må veies opp mot ønsket om å representere fremtiden best mulig med flest mulig scenarier.

I eksemplene som beskrives i de neste kapitlene, er modellen kjørt med 32 scenarier. Etter grundig testing ble det konkludert med at dette antallet best balanserte de ulike prioriteringene som er beskrevet over. De 32 scenariene trekkes tilfeldig ut fra de opprinnelige 524 288 mulige budsjettutviklingene når modellen kjøres.

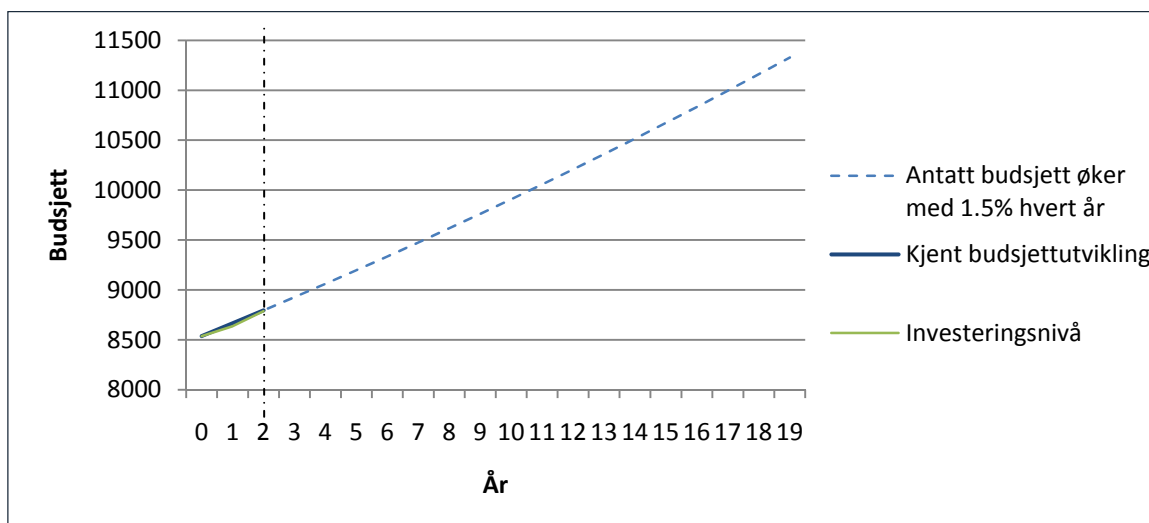
6.2 Analyse 1: Risikoen ved å ta fremtidig budsjettutvikling for gitt

I denne analysen skal vi se på hva slags konsekvenser det kan ha hvis vi tenker deterministisk i planleggingen, og fremtiden ikke blir slik vi hadde trodd. Vi antar i utgangspunktet at budsjettet vil øke hvert år som i figur 6.1, og vi planlegger med en investeringsplan for akkurat denne utviklingen. Planen blir lagt slik at budsjettet blir utnyttet best mulig. I dette eksempelet vil vi se på hva som skjer hvis budsjettet blir som antatt til og med år 2, men at det i år 3 ikke øker likevel. Har vi da tatt noen valg i år 0–2 som får konsekvenser for investeringene fra og med år 3?

I figur 6.2 ser vi hvilket investeringsnivå vi klarer å realisere i år 1 og 2, når budsjettet øker slik vi tror. Vi klarer å holde et investeringsnivå som ligger tett opptil budsjettet. Dette investeringsnivået er vist i figuren som en grønn linje. Den stiplede, loddrette linjen viser at tiden har gått, og at vi nå er kommet til år 2. Budsjettet vi nå har kjennskap til vises med en heltrukken, blå linje.



Figur 6.1 Grafen viser budsjettutviklingen fra år 0 til år 19 dersom vi antar en årlig budsjettøkning på 1,5 %.



Figur 6.2 Grafen viser kjent budsjettutvikling og investeringsnivå når vi antar at vi er kommet til år 2. Dette er markert som heltrukne linjer.

I år 3 øker ikke budsjettet. Investeringsmulighetene våre er nå avhengig av følgende:

1. Hvordan investeringene våre fram til og med år 2 binder opp budsjettet vårt.
2. Hvilke prosjekter det er mulig å investere i på dette tidspunktet.
3. Eventuelle (nære) fremtidige prosjekter som venter og som vil spise mye av budsjettet når de blir startet.
4. Hvordan budsjettutviklingen blir etter år 3.

Det er knyttet usikkerhet til punkt 4. Investeringene vi gjør i år 3 blir igjen basert på en gjetning om fremtidig budsjettutvikling. Vi velger å se på hva som skjer dersom vi gjetter på at budsjettutviklingen vil fortsette å være flat i flere år etter år 3. Investeringsnivået vi da klarer å få til i år 3 er vist i figur 6.3.

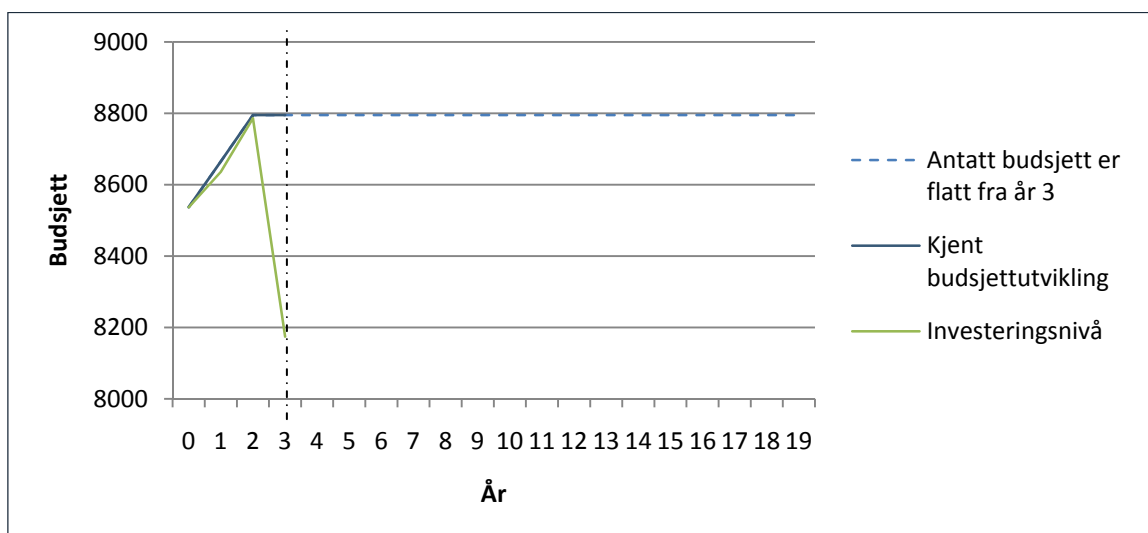
Vi ser i figur 6.3 at vi får en stor dupp i investeringsnivået i år 3 som en følge av de fire punktene som er listet opp over. Det er denne duppen vi ønsker å unngå ved å tenke stokastisk i planleggingen. Ved hjelp av OIB-modellen kan vi gjøre valg i år 0–2 som sørger for at vi opprettholder fleksibilitet til å justere investeringene i takt med hvordan budsjettet utvikler seg.

La oss se hvordan optimeringsmodellen vil investere dersom budsjettet øker fra år 0–2 og deretter forblir flatt. Dette er bare ett av 32 scenarier som modellen tar hensyn til. Figur 6.4 viser det optimerte investeringsnivået som en lilla linje. Vi ser at vi klarer å opprettholde et betydelig høyere investeringsnivå i år 3 enn det som var tilfellet i den deterministiske løsningen. Dette er en konsekvens av at modellen gjorde noen andre valg i år 0–2 enn det som ble gjort i den deterministiske løsningen.

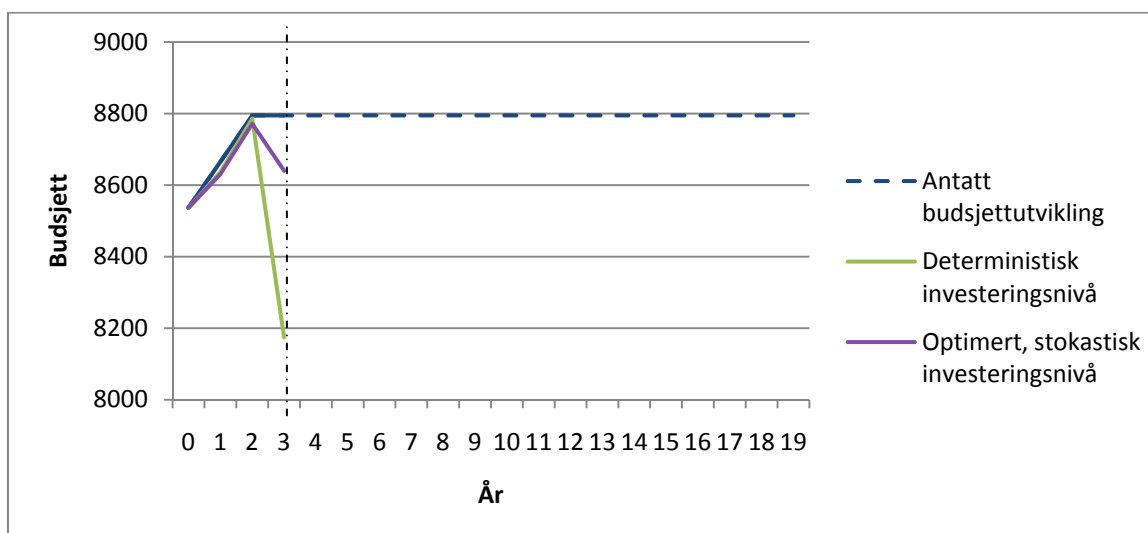
Tabell 6.1 viser en mer nøyaktig fremstilling av forskjellen mellom investeringsnivået i år 0–3 for den deterministiske og den optimerte løsningen. I år 0–2 er det liten forskjell på de to løsningene sammenlignet med forskjellen i år 3. Totalt sett over de fire årene omsetter vi for 446 millioner kroner mer i den optimerte løsningen. Lignende effekter vil kunne forekomme for hvert år i 20-årsperioden. Det er imidlertid viktig å huske at dette er et konstruert eksempel, og vi skal ikke henge oss opp i de absolutte tallene. Prosjektene er hentet fra KOSTMOD og er sånn sett “ekte”, men det er gjort flere antagelser i disse analysene som gjør at resultatet vi ser blir akkurat slik det blir. Med andre antagelser vil effektene vi ser kunne bli mindre eller større, men prinsippet er likefullt det samme.

6.3 Analyse 2: Forutse gunstige investeringstidspunkter

I denne analysen vil vi se nærmere på hvordan OIB-modellen kan brukes til å forutsi gunstige investeringspunkter flere år frem i tid. I år 0 er mange ulike budsjettutviklingsscenarier aktuelle. Når tida går, vi kommer til år 1 og vet hvordan budsjettet utviklet seg dette året, vil flere av de opprinnelige scenariene ikke lenger være aktuelle.



Figur 6.3 Grafen viser budsjettutvikling og investeringsnivå etter 3 år, når vi i år 0–2 har antatt stigende budsjett hvert år i 20 år, mens det viste seg i år 3 at budsjettet ikke steg dette året likevel. Investeringene i år 3 er basert på en antagelse om at budsjettet ikke vil stige i årene etterpå.



Figur 6.4 Grafen viser investeringsnivået for dette scenariet i den optimerte løsningen (lilla). Investeringsnivået i den deterministiske løsningen er også markert (grønt).

	År 0–2	År 3	År 0–3
Differanse i investeringsnivå mellom optimert og deterministisk løsning (i millioner kroner)	-20	466	446

Tabell 6.1 Tabellen viser at investeringsnivået i den deterministiske løsningen er noe høyere enn i den stokastiske løsningen i år 0–2, mens det er betydelig høyere i den stokastiske løsningen i år 3.

Hvis budsjettet økte i år 1, trenger vi med andre ord ikke lenger forholde oss til de scenariene hvor budsjettet *ikke* økte i år 1. Scenariene som starter med budsjettøkning i år 1, har en del investeringsvalg til felles som ikke nødvendigvis sammenfaller med valgene i de scenariene som ikke har budsjettøkning i år 1. Kanskje sier alle scenariene som økte i år 1 at vi kan starte prosjekt X i år 5, mens alle scenariene som ikke økte i år 1 sier at vi må vente med prosjekt X til år 9. Da vet vi at uansett hvordan budsjettet utvikler seg etter år 1, kan vi regne med at vi bør investere i prosjekt X i år 5, siden dette er tilfellet i alle aktuelle scenarier.

Tabell 6.2 viser én slik analyse for det aktuelle datasettet fra KOSTMOD. Her ser vi på hva slags kunnskap vi vil tilegne oss, først i år 1 og deretter i år 2, dersom budsjettet ikke øker i noen av disse årene.

I år 0 er investeringene identiske med investeringene i KOSTMOD. Disse investeringene er satt til å være faste fordi det er lite sannsynlig at endringer kan gjøres.

Den første kolonnen i tabellen beskriver budsjettsituasjonen i det året vi står i. Kolonne nummer to viser hvilke prosjekter vi har fått økt kunnskap om på dette tidspunktet, sammenlignet med kunnskapen vi hadde i år 0. Den tredje kolonnen viser hvor stort prosjektet er. Den fjerde kolonnen viser hva vi visste om mulige investeringstidspunkter i år 0. Femte, og siste, kolonne viser mulige investeringsår med den nye kunnskapen vi har fått i det tidspunktet vi står i. Det fremkommer at vi har fått ny informasjon om en mengde robuste investeringsvalg flere år frem i tid fra det året vi står i.

Det er åpenbart at det finnes fremtidig usikkerhet som ikke omfattes av OIB-modellen. Tabell 6.2 må derfor betraktes som et innspill i et større bilde.

Alle prosjektene i tabell 6.2 er planlagte, fremtidige investeringer i KOSTMOD. Det vil si at de prosjektene som OIB-modellen velger å ikke investere i, er “ofret” for robusthetens skyld. Dette er en konsekvens av at vi må holde oss litt under budsjettet i perioder for å opprettholde fleksibilitet.

I virkeligheten er det noe fleksibilitet i budsjettstørrelse, tilleggsbevilgninger, tilpasninger i betalingsplaner o.l., som gjør at budsjettoverskridelser både planlegges med og kan innhentes til en viss grad. Dette er ikke et argument for at det ikke er nødvendig med en OIB-modell. Slike justeringer kan legges inn i modellen, og dermed er prinsippene fremdeles de samme; modellen viser oss hvordan vi kan opprettholde fleksibilitet. Slike budsjettjusteringer er ikke tatt med i analysene i denne rapporten fordi de kompliserer resultatene og gjør det vanskeligere å gi en presis illustrasjon av effektene ved å bruke modellen.

Budsjettsituasjon	Prosjekter	Størrelse	Mulige investeringsår slik det ser ut i år 0	Aktuelle investeringsår med ny kunnskap
<p>Ingen budsjettøkning fra år 0 til år 1.</p> <ul style="list-style-type: none"> Vi har kommet til år 1, og budsjettet har ikke økt. Vi får nå ny kunnskap om aktuelle, fremtidige investeringsår for en mengde prosjekter. Denne kunnskapen er gyldig uansett om budsjettet øker eller ikke etter år 1. Vi har derfor allerede nå ny informasjon om gunstige valg frem i tid. 	Fly1_A1	Stort	3–6	3
	Fly1_tillegg1_A1	Stort	3–8	3
	Fly1_tillegg2_A1	Stort	3–8	5
	Fly1_A2	Stort	3–6	Investeres ikke
	Fly1_A3	Stort	3–6	Investeres ikke
	Fartøy 5	Medium	2–4	Investeres ikke
	NbF1	Medium	1	Investeres ikke
	Landelement5	Lite	1–5	3
	Luftelement2	Lite	2–6	3
	Luftelement4_A1	Lite	9–12	Investeres ikke
	Kjøretøy16	Lite	2–6	3
	Flyoppdatering2	Lite	3	Investeres ikke
	Landelement13	Lite	1–7	3
	Radartillegg1	Lite	2–5	3
Samlepost	Lite	2–4	2	
<p>Ingen budsjettøkning fra år 0 til år 2.</p> <ul style="list-style-type: none"> Vi har kommet til år 2 og budsjettet har fremdeles ikke økt. I tillegg til informasjonen vi fikk i år 1, får vi nå økt kunnskap om flere prosjekter og aktuelle investeringsår. Denne kunnskapen er gyldig uansett hvordan budsjettet utvikler seg etter år 2. Vi har nå kraftig innsnevret aktuelle investeringsår for 39 prosjekter. 	Fly1_tillegg3_A1	Stort	13–15	13
	Fartøy2	Stort	7–12	7, 8
	Stridsvogn3	Medium	6–12	11, 12
	Kjøretøyoppdatering1	Medium	8–11	8, 9
	Kjøretøy3_A3	Medium	4–10	10
	Kommunikasjon2	Medium	5–14	5, 7
	Kjøretøy7	Lite	5–10	8, 10
	Kjøretøy8	Lite	3–6	Tidligst 4
	Kommunikasjon3	Lite	2–5	5
	Kjøretøy9	Lite	4–7	7
	NbF2	Lite	6–14	7, 8
	NbF3	Lite	4–12	7, 8
	Radar2	Lite	5–10	7, 8
	NbF5	Lite	2–5	4, 5
	Fly2_tillegg1	Lite	6–10	6, 7
	Landelement8	Lite	2–5	3
	Sensor4	Lite	3–9	Tidligst 7
	Fellessystem1	Lite	2	Investeres ikke
	Kommunikasjon10	Lite	4–11	5, 8
	Luftelement6	Lite	6–14	7, 8
Sjøelement4	Lite	7–14	7, 8	
Landelement22	Lite	5–9	5, 6	
Landelement23	Lite	9–19	9	
Landelement30	Lite	9–16	9	
Landelement26	Lite	8–11	8	
Kommunikasjon12	Lite	7–11	7	

Tabell 6.2 Tabellen viser en analyse av hvilken kunnskap vi får om fremtiden for hvert år som går, fordi vi lærer mer om budsjettutviklingen. I denne tabellen ser vi hva vi lærer etter ett år og etter to år når budsjettet ikke øker i noen av årene. For hvert år får vi ny informasjon om en mengde prosjekter flere år før investeringen skal foretas.

6.4 Analyse 3: Prioritering i henhold til ambisjonsnivå

Prosjektenes verdi er vurdert ut fra størrelsen på investeringskostnaden. Imidlertid har vi også valgt å vekte prosjektene med henhold på hvilket ambisjonsnivå de vil dekke. Vi ønsker å dekke lavere ambisjonsnivåer før vi velger å prioritere høyere ambisjonsnivåer. Eksempelvis vil dette gjelde materiell der vi kan vurdere hvilket antall vi skal anskaffe. Vi ønsker først og fremst å kjøpe det antallet som dekker laveste ambisjonsnivå. Hvis vi har råd til det, kan vi kjøpe de ekstra enhetene som gjør at vi dekker høyere ambisjonsnivåer.

Som et eksempel kan vi se på hvordan modellen klarer å dekke de ulike ambisjonsnivåene for det scenariet der budsjettet stiger til og med år 2 og er flatt i resten av 20-årsperioden. Hvis dette scenariet inntreffer, vil ambisjonsnivåene i løpet av de 20 årene ha blitt dekket som vist i tabell 6.3. En 100 % dekning betyr at alle kronene det er mulig å investere for å dekke et gitt ambisjonsnivå faktisk er investert. Vi ser fra tabellen at det laveste ambisjonsnivået nesten er fullstendig dekket. Dekningsgraden for ambisjonsnivå 2 er noe lavere. Vi ser at modellen har investert i prosjekter som dekker ambisjonsnivå 3, selv om nivå 2 ikke er fullstendig dekket. Dette kan ha flere årsaker:

- Det ville gitt en lavere verdi på den totale prosjektporteføljen dersom nivå 2 skulle dekkes fullstendig.
- Gitt prosjektenes lovlige starttider, avhengigheter og budsjettstørrelse, var det ikke mulig å få investeringene til å gå opp med en høyere dekning på nivå 2.

Balansen mellom dekning av ambisjonsnivåer og prosjektporteføljens totale verdi kan justeres ved å endre på vektene på prosjektene. Høyere vekt gir større prioritering av å “fylle opp” et ambisjonsnivå før neste nivå prioriteres.

For materiell der man justerer antallet i henhold til ambisjonsnivå, er det mulig å gå inn i resultatene fra modellen og se på sannsynligheten for at materiellet vil dekke et gitt ambisjonsnivå. Vi må da gå inn i alle scenariene og se om og når investeringen for dette materiellet blir gjort.

Vi kan eksempelvis se på investeringen Fly1. Tabell 6.4 viser hvordan modellen vurderer sannsynligheten for at det vil kjøpes inn det antallet fly som dekker de ulike ambisjonsnivåene. Disse tallene er et estimat basert på alle de 32 scenariene som er vurdert i den aktuelle kjøringen av modellen. Tallenes absolute størrelse bør ikke tillegges overveiende vekt, men forholdet mellom tallene er en indikasjon på hva vi kan forvente gitt den kunnskapen vi har i dag om budsjettutvikling og fremtidige prosjekter. Idet kunnskapen om budsjettet øker, vil disse sannsynlighetene forandre seg.

	Dekning
Ambisjonsnivå 1	99 %
Ambisjonsnivå 2	84 %
Ambisjonsnivå 3	57 %

Tabell 6.3 Denne tabellen viser hvordan de ulike ambisjonsnivåene vil dekkes for budsjettutviklingsscenariet der budsjettet øker i år 0–2 for så å være flatt resten av 20-årsperioden.

Sannsynlighet for å dekke de ulike ambisjonsnivåene for prosjekt Fly1	
Ambisjonsnivå 1	100 %
Ambisjonsnivå 2	13 %
Ambisjonsnivå 3	0 %

Tabell 6.4 Ved å se på alle budsjettutviklingsscenariene fra kjøringen av modellen og deres tilhørende sannsynligheter, er det mulig å regne ut sannsynligheten for at de ulike ambisjonsnivåene skal dekkes for de ulike prosjektene. Tabellen viser sannsynlighetene for prosjektet Fly1.

6.5 Analyse 4: Kategorisering av investeringer i henhold til usikkerhetsnivå

Ved å se på hvordan prosjektene plasseres i de ulike budsjettutviklingsscenariene er det mulig å si noe om hvor sikker en fremtidig investering er, gitt dagens kunnskap. Vi kan kategorisere prosjektene i følgende usikkerhetsnivåer:

- Sikre investeringer: Prosjekter som blir valgt i alle scenarier og til samme tid i alle scenarier.
- Sikre investeringer, men usikkert tidspunkt: Prosjekter som blir valgt i alle scenarier, men der tidspunkt for investeringen varierer mellom scenariene.
- Usikre investeringer: Prosjekter som blir valgt i et flertall av scenariene, men ikke i alle. Tidspunktet varierer også.
- Risikoinvesteringer: Prosjekter som bare blir valgt i et fåtall eller i ingen av scenariene.

Tabell 6.5 viser antall prosjekter OIB-modellen fant i hver usikkerhetskategori i kjøringen med KOSTMOD-dataene. De fleste prosjektene viser seg å være sikre investeringer som bør gjøres i løpet av de første åtte årene av 20-årsperioden. Flertallet av de store prosjektene er imidlertid risikoinvesteringer.

Usikkerhetsnivå	Antall i år 0–7	Antall i år 0–19	Størrelse
Sikre investeringer	31	49	6 store 9 mellomstore 34 små
Sikre investeringer, men usikkert tidspunkt	35	62	4 store 8 mellomstore 50 små
Usikre investeringer	17	40	4 store 11 mellomstore 25 små
Risikoinvesteringer	8	19	9 store 3 mellomstore 7 små

Tabell 6.5 Tabellen viser hvor mange prosjekter som kan plasseres i de ulike kategoriene for usikkerhetsnivå etter kjøring med OIB-modellen.

Det er viktig å presisere at “sikre investeringer” i denne sammenhengen handler om sikkerhet med tanke på budsjettutvikling, og kun det. Det ligger selvsagt mye usikkerhet knyttet til prosjektene som handler om fremtidig behov, fremtidig teknologi og estimerte kostnader.

7 Konklusjon

I denne rapporten har vi illustrert ulike anvendelsesområder for OIB-modellen. Analysene er gjort på data fra KOSTMOD. Ved å bruke disse dataene har det vært mulig å vise prinsippene for hvordan OIB-modellen kan benyttes som en del av langtidsplanleggingen av Forsvaret og hvordan modellen kan være et verktøy for å ta robuste investeringsvalg. Gjennom disse analysene har vi vist hvorfor det er viktig å ta hensyn til at fremtiden er usikker og at det er viktig å møte denne usikkerheten ved å ta valg som gjør at vi opprettholder muligheten til å tilpasse oss ettersom tida går. Modellen gir innspill til hvilke investeringer som vil være robuste og mindre sårbare dersom budsjett eller kostnader ikke utvikler seg slik som vi antar i dag.

Det er ikke bare fremtidig budsjett- og kostnadsutvikling som representerer usikkerhet i investeringsplanene. Det finnes andre usikre eller ukjente faktorer knyttet til fremtidige investeringer som ikke omfattes av modellen. I virkeligheten er det dessuten en del fleksibilitet og dynamikk knyttet til budsjettet, kontraktsinngåelser, betalingsplaner osv. som ikke nødvendigvis vil la seg representere fullt ut i modellen. Ettersom ny informasjon fremkommer, bør modellen kjøres om igjen. Samtidig er arbeidet med å tilpasse inputdata til modellen relativt omfattende, noe som kan gjøre at det er u hensiktsmessig å kjøre modellen for ofte.

OIB-modellen er en kompleks optimeringsmodell som krever mye av datamaskinen den kjører på. Dette begrenser antallet scenarier det er mulig å bruke i modellen. Jo flere scenarier som

brukes, jo mer nøyaktige blir resultatene. For få scenarier vil gi villedende informasjon. En god balanse mellom antall scenarier og presise resultater må tilstrebes.

I dagens versjon av OIB-modellen er det bare mulig å angi to forskjellige budsjettutviklinger hvert år. Dette er antagelig noe snevert, og i videre arbeid bør muligheten for flere utviklinger implementeres. Det bør også være mulig å ha forskjellig antall årlige utviklinger i de første og de siste årene. Det er budsjettutviklingen de første årene som har størst innvirkning på investeringsbeslutningene i år 0. Utviklingen i disse årene bør derfor med fordel modelleres mer nøyaktig enn utviklingen i senere år. Samtidig vil vi kanskje ha mer kunnskap om budsjettutviklingen i de nærmeste årene, noe som taler for at det er greit å begrense antall utviklinger modellen skal bruke i de årene.

Sannsynligheten for de mulige budsjettutviklingene hvert år bør være gjennomtenkt. Denne vil kunne påvirke resultatene i stor grad. Antagelig er det imidlertid relativt vanskelig å anslå en slik sannsynlighet. I videre arbeid med modellen bør det dessuten implementeres en mulighet for å angi forskjellig sannsynlighet for budsjettutviklingen i de forskjellige årene. De første årene er vi kanskje sikrere på om budsjettet vil øke eller ikke, mens mange år frem i tid vil det være mer usikkert.

OIB-modellen har vist seg å ha potensiale til å gi gode bidrag til planleggingen av Forsvarets investeringer. Med ytterligere innsats i forbedring av modellen og ved grundig arbeid med inputdata, vil modellen kunne gi nyttig informasjon og bidra til et bedre helhetsbilde som grunnlag for fremtidige investeringsbeslutninger.

Referanser

- [1] M. F. Fauske, M. Vestli og S. Glærum, "Optimization of investment decisions – model description and evaluation" Forsvarets forskningsinstitut, FFI-notat 2010/02170, 2010.
- [2] S. W. Wallace, "The role of uncertainty in strategic planning" *Teletronikk*, vol. 94, no. 3/4, pp. 21–23, 1998.
- [3] S. W. Wallace, *Decision making under uncertainty: The art of modeling* Norwegian University of Science and Technology, 1999.
- [4] A. C. Hennem og S. Glærum, "Metode for langtidsplanlegging – støtte til FS 07" Forsvarets forskningsinstitut, FFI-rapport 2007/02174, 2007.
- [5] S. Braathen, Ø. Grotmol og T. Langsæter, "Modell for flerscenario strukturoptimering – modellbeskrivelse" Forsvarets forskningsinstitut, FFI-rapport 2000/04739, 2000.
- [6] M. F. Fauske, "Resource allocation in military operations – optimization using a genetic algorithm" Forsvarets forskningsinstitut, FFI-rapport 2008/01317, 2008.
- [7] M. F. Fauske, "Bruk av flermåloptimering i operasjonsanalyse – case: ressursallokering i militære operasjoner" Forsvarets forskningsinstitut, FFI-notat 2008/01916, 2008.
- [8] Ø. Grotmol, J. A. Sukkestad og P. Brucker, "Hotdog: a heuristic on the determination of optimum globally using the mathematical programming language AMPL" Forsvarets forskningsinstitut, FFI-rapport 2001/03011, 2001.
- [9] J. A. Sukkestad og B. Reitan, "En modell av nettverksorganiserte ressurser: NetOrg : brukerveiledning" Forsvarets forskningsinstitut, FFI-notat 2004/04224, 2004.
- [10] N. K. Jaiswal, *Military operations research – Quantitative decision making* Kluwer Academic Publishers, 1997.
- [11] M. F. Fauske, "Optimeringsmetoder innen operasjonsanalyse – en oversiktsstudie" Forsvarets forskningsinstitut, FFI-rapport 2008/00123, 2008.
- [12] P. Kall og S. W. Wallace, *Stochastic Programming* John Wiley & Sons, Chichester, 1994.
- [13] S. Gulichsen, "KOSTMOD 4.0 – user manual" Forsvarets forskningsinstitut, FFI-rapport 2009/01002, 2006.
- [14] A. C. Hennem og M. Vestli, "Forutsetninger for scenariobaserte analyser for langtidsplanlegging ved FFI" Forsvarets forskningsinstitut, FFI-rapport 2010/02048 (BEGRENSET), 2010.

Appendix A Modellformulering

Her følger modellens formulering slik det er vanlig å fremstille optimeringsmodeller. For en grundigere beskrivelse av modellen henvises det til [1].

Først oppsummerer vi modellens inputparametre:

- N – antall budsjettperioder (som regel år)
- K – antall budsjettutviklingsscenarier
- I – antall investeringsprosjekter
- C_{in} – investeringskostnad for prosjekt i , n -te periode etter starttid
- V_{in} – operativ verdi av prosjekt i , n -te periode etter starttid
- FT_i – første lovlige startperiode for prosjekt i
- LT_i – siste lovlige startperiode for prosjekt i
- \mathcal{E}_i – settet av alle prosjekter som må startes for prosjekt i kan startes
- e_{ij} – antall perioder prosjekt j minst må starte før prosjekt i
- \mathcal{L}_i – settet av alle prosjekter som må startes etter prosjekt i , dersom prosjekt i startes
- l_{ij} – maksimalt antall perioder prosjekt j kan starte etter prosjekt i
- \mathcal{G}_i – settet av alle prosjekter som er gjensidig utelukkende med prosjekt i
- $N_{kk'}$ – siste periode hvor scenario k og scenario k' har lik budsjettutvikling
- S_{kn} – budsjettstørrelse i periode n , under budsjettutviklingsscenario k
- R_{kn} – sannsynlighet for scenario k , etter n perioder
- D – neddiskonteringsfaktor som sørger for at prosjekter blir plassert tidligst mulig
- \mathcal{J}_A – settet av alle obligatoriske prosjekter
- r – prosentandel av budsjettet som det er lov å overskride budsjettet med i hver periode
- A – antall år som budsjettet må jevnes ut over dersom det er lov å overskride budsjettet

Modellens beslutningsvariable er:

$$x_{ikn} = \begin{cases} 1, & \text{hvis investeringsprosjekt } i \text{ startes under scenario } k \text{ i periode } n \\ 0, & \text{ellers} \end{cases}$$

y_{kn} – kontinuerlig variabel som begrenser hvor mye budsjettet kan overskrides i hver periode n i hvert scenario k .

Modellens formulering, med objektfunksjon og beskrankninger er som følger:

$$\max \sum_{k=1}^K \sum_{i=1}^I \sum_{n=1}^N x_{ikn} D^n R_{kn} \sum_{p=0}^{N-1} V_{ip} \quad (\text{A.1})$$

s.t.

$$x_{ikn} = x_{ik'n} \quad i = 1, \dots, I, k = 1, \dots, K-1, k' = k+1, \dots, K, n = 1, \dots, N_{kk'} \quad (\text{A.2})$$

$$\sum_{i=1}^I \sum_{p=1}^n C_{i(n-p)} x_{ikp} - y_{kn} \leq S_{kn} \quad k = 1, \dots, K, n = 1, \dots, N \quad (\text{A.3})$$

$$\sum_{m=n}^{n+A} y_{km} \leq 0 \quad (\text{A.4})$$

$$\sum_{n=1}^N (n-M)x_{ikn} \geq \sum_{n=1}^N nx_{jkn} + e_{ij} - M \quad i = 1, \dots, I, k = 1, \dots, K, j \in \mathcal{E}_i \quad (\text{A.5})$$

$$\sum_{n=1}^N x_{ikn} \leq \sum_{n=1}^N x_{jkn} \quad i = 1, \dots, I, k = 1, \dots, K, j \in \mathcal{E}_i \quad (\text{A.6})$$

$$x_{ikn} \leq \sum_{m=n}^{\min\{n+l_j, N\}} x_{jkm} \quad k = 1, \dots, K, n = 1, \dots, N, i = 1, \dots, I, j \in \mathcal{L}_i \quad (\text{A.7})$$

$$\sum_{n=FT_i}^{LT_i} x_{ikn} = 1 \quad k = 1, \dots, K, i \in \mathcal{J}_A \quad (\text{A.8})$$

$$\sum_{n=1}^N x_{ikn} + \sum_{n=1}^N x_{jkn} \leq 1 \quad i = 1, \dots, I, k = 1, \dots, K, j \in \mathcal{G}_i \quad (\text{A.9})$$

$$x_{ikn} = 0 \quad i = 1, \dots, I, k = 1, \dots, K, n = 1, \dots, FT_i - 1 \quad (\text{A.10})$$

$$x_{ikn} = 0 \quad i = 1, \dots, I, k = 1, \dots, K, n = LT_i + 1, \dots, N \quad (\text{A.11})$$

$$\sum_{n=1}^N x_{ikn} \leq 1 \quad i = 1, \dots, I, k = 1, \dots, K \quad (\text{A.12})$$

$$x_{ikn} = \{0, 1\} \quad i = 1, \dots, I, k = 1, \dots, K, n = 1, \dots, N \quad (\text{A.13})$$

$$y_{kn} \leq S_{kn} \times r \quad (\text{A.14})$$

Kort fortalt sier objektfunksjonen (A.1) at modellen skal velge prosjekter slik at verdien av den totale prosjektporteføljen blir så stor som mulig.

Mer detaljert forteller objektfunksjonen at modellen skal maksimere summen av forventet verdi på alle prosjektene som startes i minst ett scenario i løpet av de N periodene modellen tar høyde for. Et prosjekts totale verdi er lik summen av verdien for hver periode materiellet er operativt i løpet av de totalt N periodene. Forventet verdi får man ved å multiplisere prosjektets verdi med sannsynligheten R_{kn} for at prosjektet blir startet i et gitt scenario. Forventet verdi blir neddiskontert med en faktor D for at modellen skal plassere prosjektene så tidlig som mulig.

Beskrankning (A.2) sier at to budsjettutviklingsscenarier som har lik budsjettutvikling fram til en gitt periode, også må ha like investeringsbeslutninger fram til denne perioden.

Beskrankning (A.3) sørger for at budsjettet ikke overskrides med mer enn y_{kn} kroner i hver periode. Dette gjelder for hvert scenario.

Beskrankning (A.4) sørger for at budsjettoverskridelser “jevnes ut” over en periode på A år. Det vil si at hvis budsjettet overskrides med en viss sum et år, så må dette tas igjen i løpet av de neste $A-1$ årene.

Beskrankning (A.5) sier at et prosjekt i som er avhengig av at et prosjekt j startes først, minst må starte e_{ij} perioder etter prosjekt j . Beskrankningen sørger også for at prosjekt j kan startes uten at prosjekt i behøver å startes etterpå. I beskrankning (A.6) spesifiseres det at prosjekt i ikke kan starte i det hele tatt hvis ikke prosjekt j er startet først.

I beskrankning (A.7) spesifiseres det at dersom et prosjekt i krever at et prosjekt j startes på et senere tidspunkt, så kan prosjekt j maksimalt starte l_{ij} perioder etter at prosjekt i er startet.

Beskrankning (A.8) sørger for at alle obligatoriske prosjekter blir startet i hvert scenario.

Beskrankning (A.9) sørger for at gjensidig utelukkende prosjekter ikke begge kan startes.

Beskrankning (A.10) og (A.11) sørger for at prosjekter ikke starter før første lovlige startpunkt eller etter siste lovlige startpunkt.

Et prosjekt kan bare startes én gang for hvert scenario. Dette tar beskrankning (A.12) hånd om.

Beskrankningen (A.13) sier at variablene bare kan ta verdiene 0 og 1. Det er det samme som å si at det ikke er lov å starte et prosjekt delvis – for eksempel en tredjedels prosjekt eller et halvt prosjekt. Prosjekter skal enten startes eller ikke startes. Beskrankning (A.14) viser at variabelen y_{kn} ikke skal kunne være større enn r prosent av budsjettet en gitt periode n .

Appendix B Oversikt over prosjekter

Tabell B.1 viser en oversikt over prosjektene som er brukt som input til modellen i eksemplene som er omtalt i denne rapporten. Prosjektnavnene er anonymisert og kategorisert etter størrelse.

	Prosjekter
Store prosjekter	Fartøy2, Fartøy3, Fartøyoppdatering1, Fartøyoppdatering1, Fly1_A1, Fly1_A2, Fly1_A3, Fly1_tillegg1_A1, Fly1_tillegg1_A2, Fly1_tillegg1_A3, Fly1_tillegg2_A1, Fly1_tillegg2_A2, Fly1_tillegg2_A3, Fly2, FremtidigeUkjente, Helikopter1, Kjøretøy1, Sensor1, Soldatenhet1, Stridsvogn1, Stridsvogn2, Obligatorisk.
Mellomstore prosjekter	Fartøy4, Fartøy5, Fartøyoppdatering3, Fartøytillegg1, Fartøytillegg2, Fartøytillegg3, Fartøytillegg4, Flyoppdatering1, Flyoppdatering2, Flytillegg1_A3, Helikopter2, Helikopteroppdatering1, Helikopteroppdatering2, Internasjonal1, Kjøretøy2, Kjøretøy3_A3, Kjøretøy3_A3, Kjøretøy5, Kjøretøyoppdatering1, Kommunikasjon1, Kommunikasjon2, Landelement1, Landelement2, Luftvernoppdatering_A3, NbF1, Radar1, Soldatenhet2, Soldatenhet3, Stridsvogn1_tillegg, Stridsvogn3, Stridsvogn4, Våpentillegg.
Små prosjekter	Fartøy10, Fartøy10_tillegg1, Fartøy11, Fartøy6, Fartøy7, Fartøy8, Fartøy9, Fellessystem1, Fellessystem2, Fly2_tillegg1, Fly2_tillegg2, Fly2_tillegg3, Fly2_tillegg4, Fly3, Flyoppdatering2, Flytillegg1_A1, Helikopter2_tillegg1, Helikopter2_tillegg2, Internasjonal2, Kjøretøy10, Kjøretøy11, Kjøretøy12, Kjøretøy13, Kjøretøy14, Kjøretøy15, Kjøretøy16, Kjøretøy17, Kjøretøy18, Kjøretøy19, Kjøretøy19_tillegg1, Kjøretøy20, Kjøretøy21, Kjøretøy3_A1, Kjøretøy4_A1, Kjøretøy6_A1, Kjøretøy6_A3, Kjøretøy7, Kjøretøy8, Kjøretøy9, Kjøretøyoppdatering2, Kommunikasjon10, Kommunikasjon11, Kommunikasjon11_tillegg1, Kommunikasjon12, Kommunikasjon3, Kommunikasjon4, Kommunikasjon5, Kommunikasjon6, Kommunikasjon7, Kommunikasjon8, Kommunikasjon9, Landelement10, Landelement11, Landelement12, Landelement12_tillegg1, Landelement13, Landelement14, Landelement15, Landelement16, Landelement17, Landelement18, Landelement18_tillegg1, Landelement19, Landelement20, Landelement21, Landelement21_tillegg1, Landelement22, Landelement22_tillegg1, Landelement23, Landelement23_A1, Landelement23_A3, Landelement24_A1, Landelement24_A3, Landelement25, Landelement26, Landelement26_tillegg1, Landelement27, Landelement28, Landelement29, Landelement3, Landelement3_tillegg1, Landelement30, Landelement31, Landelement32, Landelement33, Landelement4, Landelement5, Landelement6, Landelement7, Landelement8, Landelement9, Luftelement1, Luftelement2, Luftelement3, Luftelement4_A1, Luftelement4_A3, Luftelement5, Luftelement6_A1, Luftelement6_A2, Luftelement7, Luftelement8, Luftvernoppdatering_A1, NbF2, NbF3, NbF4, NbF5, NbF6, Radar2, Radar3, Radar4, Radar4_tillegg1, Radar5, Radartillegg1, Samlepost, Sanitet1, Sensor2, Sensor3, Sensor4, Sjøelement1, Sjøelement2, Sjøelement3, Sjøelement4, Soldatenhet4, Stridsvogn4_tillegg.

Tabell B.1 Anonymisert oversikt over investeringsprosjektene fra KOSTMOD som er brukt i analysene i denne rapporten.