

Forside

Forord

Denne hovedoppgaven er utarbeidet av to studenter fra Institutt for industriell økonomi og teknologiledelse på NTNU vårsemesteret 2002. Oppgaven utgjør ti vekttall per student, og representerer avslutningen på sivilingeniørstudiet.

Hovedoppgaven er skrevet for kraftprodusenten Statkraft. Arbeidet har foregått på hovedkontoret til Statkraft på Høvik, samt på Sintef Energiforskning i Trondheim.

Det rettes en stor takk til veileder Stein-Erik Fleten på NTNU for råd og rettleiding til utarbeidelse av rapporten. Videre takker vi våre veiledere Jon Anders Holtan og Arild Tanem på Statkraft, samt Birger Mo på Sintef for god hjelp til praktisk gjennomføring og forståelse av metodikk og programvare.

Trondheim, 6. juni 2002

Siw Linnea Jansen

Caroline Østby

Sammendrag

Motivet for risikostyring fra et bedriftmessig perspektiv kan være at det er billigere for bedriften enn for dets eiere, samt at bedriften ofte besitter mer informasjon. I kraftbransjen er risikostyring omfattende da kraftselskaper må forholde seg til flere risiki, der usikkerhet i pris og tilsig er de viktigste. For å redusere disse kan et kraftselskap enten justere produksjonen eller handle derivater på Nord Pool eller OTC.

I dagens separate risikostyringsmodell skjer beslutning om handel etter at produksjonen er bestemt. Produksjonsplanlegging optimeres ved dataverktøy som Plansddp, mens handel testes ut manuelt ved verktøy som kW. Muligheten for å integrere beslutningene om produksjon og handel er realisert i dataverktøyet ProdRisk.

Fordelene til ProdRisk framfor den separate modellen er at den foreslår dynamisk handel, optimerer både produksjon og handel, tar hensyn til verdien av sluttmagasinet, samt at den kan justere produksjonen framfor å handle i markedet. Ulempene ved ProdRisk er at den ikke gir rom for egen prisprognose, modellerer ikke inngåelse av opsjoner, vanskeliggjør desentralisert organisering, samt at regnetiden er svært lang med et realistisk antall magasiner.

Separasjonsteoremet sier at markedet må være komplett og perfekt for at produksjons- og handelsbeslutningene kan separeres. Dette underbygges av eksempler gjort i Excel basert på trinomiske trær. Likevel kan det diskuteres om kravet om kompletthet er for strengt da de praktiske fordelene av separasjon kan overgå de teoretiske fordelene ved integrasjon.

Resultatene fra sammenligningen mellom Plansddp/kW og ProdRisk viser at det er et avvik mellom produksjonsplanene, og at avviket stiger med økende straff. Dette kan skyldes for høye transaksjonskostnader, ulik risikoholdning, samt at det er et initielt avvik grunnet ulik inngangsdata. Derfor er det usikkert hvor mye av avviket som skyldes risikostyringen. kW gir kjøp om sommeren, mens ProdRisk foreslår gjennomgående salg. I tillegg er profittfordelingen jevnere i ProdRisk enn i kW for alle straffer innført. Dette viser verdien av dynamisk handel, da tilsigsrisiko kan reduseres i større grad.

Dersom den separate risikostyringsmodellen kan oppgraderes til å inneholde elementært viktige funksjoner som dynamisk handel og optimering av denne, kan det avgjøres om separasjon eller integrasjon er mest fordelaktig. Inntil en slik modell kan realiseres, vil ProdRisk trass i svakhetene være overlegen som risikostyringsverktøy.

Innholdsfortegnelse

1	INNLEDNING	1
2	RISIKOSTYRING I KRAFTBRANSJEN	2
2.1	HVORFOR RISIKOSTYRE PÅ BEDRIFTSNIVÅ.....	2
2.1.1	<i>For kraftbransjen</i>	3
2.2	RISIKOHOLDNING	3
2.3	RISIKOTYPER I KRAFTBRANSJEN.....	4
2.4	KRAFTMARKEDET.....	5
2.4.1	<i>Nord Pool</i>	5
2.4.1.1	Det fysiske markedet.....	6
2.4.1.2	Det finansielle markedet	6
2.4.2	<i>OTC-markedet</i>	7
2.4.3	<i>Derivater på Nord Pool og OTC</i>	7
2.4.3.1	Future- og Forwardkontrakter	7
2.4.3.2	Contracts for Difference (CfD)	8
2.4.3.3	Opsjoner	9
2.4.3.4	Brukstidskontrakter	9
2.5	METODER FOR RISIKOSTYRING	9
2.5.1	<i>Separasjon eller integrasjon</i>	9
2.5.2	<i>Dynamisk eller statisk handel</i>	10
2.5.3	<i>Muligheter innen risikostyring</i>	10
3	DAGENS SEPARATE RISIKOSTYRINGSMODELL	12
3.1	PRODUKSJON	12
3.1.1	<i>Produksjonsplanlegging</i>	12
3.1.1.1	Langtidsplanlegging.....	12
3.1.1.2	Korttidsplanlegging.....	13
3.1.1.3	Produksjonsplanlegging hos Statkraft.....	14
3.1.2	<i>Programvare</i>	14
3.1.2.1	Modellering av vannkraftsystemet	15
3.1.2.2	Samkjøringsmodellen.....	16
3.1.2.3	Vansimtap og Plansddp.....	17
3.2	HANDEL.....	18
3.2.1	<i>Sikringshandel</i>	18
3.2.1.1	Sikringshandel hos Statkraft	18
3.2.2	<i>Programvare: kW 2000/3000</i>	20
4	INTEGRERT RISIKOSTYRINGSMODELL – PRODRISK	23
4.1	HISTORIKK.....	23
4.2	FORMÅL MED MODELLEN.....	23
4.3	LØSNINGSMETODIKK	23
4.4	HOVEDFORUTSETNINGER.....	24
4.5	RISIKOHOLDNING I FORM AV STRAFFEFUNKSJON	24
4.6	MÅLFUNKSJON	25
4.7	RESULTATER I PRODRISK	26
5	SEPARAT VERSUS INTEGRERT RISIKOSTYRING.....	27
5.1	SPESIFIKT FOR MODELLENE.....	27
5.1.1	<i>Aspekter ved kW/Plansddp og ProdRisk</i>	27
5.1.1.1	Skatt og rente	27
5.1.1.2	Prisrekken	27
5.1.1.3	Tidspunkt for beslutning	27
5.1.1.4	Desentralisering	28
5.1.1.5	Risikodefinsjon	28
5.1.1.6	Risikotyper som blir tatt hensyn til	29
5.1.1.7	Handel.....	29
5.1.1.8	Verdi av sluttmagasin.....	30

5.1.1.9	Transaksjonskostnader	30
5.1.1.10	Tidsbruk	30
5.2	EKSEMPEL	31
5.2.1	<i>Oppbygging av modellen</i>	31
5.2.1.1	Den separate modellen	34
5.2.1.2	Den integrert modellen.....	34
5.2.2	<i>Resultater</i>	35
5.2.2.1	Separat	35
5.2.2.2	Integrert.....	35
5.2.2.3	Diskusjon av resultater.....	35
5.2.3	<i>Diskusjon i tilknytning til eksempelet</i>	36
5.3	DISKUSJON OM SEPARAT OG INTEGRERT RISIKOSTYRING.....	37
6	BAKGRUNNSINFORMASJON	40
6.1	SYSTEMBESKRIVELSE	40
7	SEPARAT RISIKOSTYRING	42
7.1	OPTIMERING AV PRODUKSJON UAVHENGIG AV HANDEL	42
7.1.1	<i>Inngangsdata</i>	42
7.1.2	<i>Sammenlikning Plansddp og Vansimtap</i>	42
7.2	OPTIMERING AV SIKRINGSHANDEL	42
7.2.1	<i>Dataverktøy</i>	42
7.2.2	<i>Inngangsdata</i>	43
7.2.3	<i>Kontraktpriser og opsjonspriser i grunnporteføljene</i>	43
7.2.4	<i>Definisjon av risikomål</i>	43
7.2.5	<i>Prosedyre</i>	44
8	INTEGRERT RISIKOSTYRING.....	46
8.1	INNGANGSDATA.....	46
8.2	JUSTERBARE FAKTORER.....	46
8.2.1	<i>Risikooversjon</i>	46
8.2.2	<i>Antall itereringer</i>	47
8.2.3	<i>Justering av sluttmagasin</i>	48
8.2.4	<i>Nivåskift og overgangssannsynligheter</i>	48
8.2.5	<i>Transaksjonskostnader</i>	49
9	TESTING AV PROGRAMMER.....	50
9.1	TESTING AV PLANSDDP.....	50
9.2	TESTING AV PRODRISK.....	50
9.2.1	<i>Risikonøytral produksjon</i>	50
9.2.2	<i>Initielle inntekter</i>	51
10	SIMULERING	53
10.1	JUSTERING AV SLUTTMAGASIN	53
10.2	MAGASIN	54
10.3	PRODUKSJON	55
10.4	AGERING	57
10.4.1	<i>Handel i nåtidspunktet for ProdRisk</i>	58
10.4.2	<i>Total handel</i>	59
10.5	NETTO POSISJON	63
10.6	FORBEDRING AV NEDSIDE.....	64
10.7	PROFITTFORDELING	66
11	RESULTATER I PRODRISK FOR ALLE PORTEFØLJER OG STRAFFETYPER.....	67
11.1	PRODUKSJON	67
11.2	FORVENTNINGSVERDI.....	68
11.3	STANDARDVVIK	68
11.4	STRAFFEKOSTNADER	69
11.5	HANDELSGEVINST	70
11.6	TRANSAKSJONSKOSTNADER	70

12	DISKUSJON AV RESULTATER	71
12.1	SAMMENLIGNING SEPARAT OG INTEGRERT RISIKOSTYRINGSMODELL.....	71
12.2	EVALUERING AV RESULTATENE I PRODRISK ALENE	74
13	FEILKILDER	75
13.1	KRITIKK AV METODE OG VERKTØY	75
13.2	MULIGE ÅRSAKER TIL FEIL	76
14	OPPSUMMERING	78
15	KONKLUSJON	80
16	LITTERATURLISTE	81
	VEDLEGG 1: MÅLFUNKSJONEN I PRODRISK OG PLANSDDP	1
	VEDLEGG 2: PRODRISK	4
	VEDLEGG 3: EKSEMPEL	12
	VEDLEGG 4: OPTIMALITET OG KONVEKSITET	18
	VEDLEGG 5: SIRA-KVINA KRAFTSELSKAP	20
	VEDLEGG 6: INNGANGSDATA	21
	VEDLEGG 7: FORKLARING AV PROSEDYREN I KW	23
	VEDLEGG 8: STRAFF INNFØRT	29
	VEDLEGG 9: RESULTATER	30
	VEDLEGG 10: UFORUTSETTE HENDELSER OG PROBLEMER	37
	VEDLEGG 11: FORSLAG TIL STATKRAFT	40

Figuroversikt

<i>Figur 1.1: Oppgavens oppbygning</i>	1
<i>Figur 2.1: Nyttefunksjon</i>	4
<i>Figur 2.2: Matrise for risikostyringsmodeller og eksempler på disse</i>	11
<i>Figur 3.1: Standard vannkraftmodul</i>	15
<i>Figur 3.2: Gyldighetsområde for kontraktinngåelse</i>	19
<i>Figur 3.3: Eksempel på en ageringsmatrise</i>	20
<i>Figur 3.4: Modell for kW2000</i>	21
<i>Figur 4.1: Eksempel på en straffefunksjon for en resultatperiode</i>	25
<i>Figur 5.1: Tre som ble bygget</i>	32
<i>Figur 5.2: Node i treet</i>	33
<i>Figur 5.3: Illustrasjon sammenfalling av pris og tilsig</i>	36
<i>Figur 8.1: Oversikt over straff innført</i>	47
<i>Figur 9.1: Produksjon fra Plansddp og ved risikonøytral simulering i ProdRisk</i>	50
<i>Figur 10.1: Magasinbeholdning for portefølje C i Plansddp og ProdRisk</i>	54
<i>Figur 10.2: Produksjon portefølje C i Plansddp og ProdRisk</i>	55
<i>Figur 10.3: Eksempel på hvordan handel genereres i ProdRisk</i>	59
<i>Figur 10.4: Handel for vinter 1 år 2004</i>	60
<i>Figur 10.5: Handel for sommer år 2004</i>	61
<i>Figur 10.6: Handel for vinter 2 år 2004</i>	62
<i>Figur 10.7: Nettoposisjon Plansddp og kW</i>	63
<i>Figur 10.8: Nettoposisjon ProdRisk</i>	64
<i>Figur 10.9: Bedring av nedside portefølje B</i>	65
<i>Figur 10.10: Profittfordeling år 2004 portefølje C</i>	66

Tabelloversikt

<i>Tabell 2.1: Type forwardkontrakter handlet på Nord Pool (Nord Pool, 2001B)</i>	8
<i>Tabell 6.1: Nøkkeldata for totalsystemet (Sira-Kvina kraftselskap, informasjonshefte)</i>	40
<i>Tabell 8.1: Symboler</i>	46
<i>Tabell 9.1: Årlig produksjon Plansddp versus ProdRisk for risikonøytral kjøring</i>	51
<i>Tabell 9.2: Risikonøytrale inntekter kW versus ProdRisk i Mkr</i>	52
<i>Tabell 10.1: Sluttmagasin</i>	53
<i>Tabell 10.2: Produksjonstall for Plansddp og alle straffetyper og porteføljetyper</i>	56
<i>Tabell 10.3: Oversikt over forventningsverdi i kW og ProdRisk</i>	57
<i>Tabell 10.4: Total handel i kW og ProdRisk på årsbasis og totalt for analyseperioden</i>	58
<i>Tabell 11.1: Resultater for analyseperioden for alle porteføljer og straffetyper i ProdRisk</i>	67

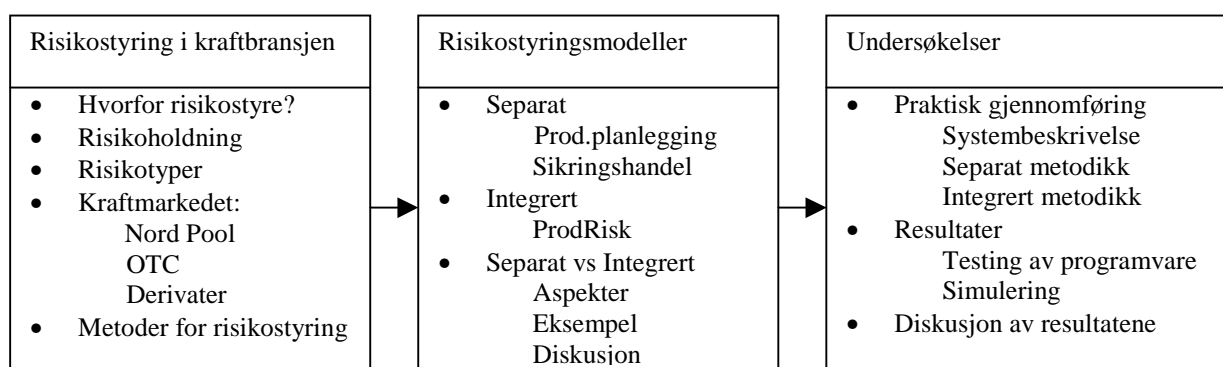
1 Innledning

Generell finanst teori sier at det ikke er av betydning om bedrifter driver risikostyring da investorer kan gjøre dette selv. En grunn til at dette likevel gjennomføres er at det kan være billigere for selskapet enn for dets eiere. I kraftbransjen er risikostyring omfattende da kraftprodusenter må forholde seg til flere typer risiki, der usikkerhet i nedbør og prisutvikling er de viktigste.

Risikostyring kan gjennomføres enten ved å justere produksjonen og/eller handle derivater på Nord Pool eller i det bilaterale markedet. Handelen kan dessuten enten foregå statisk eller dynamisk. I dag er det vanlig at planlegging av produksjon og handel av kontrakter foregår separat, og med nåtidspunktet som eneste handelsbeslutning. Muligheten for å integrere disse samt dynamisk handel er realisert i dataverktøyet ProdRisk.

I denne oppgaven vil samkjøringen av produksjonsplanlegging og sikringshandel bli analysert med tanke på å integrere disse framfor å løse optimaliseringsproblemene separat. Dagens metodikk basert på separat planlegging vil bli sammenlignet med programmet ProdRisk som integrerer produksjon og handel. Siden ProdRisk foreslår dynamisk handel mens handelstrategien i dagens modell er statisk, vil det også eksperimentelt bli undersøkt om integrasjon er fordelmessig framfor separasjon når det for begge tilfeller er mulig med dynamisk handel.

Oppgavens oppbygning er vist i figur 1.1.



Figur 1.1: Oppgavens oppbygning

2 Risikostyring i kraftbransjen

2.1 *Hvorfor risikostyre på bedriftsnivå*

Professorene Franco Modigliani og Merton Miller (MM) beviste i sitt arbeid fra 1958 at verdien til et firma er uavhengig av dets kapitalstruktur (Brigham, Gapenski og Daves, 1999). Underliggende forutsetninger for dette teoremet er at markedet er perfekt, det vil si at skatter sees bortifra både for firmaet og individet, at det er ingen konkurs- eller transaksjonskostnader og at det er ingen asymmetrisk informasjon.

Teorien til MM impliserer at det ikke er nødvendig å risikostyre fra et bedriftsmessig perspektiv siden investorene kan gjøre dette selv. Boye (2000) hevder at aksjonærer kan kvitte seg med diversifiserbar risiko, og i tillegg kan de regulere hvor stor udiversifiserbar risiko de vil påta seg gjennom den måten de setter sammen sin portefølje.

I praksis er ikke markedet perfekt slik som MM forutsetter og bedrifter bør drive risikostyring dersom dette er fordelsmessig for eierne. Ifølge Fleten (2000A) er det skalafordeler ved risikostyring og det er derfor billigere for et firma enn for en investor å gjøre dette. Brigham et al (1999) hevder også at firmaer har lavere transaksjonskostnader grunnet større volum handlet. Grunnet at ledere har bedre kjennskap til bedriften, er det mer sannsynlig at disse kan justere firmaets utsettelse for risiko enn eksterne investorer. Dessuten er det større sannsynlighet for at firmaets ansatte har nødvendig kompetanse og kunnskap innen risikostyring i den gitte bransjen enn investorer.

En av grunnene til å risikostyre på bedriftsnivå ifølge Mayers og Smith (Ross, 1996) er fordi interessenter i firmaet som ansatte, kunder og leverandører vil kreve høye vilkår ved å inngå kontrakter med firmaer som opererer med høy risiko. Boye (2000) hevder at slike interessenter er opptatt av den totale risikoen bedriften er utsatt for blant annet fordi disse har små muligheter for å selv diversifisere, som for eksempel er tilfellet for de ansatte.

Ifølge Brigham et al (1999) finnes det ikke bevis for at risikostyring øker verdien til firmaet, men at det likevel finnes flere gode grunner for firmaer til å håndtere risiko. Risikostyring kan redusere volatiliteten til kontantstrømmen, og dette reduserer sannsynligheten for å gå

konkurs. Firmaer som går konkurs har høye juridiske og regnskapsmessige kostnader samtidig som det er vanskelig å opprettholde forholdet til kunder, leverandører og ansatte.

Videre hevder Brigham et al (1999) at firmaer med en lav risikoprofil i driften vil kunne ha en større gjeldsandel hvilket videre kan gi høyere verdi per aksje grunnet for eksempel skattefordel. Ved å stabilisere kontantstrømmen i form av risikostyring kan dessuten kapitalbehovet bli tilfredsstilt over tid uten å måtte ty til ekstern finansiering.

2.1.1 For kraftbransjen

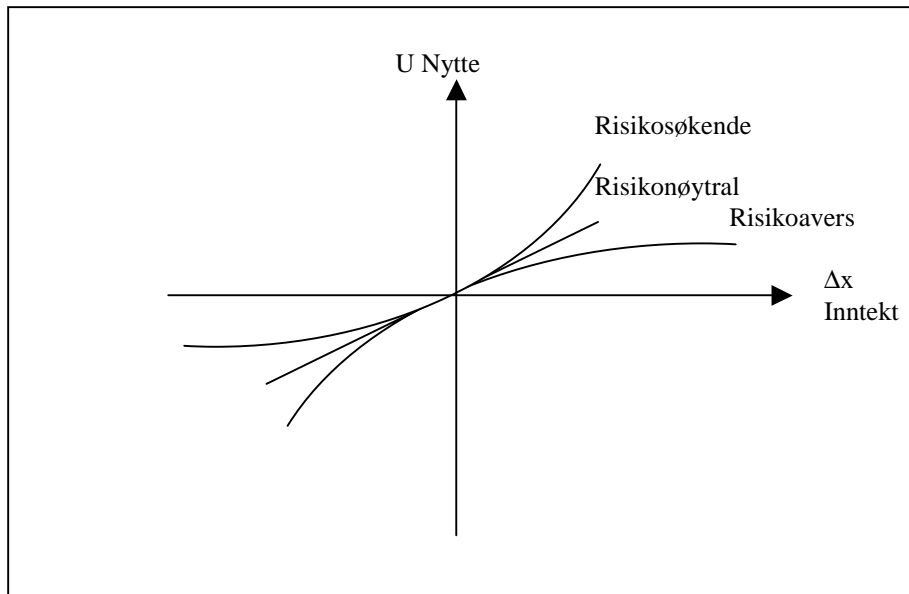
Kraftbransjen har i lang tid og er fortsatt delvis eid av det offentlige, men i de siste årene er bransjen preget av privatisering. Det er fornuftig å anta at for eksempel staten er godt diversifisert, men det finnes likevel grunner til at kraftselskaper uavhengig av eierskap bør drive risikostyring.

For det første er det billigere for et kraftselskap å operere i derivatmarkedet. Dette gjelder spesielt for kraftmarkedet hvor det er faste avgifter for aktørene på for eksempel Nord Pool. For det andre besitter kraftselskapene mer informasjon enn eierne. For det tredje reduserer dette sannsynligheten for å gå konkurs eller havne i finansielle vanskeligheter, hvilket er ønskelig for alle interessenter.

2.2 Risikoholdning

Dersom risikostyringen skal gjennomføres fra et bedriftsmessig perspektiv, er det naturlig å ta utgangspunkt i nytteteori for å beskrive bedriftens holdning til risiko. I realiteten er nytteteori relatert til individers ønske, det vil si subjektiv beslutning om lønnsomhet.

Bernoullis hypotese fra 1738 sier at individer tar investeringsbeslutninger med ønske om å maksimere forventet nytte. Det betyr at det ikke bare er forventningsverdien til inntekten, eller økning i formue, men også hensynet til egen risikoholdning som må evalueres når det skal tas beslutning i situasjoner som inneholder usikkerhet (Botterud, Flatabø, Gjeldsvik og Mo, 2001D).



Figur 2.1: Nyttefunksjon

Nytteteori er basert på at aktører enten kan være risikonøytrale, risikoaverse eller risikosøkende. En risikoavers aktør foretrekker et sikkert utfall framfor et usikkert utfall med samme forventningsverdi og er dermed villig til å betale for å unngå risiko. Den marginale nytten er altså avtakende grunnet at dersom inntekten dobles, blir ikke den opplevde nytten det dobbelte. Nyttefunksjonen til en risikoavers aktør blir derfor konkav som vist i figur 2.1.

Dersom aktøren er risikonøytral er det kun forventningsverdien og ikke risikoen som er av betydning. En risikosøkende aktør har en økende grensenytte ved at når inntekten øker, øker den marginale nytten og en slik aktør vil være villig til å ta betaling for å ta på seg risiko. En slik aktør vil ha en konveks nyttefunksjon, vist i figur 2.1.

Siden kraftprodusenter vanligvis ikke er involvert i andre markeder, støtter dette opp om interessen for risikostyring i denne bransjen. Ifølge Botterud et al (2001D) er det naturlig å anta at de fleste kraftselskaper følger en risikoavers strategi.

2.3 Risikotyper i kraftbransjen

Wangensteen (2001) klassifiserer flere typer risiko i kraftmarkedet som politisk, juridisk, teknisk risiko og markedsrisiko.

Politisk og juridisk risiko kan være endringer i rammebetingelser som for eksempel energiloven, konsesjonslover, rentenivå, valutakurser, eller endrede regler for kraftutveksling med utlandet. Teknisk risiko er knyttet til feil ved overføringsnett eller produksjonsanlegg.

Markedsrisiko er knyttet til prisendringer som følge av tilbud og etterspørsel. Tilbudet er blant annet gitt av produksjonsanlegg, tilsig, overførings- og importmuligheter. Etterspørselen er gitt av blant annet industri, elektriske installasjoner, temperatur eller værforhold og eksportmuligheter.

Det er flere typer markedsrisiko som mengderisiko, motpartsrisiko, likviditetsrisiko og prisrisiko. Mengderisikoen er knyttet til tilsig og temperaturavhengig forbruk. Motpartsrisikoen som skyldes usikkerhet hos leverandør eller betalere, kan reduseres ved å handle via Nord Pools clearing-tjeneste. Risiko for likviditet refererer til at det kan være vanskelig å få solgt eller kjøpt kontrakter i markedet, men dette ikke tilfelle i dagens marked. Prisrisikoen har med usikkerhet i fremtidig pris å gjøre.

Det er pris og tilsigsrisiko som det vil bli tatt hensyn til videre i oppgaven, og disse kan reduseres ved blant annet å handle i kraftmarkedet.

2.4 Kraftmarkedet

Etter dereguleringen på 90-tallet har det nordiske kraftmarkedet vært organisert via kraftbørsen Nord Pool og det bilaterale markedet, kalt OTC ("Over The Counter"). I Norge finnes i tillegg regulerkraftmarkedet styrt av Statnett som er systemoperatør. I dette markedet blir tilbudet til enhver tid justert etter etterspørselen slik at det ikke oppstår avvik. Det er produsenter og storforbrukere som teknisk har mulighet til å raskt justere produksjonen og forbruket som deltar i regulerkraftmarkedet.

2.4.1 Nord Pool

Nord Pool er en internasjonal og nøytral elektrisitetsbørs som eies av den norske systemoperatøren Statnett (50%) og det tilsvarende Svenska Kraftnät (50%) i Sverige (Nord Pool, 2001D). Det handles på to forskjellige markeder på Nord Pool; det fysiske og det

finansielle. I tillegg har Nord Pool ytterligere to forretningsområder; Nordic Electricity Clearing (NEC) og Informasjon/ Statistikk – EMIS.

Aktørene på det fysiske markedet er både fra Norge, Sverige, Finland og Danmark. Aktører fra Tyskland og Polen er også med via kabelforbindelser. Dette markedet er åpent for konkurranse på kraftsiden, men nettet er fortsatt regulert. I det finansielle markedet er aktører fra flere nasjoner involvert, eksempelvis fra USA og Nederland (Wangensteen, 2001).

2.4.1.1 Det fysiske markedet

I det fysiske markedet (spotmarkedet) på Nord Pool sender anmelderne inn daglig hvilke kvantum de ønsker å kjøpe eller selge til ulike markedspriser for den kommende dagen. Ut av disse totale kjøp- og salgsbudene dannes et markeds kryss mellom tilbud og etterspørsel, som markerer det neste døgns kommende systempris for hver time (Nord Pool, 2001C).

Alle aktører på børsen er knyttet til et bestemt område i Norden avhengig av geografisk beliggenhet, og for eksempel deles Norge normalt opp i to områder. Anmelderne må melde sitt kjøp og salg til et bestemt område, avhengig hvor de har tilknytningspunkt i nettet. I hvert område dannes en unik spotpris, kalt områdepris. For Norden som helhet vil det beregnes en systempris, som er en referansepris for hele markedet.

Årsaken til ulike priser i de forskjellige områder i Norden skyldes overføringsbegrensninger i kapasiteten i nettet. På grunn av overskudd av elektrisk kraft i et område og underskudd i et annet vil det oppstå flaskehals, og prisen blir ulik. Spotprisen i overskuddsområdet vil bli lavere enn i underskuddsområdet, mens systemprisen vil ligge et sted mellom disse to (Wangensteen, 2001).

2.4.1.2 Det finansielle markedet

Det er ingen fysisk levering i det finansielle markedet. Finansielle kontrakter blir derfor inngått uten tanke på tekniske begrensninger som flaskehals eller nettilgang. Oppgjøret blir utført av NEC mot de individuelle markedsdeltakerne.

De forskjellige typene derivater som i dag blir handlet på Nord Pools finansielle marked er future-, forward-, Cfd-kontrakter og opsjoner. Referanseprisen for det finansielle markedet er systemprisen for det totale nordiske kraftmarkedet.

2.4.2 OTC-markedet

OTC-markedet kalles også det bilaterale markedet og her omsettes bilaterale kontrakter som er inngått via megler direkte mellom to avtalepartnere, og i motsetning til Nord Pool er prisene vanligvis konfidensielle. Det er ingen clearing uten videre (Wangensteen, 2001), men likevel meldes nesten all handel på OTC-markedet inn til Nord Pool for clearing.

Dette markedet er volummessig flere ganger større enn børsen. I OTC-markedet omsettes både kontrakter og opsjoner, og disse kan være ”skreddersydd” etter aktørens ønske, i motsetning til Nord Pool der alle kontraktene er standardiserte (Wangensteen, 2001).

2.4.3 Derivater på Nord Pool og OTC

Derivater er finansielle instrumenter som har verdi avhengig av verdien på det underliggende produkt. Eksempler på slike instrumenter er future-, forwardkontrakter og opsjoner, og disse kan bli handlet enten på en organisert børs som Nord Pool eller OTC.

Handel med derivater gjør det mulig i finansmarkeder å forta spekulasjon, risikostyring og arbitrasje. I kraftmarkedet brukes slike derivater for å risikostyre en portefølje ved å minke risikoen knyttet til for eksempel usikkerhet i tilsig og priser. Dersom en aktør tror på en egen prisprognose, kan også derivater brukes for å lukke inn gevinst. I tillegg finnes de spekulanter som tjener på at kraftmarkedet er sterkt volatil, og disse bidrar til høy likviditet og aktivitet.

Det finnes i prinsippet mange sikringsinstrumenter, men trenden har vist at kun et fåtall er hyppigst brukt (Holtan, 2002). Disse vil her bli omtalt.

2.4.3.1 Future- og Forwardkontrakter

En forward- eller futurekontrakt er en avtale om å kjøpe eller selge en vare i fremtiden til en gitt pris. Mest sannsynlig vil spotprisen på leveringstidspunktet avvike fra markedsprisen ved inngåelsen av kontrakten. Avviket mellom den forventede spotprisen på et tidspunkt t i fremtiden og den markedsbestemte prisen bestemt av forwardkontraktene på Nord Pool med levering på tidspunkt t , definerer markedsprisen på risiko, eller risikopremien.

De futurekontraktene som blir handlet på Nord Pool er enten dagkontrakter, ukeskontrakter, eller blokkkontrakter av fire uker. Disse blokkkontraktene blir splittet opp i uker når tiden for

levering nærmer seg. For futurekontrakter gjøres gevinster og tap opp daglig på en clearingkonto. Ved sluttoppgjøret kan kontrakten enten innløses finansielt, eller den kan bli brukt som sikring mot det fysiske markedet. Maksimal tidshorisont før levering på futurekontrakter er 8-12 måneder (Nord Pool, 2001B).

Forwardkontraktene som handles på Nord Pool er standardiserte inndelt i sesonger eller år, se tabell 2.1. Maksimal tidshorisont før levering er fire år på disse kontraktene.

Tabell 2.1: Type forwardkontrakter handlet på Nord Pool (Nord Pool, 2001B)

Sesong	Tid
Vinter 1	1. Januar- 30. April
Sommer	1. Mai- 30. September
Vinter 2	1. Oktober- 31. Desember
År	1. Januar- 31. Desember

De årlige kontraktene blir delt inn i sesongkontrakter. I handelsperioden før leveringsdato er det ikke noe reelt daglig oppgjør, men disse blir i stedet akkumulert til sluttoppgjøret. Forwardkontrakter krever derfor ikke at partene har clearingkontoer før leveringsdato, da reelt oppgjør begynner og fortsetter utover leveringsperioden. Hovedforskjellen mellom forward- og futurekontrakter består derfor i oppgjørsmessige ulikheter.

2.4.3.2 Contracts for Difference (CfD)

CfD-kontrakter ble innført for å muliggjøre en sikring mot basisrisiko, forskjellen mellom områdepriser og systemprisen fastsatt på Nord Pool. CfD er en type forwardkontrakt, og markedsprisen til en CfD-kontrakt reflekterer markedets antakelse om prisforskjellen mellom systempris og områdepris. For å gjøre en mest mulig fullstendig sikring kan man kjøpe ønsket volum via forward, og deretter sikre prisforskjeller for samme periode og volum ved i tillegg å bruke en CfD-kontrakt (Nord Pool, 2001B).

2.4.3.3 Opsjoner

En opsjon er en rettighet, men ikke plikt til å kjøpe eller selge en vare til en fastsatt pris innen eller på et bestemt tidspunkt i framtiden. Opsjoner på å selge (put opsjoner) eller opsjoner på å kjøpe (call opsjoner) kan enten selges eller kjøpes.

På Nord Pool handles kun standardiserte europeiske opsjoner med forwardkontrakter som underliggende produkt. Disse opsjonene er standardiserte med hensyn til løpetid og innløsningspris, og kontraktstørrelsen på den underliggende terminkontrakten er 1 MW. Profitten på disse opsjonene blir fastgjort den dagen opsjonen blir innløst, og denne avhenger av differensen mellom prisen på de underliggende forwardkontraktene og innløsningsprisen, samt premien som er betalt. Opsjonskontraktene som omsettes OTC kan være både europeiske, amerikanske og asiatiske.

2.4.3.4 Brukstidskontrakter

Bruktidskontrakter er en type kontrakt som kan sees på som en enmagasinmodell uten restvann ved analyseperiodens slutt. Mengden og prisen på kontrakten er bestemt på forhånd, men tidspunktet for uttaket kan delvis styres av aktøren selv. Det er derfor mest naturlig å anta at kontrakten vil bli tatt ut med maks effekt om vinteren når prisen er høyest.

2.5 Metoder for risikostyring

2.5.1 Separasjon eller integrasjon

Etter dereguleringen har kraftselskaper blitt mer profitorienterte, og følgelig har det blitt rettet mer fokus mot risikostyring da dette kan justere fordelingen av inntektene. For å håndtere risiki som pris og tilsig kan kraftselskaper enten justere produksjonsfordelingen eller handle derivater i kraftmarkedet (Fleten, Wallace og Ziemba, 1997).

Frem til i dag har det vært vanlig å drive risikostyring basert på å separere beslutningene om produksjon og handel. For at kraftselskapet skal kunne ha mulighet til å justere produksjonsplanene for å redusere risiko, må beslutning om produksjon og handel derimot skje i en integrert modell (Fleten et al, 1997).

Til grunn for en separering er separasjonsteoremet, og tankegangen for dette teoremet er hentet fra Copeland og Weston (1992), samt diskusjon med Fleten (2002). Teoremet sier at gitt et perfekt og komplett marked kan beslutningene om produksjon og handel skje uavhengig av hverandre. Et perfekt marked betyr at ingen aktører skal kunne ha mulighet til å påvirke prisen slik at det oppstår markedsrett. Et komplett marked betyr at all usikkerhet i markedet kan elimineres ved å inngå kontrakter. Inntekten til kraftprodusenten vil ved et komplett marked bli den samme uansett hvilke utfall av fremtiden som inntreffer og uansett hvilken holdning denne aktøren har til risiko.

2.5.2 Dynamisk eller statisk handel

En annen dimensjon for risikostyringsmodeller er dynamisk versus statisk handel. En dynamisk modell vil ta hensyn til muligheten for å handle i fremtiden, og følgelig vil det handles mindre i dag. En statisk modell ser nåtidspunktet som eneste mulighet for handel over en gitt analyseperiode, og derfor vil det handles mer i dag enn for den dynamiske modellen.

Det vil være en fordel å utsette handelen dersom det finnes transaksjonskostnader i markedet. Grunnen til dette er at dersom beslutningen om kontraktinngåelse kun skjer i nåtidspunktet, vil det handles for mye og kostnadene blir unødvendig høye. Dersom muligheten for fremtidig kontraktinngåelse inkluderes, vil dette redusere transaksjonskostnadene ved at det handles mindre i dag.

Et annet motiv for å handle på et senere tidspunkt er dersom markedet ikke er likvid nok slik at ønskede derivater ikke er tilgjengelige. Ifølge Røynstrand (1998) vil mengdeusikkerheten være en annen grunn til utsettelse av handel. Dette fordi at det er en verdi i å vente på ny informasjon. Dersom informasjon om både mengde og pris blir gradvis kjent for et gitt leveringstidspunkt, vil det lønne seg å handle i hele perioden frem til dette. Dette kan mulig føre til at tilsigsrisikoen kan reduseres i større grad.

2.5.3 Muligheter innen risikostyring

Både separat og integrert risikostyring kan gjennomføres med og uten dynamisk handel. Spennet av mulige utfall for disse to dimensjonene er vist i figur 2.2.

	Separat	Integrert
Statisk	Dagens separate risikostyringsmodell	Ikke undersøkt i oppgaven
Dynamisk		ProdRisk
	Eksempel i kapittel 5.2.1	

Figur 2.2: Matrise for risikostyringsmodeller og eksempler på disse

Som figuren over viser er dagens metodikk for risikostyring basert på separasjon, samt at handelen er statisk. Det foreligger i dag også modeller som for eksempel ProdRisk basert på integrering, og denne ser også på muligheten for dynamisk handel. Det er i utgangspunktet forskjellen mellom disse modellene som vil bli undersøkt i oppgaven. For å undersøke om en integrasjon i seg selv er fordelsmessig, vil også et eksempel bli gjennomført med dynamisk handel basert på både separering og integrering. Integrering basert på statisk handel vil ikke bli belyst videre grunnet tidsbegrensning, samt at det i kapittel 2.5.2 er argumentert for fordelene ved dynamisk handel.

3 Dagens separate risikostyringsmodell

I dette kapittelet vil dagens metodikk for risikostyring bli presentert. Først vil teori og programvare for produksjonsplanlegging forklares og deretter for sikringshandel.

3.1 Produksjon

3.1.1 Produksjonsplanlegging

For å kunne disponere vann som brukes til elektrisk kraft på en mest mulig optimal måte med tanke på både inntekter og pålagte begrensninger, er det kritisk å planlegge produksjonen og fordele denne. En slik planleggingsprosess deles for et tradisjonelt vannkraftsystem inn i to deler; korttids- og langtidsplanlegging (Wangensteen, 2001).

Vannet som ligger i magasinet er av verdi siden tilsiget ikke er ubegrenset og vannkraftprodusenter vil til en hver tid stå overfor et valg om hvordan den neste kWh i magasinet skal disponeres. Disse valgene kan være å

- tappe vannet og produsere kraft som kan selges på spotmarkedet i dag
- lagre vannet for å vente med produksjon og salg til senere anledning

3.1.1.1 Langtidsplanlegging

Langtidsplanlegging omfatter vanligvis perioden fra i dag til 0,5-5 år fremover i tid, og det er i denne planleggingsdelen at disponeringen av vannmagasinene bestemmes. En slik planlegging kan på bakgrunn av usikkerhet i nedbør behandles som et stokastisk optimeringsproblem.

For en vannkraftprodusent vil den mest sentrale oppgaven bli å kunne avgjøre hvilket av de to punktene innledningsvis som gir best økonomisk resultat. Det første punktet er avhengig av dagens spotpris i markedet, hvilket lett kan observeres. Problemet blir derfor å beregne verdien av produksjon og salg i fremtiden. For å kunne gi et svar på om det er mer lønnsomt å produsere i dag eller å vente med dette må vannverdien tas i betraktning. Vannverdien er definert som forventet framtidig marginal verdi av lagret vann, og gir derfor informasjon om verdien av den neste kWh som er i magasinet (Tanem, 2002).

Det vil derfor til en hver tid være denne verdien som fungerer som beslutningsgrunnlag for eventuell produksjon, og det må beregnes en vannverdi for hvert eneste magasin og alle nivå i magasinene. Dersom denne marginalkostnaden er lavere enn spotprisen skal magasinet tappes til disse størrelsene blir like. Ved en høyere vannverdi enn spotpris skal produksjonen reduseres til størrelsene er identiske og alternativet kan være å kjøpe kraft til spotpris (Wangensteen, 2001).

Denne marginalkostnaden, eller vannverdien, er avhengig av produksjons- og lagringsmulighetene i egne verk, men også kraftmarkedet gjennom spotprisen. Denne verdien må altså beregnes med bakgrunn i både kjente og usikre data. De kjente dataene er magasininnhold og reguleringsgrad.

De usikre dataene kan for eksempel være fremtidig vanntilsig, etterspørsel og spotpris. Andre usikkerhetsmomenter kan være kullpris, oljepris, gasspris, forbruksvekst, avgiftspolitik, kapasitet og nettutbygging. På bakgrunn av disse usikre dataene er det nødvendig å utarbeide prognoser om mulige utfall av fremtiden. Disse prognosene kan blant annet ta utgangspunkt i historiske data og kan på den måten gi uttrykk for både normale og ekstreme verdier.

Selv om vannverdien er et hjelpemiddel til å finne fysiske og økonomiske konsekvenser ved ulike tilsigsalternativer og strategier sier ikke denne verdien i seg selv noe om dette. Det er likevel svært sentralt å kartlegge disse konsekvensene før beslutninger om produksjon i dag eller fremtiden kan bestemmes. Dette kan blant annet gjennomføres ved hjelp av modeller som er forklart i kapittel 3.1.2.

3.1.1.2 Korttidsplanlegging

Med korttidsplanlegging menes detaljert planlegging av aggregater i drift og den fysiske produksjonsfordelingen mellom de enkelte stasjoner. Det er i denne sammenheng å kartlegge markedsprisene da det er disse prisene opp i mot vannverdien som fungerer som beslutningsgrunnlag for kjøp eller salg. Tidsperioden for slik planlegging er opp til en uke, men deles gjerne opp i intervaller ned mot mindre enn en time (Wangensteen, 2001).

For å få en sammenheng mellom langtids- og korttidsplanlegging blir beslutninger på det langsiktige nivået tatt vare på gjennom vannverdier eller tappefordelinger.

3.1.1.3 Produksjonsplanlegging hos Statkraft

Produksjonsplanlegging er en svært avgjørende arbeidsoppgave for vannkraftprodusenten Statkraft når det gjelder inntekt og budsjettering. Før produksjonsplanleggingen kan finne sted er det viktig at det er samlet inn nok informasjon slik at de ulike modellene og dataprogrammene kan benyttes. Dette gjøres av hydrologer og meteorologer som innsamler og bearbeider data gjeldende tilsig og vær. Slik informasjon kan for eksempel være snømåling, vannstand i magasiner og værmeldinger. Videre samles inn data som omhandler markedet.

Når informasjon om produksjonsapparatene og magasinene er innhentet, kan den langsiktige produksjonsplanleggingen starte. Hos Statkraft skjer dette gjennom egen kjøring av Samkjøringsmodellen, i motsetning til en del mindre kraftselskaper som kjøper inn både denne type data samt informasjon omtalt i avsnittet over. Modellen kjøres minst én gang hver uke, og hver uke vil derfor nye produksjonsprognoser, prisrekker og vannverdier genereres.

For den kortsiktige produksjonsplanlegging brukes hovedsakelig den delen av Samkjøringsmodellen som kalles Sesongmodellen. Ut i fra denne beregnes vannverdier for hvert eneste magasin i systemet, og disse vannverdiene sammen med en revidert prisprognose benyttes for å generere produksjonsplaner i programmet SHOP (Tanem, 2002). Oppløsningen for dette programmet kan være ned mot en time.

Med bakgrunn i disse kjørte programmene foregår den daglige rutinen med anmelding til børsen og bestemmelse av den daglige fysiske produksjonen. Dette skjer på driftsentralen i samarbeid med både hydrologer, analytikere og de fire regionale driftsentralene.

De produksjonsprognosene som genereres av Samkjøringsmodellen brukes ikke i tilknytning til produksjonsplanlegging, men som inngangsdata til risikostyring. I risikostyring benyttes også den prisrekken som denne modellen genererer, og den fungerer som et beslutningsgrunnlag for eventuelt kjøp eller salg av kontrakter (Tanem, 2002).

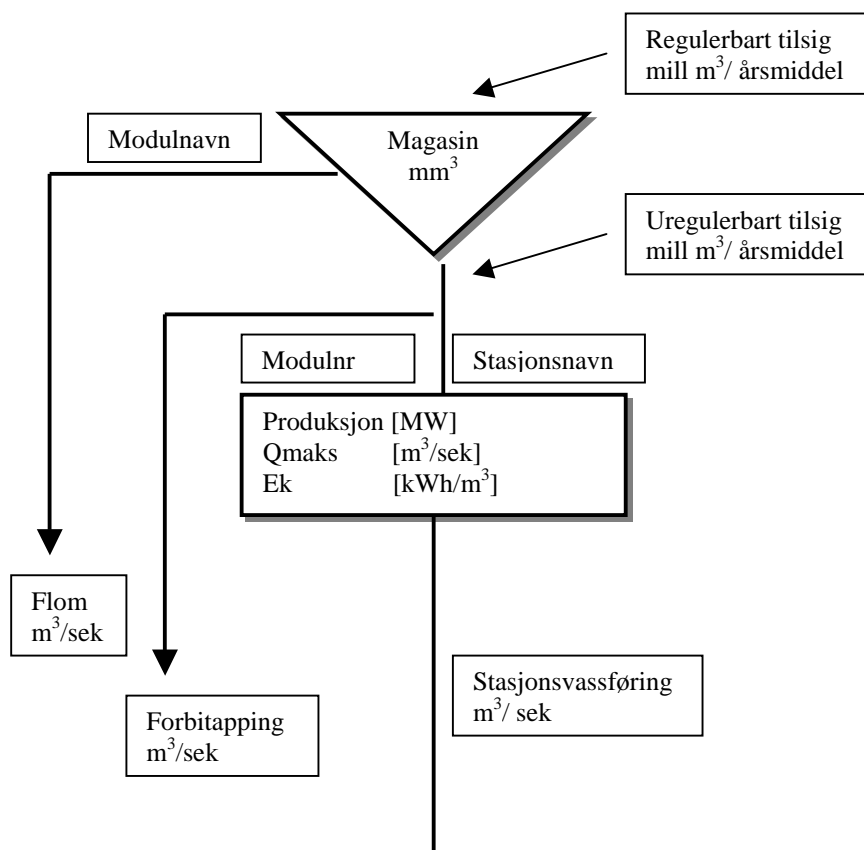
3.1.2 Programvare

I det følgende kapittelet vil de dataverktøy som er relevant for gjennomføringen av det praktiske arbeidet i rapporten i tilknytning til produksjonsplanlegging bli beskrevet. Først vil

modelleringen av vannkraftsystemet bli forklart da dette er felles for programvaren som vil bli anvendt.

3.1.2.1 Modellering av vannkraftsystemet

Både i Samkjøringsmodellen, Vansimtap og Plansddp blir vannkraftverk modellert ved å bruke standardmoduler. En slik standardmodul er vist i figur 3.1 og i modellen av vannkraftverket vil flere slike standardmoduler være knyttet sammen via vannveier for stasjonsvannføring, forbitapping og flom/overløp.



Figur 3.1: Standard vannkraftmodul

Hver modul kan bestå av en stasjon og et magasin, tilsig, restriksjoner og eventuelt pumpedata. Topologien bestemmer hvordan modulene knyttes sammen, og for hver modul angis det modulnummer for stasjonsvannføring, forbitapping og flomvann som viser hvilken neste modul vannet skal føres til.

Pumpedata for en vannkraftmodul er effekt som trengs til pumping, sammenhengen mellom løftehøyde og maksimal mengde pumpet vann, samt magasin det pumpes til og fra. Enkelte

vannkraftstasjoner kan enten reversere sine turbiner slik at vannet pumpes opp til magasinet, eventuelt kan det være installert en ren pumpe som pumper vann til et annet magasin.

3.1.2.2 Samkjøringsmodellen

Utviklingen av Samkjøringsmodellen startet på 70-tallet av forskere ved EFI. Modellen benyttes i dag av en rekke aktører i kraftmarkedet i Norden, og kan kjøres både på operativsystem Windows NT og Unix (Samkjøringsmodellen, brukermanual).

Samkjøringsmodellen kan sees på som en markedssimulator. Det betyr at den optimaliserer utnyttelsen av hydrotermiske system basert på vannverdimetoden, tilbud og etterspørsel av elektriske kraft. Modellen gir videre innsikt i prisdannelser, energiøkonomi, energiflyt, miljøkonsekvenser og leveringskvalitet av kraft. Ved hjelp av modellen kan både lokale og nasjonale energiresurser simuleres, både ved vannbaserte og hydrotermiske kraftsystemer.

Kraftsystemet som kan behandles er satt sammen av en rekke delområder og modellen er en flerområdemodell. Dette samlede systemet kan være gitt av flere magasin og områder med overføringsmuligheter, og modellen er derfor godt egnet til å analysere store elkraftsystemer.

Samkjøringsmodellen består av to deler: en strategidel hvor vannverdier beregnes, og en simuleringsdel for fysiske og økonomiske konsekvenser for ulike tilsigsalternativ. I den første delen blir hvert delområde representert med en enmagasinmodell, og vannverdiene tilhørende disse beregnes ved bruk av stokastisk dynamisk programmering. Hver vannverdi vil bli beregnet uten forbindelse til de andre. I hver iterasjon tilføres så informasjon om mulighetene for kraftutveksling med de andre områdene og den initielle vannverdien korrigeres (Wangensteen, 2001).

I simuleringsdelen, som etterfølger vannverdiberegningene, simuleres driften av vannkraftverkene for et antall historiske tilsigsår. Fordelingen vil bli presentert på ukensnivå og inneholde disponering av vann og produksjon i hvert område. En enda mer detaljert fordeling vil deretter skje i en tappefordelingsmodell tilknyttet hvert delområde, og produksjonen vil da fordeles på de tilgjengelige kraftstasjonene.

Denne delen vil altså gi en omfattende og detaljert presentasjon av vannkraftsystemet i hvert delområde og de elektriske forbindelsene mellom dem. Dette inkluderer både disponering av

vann, leveranser, utveksling mellom områder, økonomiske resultat, prisutvikling på spotmarkedet (prisrekker), utslipp og marginale nytteverdier.

3.1.2.3 Vansimtap og Plansddp

Vansimtap og Plansddp er som Samkjøringsmodellen dataverktøy som brukes for å gi et best mulig grunnlag for utnyttelsen av vannkraftressurser. (Samkjøringsmodellen består av flere Vansimtapmodeller.) Vansimtap er mest utbredt som beslutningsstøtte til drift på lang sikt og sesongplanlegging. Plansddp som ble utviklet først på 90- tallet er på testnivå og denne kan ha en planleggingshorisont på flere år, men er i første rekke utviklet for sesongplanlegging. I oppgaven vil Vansimtap kun bli brukt som kvalitetssikring på simuleringene i Plansddp.

I Vansimtap er optimaliseringen delt inn i to deler som i Samkjøringsmodellen, en strategidel og en simuleringsdel. Det vises til kapittel 3.1.2.2 for forklaring av disse delene. Målet er å finne en strategi som maksimerer forventet overskudd, gitt en prognose for fremtidig prisutvikling (Vansimtap, brukermanual). For å maksimere dette overskuddet velges det til en hver tid å produsere fra de magasinene med vannverdi lavere enn spotprisen i markedet.

I Plansddp skjer optimeringen ved hjelp av en spesiell algoritme kalt SDDP, som ligner Benders dekomponering for nøstede flerstegsproblemer, men som i tillegg til dekomposisjon også baserer seg på tilfeldige uttrekninger (Fleten, 2002). For hver iterasjon foretas én foroversimulering og én baklengs rekursjon. Driftstrategien per uke fremkommer i foroversimuleringen. Av bakover rekursjonen fremkommer fremtidige inntektfunksjoner per uke, og disse danner grunnlaget for utviklingen av driftstrategien. Det vises til vedlegg 1 for utdyping av målfunksjonen og denne prosedyren, samt Benders dekomponering.

Hovedforskjellen mellom de to modellene er at Vansimtap er bygd på stokastisk dynamisk programmering (SDP), mens Plansddp i tillegg bygger på stokastisk dual dynamisk programmering (SDDP). Optimeringen i Vansimtap krever en sumsystemmodell for å unngå flere tilstandsvariable da vanligvis hvert magasin gir opphav til en tilstandsvariabel. Siden optimeringen i Plansddp er basert på SDDP (i kombinasjon med SDP), tillater modellen flere tilstandsvariable. Plansddp trenger derfor ikke å optimalisere på sumsystemnivå (Gjelsvik, Haugstad, Huse, Mo, Røystrand og Schjøberg, 2002).

I Vansimtap gjennomføres en regelbasert tappefordeling etter at vannverdimetoden er brukt på ekvivalentmagasinet. Plansddp derimot får en bedre løsning, det vil si bedre representasjon av samspillet mellom de ulike delene av systemet ved at hvert enkelt magasin tas hensyn til enkeltvis i selve optimaliseringen. Det er altså detaljmodellen som det simuleres over i Plansddp, og ingen sumsystemmodell.

Tidsoppløsningen i både Vansimtap og Plansddp er en uke, men denne kan igjen inndeles i prisavsnitt. Prisavsnitt vil si at uken inndeles i de ulike tidssonene høydag (25 timer), dag (89 timer), natt (40 timer) og natt helg (14 timer) (Tanem, 2002).

3.2 Handel

3.2.1 Sikringshandel

Kraftprodusenter har ofte en egen markedsavdeling som selger og kjøper kraft både i spotmarkedet og i terminmarkedet. Det er vanlig at denne avdelingen driver både med sikring og spekulasjon. Sikringen går ut på å jevne ut fordelingen av de totale inntektene, der det med totale inntekter menes produksjonsinntekter og gevinsten ("payoff") fra kontrakthandel. Spekulasjon krever ikke i utgangspunktet at en fysisk produksjonsmengde ligger til grunn, og formålet blir derfor i hovedsak å lukke inn gevinst. Spekulasjon vil ikke bli videre omtalt, da det ikke er relevant for oppgaven.

3.2.1.1 Sikringshandel hos Statkraft

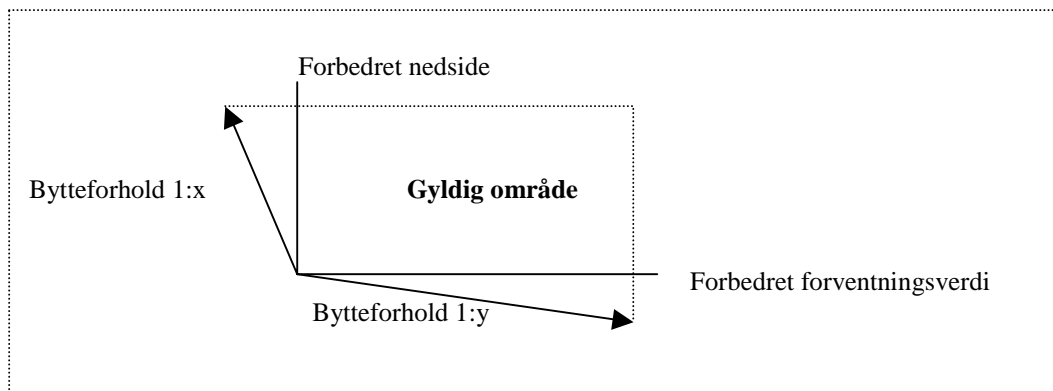
Utgangspunktet for sikringshandelen hos Statkraft er forvaltningsporteføljen. Denne inneholder produksjon, industri- og konsesjonskontrakter, utvekslingsavtaler og tidligere inngåtte kontrakter. Nye kontrakter blir vurdert etter påvirkningen disse har på denne porteføljen, og det er utfallsrommet for hele porteføljen resultatet skal bli sett i forhold til.

3.2.1.1.1 Porteføljestyring

Siden Statkraft har sin egen prisprognose, blir nye kontrakter inngått på bakgrunn av påvirkning på forventningsverdien av fremtidige inntekter, samt påvirkning på nedsiderisiko. Forventningsverdi beregnes ved å undersøke hvordan en eventuell ny kontrakt påvirker kraftsalgsinntekter i hvert av de 70 prisscenariene. Forventningsverdien er da gjennomsnittet

av de 70 simulerte inntektene, og risikokriteriet er forbedring i gjennomsnittet av inntektene i de n dårligste scenariene (Statkraft, 2002A).

Kontraktinngåelse skjer dersom det er forventningsmessig lønnsomt, selv om nedsiderisikoen for netto kraftsalgsinntekter kan forverres. Bedringen i forventningsverdi må da være minst y ganger bedre enn forverringen i nedsiderisiko. Terminhandel kan også skje dersom det forbedrer nedsiderisikoen for netto kraftsalgsinntekter, selv om det medfører en reduksjon i forventede inntekter. Da må bedringen av nedsiden være minst x ganger større enn forverringen i forventningsverdi (Statkraft, 2002B). Figur 3.2 viser dette spennet av mulige utfall. I praksis må dagens volumfullmakter overholdes, samt at det må eksistere et likvid marked.



Figur 3.2: Gyldighetsområde for kontraktinngåelse

3.2.1.1.2 Ageringsmatrise

Etter å ha undersøkt hvordan salg og kjøp av kontrakter påvirker forventning og nedside, kan en ageringsmatrise med anbefalt handelsvolum bli satt opp ut fra mulige terminpriser i markedet. Et eksempel på en slik matrise er vist i figur 3.3.

kr/MWh	V1	S	V2
Markedspris	210	169	200
Prisprognose	235	200	240
Produksjon	16000	13000	10000
Energi posisjon	6900	6800	6800
185	1500	0	2000
190	1500	0	1500
195	1000	0	1000

Figur 3.3: Eksempel på en ageringsmatrise

Det er viktig å påpeke at Statkraft ikke umiddelbart kjøper eller eventuelt selger hele det volumet som er foreslått i ageringsmatrisen. Grunnen til dette er at ved kjøp eller salg av store volum ville prisen i markedet kunne blitt endret, og følgelig ville ikke selskapet fått den prisen de i utgangspunktet regnet med. Statkraft løser dette ved å fordele handelen av volumet utover noen uker.

På denne måten kan det virke som Statkraft har en dynamisk strategi. Det bør i denne sammenheng påpekes at dette ikke er tilfelle da en dynamisk strategi finner optimal beslutning i nåtidspunktet ved å ta hensyn til at det er mulig å inngå handel på fremtidige tidspunkt. Statkraft derimot finner optimal beslutning i nåtidspunktet uten å ta hensyn til muligheten for fremtidig handel, og deretter fordeles resultatet noen uker utover.

3.2.1.1.3 Overordnet strategi for handelen

Alle kontraktene er gjort via Nord Pool eller en megler. Det har i hovedsak vært handel med standard terminprodukter for kommende uker, måneder, sesonger eller år. Generelt gjelder at dersom sannsynligheten er stor for en høyere spotpris enn terminpris, selges det få kontrakter. Omvendt prøves det å få solgt mye dersom spotprisen er forventet å gå ned. Det er også tilfeller der Statkraft kjøper tilbake volum som er solgt. Opsjonsstrategier vil ikke bli omtalt da inngåelsen av nye opsjoner sees bort fra i denne oppgaven.

3.2.2 Programvare: kW 2000/3000

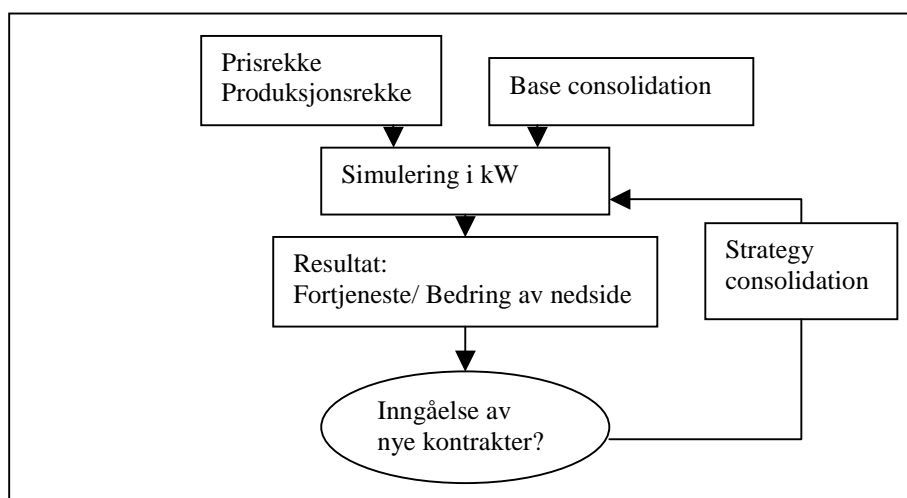
kW2000 er en beslutningsstøttemodell for kontrakthandel som ble lansert i 1996 av KW International Limited. Under arbeidet med hovedoppgaven ble kW2000 erstattet med en

forbedret versjon kW3000. Dette kapittelet ble skrevet på bakgrunn av brukermanualer for kW2000, men representerer også en oversikt over hvordan programmet kW3000 (kW) er representert.

Dataverktøyet er et hjelpemiddel for å evaluere nye kontrakter, og det består av en database over tilgjengelige kontrakter og opsjoner. Ved simulering kan disse kontraktene innvirkning på forvaltningsporteføljen undersøkes. Dette er ikke et optimeringsverktøy og optimeringen med flere kontrakter må foregå manuelt.

I kW må en prisprognose og en produksjonsrekke legges inn i programmet før simulering. En grunnportefølje som består av tidligere inngåtte kontrakter og opsjoner må også eventuelt legges inn. Produksjonen og grunnporteføljen danner et risikosett som selve simuleringen vil bygge på. I kW må også et risikomål settes initielt, og dette kan defineres som gjennomsnittet av de n dårligste scenariene.

kW består blant annet av såkalte filer som "Base consolidation" og "Strategy consolidation". I "Base consolidation" legges grunnporteføljen. I "Strategy consolidation" legges de kontrakter som skal testes ut mot "Base consolidation", det vil si kontraktene som skal brukes som ytterligere sikring. kW inneholder også en sensitivitetsfunksjon, "Sensitivity". Denne kan brukes til å finne optimalt volum av én kontrakt opp mot "Base consolidation". Denne sensitivitetsfunksjonen kan ikke brukes til å optimere flere kontrakter samtidig, slik at en sammensetning av flere kontrakter må optimeres manuelt. Selve modellstrukturen i kW er vist i figur 3.4.



Figur 3.4: Modell for kW2000

Programmet kan gi resultater ned på ukensnivå, og det kan gi grafiske oversikter med tilhørende Excel-format over for eksempel nettoposisjon, profitt, produksjon, og priser over ønsket resultatperiode i forhold til scenario. I tillegg gir programmet oversikt i tabellformat over produksjon, salg og kjøp på termin og spot, inntekter og bedring av nedside ved gitte kontraktinngåelser.

4 Integrert risikostyringsmodell – ProdRisk

I dette kapittelet vil den integrerte modellen som skal undersøkes bli beskrevet.

4.1 Historikk

ProdRisk er et dataverktøy utviklet av SINTEF Energiforskning i samarbeid med Norsk Hydro. Samarbeidsprosjektet startet høsten 1997, og høsten 2001 var programsystemet ferdig slik det er representert i dag. ProdRisk er i dag kun på testnivå, men flere aktører har vist stor interesse for modellen (Botterud et al, 2001F).

ProdRisk er implementert i Fortran kode, og programmet kan kjøres på både Unix og Windows NT operativsystem.

4.2 Formål med modellen

ProdRisk har som formål å gi beslutningsstøtte for vannkraftproduksjon, uttak på kjøpte brukstidskontrakter og inngåelse av flate kontrakter ved å optimalisere inntekt og redusere risiko (Gjelsvik, Grundt og Mo, 2001B). Modellen kan være nyttig for vannkraftprodusenter som må forholde seg til både prisrisiko og tilsigsrisiko.

Et fortrinn med modellen er at den har beslutningsvariable som tar hensyn til muligheten for fremtidig inngåelse av flate kontrakter. Et annet særpregte fortrinn er at justering av produksjonen kan brukes i tillegg til fysisk kontraktinngåelse for å redusere risiko. Modellen tar også hensyn til verdien av sluttmagasinet i optimaliseringen.

4.3 Løsningsmetodikk

Modellen er en videreutvikling av Plansddp forklart i kapittel 3.2.2.2. Hovedforskjellen er at den i tillegg til å inneholde tilstandsvariable for magasin, pris og tilsig, inneholder tilstandsvariable for netto kontraktsbeholdning for hver uke, driftsinntekter relatert til hver resultatperiode og beholdning av brukstidskontrakter referert til som magasin, dersom disse er kjøpt. Dersom brukstidskontrakter er solgt, er de ikke med i optimaliseringen som tilstandsvariabel.

Løsningsmetodikken er basert på en kombinasjon av stokastisk dual dynamisk programmering og stokastisk dynamisk programmering. Det vises til vedlegg 1 for nærmere beskrivelse av prosedyren i optimeringen, samt Benders dekomponering.

4.4 Hovedforutsetninger

Stokastiske variable i ProdRisk er spotprisen og tilsiget. Modellen gir ikke rom for egen prisprognose slik at brukeren må anta markedet som forventningsrett. Terminprisen er gitt av betinget forventet spotpris i leveringsperioden for terminen, og terminkontraktene som inngår i modellen er futurekontrakter med forwardoppgjør. Dette skyldes at disse er enklere å modellere (Dahl, Fleten, Grundt, Jenssen, Mo og Sætness, 1998).

Optimeringen i ProdRisk er basert på resultatperioder. En resultatperiode er definert som den perioden der det realiseres en inntekt og som har en gitt risikoholdning. Alle uker må inngå i én resultatperiode, og størrelsen på en resultatperiode er valgfri, men er vanligvis ett år.

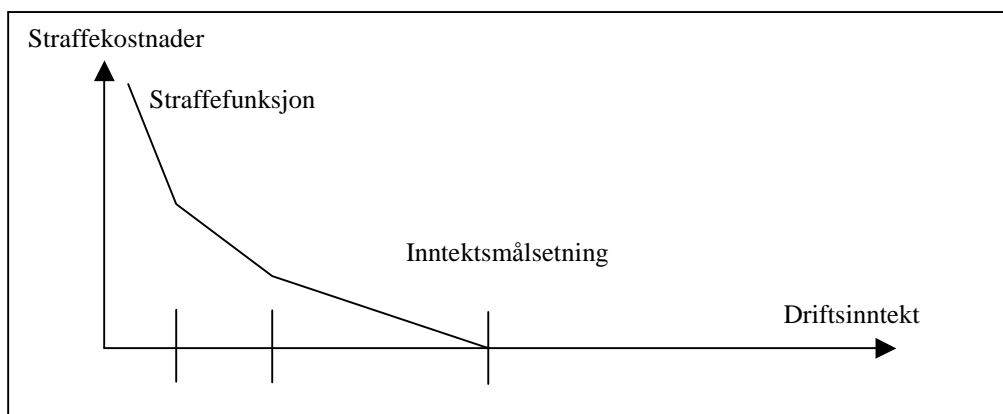
Oppdelingen i ProdRisk er slik at de første 4-7 ukene handles enkeltvis, unntatt inneværende uke som ikke handles, deretter handles blokker á fire uker, og fra og med ca ett år frem i tid handles sesonger ut analyseperioden. Tidsoppløsningen i modellen er identisk med markedet, og den minste oppløsningen er på ukesnivå.

4.5 Risikoholdning i form av straffefunksjon

I ProdRisk representeres aktørens holdning til risiko ved en straffefunksjon. Denne straffefunksjonen er en del av målfunksjonen i programmet og er basert på nytteteori. Dersom straffen settes lik null, er aktøren risikonøytral. For høyere verdier enn null er aktøren risikoavers, avhengig i hvilken grad og hvordan straffefunksjonen defineres.

Straffen har to justerbare faktorer, der den ene er hvilket inntektscenario som skal straffes, og den andre er hvor hard straffekoeffisient som skal innføres for dette scenariet. Det er naturlig å straffe strengere dersom resultatet avviker mer fra ønsket nivå, det vil si på lavere scenarionummer. Scenarionummer viser til stigende inntektsverdi. For at optimaliseringsproblemet skal være konvekst og løsbart, må straffefunksjonen ha form som en konveks og stykkevis lineær funksjon, se figur 4.1. Antall knekkpunkter kan varieres, men

kan maksimalt være ti punkter i dagens versjon. Straffefunksjonen må settes opp for hver resultatperiode. Den må være null for driftsinntekter som overstiger målsetningen dersom aktøren er risikonøytral for disse driftsinntektene.



Figur 4.1: Eksempel på en straffefunksjon for en resultatperiode.

En straffekoeffisient angir hvordan avviket fra inntektsmålsetningen for inntekter under denne skal oppfattes i programmet. Dersom for eksempel inntekter lavere enn 1000 Mkr har straffetall 1, betyr det at en inntekt på 800 Mkr vil oppfattes som $800 \text{ Mkr} - (1000 \text{ Mkr} - 800 \text{ Mkr}) * 1$, dvs 600 Mkr.

Programmet tilegner resultater under målsettingen straffekostnader. Det er viktig å påpeke at inntektene som genereres av programmet er reelle, slik at straffekostnadene kun er med som en del av målfunksjonen.

4.6 Målfunksjon

Målfunksjonen i ProdRisk tar hensyn til både driftsinntekter, sluttmagasinverdi og risikohensyn i form av straffefunksjonen. Målfunksjonen representerer ingen reell inntekt da både sluttmagasinverdien og straffekostnadene er inkludert, men den er likevel av verdi for å finne en optimal strategi.

Målfunksjonen i ProdRisk er gitt som:

$$\text{Max } E_{p,v}(\text{Produksjonsinntekter} + \text{Salg} - \text{Kjøp} - \text{Straffekostnader} + \text{Sluttmagasinverdi})$$

der p og v viser til pris og tilsig, og *Salg* og *Kjøp* til handel på termin (Dahl et al, 1998). Det vises til vedlegg 2 for mer detaljert beskrivelse av målfunksjonen. I dette vedlegget er også beregning av inntekt, samt modellering av tilsig, produksjon, pris og kontrakter forklart.

4.7 Resultater i ProdRisk

Resultatene som kan tas ut av ProdRisk er blant annet produksjon- og magasinfordeling, agering i terminmarkedet fremover i tid og i nåtidspunktet, samt inntekter.

Både produksjon, agering og inntekter genereres på scenarionivå. Programmet viser også eksplisitt straffekostnader, handelsgevinst og transaksjonskostnader. Handelsgevinsten refererer til avvik i modellen og ikke til reell gevinst i markedet.

5 Separat versus integrert risikostyring

Kapittelet skal belyse ulike aspekter ved separat og integrert risikostyring. Først vil forskjellen mellom kW/Plansddp og ProdRisk evalueres, og deretter vil et eksempel med fellestrekk for separat og integrert risikostyring bli gjennomført. Tilslutt vil bruken av de to metodene diskuteres.

5.1 Spesifikt for modellene

5.1.1 Aspekter ved kW/Plansddp og ProdRisk

5.1.1.1 Skatt og rente

ProdRisk er ikke programmert slik at det er mulig å legge inn rente, og dette gjør at fremtidige inntekter ikke kan diskonteres til nåtidspunktet. Dette fører til at de fremtidige inntektene får høy vektning i målfunksjonen, men feilen er ikke av vesentlig grad dersom analyseperioden er relativt kort og markedsrenten er relativt lav. Likevel er det ikke vanskelig å modellere dette. I motsetning til ProdRisk er en slik rente mulig å inkludere både i Plansddp, Vansimtap og kW.

Overskuddskatt er ikke modellert i verken ProdRisk, Plansddp eller kW, og dette er heller ikke naturlig da en slik skatt ikke har noen betydning for resultatet (Dahl et al, 1998).

5.1.1.2 Prisrekken

I ProdRisk, i motsetning til kW, er det ikke mulig å legge inn en prisrekke som uttrykker egen tro på markedet og en som gjenspeiler markedets forventning gitt av forwardkurven på Nord Pool. En slik egen prisprognose ville ført til uendelig handel på grunn av muligheten for å lukke inn gevinst.

I tillegg er prisrekken i både kW og ProdRisk basert på at markedet er perfekt, noe som betyr at alle aktører er såkalte pristakere og at det derfor ikke finnes aktører med markedsrett. Dette kan tilnærmet sies å stemme i dagens marked.

5.1.1.3 Tidspunkt for beslutning

Hovedforskjellen mellom den separate og den integrerte risikostyringen er på hvilket tidspunkt optimeringen av produksjonen og handelen finner sted. Den separate måten foregår slik at produksjonen (og med det inntektene) først optimeres uavhengig av handel og bedriftens

holdning til risiko. Etter at produksjonen er fastsatt, vil risikostyring utføres ved at det inngås handel i kraftmarkedet. Ved integrert produksjonsplanlegging og handel, foregår derimot begge disse to beslutningene i en og samme beregning.

I dagens risikostyringsmodell tas det ikke hensyn til at risikoen kan reduseres ved å endre produksjonsstrategien, noe som har årsak i at kW tar utgangspunkt i en deterministisk produksjonsfordeling. Det sees da bort i fra muligheten at det kan være billigere enn å handle i terminmarkedet. ProdRisk ser derimot på magasinbeholdningene som stokastiske variable også under optimeringen av handelen, og vannet i disse magasinene kan derfor flyttes innenfor analyserperioden. Dette betyr at produksjonen kan endres hvis kostnadene i tilknytning til dette er lavere enn transaksjonskostnadene for handel. Dette kan sies å være en styrke til ProdRisk, men med de små transaksjonskostnadene som finnes i markedet er det uvisst hvor mye vann som egentlig vil flyttes for å risikostyre.

5.1.1.4 Desentralisering

En av fordelene ved en separat risikostyring er at avgjørelser i tilknytning til produksjon kan delegeres til andre ansatte enn de som driver handel. Dette kan resultere i en desentralisert organisasjon hvor de sentrale enheter har ansvar for handel og inntektsmålsetningen, mens regionale enheter kan gis relativt stor frihet i tilknytning til produksjonsspørsmålet. For de verktøyene som blir benyttet i denne oppgaven betyr dette at Plansddp kan kjøres i en annen enhet i kraftselskapet enn kW, mens ProdRisk måtte ha blitt kjørt i kun én avdeling.

Det bør poengteres at mange kraftselskaper, som for eksempel Statkraft, i utgangspunktet er kraftprodusenter slik at handelsspørsmålet er en bi-aktivitet (Holtan, 2002).

5.1.1.5 Risikodefinsjon

Risikomålet i kW er gjennomsnitt av de n dårligste inntekts scenariene. Motivet med sikringshandelen blir å heve dette gjennomsnittet. I ProdRisk er risikoholdningen definert ved en straffefunksjon, og denne straffefunksjonen relaterer seg til avviket til en gitt inntektsmålsetning. Dersom inntektene som genereres ved sikringshandelen avviker fra dette inntektsmålet tilegnes en straffekostnad. Både graden av straff for en inntektsmålsetting og antall inntektsmål kan justeres.

Risikodefinsjonen i kW relaterer seg altså til nedsiden av inntekten, mens i ProdRisk er det avviket fra ønsket målsetting og graden av straff under denne målsettingen som utgjør risikoholdningen. Risikomålet er altså definert ulikt i de to programmene.

En svakhet med kW er at nytten til aktøren ikke må defineres eksplisitt ved kjøring av programmet. Det er kun risikomålet i seg selv som defineres, men hvor stor interesse det er for aktøren at risikomålet oppnås i ulik grad defineres ikke. Derimot har ProdRisk definert risikoholdningen på en slik måte at det hele tiden tas hensyn til den nytten aktøren har av de ulike inntektsscenariene.

5.1.1.6 Risikotyper som blir tatt hensyn til

De viktigste usikkerhetene som kraftprodusenter må håndtere er usikkerhet i mengde (tilsig) og pris. I både Plansddp og ProdRisk tas det hensyn til tilsigs- og pririsiko, mens handelsbeslutningen i kW kun tar utgangspunkt i pririsiko og gitte produksjonsrekker, det vil si implisitt tilsig. Et viktig poeng i denne sammenheng er at kW foreslår statisk handel, og derfor tas det ikke hensyn til at usikkerhet i pris og tilsig over tid vil bli mer kjent for en gitt leveringsdato i fremtiden.

5.1.1.7 Handel

ProdRisk er et optimeringsverktøy med et konvekst løsningsområde som gir ett optimum for både produksjon og handel. Derimot er kW et analytisk verktøy med en sensitivitetsfunksjon som kun kan benyttes for å teste ut kontrakter. Sistnevnte program må derfor brukes manuelt som prøving og feiling hvis flere kontrakter skal optimeres samtidig. Problemet med kW vil derfor være at de kontraktsvolumene som blir funnet ikke nødvendigvis er optimale.

En annen forskjell er at de kontrakter som testes i kW kun kan være handel på nåtidspunktet, mens ProdRisk generer dynamisk handel. Dette er en svakhet ved kW, og det vises til kapittel 2.5.2 for fordelene ved dynamisk handel. I følge eksempelet som fremkommer i kapittel 5.2.1 kan det bevises at dynamisk handel også kan gjennomføres for separat risikostyring, men det er ingen slike kommersielle dataverktøy i dag.

En viktig begrensning i ProdRisk er at inngåelse av nye opsjoner ikke er modellert grunnet vesentlig lenger regnetid. Selv om ProdRisk ikke kan generere inngåelse av nye opsjoner, kan det initielt legges inn slike sikringsinstrumenter som en del av en grunnportefølje. Det samme

gjelder for brukstidskontrakter ved at det kan legges inn initielt både i form av kjøp og salg, men ProdRisk foreslår ikke ny handel av slik type kontrakt. I kW er det derimot mulig å teste ut inngåelse av begge disse kontraktene og dette er en av fordelene med programmet.

5.1.1.8 Verdi av sluttmagasin

I ProdRisk tas sluttmagasinet med som en del av målfunksjonen for å unngå at magasinene tappes tomme når analyseperioden er over. Derimot tas det ikke hensyn til denne verdien i kW ved simulering. Dette er en svakhet ved den separate risikostyringsmodellen som anvendes, fordi det ignoreres en potensiell inntekt som består av vannet som ligger i magasinet.

Selv om målfunksjonen i ProdRisk inneholder verdien av sluttmagasinet, vil programmet ved innføring av en straffefunksjon ha en tendens til å bruke mer vann på slutten av analyseperioden enn ved risikonøytral kjøring. Feilen som oppstår er at ProdRisk ser bort i fra at aktøren også vil være risikoavers i fremtiden og programmet bruker opp vann til å forbedre dagens inntektsmålsetning. Dette problemet kunne vært unngått ved å innføre en straffefunksjon også i tilknytning til lave sluttmagasinnivå (det vil si lavere enn risikonøytral kjøring). Dette løses i stedet ved å innføre en faktor som multipliseres med vannverdien.

5.1.1.9 Transaksjonskostnader

I ProdRisk er transaksjonskostnader blant annet innført for å begrense handelen, og uten disse kostnadene ville modellen handlet svært høye volum. Derimot ville uendelig høye transaksjonskostnader utelatt all handel og isteden ville programmet endret produksjonen for å oppnå inntektsmålsetningen. En økning i transaksjonskostnadene i ProdRisk vil derfor redusere både mengde handel og forventningsverdien av den totale porteføljen.

Til tross for at det er mulig å legge inn transaksjonskostnader i kW, blir ikke dette gjort i praksis. Dette fordi disse kostnadene er så små at en utelatelse ikke påvirker resultatet i stor grad. Resultatene i ProdRisk må derimot justeres med disse for å sammenligne inntekter fra de to programmene.

5.1.1.10 Tidsbruk

Bruken av tid som benyttes til å kjøre programmet ProdRisk kan for komplekse systemer bli svært stor og dette er derfor en svakhet med programmet. Hydro tester i dag ut programmet med 70 magasin, og det er teoretisk også mulig å modellere systemer på størrelse med

systemet til Statkraft (Mo, 2002). Likevel er det usikkert om programmet gir fornuftige resultater for slike store system.

Siden den separate risikostyringen består av to separate deler blir også den totale kjøretiden kortere, da kompleksiteten reduseres i stor grad (Fleten, 2002). Optimeringen av produksjonen i Plansddp tar relativt kort tid, men tiden som benyttes til å prøve og feile i kW dersom det er en kontraktsammensetning, kan derimot variere avhengig hvor nær optimum det ønskes å komme.

Det bør nevnes at Statkraft evaluerer nye kontrakter til forvaltningsporteføljen hver uke, og derfor er både metoden og området som handelen vil ligge i rimelig kjent. Følgelig vil beslutningen som fattes i inneværende uke ikke avvike vesentlig fra beslutningen tatt i forrige uke. Av den grunn tar nødvendigvis ikke prosedyren for å finne optimal handelsbeslutning lang tid.

5.2 Eksempel

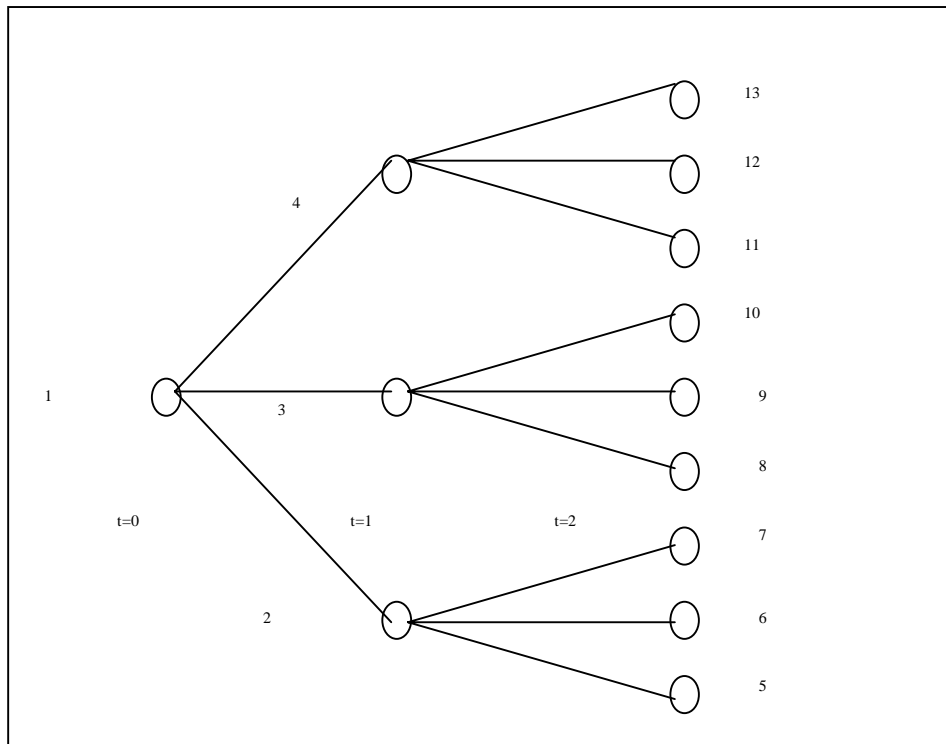
I kapittel 5.1 er det diskutert hvilke styrker og svakheter de benyttede dataverktøyene har. Siden de omtalte modellene viser vesentlige avvik på viktige grunnelementer som for eksempel dynamisk handel og optimering, vil dette bli forsøkt sammenslått i en modell. I tillegg er det et mål å vise at det under visse forutsetninger blir identiske resultater ved å separere og integrere beslutningene om produksjon og handel.

Dagens metodikk er som kjent statisk og separat, mens ProdRisk derimot er dynamisk og integrert. Det kan derfor være interessant å teste ut i hvilken grad det er mulig å gjennomføre separat produksjon og handel, samtidig som denne handelen både optimeres og gir dynamiske resultater.

5.2.1 Oppbygging av modellen

Den separate modellen ble bygget opp av to trær, et for produksjonsbeslutningen og et for handelsbeslutningen. Den integrerte modellen bestod derimot kun av ett tre. Disse trærne ble bygget i Excel, og optimal løsning ble funnet ved hjelp av Solver-funksjonen.

Eksempelet er gjort så enkelt som mulig. Dette ble kun inkludert ett magasin, to tidsperioder med få mulige utfall av fremtiden, samt at overløp ble ignorert. Modellen ble utformet som et trinomisk tre, se figur 5.1, og er vist i sin helhet i vedlegg 3.



Figur 5.1: Tre som ble bygget

Hver node i treet er definert som den siste dagen i en sesong. På dette tidspunktet skal den optimale produksjonen for inneværende sesong finnes og avregnes mot spotprisen i denne noden. Starttidspunktet for leveringen av de flate kontraktene er rett i etterkant av $t=0$ og $t=1$. På den måten kan det på tidspunkt $t=0$ tas en beslutning om faste kontrakter som leveres mellom $t=0$ og $t=1$ samt mellom $t=1$ og $t=2$. For tidspunkt $t=1$ kan det tilsvarende tas beslutning om faste kontrakter som har levering mellom $t=1$ og $t=2$. Opsjonene som ble inkludert har kun levering mellom $t=1$ og $t=2$, og kan derfor inngås både på tidspunkt $t=0$ og $t=1$. Avregning av kontraktene finner følgelig sted på siste dagen i sesongen.

I node 1 er inputverdiene startmagasin, tilsig og en tilhørende sannsynlighet, mens spotprisen er gitt som

$$\text{Spotpris} = \frac{a}{t}$$

der a er en faktor avhengig av hvilken sesong som er innværende og t er tilsiget i denne perioden.

Som likningen over viser, vil spotprisen synke når tilsiget øker, og en slik korrelasjon mellom pris og tilsig vil føre til at disse to faktorene utspenner hverandre. Dette betyr at både pris- og tilsigsrisiko kan elimineres ved hjelp av prissikringskontrakter. Det er dermed mulig å gjøre markedet komplett og oppnå null varians for inntekten (ingen usikkerhet).

I de andre nodene er kun tilsig og sannsynlighet gitt, mens spotprisen i disse nodene er gitt av tilsiget. For handelsmodellen i den separate strategien er også produksjonen angitt i alle noder.

Hver node skal etter en kjøring av problemet inneholde informasjonen som fremkommer i figur 5.2. For produksjonsoptimering i den separate strategien skal ikke nodene inneholde pris handel, netto salg og call/put, da disse ikke er en del av optimeringsproblemet. For nærmere forklaring av hvordan disse cellene fremkommer henvises til vedlegg 3.

Sannsynlighet	Netto salg t=2
Spotpris	Netto salg t=3
Produksjon	
Pris handel	
Tilsig	Total Inntekt
Sluttmagasin	Call
Verdi av sluttmagasin	Put

Figur 5.2: Node i treet

5.2.1.1 Den separate modellen

5.2.1.1.1 Produksjon

Optimeringen av produksjonen foregår ved å se bort i fra handelen, og målfunksjonen blir dermed gitt ved å maksimere forventet produksjonsinntekt. Problemet kan formuleres

maks $E (\text{Produksjonsinntekter})$

$a \leq p \leq b$

$c \leq m \leq d$

der E er forventingsverdien. a og b er henholdsvis nedre og øvre grense for produksjonen, p , og c og d er henholdsvis nedre og øvre grense for magasinbeholdningen, m .

5.2.1.1.2 Handel

Når produksjonsrekken var bestemt ble handelen optimert. Dette skjedde med utgangspunkt i å minimere variansen til de totale inntekter i alle noder, da målet med risikostyring her er å jevne ut profitt. Ingen restriksjoner ble angitt, da det var et mål å gjøre eksempelet så enkelt som mulig. Målfunksjonen er gitt som

min $Var (\text{totale inntekter})$

der Var indikerer variansen.

5.2.1.2 Den integrert modellen

Med den integrerte strategien foregikk beslutningen om produksjon og handel i en og samme beregning. I denne målfunksjonen måtte derfor både de totale inntekter og den negative variansen maksimeres sammen, samtidig som restriksjoner for produksjon og magasin måtte være gitt. Målfunksjonen er gitt som

*maks $(E (\text{produksjonsinntekter}) - \lambda * Var (\text{totale inntekter}))$*

$a \leq p \leq b$

$c \leq m \leq d$

der λ angir graden av risikoaversjon. De øvrige variablene er forklart i kapittel 5.2.1.1.1.

5.2.2 Resultater

5.2.2.1 Separat

5.2.2.1.1 Produksjon

Målfunksjonen som er angitt over ga

$$E(\text{produksjonsinntekter}) = 535.873 \text{ kroner}$$

For produksjonsresultatet i hver node henvises til vedlegg 3.

5.2.2.1.2 Handel

Målfunksjonen som er angitt over ga

$$\text{Var}(\text{totale inntekter}) = 0,0$$

For handelsresultatet i hver node henvises til vedlegg 3.

5.2.2.2 Integrert

Målfunksjonen som er angitt over ga

$$E(\text{produksjonsinntekter}) - \lambda * \text{Var}(\text{totale inntekter}) = 535.873 \text{ kroner}$$

der

$$E(\text{produksjonsinntekter}) = 535.873 \text{ kroner}$$

$$\text{Var}(\text{totale inntekter}) = 0,0$$

$$\lambda = \text{irrelevant}$$

For produksjons- og handelsresultatet i hver node henvises til vedlegg 3.

5.2.2.3 Diskusjon av resultater

Da de genererte resultatene har gitt handel på fremtidig tidspunkt og modellen som er programmert er et optimeringsverktøy, kan det trekkes den slutningen at eksempelet har fått frem disse egenskapene for både integrert og separat risikostyring.

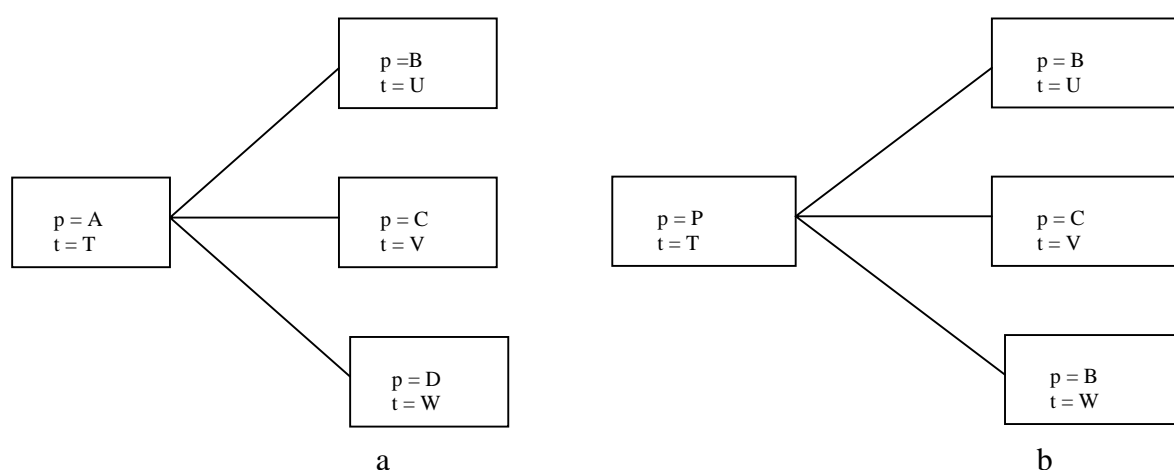
Resultatene viste videre at variansen til inntekten for alle scenarier ble null både ved den separate og den integrerte risikostyringen. Dette har bakgrunn i at all risiko ble eliminert gjennom at det ble innført nok instrumenter, og forventningsverdien til profitten for disse flate kontraktene og opsjonene ble lik null. Fra resultatene kan det også observeres at de forventede inntektene er like for både separat og integrert risikostyring. Dette inntreffer uavhengig av den risikoaversjonen, λ , som ble innført for det integrerte tilfellet og dette betyr at risikoaversjonen til aktøren er irrelevant i dette eksempelet.

Eksempelet viser også at for hver node ble både produksjonen og den dynamiske handelen identisk både for den separate og den integrerte modellen. Disse resultatene er i sin helhet gitt i vedlegg 3. På bakgrunn av dette kan det derfor konkluderes med at for dette eksempelet spilte det ingen rolle om beslutningen om produksjon og handel ble foretatt integrert eller separert. For dette eksempelet gjelder derfor at siden variansen er lik null er markedet komplett og dermed kan separasjonsteoremet benyttes.

5.2.3 Diskusjon i tilknytning til eksempelet

I tillegg til eksempelet som er forklart over ble det innledningsvis undersøkt ytterligere et eksempel. Dette inneholdt kun flate kontrakter, mens det som har blitt forklart i avsnittene over også inneholdt opsjoner som handelsprodukt. Dette eksempelet inneholdt for få kontrakter til å oppnå null varians, og viser at antall lineært uavhengige kontrakter som er tilgjengelig er avgjørende for å oppnå et komplett marked. I dagens marked finnes et høyt antall typer kontrakter, da OTC-markedet blant annet er laget i den hensikt at kontrakter kan skreddersys i forhold til aktørenes ønsker. Det kan derfor sies at muligheten for å eliminere de fleste former for prisrisiko i dette markedet er til stede.

En annen faktor som er kritisk for at markedet kan bli komplett tar utgangspunkt i at pris og tilsig må falle sammen, se figur 5.3.



Figur 5.3: Illustrasjon sammenfalling av pris og tilsig

I figur 5.3 a følger tilsig og pris hverandre, det vil si at det ikke er mulig at en og samme pris inntreffer med ulike tilsig. Derimot viser figur 5.3 b denne tendensen ved at prisen i øvre og

nedre node er lik, mens tilsiget i de samme nodene endres. I slike tilfeller kan ikke lenger prissikringskontrakter benyttes til å redusere tilsigsusikkerhet og markedet kan ikke bli komplett så lenge ikke tilsigskontrakter innføres. Det kan argumenteres for at slike situasjoner kan oppstå i den reelle verden og det kan derfor sies at kraftmarkedet i Norden ikke er komplett.

Eksempelet som er gjennomført uten opsjoner, kan bygge opp om at markedet må være komplett for å kunne separere. Dette fordi eksempelet genererer både forskjellige produksjons- og handelsresultater for den separate og integrerte strategien, og det henvises til vedlegg 3 for disse resultatene.

Eksemplene er gjort enkle ved at det blant annet er få tidsperioder og få mulige utfall. Ved å øke antall tidsperioder (det vil si finere oppløsning) ville markedet lettere blitt komplett, da antall kontrakter kan øke i forhold til frihetsgrader i treet (Fleten, 2002). På en annen side kan det argumenteres for at hvis treeksempelen utvides i stor skala, kan problemet bli så komplekst at det er uløselig (Mo, 2002).

Kritikk av eksemplene er at modellene er svært små i forhold til et reelt system. Videre er det en forenkling i forhold til den reelle verden at tilsig og pris til en hver tid er korrelert og utspenner hverandre, samt at ikke overløp er modellert. På grunn av dette må det vises forsiktighet dersom eksempelet skal generaliseres.

5.3 Diskusjon om separat og integrert risikostyring

I følge separasjonsteoremet kan beslutningene om produksjon og handel foregå i to ulike steg hvis markedet aktørene opererer i er komplett og perfekt.

Fleten, Tomasgaard og Wallace (2001) hevder i tråd med dette at ved tilstedeværelse av produksjonsusikkerhet, tilsigsrisiko og basisrisiko kan ikke produksjon og handel foregå i to separate steg. Likevel hevder Fleten et al (2001) at for en pristaker vil den økonomiske fordelene av integrasjon bli mindre enn den fordelene som oppnås ved en separasjon. Dette kan skyldes de organisatoriske kostnadene ved å innføre integrert risikostyring. I tillegg argumenteres det for at det er lite trolig at markedet er villig til å betale en høy premie for å kunne benytte produksjonssystemet til å eliminere en slik type risiko. Fleten (2002) hevder

også at regnetiden vil bli mye kortere ved separasjon siden de separate problemene som skal løses er enklere.

Til tross for at den reelle verden sjelden oppfyller de kravene som kreves for at separasjonsteoremet skal gjelde, hevder også Bjørkvoll, Fleten, Nowak, Tomasgaard og Wallace (2001) at fordelene ved å separere likevel vil veie opp for de teoretiske fordelene ved integrasjon. Denne argumentasjonen tyder på at kravet om kompletthet i markedet er for strengt, da det er foreslått at separasjon kan finne sted selv om ikke all risiko kan elimineres.

Et annet argument for å drive separat risikostyring er at kontraktene som handles i markedet har verdi null på det tidspunktet de blir inngått, og kjøp av en ny kontrakt vil derfor ikke endre verdien av totalporteføljen. Det impliserer videre at heller ikke en rekke kontrakter som til sammen minimerer risikoen kan påvirke denne verdien. Derimot kan den fysiske produksjonen som planlegges påvirke verdien av porteføljen. På bakgrunn av dette argumenterer Bjørkvoll et al (2001) for at produksjonen bør planlegges uavhengig av handel med tanke på å maksimere verdien av totalporteføljen.

Bjørkvoll et al (2001) vurderer også om i hvilken grad separasjon kun kan gjennomføres ved separasjonsteorets krav og argumenterer for separering og integrering kun avhengig av markedsmakt. Dette fordi aktører som har markedsmakt vil ha nytte av en integrering, da disse aktørene kan skape hedgingmuligheter som ikke finnes i finansmarkedet. På en annen side har slike store firmaer ofte allerede lovet bort store deler av sin produksjon til kraftkrevende industri, slik at en slik markedsmakt ikke entydig kan bli utnyttet (Bjørkvoll et al, 2001).

Når det gjelder praktisk gjennomføring av risikostyring hevder Gjelsvik, Grundt og Mo (2001B) at en rekke svakheter som finnes i dagens separate modell kan unngås ved integrering. Dette har utgangspunkt i at en kraftprodusent må håndtere både prisrisiko, basisrisiko og mengderisiko i tilknytning til tilsig, nedbør og etterspørsel. Dagens risikostyringsverktøy utelater å inkludere fremtidig handel, samt at produksjonen ikke er tatt med som en del av risikostyringsverktøyet. Det blir derfor ikke tatt hensyn til at det kan være billigere å endre produksjonsplanene enn å handle i markedet (Gjelsvik et al, 2001B) og heller ikke at det er en verdi i å vente på mer informasjon.

Hvis bedriften ønsker dynamisk handel kan det argumenteres for at en integrert modell er overlegen, da ingen verktøy for separering har denne muligheten i dag. I eksempelet utført i kapittel 5.2.1 vises det derimot at det er mulig å innføre dynamisk handel med separate beslutninger. Dette problemet har blitt modellert ved hjelp av et tre som i hver node inneholder informasjon om både pris og produksjon, slik at produksjonen kan være stokastisk selv om den er optimert før handelen. Problemet med en slik tremodell kan være at den blir for kompleks ved løsning av store systemer.

Trolig kan det være mulig å bruke et SDDP-rammeverk i stedet for en tremodell ved separering for å innføre dynamisk handel. Dette kan føre til at modellen også kan benyttes for større systemer. Per i dag kan det likevel argumenteres for at dagens integrerte modell, representert av ProdRisk, er mer fullgod dagens separate for optimering av produksjon og handel.

I det eksempelet som ble basert på et ikke-komplett marked, ble de genererte produksjonsplanene tilnærmet like i alle noder unntatt to noder. Hvis de genererte produksjonsplanene i en separat modell hadde gitt samme resultatene som en integrert modell og modellene var konvekse, kan det på bakgrunn av optimalitet ved konvekse problemer forklart i vedlegg 4 argumenteres for at handelen også vil bli lik ved en gitt risikoholdning. Dette kan derfor trolig inntreffe selv om markedet ikke er komplett, og det kan derfor vurderes at kravet om kompletthet i markedet er for strengt.

Hvis disse produksjonsplanene ikke hadde blitt identiske kan det argumenteres for at separasjon ikke kan finne sted. Til tross for dette kan det likevel ved små forskjeller i produksjonsplanene finnes muligheter for separasjon. Dette inntreffer hvis en separat modell som optimerer handelen også foreslår handelsresultater som er i tråd med de integrerte resultatene. Det kan dermed diskuteres i hvilken grad det vil være en forskjell ved å separere eller integrere, selv når markedet ikke er komplett.

6 Bakgrunnsinformasjon

Denne delen av rapporten skal beskrive det praktiske arbeidet som har blitt gjort i løpet av perioden fra januar 2002 til mai 2002. Arbeidet har blitt delt opp i separat og integrert risikostyring. Den separate delen har foregått på hovedkontoret til Statkraft på Høvikodden i Bærum, og det var stor tilgang på hjelp fra veilederne Arild Tanem og Jon Anders Holtan. Siste del som omhandler integrert risikostyring har foregått i samarbeid med Birger Mo på Sintef Energiforskning i Trondheim.

Analyseperioden for systemet er valgt til å være tre år. Inntektsperioden har vært hensiktsmessig å velge til ett kalenderår, da alle regnskap og budsjetter har ett år som tidshorisont. Resultatene som ble generert på bakgrunn av denne gjennomføringen finnes i kapittel 9, 10 og 11. Som grunnlag for både den integrerte og separate risikostyringen er oppbyggingen av systemet Sira-Kvina.

6.1 Systembeskrivelse

Sira-Kvina er en av de største kraftutbyggingene i Norge. Kraftselskapet Sira-Kvina har allerede fra byggestart hatt fire eiere, og disse er Lyse Energi (41,1%), Statkraft (32,1%), Skagerak (14,6%) og Agder Energi (12,2%) (Sira-Kvina kraftselskap, informasjonshefte). Disse eierandelene vil bli sett bort i fra i arbeidet. Selskapet har videre for totalsystemet nøkkeldataene gitt i tabell 6.1.

Tabell 6.1: Nøkkeldata for totalsystemet (Sira-Kvina kraftselskap, informasjonshefte)

Midlere årsproduksjon	6 TWh
Installert effekt	1760 MW
Magasinkapasitet	5600 GWh
Kraftstasjoner	7
Antall aggregater	16

Sira-Kvina kraftselskap har som tabellen viser syv kraftstasjoner, og et av disse er et pumpekraftverk hvor turbinene kan reverseres for å pumpe vann tilbake til magasinet Svartevatn. Tonstad kraftstasjon er også ett av disse syv og er landets nest største.

Geografisk er Sira-Kvina kraftselskap lokalisert på Sør-Vestlandet. Kraftstasjonene er fordelt i to daler, Sirdal og Kvinesdal. Vannet som renner ned disse to dalene møtes i en tunnel nord for Tonstad kraftverk, og på den måten kan denne kraftstasjonen utnytte vann fra store nedfallsområder. Videre renner vannet gjennom både Sirdalsvann og Lundevann hvor det utnyttes i Åna-Sira kraftstasjon og deretter kommer det ut i havet. Oversiktskartet i vedlegg 5 viser disse vannveiene på en oversiktlig måte. Stasjonsdata og magasindata er også vist i dette vedlegget.

Årsaken til at dette systemet ble valgt som grunnlag i dette prosjektet var dets kompleksitet. Systemet inneholdt en rekke kraftstasjoner, både små og store som Tonstad, og noen av kraftverkene hadde også mulighet for pumping. Sira-Kvina var derfor representativt for et system som Statkraft. Det kunne blitt valgt et enklere system, men dette ble ikke gjort med ønske om å få forsøket mest mulig reelt.

7 Separat risikostyring

7.1 Optimering av produksjon uavhengig av handel

7.1.1 Inngangsdata

Informasjon om vannveier og modulbeskrivelse av det valgte systemet ble lagt inn i Vansimtap og Plansddp. Prisrekken som ble lagt inn ble dannet på grunnlag av 70 ulike tilsigsscenarier, der scenariene representerte historisk nedbør fra og med 1931 til og med 2000. Disse tilsigsscenariene ble brukt som inngangsdata i Samkjøringsmodellen der prisrekken ble generert. Det vises til vedlegg 6 for prisrekken fra Samkjøringsmodellen.

7.1.2 Sammenlikning Plansddp og Vansimtap

Optimering av produksjonen for Sira-Kvina ble gjort ved hjelp av optimeringsverktøyet Plansddp. For å være sikker på om resultatene fra Plansddp var realistiske, ble Vansimtap (som er i kommersiell bruk) brukt som sammenligningsgrunnlag. Sammenligningen av de to produksjonsrekkene foregikk ved at prisrekken ble lagt inn i både Vansimtap og Plansddp. Vansimtap ble kalibrert for å få fornuftige svar.

Etter kjøringene ble en tappefordeling og den tilhørende produksjonen tatt ut for hvert av programmene. Disse ble da sammenlignet for å undersøke om verdien som fremkom fra Plansddp var rimelig tilfredstillende, se vedlegg 9 for resultatene.

7.2 Optimering av sikringshandel

7.2.1 Dataverktøy

kW2000 ble i prosjektperioden utgitt i en ny versjon, kW3000, og det var denne utgaven som hovedsaklig ble benyttet som hjelpemiddel for å finne sikringshandelen. kW er forklart i kapittel 3.4.

7.2.2 Inngangsdata

Informasjon som ble lagt inn i kW var prisrekken generert fra Samkjøringsmodellen og produksjonsrekken generert fra Plansddp. Kontrakter inngått på et tidligere tidspunkt ble også lagt inn.

Det ble laget tre grunnporteføljer med produksjonen som gjennomgående likhet. Disse tre inneholdt henholdsvis ingen kontrakter (portefølje A), en rekke kontrakter og opsjoner (portefølje B) og én brukstidskontrakt (portefølje C). For innhold av disse porteføljene henvises det til vedlegg 6. Grunnen til at tre grunnporteføljer ble valgt, var for å undersøke om porteføljen som lå til grunn kunne ha innvirkning på resultatet som fremkom.

Betegnelsen sikringshandel benyttes heretter for å beskrive de kontraktene som ble inngått i tillegg til grunnporteføljene.

7.2.3 Kontraktspriser og opsjonspriser i grunnporteføljene

Prisene til kontraktene som ble benyttet til sikringshandelen ble satt slik at den inntektsmessige forventingsverdien av disse var lik null. Disse prisene ble beregnet manuelt ut av prisrekkene som gjennomsnittet i leveringsperioden for kontrakten.

Prisene på kontraktene og opsjonene som lå i grunnporteføljene ble valgt relativt vilkårlig. Dette med bakgrunn i at disse prisene var fortidige og avspeilet et tidligere marked. Disse prisene var derfor ikke like med markedsprisene for nåtidspunktet.

For å få en reell sammenligning av integrert og separat risikostyring burde opsjoner vært inkludert i sikringshandelen. ProdRisk foreslår ikke inngåelse av nye opsjoner, men er derimot åpen for opsjoner i grunnporteføljene og slike sikringsinstrumenter ble derfor inkludert i grunnportefølje B.

7.2.4 Definisjon av risikomål

For hver av grunnporteføljene var målet å inngå nye flate kontrakter på en slik måte at de laveste inntektsscenariene ble hevet. Risikomålet ble definert som gjennomsnittet av de femten

dårligste inntekts scenariene. Tallet femten ble valgt ut av et totalt antall på 70 scenarier, etter råd fra veileder.

Forsøkene ble basert på kjøp og salg av sesongkontrakter som inneholdt ulike volum. Av den grunn ble oppgaven med å finne optimal sikringshandel kompleks, spesielt med bakgrunn i at de tre kontraktene kunne varieres i volum.

7.2.5 Prosedyre

De følgende avsnitt vil forklare prosedyren som ble benyttet for å forsøke å optimere sikringshandelen i kW. En mer utdypende beskrivelse av denne finnes i vedlegg 7.

Den første grunnporteføljen som ble forsøkt optimert var den som inneholdt en rekke kontrakter og opsjoner, det vil si grunnportefølje B. For å kunne finne et utgangspunkt for den optimale sammensetningen av sesongkontrakter, ble det ved hjelp av sensitivitetsanalysen funnet ut hvilken mengde hver av disse kontraktene burde inneholdt hvis salget/kjøpet i de andre sesongene var lik null.

Videre ble kontraktene for alle tre sesonger forsøkt optimalisert samtidig for ett år av gangen. For å kunne forta et slikt søk på en oversiktlig måte, ble det tatt utgangspunkt i systematisk prøving og feiling. Prosedyren begynte med at den sesongkontrakten som inneholdt minst salg/kjøp ut i fra optimering alene, ble satt som fast. Den kontrakten som inneholdt nest minst salg/kjøp ble også satt fast. Den siste kontrakten ble ved hjelp av sensitivitetsfunksjonen optimert med bakgrunn i de satte volumene for de andre kontraktene. Grunnen til at den kontrakten med størst volum ble optimert i sensitivitetsfunksjonen, var at det måtte velges et utgangspunkt for optimeringen.

Ved å variere på den fastsatte verdien på kontrakten med nest minst salg/kjøp, ble det til slutt funnet den sammensetning av kontrakter som ga den beste forbedringen av nedside gitt den minst handlede kontrakten som var satt "fast" først. Volumet som fremkom etter denne prosedyren, ble gitt status som foreløpig optimum. Denne manuelle optimeringsmetoden gikk da videre ut på å endre det volumet til den kontrakten med minst salg/kjøp og den forklarte prosedyren ble gjentatt til et antatt optimum ble funnet.

Sikringshandelen med de to andre grunnporteføljene foregikk på til dels den samme måten. Den eneste forskjell var de kontraktvolumene optimaliseringen tok utgangspunkt i. Dette ble valgt til den totale handelen for grunnportefølje B minus de kontraktene som var inngått på forhånd for den porteføljen som skulle undersøkes.

Om løsningsområdet for denne prosedyren er konvekst, er usikkert. Dersom dette er tilfelle, vil det være én optimal løsning. Løsningen som fremkommer vil da være optimal, eventuelt suboptimal grunnet for stor skritt lengde i prosedyren. Dersom løsningsområdet ikke er konvekst kan det optimum som er funnet være et lokalt optimum, og det kan være mulig at det finnes et annet optimum som er globalt.

8 Integrert risikostyring

I dette kapitlet vil det praktiske arbeidet i forbindelse med simulering i ProdRisk bli forklart.

8.1 Inngangsdata

De inngangsdata som måtte legges inn i ProdRisk var systembeskrivelse, prisrekker og tilsigsforhold. Disse inngangsdata var de samme som ble lagt inn i Plansddp og Vansimtap. Videre måtte filer som inneholdt informasjon om de ulike grunnporteføljene bli laget. Alle instruksjoner ble hentet fra boken "Documentation of a new version of Beta" skrevet av Gjelsvik og Mo (1999).

8.2 Justerbare faktorer

Programmet ProdRisk kan ikke kalibreres på samme måte som Vansimtap. Derimot kan en del andre faktorer endres for å få resultat som i større grad er sammenlignbart med den separate risikostyringen. De viktigste av disse parameterne er grad av risikoaversjon, antall itereringer, justering av sluttmagasin, nivåskift og overgangsannsynligheter i prismodellen, samt transaksjonskostnader.

Symbolene anvendt i teksten er vist i tabell 8.1.

Tabell 8.1: Symboler

A,B,C	Grunnportefølje
1	Risikonøytral kjøring
2 eller 3	Straffetype avhengig av inntektsmålsetning
-	Dobbel straff
p	Nivåskift inkludert

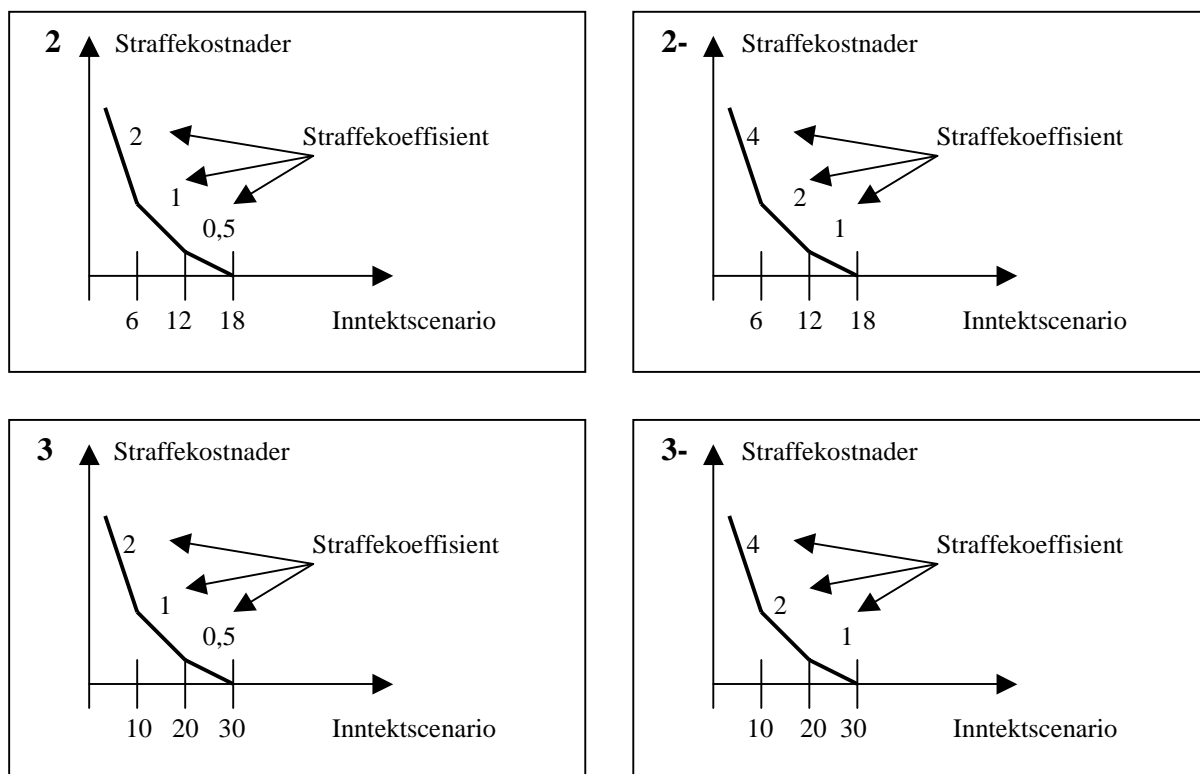
8.2.1 Risikoaversjon

I ProdRisk symboliseres risikoaversjon av en straffefunksjon. Den fungerer slik at den tilegner de dårligste scenariene en enda dårligere verdi, og på den måten prøver modellen å unngå dem. Sikringshandel finner sted dersom straff er innført, da modellen prøver å sikre seg mot de scenariene som inngår i straffen.

Straffen ble endret på flere måter i løpet av prosjektarbeidet, både graden av straff og hvilke inntektsscenarier (inntektsmål) som skulle inkluderes i straffefunksjonen. Hovedårsaken til en slik prøving og feiling med straff var ønsket om å få en best mulig tilnærming til graden av risikoaversjon i forhold til i den separate risikostyringen.

For samtlige grunnporteføljer ble det simulert en serie med straff på scenario nummer 30, 20 og 10, og en serie med straff på scenario nummer 18, 12 og 6. Se vedlegg 8 for hvilke inntekter disse scenariene refererer til.

Graden av straff ble for begge disse seriene satt til 0,5, 1 og 2 og 1, 2 og 4, og dette ble gjort etter råd fra veileder. Figur 8.1 viser disse fire straffeseriene. Øverst til venstre i hver boks er det angitt det navn disse seriene senere vil refereres til.



Figur 8.1: Oversikt over straff innført

8.2.2 Antall itereringer

Både Plansddp og Vansimtap velger automatisk ut det antall itereringer som er nødvendig for å få et tilfredsstillende svar. Antall slike itereringer må derimot stilles manuelt i ProdRisk. Det

endelige antallet ble valgt til å være 30, da dette ga en tilfredsstillende avveining mellom nøyaktighet og regnetid. Ved 30 iterasjoner tok det fem timer å simulere på en pc med 130 kB RAM.

8.2.3 Justering av sluttmagasin

ProdRisk utelater risikohensyn etter at analyseperioden er over slik at programmet har en tendens til å bruke opp mer vann i magasinene enn det som er realistisk. For å unngå en slik tapping inneholder ProdRisk en vannverdifaktor. Dette er en fil inneholdende et tall som blir multiplisert med alle vannverdiene i slutten av analyseperioden. Ved simulering ble denne faktoren justert for hver av porteføljene slik at sluttmagasinet i de simuleringene som inneholdt straff lå så nært opp til sluttmagasinet ved risikonøytral kjøring som mulig.

8.2.4 Nivåskift og overgangssannsynligheter

ProdRisk gir et estimat på hvor mye som skal handles på fremtidige tidspunkt for fremtiden. Det innebærer et resultat i matriseform når det gjelder handel. Dessverre feiler programmet når det skal handles for tidspunkt langt frem i tid (over ett år fremover). Årsaken til dette er at det ved multiplikasjon av en rekke matriser med overgangssannsynligheter gir tilnærmet identisk resultat uavhengig hvilken pris som er på nåværende tidspunkt.

I ProdRisk finnes det to faktorer som kan tilegnes en verdi for å unngå dette problemet. Det er en sannsynlighetsfaktor og et nivåskift, forklart i vedlegg 2. I prosjektet ble det simulert både med og uten disse faktorenes innvirkning, men kun for portefølje B. Det var da den strengeste straffen for portefølje B som ble simulert med nivåskift. Nivåskiftet ble satt til 1.5 øre/kWh med tilhørende sannsynlighet på 0.05. Disse verdiene ble satt etter råd fra veileder. Det hadde vært mulig å beregne disse verdiene etter analyse av utvikling på virkelige terminpriser (Mo, 2002), men dette sees på som utenfor oppgavens omfang.

Grunnen til at det ble simulert med nivåskift kun én gang, var at regnetiden økte drastisk da den ble tre ganger så lang. Siden sluttmagasinet måtte justeres for å få korrekt kjøring, ville det tatt svært lang tid om nivåskift skulle innføres på alle porteføljer og straffetyper. Dessuten kan mulig den ene kjøringen representere hvordan nivåskift påvirker resultatene.

8.2.5 Transaksjonskostnader

I ProdRisk er det mulig å justere transaksjonskostnadene, og i oppgaven er de satt til å være 0.10 øre/kWh etter råd fra veileder. Ved å sammenligne disse med reelle kostnader i markedet kan det argumenteres for at disse er for høye. Det kan også diskuteres hvilke kostnader som bør innkalkuleres i dette tallet. For eksempel kan "bid-ask spread" sees bortifra dersom det er full likviditet i markedet. Dessuten er det i tillegg til meglergebyrer også årlige kostnader for å kunne delta i markedet på Nord Pool.

9 Testing av programmer

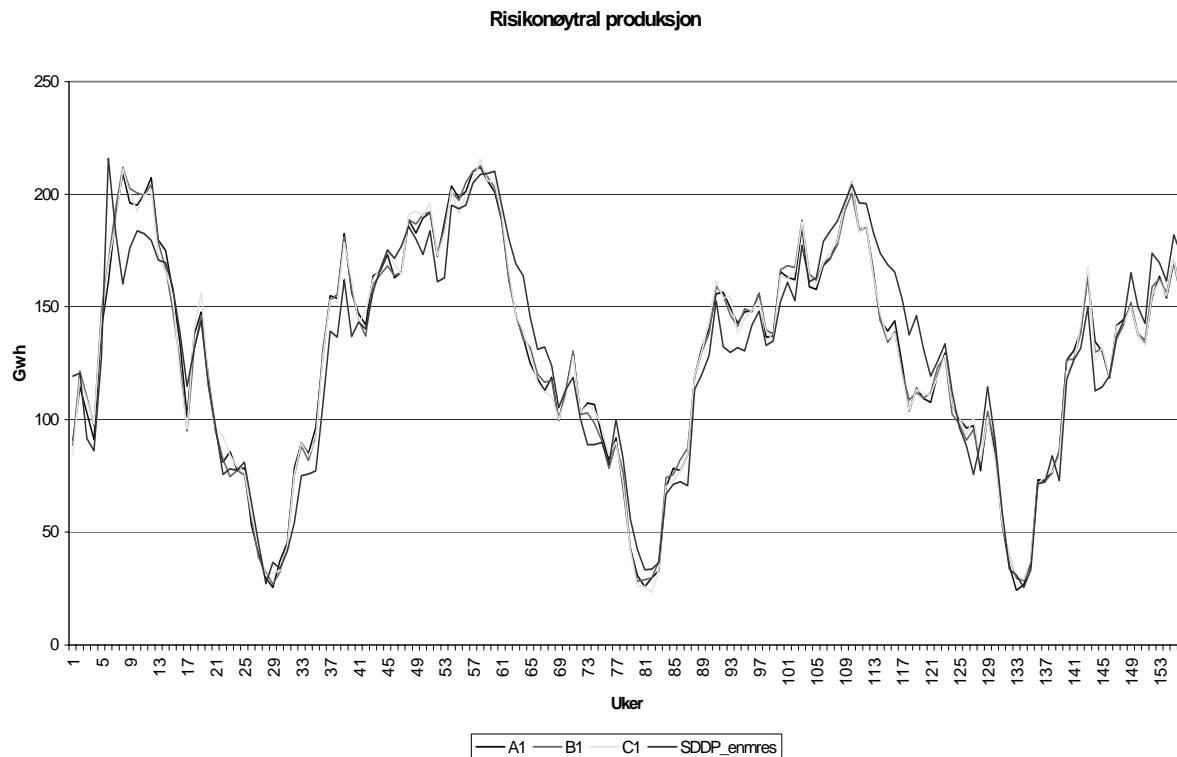
9.1 Testing av Plansddp

Resultatene fra Plansddp var i samsvar med resultatene i Vansimtap og derfor ble Plansddp godkjent for videre bruk i oppgaven. Magasinbeholdningene for totalsystemet, samt total produksjon finnes i vedlegg 9.

9.2 Testing av ProdRisk

9.2.1 Risikonøytral produksjon

For å undersøke om programmet ProdRisk ga fornuftig fordeling av produksjonen, ble produksjonsplaner fra risikonøytral simulering for alle grunnporteføljer sammenlignet med produksjonsrekken fra Plansddp. Ved risikonøytral kjøring skal det ikke være noen forskjell mellom programmene, da ProdRisk er en videreutvikling av Plansddp. Resultatene er vist i figur 9.1.



Figur 9.1: Produksjon fra Plansddp og ved risikonøytral simulering i ProdRisk

Ut i fra figuren kan det for det første bli sett at de risikonøytrale kjøringene i ProdRisk er svært like for både grunnportefølje A, B og C. For det andre viser figuren at kjøringen i Plansddp ikke avviker mye fra de andre kjøringene. Det avviket som finnes kan ha årsak i at kjøringen i Plansddp har tatt utgangspunkt i en prisrekke med prisavsnitt som oppløsning, mens ProdRisk har ukesoppløsning. Grunnen til dette er feil gjort i utførelsen, og er ikke rettet på grunn av tidsbegrensing. Den totale forskjellen i produksjon er vist i tabellen under som avvik mellom Plansddp og hver av kjøringene i ProdRisk, og avviket av gjennomsnittet over analyseperioden er gitt i prosent av Plansddp.

Tabell 9.1: Årlig produksjon Plansddp versus ProdRisk for risikonøytral kjøring

GWh	2002	2003	2004	SNITT	AVVIK i %
Plansddp	6601.05	6673.19	6766.52	6680.25	0.00
ProdRisk A1	6869.37	6753.14	6446.86	6689.79	0.14
ProdRisk B1	6839.91	6782.74	6432.11	6684.92	0.07
ProdRisk C1	6891.36	6732.47	6441.51	6688.45	0.12

Tallene i tabell 9.1 er gitt i GWh og viser gjennomsnittlig årsproduksjonen i Plansddp og for hver av de tre grunnporteføljene i ProdRisk, samt gjennomsnittet over hele analyseperioden. For år 2002 og 2004 er avviket mellom Plansddp og risikonøytral kjøring i ProdRisk ca 300 GWh, og for år 2003 er avviket i overkant av 100 GWh. Sett over hele analyseperioden er forskjellen minimal, og mindre enn 0,2%.

9.2.2 Initielle inntekter

For å teste ProdRisk ble også initielle inntekter fra risikonøytrale kjøringene undersøkt i tillegg til produksjonsfordelingen. Det betyr at inntekter før kontrakter ble inngått ble sammenlignet mellom kW og ProdRisk for alle grunnporteføljer. Dette fremkommer i tabell 9.2 der avviket mellom gjennomsnittsinntekten over analyseperioden er gitt i prosent av inntekt i kW.

Tabell 9.2: Risikonøytrale inntekter kW versus ProdRisk i Mkr

År	2002	2003	2004	SNITT	AVVIK i %
kW-A	1141,70	1232,60	1236,70	1203,67	0,79
ProdRisk A1	1182,34	1238,62	1161,55	1194,17	
kW-B	1102,00	1154,30	1166,30	1140,87	0,69
ProdRisk B1	1138,99	1172,02	1087,94	1132,98	
kW-C	1093,90	1169,20	1175,30	1146,13	0,84
ProdRisk C1	1138,66	1174,07	1096,85	1136,53	

Resultatene viser at på årsbasis kan forskjellen mellom inntektene i kW og ProdRisk være av størrelse opptil 80 Mkr. Dersom inntektene sees over hele perioden er avviket under 1% for alle porteføljene. Den årlige differansen kan til dels skyldes differansen i produksjonen som er diskutert i kapittel 9.2.1.

10 Simulering

Resultatene som fremkommer av simuleringen er svært omfattende og består av en rekke figurer og tabeller. For å forenkle fremstillingen av disse har kun en grunnportefølje blitt valgt ut for illustrering, og i noen tilfeller også bare resultatene for år 2004. Det vises til vedlegg 9 for resultater for de andre grunnporteføljene. Det sees bortifra resultater på magasinnivå da dette vil bli for omfattende å inkludere i rapporten.

10.1 Justering av sluttmagasin

For at de ulike simuleringene i ProdRisk kunne bli sammenlignbare, måtte sluttmagasinene tilnærmet gjøres like. Dette fordi sluttmagasinet er tatt med som et ledd i målfunksjonen, og ved ulike sluttmagasin ville fordelingen av mengde vann som er benyttet til produksjon være forskjellig. Dette kunne ført til både ulik total mengde produksjon og handel/spotsalg. Sluttmagasinene ble endret ved å innføre en justeringsfaktor for disse.

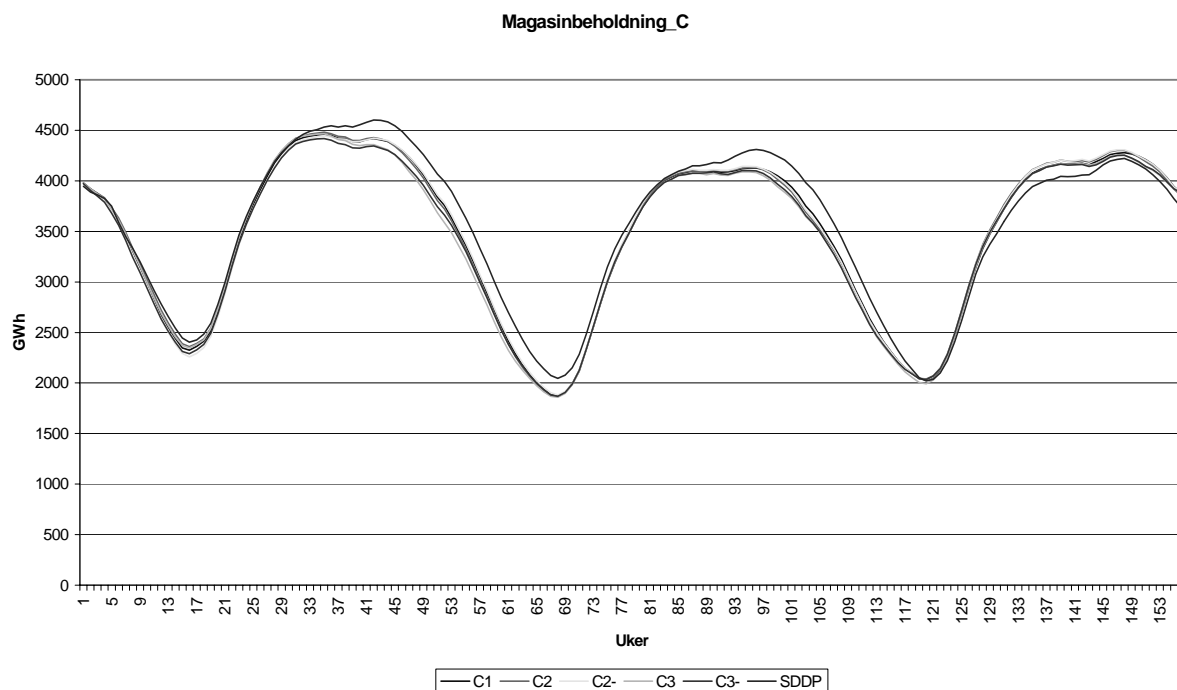
Tabell 10.1: Sluttmagasin

Portefølje	Sluttmag (GWh)	Justering	Portefølje	Sluttmag	Just	Portefølje	Sluttmag	Just
A1	3877,33	1	B1	3873,89	1	C1	3877,61	1
A2	3874,59	1,012	B2	3867,12	1,013	C2	3853,43	1,011
A2-	3902,47	1,015	B2-	3876,73	1,015	C2-	3887,39	1,013
A3	3898,49	1,03	B3	3857,8	1,033	C3	3878,89	1,03
A3-	3878,55	1,032	B3-	3871	1,032	C3-	3879,46	1,03
			B3-p	3875,91	1,029			

Justeringsfaktoren til de ulike sluttmagasinene er gitt i tabellen over. Avviket i forhold til risikonøytral simulering (A1, B1, C1) ble for alle porteføljene innenfor et krav på +/- 30 GWh. Av tidsmessige årsaker ble det ikke forsøkt å få ytterligere eksakte sluttmagasin.

10.2 Magasin

Innholdet i magasinene er vist i figur 10.1 for hele analyseperioden for alle straffetyper i grunnportefølje C, samt Plansddp.



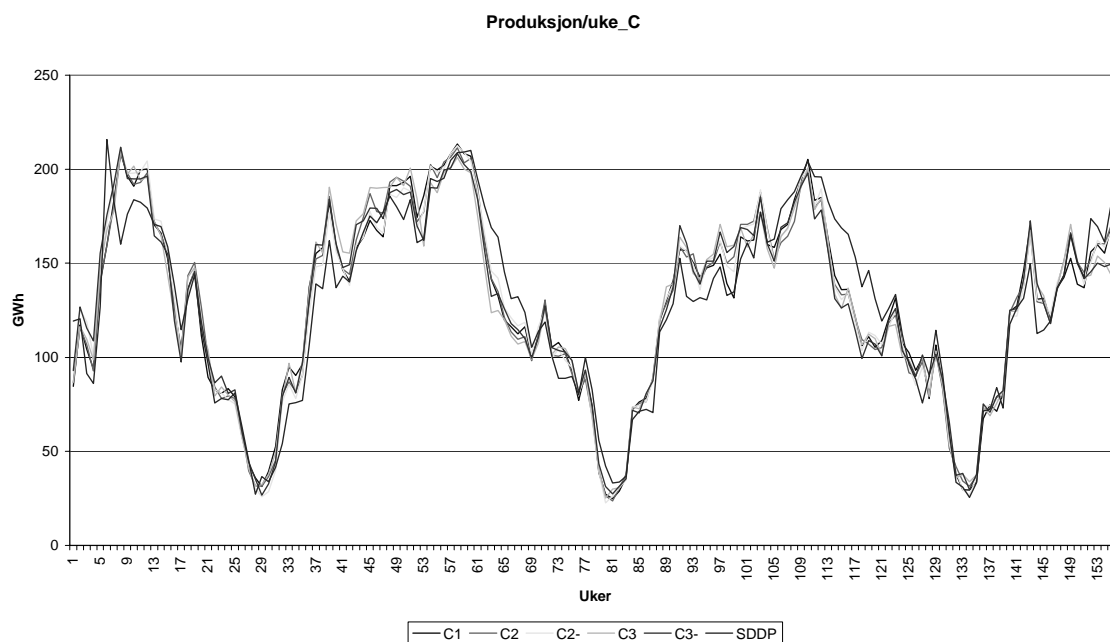
Figur 10.1: Magasinbeholdning for portefølje C i Plansddp og ProdRisk

Resultatene i figur 10.1 viser intuitivt at det ikke er vesentlig avvik i magasinbeholdningen mellom de straffetyper som er innført i ProdRisk. Det er derimot et avvik i resultatene fra simuleringene i ProdRisk og Plansddp. Plansddp har en tendens til å vente med å tappe vann fra magasinene om høsten (når fyllingsperioden er over). Dette er i samsvar med forskyvningene av produksjonen ved risikonøytral kjøring.

Portefølje A og B viser samme tendens som portefølje C. Det vises til vedlegg 9 for disse.

10.3 Produksjon

Fordelingen av produksjonen for grunnportefølje C for hele analyseperioden er vist i figur 10.2.



Figur 10.2: Produksjon portefølje C i Plansddp og ProdRisk

Figuren over viser at det ikke er store avvik mellom produksjonsfordelingen i ProdRisk og Plansddp. Det lille avviket som eksisterer kan skyldes ulik tidsoppløsning av prisrekken i simuleringene. For grafiske oversikter over produksjonen for portefølje A og B, vises til vedlegg 9. I tabell 10.2 er avvikene vist mer i detalj. Alle prosenttall er oppgitt i forhold til Plansddp.

Tabell 10.2: Produksjonstall for Plansddp og alle straffetyper og porteføljetyper

Produksjon	2002	Avvik i %	2003	Avvik i %	2004	Avvik i %	Totalt	Avvik i %
Plansddp	6601.05	0.00	6673.19	0.00	6766.52	0.00	20040.76	0.00
A1	6869.37	4.06	6753.14	1.20	6446.86	-4.72	20069.37	0.14
A2	6887.89	4.35	6811.76	2.08	6369.95	-5.86	20069.59	0.14
A2-	6838.51	3.60	6854.08	2.71	6343.93	-6.25	20036.52	-0.02
A3	7010.42	6.20	6585.09	-1.32	6428.18	-5.00	20023.69	-0.09
A3-	6968.18	5.56	6664.03	-0.14	6392.24	-5.53	20024.45	-0.08
B1	6839.27	3.61	6763.10	1.35	6450.13	-4.68	20052.50	0.06
B2	6989.96	5.89	6688.76	0.23	6379.18	-5.72	20057.90	0.09
B2-	6955.26	5.37	6718.54	0.68	6363.15	-5.96	20036.95	-0.02
B3	7052.06	6.83	6673.95	0.01	6337.50	-6.34	20063.52	0.11
B3-	7013.97	6.26	6693.08	0.30	6343.99	-6.24	20051.03	0.05
B3-p	6981.75	5.77	6675.35	0.03	6387.30	-5.60	20044.41	0.02
C1	6884.23	4.29	6733.59	0.91	6436.70	-4.87	20054.53	0.07
C2	6915.28	4.76	6761.94	1.33	6390.24	-5.56	20067.46	0.13
C2-	6852.99	3.82	6802.36	1.94	6380.96	-5.70	20036.31	-0.02
C3	7050.53	6.81	6653.99	-0.29	6338.91	-6.32	20043.42	0.01
C3-	6977.78	5.71	6729.71	0.85	6333.99	-6.39	20041.48	0.00
C3-ny	6920.55	4.84	6840.84	2.51	6282.99	-7.15	20044.38	0.02

Som tabellen viser er avviket mellom Plansddp og hver av porteføljene for de straffer som er innført under 7% det første året, mellom 3 % og -2% det andre året, og under -7% det siste året, men sett over hele analyseperioden er avviket ikke over 0.14%. Avviket mellom Plansddp og ProdRisk er økende med økende straff, og for de strengeste straffene er avviket mellom Plansddp og ProdRisk opp mot ca 400 GWh for år 2002 og 2004. Det bør nevnes at det allerede er et avvik mellom Plansddp og risikonøytrale kjøring i ProdRisk på opp mot 300 GWh for de respektive årene, og årsaken til dette er forklart i kapittel 9.2.1.

Det er også interessant å undersøke forventningsverdien til den årlige inntekten siden denne er bestemt av produksjonen. Tabell 10.3 viser forventningsverdien i kW og ProdRisk for hvert år og totalt for analyseperioden for alle porteføljer. Avvik i prosent er gitt i forhold til forventningsverdien i kW. Det kunne vært mer korrekt å se avviket i prosent av risikonøytral kjøring i ProdRisk, men dette gjøres likevel ikke siden avviket mellom disse kjøringene og kW allerede er forklart.

Tabell 10.3: Oversikt over forventningsverdi i kW og ProdRisk

Forv.verdi i Mkr	2002	Avvik i %	2003	Avvik i %	2004	Avvik i %	SNITT	Avvik i %
kW	1141.70	0.00	1232.60	0.00	1236.70	0.00	1203.67	0.00
A1	1182.34	3.56	1238.62	0.49	1161.55	-6.08	1194.17	-0.79
A2	1183.11	3.63	1239.02	0.52	1142.23	-7.64	1188.12	-1.29
A2-	1178.51	3.22	1244.84	0.99	1134.79	-8.24	1186.04	-1.46
A3	1210.69	6.04	1220.23	-1.00	1138.22	-7.96	1189.71	-1.16
A3-	1211.48	6.11	1244.64	0.98	1108.68	-10.35	1188.27	-1.28
kW	1102.00	0.00	1154.30	0.00	1166.30	0.00	1140.87	0.00
B1	1138.99	3.36	1172.02	1.53	1087.94	-6.72	1132.98	-0.69
B2	1167.37	5.93	1144.95	-0.81	1082.45	-7.19	1131.59	-0.81
B2-	1164.58	5.68	1150.03	-0.37	1075.18	-7.81	1129.93	-0.96
B3	1178.76	6.97	1127.00	-2.37	1091.62	-6.40	1132.46	-0.74
B3-	1178.16	6.91	1131.52	-1.97	1095.79	-6.05	1135.15	-0.50
B3-p	1174.28	6.56	1122.81	-2.73	1082.33	-7.20	1126.47	-1.26
kW	1093.90	0.00	1169.20	0.00	1175.30	0.00	1146.13	0.00
C1	1138.66	4.09	1174.07	0.42	1096.85	-6.67	1136.53	-0.84
C2	1141.34	4.34	1169.19	0.00	1087.49	-7.47	1132.67	-1.17
C2-	1137.35	3.97	1177.53	0.71	1086.10	-7.59	1133.66	-1.09
C3	1168.66	6.83	1140.38	-2.47	1073.64	-8.65	1127.56	-1.62
C3-	1170.73	7.02	1144.67	-2.10	1069.72	-8.98	1128.37	-1.55

I tabell 10.3 vises det at avviket i forventningsverdien mellom ProdRisk og kW øker når straffen øker. Dette er nesten gjeldende for alle porteføljer for alle år. Over hele analyseperioden er ikke avviket i forventningsverdi mellom kW (eller risikonøytral kjøring i ProdRisk) og der straff er innført i kjøringene like stor som på årsbasis, men trenden er også her at avviket i forventningsverdi mellom kW (eller risikonøytral kjøring) og ProdRisk øker når straffen øker.

For år 2002 øker produksjonen og forventningsverdien til inntekten for alle porteføljer med økende straff. Likeledes reduseres forventningsverdien sammen med produksjonen når straffen øker i år 2004. Dette betyr at når produksjonen blir justert, justeres også inntektene, og dette kan indikere at ProdRisk flytter vann for å optimere inntekten og redusere risikoen.

10.4 Agering

De ulike forsøkene som ble gjort i kW for å finne en optimal handel finnes i vedlegg 9. I tabellen under vises total handel i kW og ProdRisk i GWh både årlig og for analyseperioden totalt. Avviket er oppgitt i prosent i forhold til kW, og salg er i tabellen definert som positivt.

Tabell 10.4: Total handel i kW og ProdRisk på årsbasis og totalt for analyseperioden

GWh	2002	Avvik	2003	Avvik	2004	Avvik	Totalt	Avvik
kW-A	4456,30	0,00	4001,28	0,00	3117,92	0,00	11575,50	0,00
A2	418,80	-90,60	934,70	-76,64	570,40	-81,71	1923,90	-83,38
A2-	1279,40	-71,29	774,70	-80,64	553,40	-82,25	2607,50	-77,47
A3	1424,90	-68,03	6326,00	58,10	3312,30	6,23	11063,20	-4,43
A3-	2888,90	-35,17	8978,00	124,38	2761,20	-11,44	14628,10	26,37
kW-B	2487,77	0,00	3043,24	0,00	1257,53	0,00	6788,55	0,00
B2	1964,80	-21,02	1947,00	-36,02	1455,17	15,72	5366,97	-20,94
B2-	1918,90	-22,87	1960,10	-35,59	1432,67	13,93	5311,67	-21,76
B3	2078,40	-16,46	2745,90	-9,77	2034,47	61,78	6858,77	1,03
B3-	2798,90	12,51	2815,40	-7,49	2064,97	64,21	7679,27	13,12
B3-p	2642,30	6,21	3200,10	5,15	3137,87	149,53	8980,27	32,29
kW-C	4416,33	0,00	4043,38	0,00	3365,48	0,00	11825,18	0,00
C2	2020,72	-54,24	1621,84	-59,89	1670,01	-50,38	5312,57	-55,07
C2-	2448,92	-44,55	1616,04	-60,03	1623,21	-51,77	5688,17	-51,90
C3	3083,92	-30,17	3911,84	-3,25	2878,21	-14,48	9873,97	-16,50
C3-	4269,52	-3,32	3872,94	-4,22	3079,71	-8,49	11222,17	-5,10

Fra tabell 10.4 kan det leses at det er et større avvik mellom handelen i kW og ProdRisk for 2-serien i forhold til 3-serien. Utover dette er det ikke noe spesielt mønster i de handelsresultatene som fremkommer. Dette kan skyldes at risikoholdningen som ligger til grunn ikke er lik for kjøringene innad i A, eller mellom A, B og C.

10.4.1 Handel i nåtidspunktet for ProdRisk

Det vises til vedlegg 9 for handel i nåtidspunktet for ProdRisk. For alle porteføljer foregår denne handelen mellom år 2002 og år 2003, og den overgår ikke 10 GWh per uke. For år 2004 skjer det ingen handel i ProdRisk, sett fra nåtidspunktet. Siden handelen i nåtidspunktet er minimal, er det i stedet interessant å undersøke de akkumulerte resultatene opp mot kW.

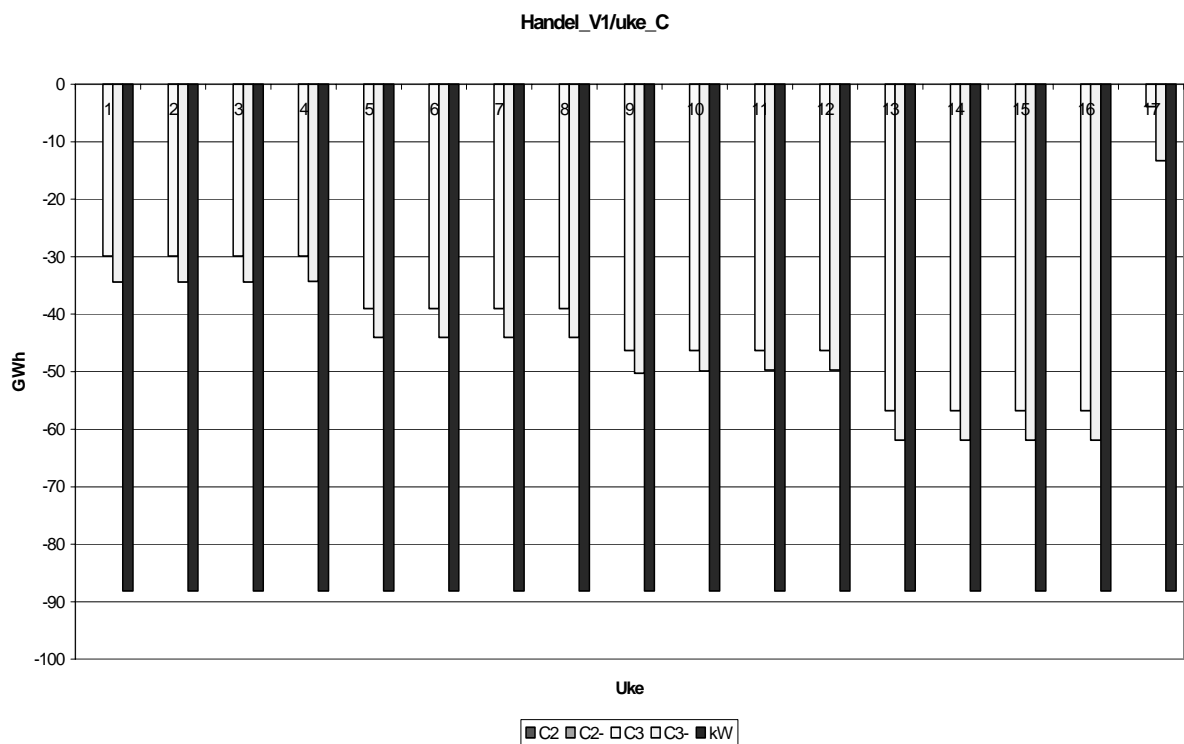
10.4.2 Total handel

ProdRisk gir resultater for handel helt ned på scenarionivå for alle fremtidige uker, vist i figur 10.3. Disse resultatene kan også tas ut som gjennomsnittsverdier i en $n \times n$ matrise (der n er antall uker som inngår i analyseperioden).

Tid	Scenario	Uke 1	Uke 2	...	Uke 155	Uke 156
1	1	0	50		100	100
	2	0	40		20	60
	...				50	90
2	70	0	100		20	20
	1	0	0		90	60
	2	0	0		20	50
.....	...				60	60
	70	0	0		50	20
	1	0	0			50
155	...	0	0		0	100
	70	0	0		0	10
	1	0	0		0	0
156	...	0	0		0	0
	70	0	0		0	0

Figur 10.3: Eksempel på hvordan handel genereres i ProdRisk

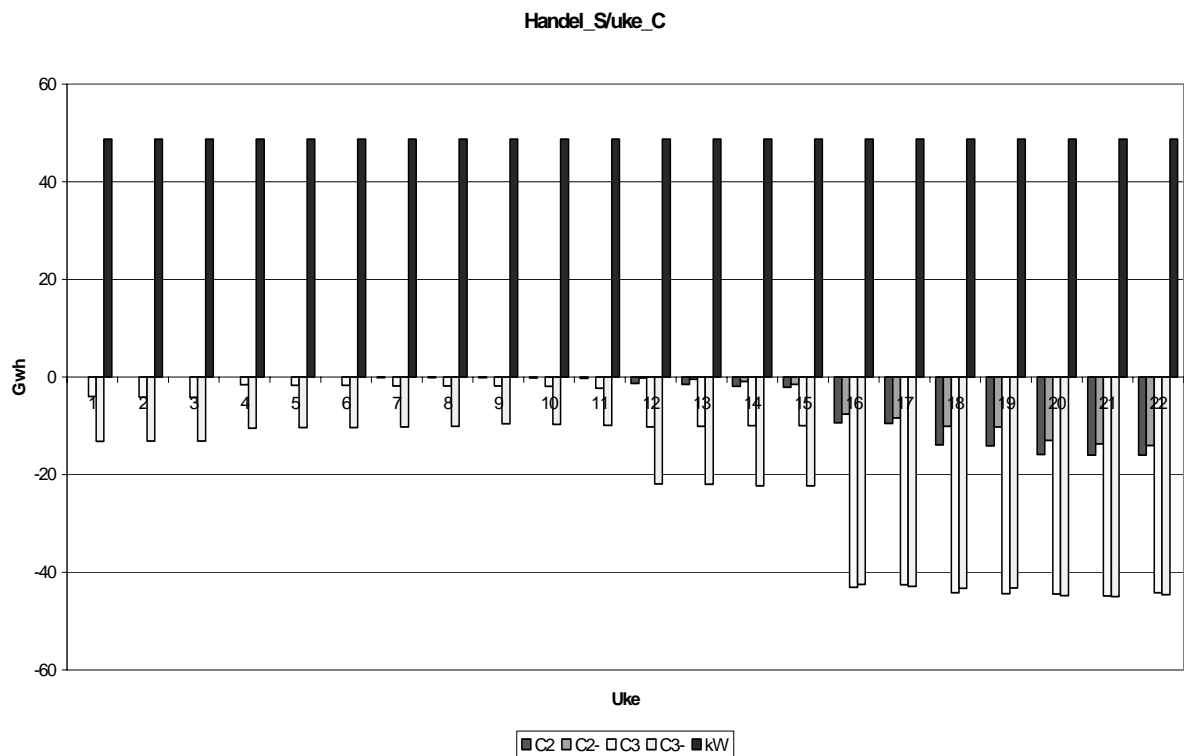
For å illustrere total handel på gitte tidspunkt i fremtiden, må all handel som har levering på dette tidspunktet summeres, og resultatene av dette er vist i figurene 10.4, 10.5 og 10.6 for år 2004 for portefølje C. Det er viktig å påpeke at det kun er sikringshandelen som vises, det vil si det som handles i tillegg til de allerede inngåtte kontraktene, samt at salg her er definert som negativt.



Figur 10.4: Handel for vinter 1 år 2004

Resultatene fra ProdRisk viser at det ikke handles for porteføljene C2 og C2- for denne delen av året. Av de porteføljene der det inngås handel, handles det mest for den med høyest straff.

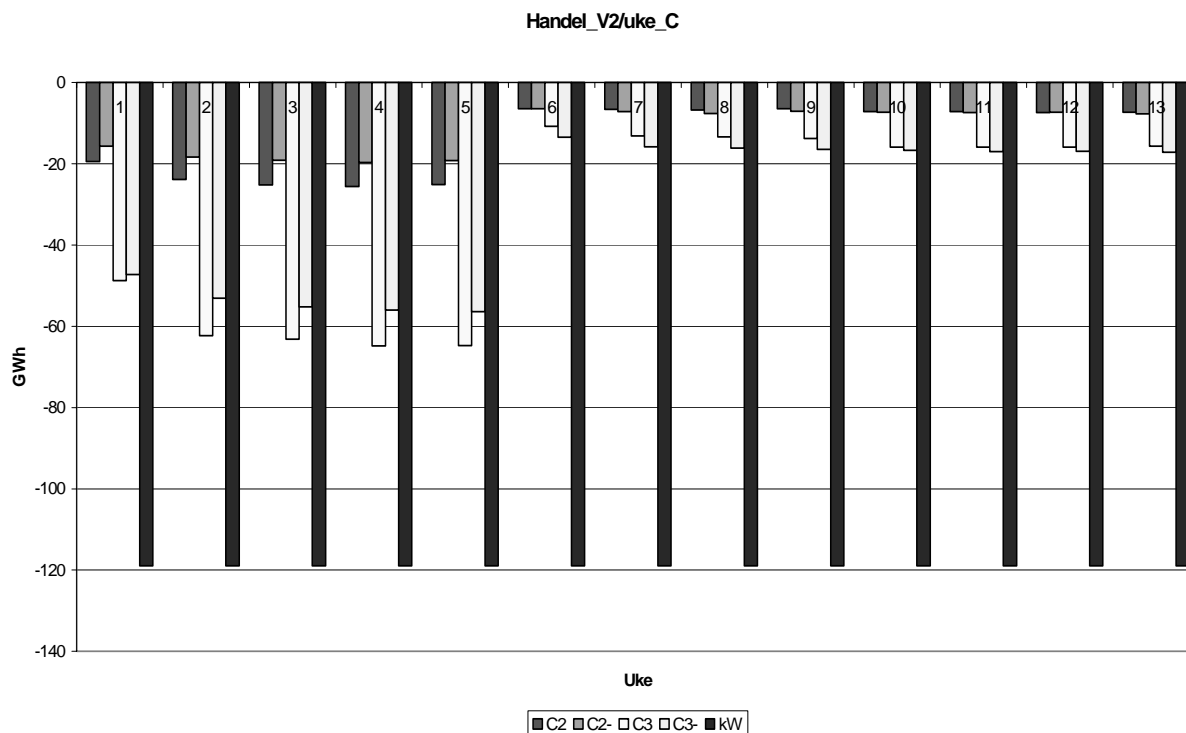
Som det fremkommer av figuren over handles det mer i kW enn i ProdRisk for denne delen av året for portefølje C. kW selger i vinter 1 ca 1500 GWh, og den strengeste straffen i ProdRisk handler ca 750 GWh. Det selges gjennomgående for hele vinter 1.



Figur 10.5: Handel for sommer år 2004

Ikke før på slutten av sommerperioden vil også portefølje C2 og C2- bli sikret ved kontrakthandel. Til tross for at C2- har dobbelt så streng straff som C2, kan det sees ut i fra figuren at C2 handler mer. Dette kan skyldes at sluttmagasinet til C2 er noe under den risikonøytrale, men C2- er noe over. Det betyr at handelsresultatet er følsomt for sluttmagasinet, og følgelig produksjonen.

For sommerperioden er den mest optimale strategien for handel å kjøpe i kW, men ProdRisk foreslår fortsatt salg. I kW kjøpes det for sommerperioden i underkant av 1100 GWh, men med den strengeste straffen i ProdRisk for portefølje C er det et salg på 450 GWh.



Figur 10.6: Handel for vinter 2 år 2004

Handelen for vinter 2 år 2004 er i ProdRisk noenlunde i tråd med handelen for vinter 1 samme år, bortsett fra at handel for portefølje C2 og C2- inngår. For vinter 2 selges det ca 1550 GWh i kW, og i ProdRisk selges det 400 GWh for portefølje C3-.

Det vises til vedlegg 9 for handelen for portefølje A og B. En generell trend er at det i kW blir kjøpt kontrakter for sommeren og solgt kontrakter om vinteren. Det er kun portefølje B i ProdRisk som viser noe kjøp i underkant av 10 GWh, og dette skjer om sommeren og noe den siste perioden av vinter 2.

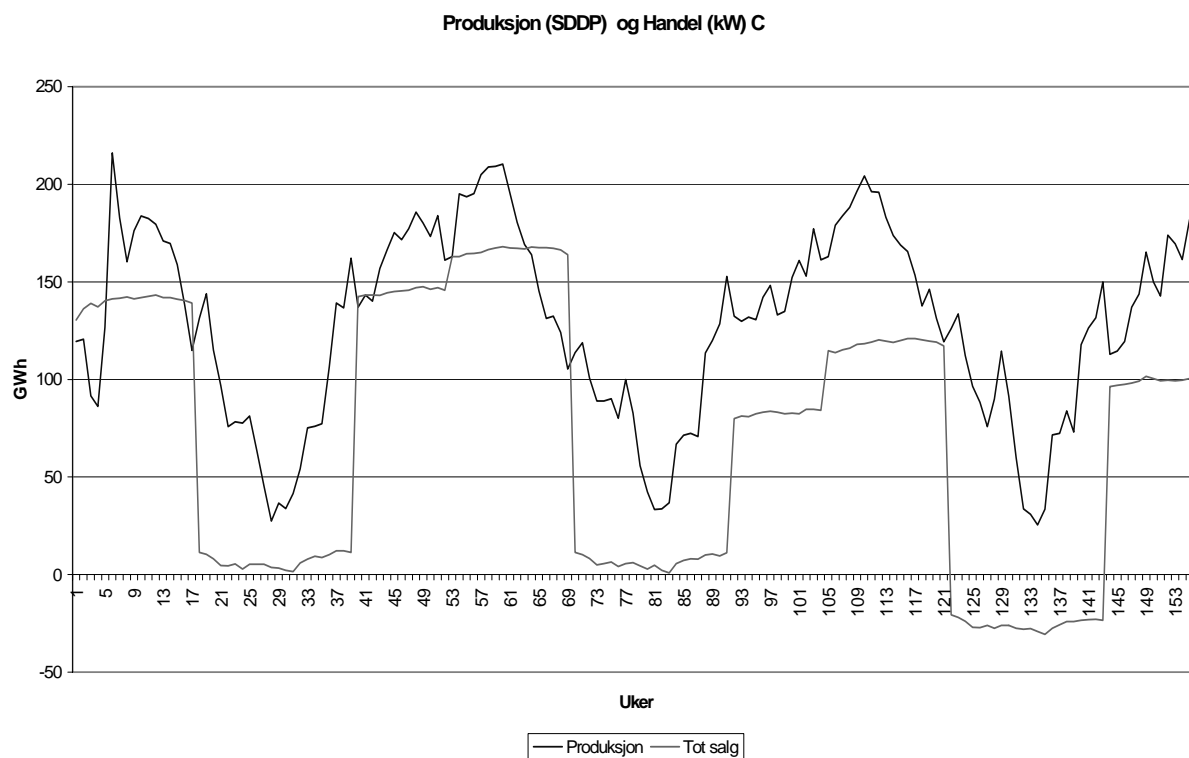
Ved overslagsregning på de tre figurene over for agering vises at totalt volum handlet over år 2004 har et avvik på 350 GWh mellom kW og den strengeste straffen innført i ProdRisk for portefølje C, og fordelingen av handelen er vesentlig forskjellig. I tabell 10.2 vises det at det produseres ca 430 GWh mindre for portefølje C3- enn for Plansddp for år 2004. Dette er i samsvar med at det selges 350 GWh mer i kW enn i ProdRisk for dette året, men det forklarer ikke hele avviket. Det er viktig å være klar over at det kan være andre faktorer som spiller inn for ageringen som for eksempel transaksjonskostnader eller straff innført. Dette vil ikke videre omtales her da det kommer frem i diskusjonen.

Det vises til vedlegg 9 for resultatene for portefølje A og B. Tabell 10.4 viser at det totale handelsavviket for alle år for A, B og C mellom kW og ProdRisk er minst med høyest straff. Dette kan skyldes at den høyeste straffen i ProdRisk er mer i tråd med den risikoholdningen som ligger til grunn i kW.

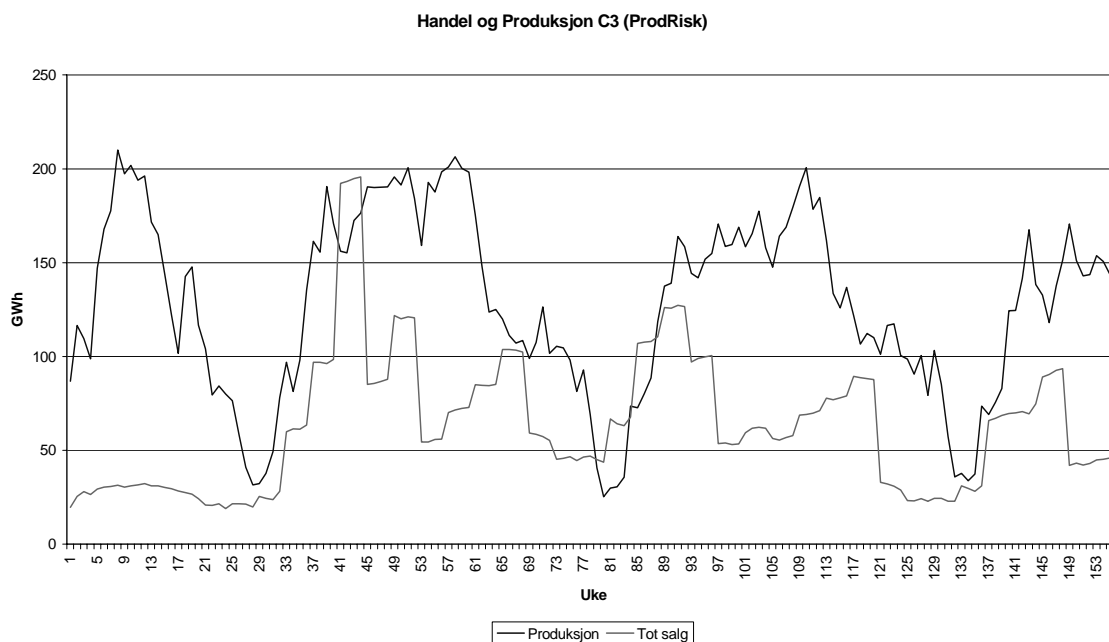
Når det innføres nivåskift selges det gjennomgående mer for hele året, og det oppstår heller ikke kjøp i noen av periodene. Siden denne er mer representativ da den modellerer usikkerhet i terminprisene langt frem i tid, kan det tyde på at det lønner seg å selge gjennomgående for hele året.

10.5 Netto posisjon

For å illustrere hvor stor andel av produksjonen som er sikret i form av kontrakter totalt sett, er nettoposisjon for separat og integrert risikostyring vist i figurene under. Figur 10.6 viser resultater fra produksjon i Plansddp og handelen i kW, og figur 10.7 viser de samme resultatene fra ProdRisk. Det er valgt ut en tilfeldig straff (C3) for illustrasjonen i ProdRisk, og salg er her definert som positivt.



Figur 10.7: Nettoposisjon Plansddp og kW

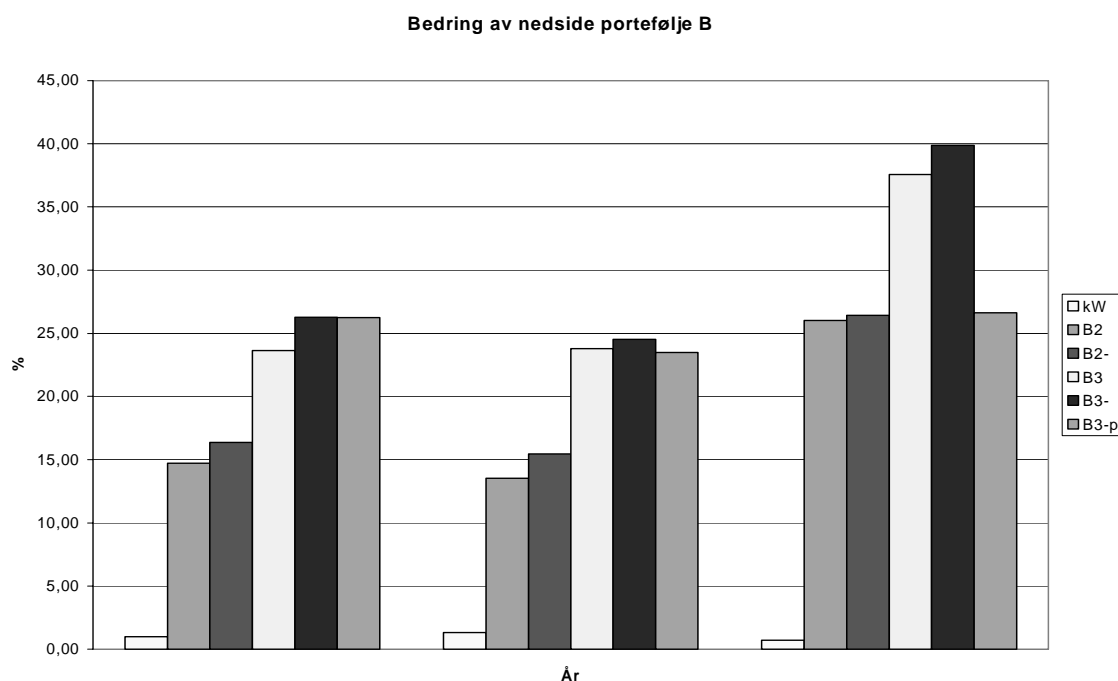


Figur 10.8: Nettoposisjon ProdRisk

Arealet mellom produksjonskurven og kontrakthandelen viser hvor stor del som ikke er sikret, det vil si hvor mye som selges i spotmarkedet. Handelen i figur 10.7 er resultat av beslutning tatt i nåtidspunktet da dette refererer til kW, men det totale salget som fremkommer i figur 10.8 er basert på en dynamisk strategi. Resultatet fra figurene viser tydelig at fordelingen av handelen er ulik i kW og ProdRisk.

10.6 Forbedring av nedside

Størrelsen på bedringen av nedsiden i ProdRisk i forhold til kW er vist i figur 10.9. For kW er den prosentvise bedringen i nedsiden gitt i forhold til initiell inntekt i kW, mens den prosentvise bedringen i ProdRisk er utregnet i forhold til initiell inntekt i dette programmet. Langs x-aksen vises tid oppgitt i år. Nedsiden er definert som gjennomsnittet av de femten dårligste inntektscenariene. Her er det valgt ut portefølje B siden én av disse simuleringene inneholder nivåskift.



Figur 10.9: Bedring av nedside portefølje B

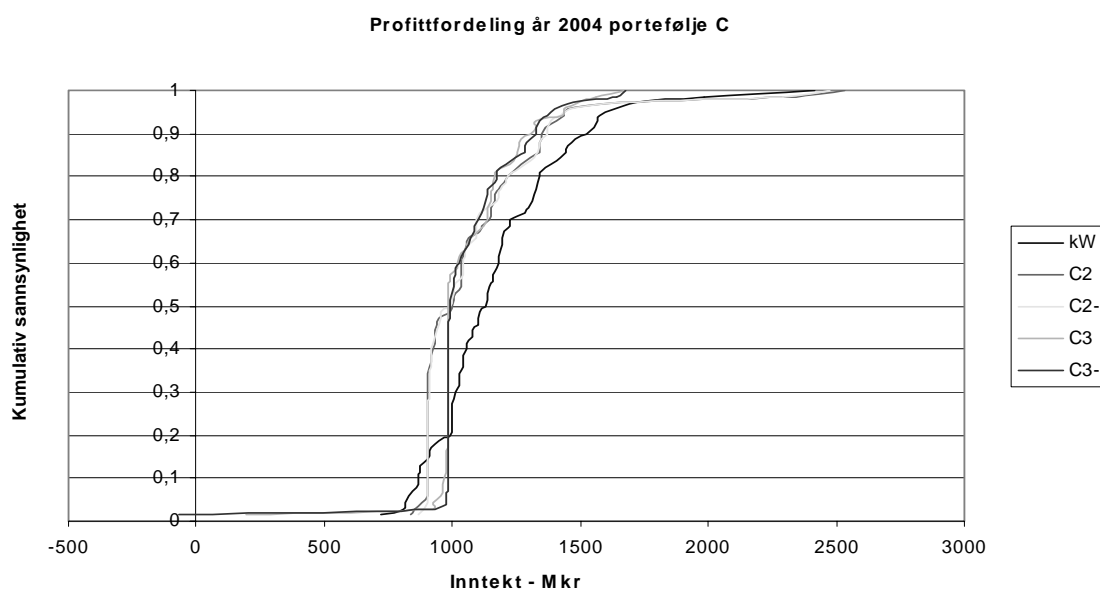
Det kan tydelig leses utifra figuren at ProdRisk har større bedring av nedsiden enn kW. En grunn kan være at ProdRisk i større grad klarer å jevne ut profitten enn kW grunnet at den foreslår dynamisk handel, samt at den kan justere produksjonen i tillegg til å inngå kontrakter.

Ved innføring av nivåskift blir bedringen i nedside mer stabil over de tre årene, og i de første to årene er denne bedringen i tråd med samme portefølje uten nivåskift, dvs B3-. Årsaken til avvikene det siste året kan skyldes at sluttmagasinet ikke er det samme.

Det vises til vedlegg 9 for portefølje A og C. Disse viser også at bedringen er større i ProdRisk enn i kW for alle straffer, og at i de porteføljer der straffen settes på et høyere scenario vil bedring av nedsiden øke. Dette gjelder ikke for det siste året der strengest straff gir lavere bedring i forhold til kW både for portefølje A og C, men denne differensen kan igjen skyldes avviket i sluttmagasinet.

10.7 Profittfordeling

For portefølje C er profittfordelingen vist i figur 10.9 både for kW og ProdRisk. Kumulativ sannsynlighet er representert langs y-aksen og stigende inntektsverdier i millioner kroner langs x-aksen. Inntektsverdiene i ProdRisk er justert for både transaksjonskostnader og et avvik som oppstår i forventningsverdi. Grunnen til dette avviket er at prismodellen i ProdRisk ikke faller sammen med prisscenariene som er lagt inn. Dette avviket er for alle porteføljer under 5 Mkr, sett i forhold til forventningsverdien som er ca 1,1 milliard kroner for alle porteføljer.



Figur 10.10: Profittfordeling år 2004 portefølje C

Som det fremgår av figuren er bedringen av nedsiden større for alle simuleringene i ProdRisk i forhold til i kW, men samtidig er oppsiden dårligere for simuleringene i ProdRisk. De porteføljene med strengest straff, det vil si portefølje C3 og C3- har den beste bedringen av nedsiden, men det er også en større sannsynlighet for at disse får en demping av oppsiden enn for portefølje C2 og C2-.

Det vises til vedlegg 9 for portefølje A og B. Disse viser for øvrig samme trend som portefølje C. Ved innføring av nivåskift har ikke dette noen nevneverdig betydning for profittfordelingen. Generelt gjelder at desto strengere straff som innføres, desto nærmere kommer profittfordelingen forventningsverdien. Det blir da avveiningen mellom bedringen av nedsiden og reduseringen av oppsiden som er avgjørende for risikoholdningen som velges.

11 Resultater i ProdRisk for alle porteføljer og straffetyper

Siden det i oppgaven skal testes ut et relativt nytt dataprogram, vil resultater fra dette her bli undersøkt alene. Resultatene i ProdRisk for hver portefølje og alle straffer innført er vist i tabell 11.1, og alle tallene i tabellen er et gjennomsnittet av de tre resultatperiodene, utenom verdien av sluttmagasinet. Foruten produksjonen og sluttmagasinet som er oppgitt i GWh, er de resterende tallene oppgitt i millioner kroner.

Tabell 11.1: Resultater for analyseperioden for alle porteføljer og straffetyper i ProdRisk

	Produksjon	Forv. verdi	Sluttmag	Stdavvik	Straffekostn	Handelsgev	T.kostn
A1	6689,79	1194,17	3877,33	359,08	0,00	0,00	0,00
A2	6689,86	1185,04	3874,59	306,74	1,11	-2,42	0,65
A2-	6678,84	1182,94	3902,47	305,16	0,63	-2,22	0,88
A3	6674,56	1186,35	3898,49	177,46	12,86	0,41	3,78
A3-	6674,82	1183,99	3878,55	178,66	38,86	0,97	5,25
B1	6684,17	1132,98	3873,89	273,96	0,00	0,00	0,00
B2	6685,97	1132,51	3867,12	189,13	2,17	1,12	0,21
B2-	6678,98	1131,25	3876,73	181,88	1,08	1,53	0,21
B3	6687,84	1132,61	3857,80	106,18	2,68	1,09	0,94
B3-	6683,68	1138,56	3870,53	100,19	1,06	4,66	1,25
B3-p	6681,47	1119,10	3875,91	131,36	25,01	-5,56	1,82
C1	6684,84	1136,53	3877,61	310,87	0,00	0,00	0,00
C2	6689,15	1131,14	3853,43	267,38	0,75	-1,14	0,39
C2-	6678,77	1134,29	3887,39	262,25	1,00	1,15	0,52
C3	6681,14	1120,79	3878,89	158,73	7,90	-4,73	2,04
C3-	6680,49	1124,61	3879,46	173,74	26,94	-1,17	2,60

11.1 Produksjon

Produksjonen varierer med et avvik fra høyeste og laveste verdi på oppmot 15 GWh innad for hver av de tre porteføljene. Variasjonene er ikke av vesentlig størrelse og kan skyldes at sluttmagasinet ikke er satt helt identisk likt for alle straffetyper for en portefølje. Avviket i sluttmagasinet for en porteføljetype har et krav til å være mindre enn +/- 30 GWh sett i forhold til risikonøytral kjøring. Avviket kan også skyldes at ProdRisk flytter vann grunnet at straffen refererer til ulik inntekt for de ulike årene.

Dersom produksjonen for straffetype 2, 2-,3, og 3- sammenlignes over de tre porteføljene, er maksimumavvikene henholdsvis på 3, 0, 13 og 9 GWh. Dette viser at desto strengere straff

som innføres, desto mer avgjørende er type grunnportefølje som ligger til grunn for produksjonsresultatet.

11.2 Forventningsverdi

Forventningsverdien oppgitt i tabell 11.1 er justert for transaksjonskostnader og handelsgevinst. For alle porteføljer varierer forventningsverdien med en spredning på opptil 16 Mkr (dersom B3-p sees bortifra). Generelt reduseres forventningsverdien når straffen øker, og dette kan skyldes at transaksjonskostnadene øker med økende straff fordi det handles mer.

Forventningsverdien er ca 60 millioner kroner høyere for portefølje A enn for de andre porteføljene. Dette skyldes at A kun inneholder produksjon, mens portefølje C inneholder en brukstidskontrakt i tillegg til produksjonen. Siden portefølje B også inneholder denne brukstidskontrakten i tillegg til flate kontrakter og opsjoner, er det tydelig at tapet er vesentlig på denne kontrakten.

11.3 Standardavvik

Standardavviket som fremkommer i tabell 11.1 sier noe om i hvilken grad inntekts scenariene fraviker gjennomsnittet. For alle porteføljene reduseres standardavviket til inntekten med økende straff. Dette er logisk siden en økning av straff betyr at risikoaversjonen økes. Gjennomgående for alle porteføljer gjelder også at standardavviket blir ca det samme for de straffetyper som har satt straffen til samme scenario, for eksempel A2 og A2-. Det betyr at det ikke er graden av straff som har innvirkning på reduksjonen i standardavviket (det vil si hvilke koeffisienter det straffes med), men hvilket scenario straffen er satt til.

Standardavviket til B3-p der B3- er blitt kjørt med nivåskift viser noe økning i forhold til B3- (131 mot 100). Dette strider mot forsøk utført i ”Testing av Beta på brukstidskontrakt” (Botterud et al, 2001G) der det vises at standardavviket reduseres når det blir innført nivåskift på en portefølje. Her skyldes dette ett ekstremscenario som får innvirkning på resultatene. Grunnen til dette kan være at når nivåskift inkluderes, må antall iterasjoner også økes (Mo, 2002). Dette ble ikke videre testet ut i oppgaven.

Standardavviket er høyest for A1 og lavest for B1. Dette er i samsvar med sikringen som er utført. Standardavviket er videre hele tiden høyere for A enn for B og C. For at det i teorien

skulle vært likt også ved de strengeste straffene, måtte forventningsverdien til mulige priser for A være lik de prisene som allerede er brukt til å sikre B eller C, hvilket mest sannsynlig ikke er tilfelle. For det andre måtte maksimal transaksjon (angitt som en konstant i optimeringen i ProdRisk i GWh/uke) for hver portefølje vært større enn det volumet som allerede er inngått per uke for fremtidige uker, slik at det volumet som var inngått i B og C kunne blitt kjøpt i uke 1 for A (Mo, 2002).

11.4 Straffekostnader

Straffekostnadene for portefølje A og C øker når straffen øker. Disse kostnadene refererer til hvor aktiv straffen har vært, det vil si hvor mye fra målsettingen inntektene fraviker. Også her vises den tendens at det ikke er koeffisienten det straffes med, men det scenariet straffen er satt til som har størst betydning for størrelsen på straffekostnadene. For de straffetyper som er satt til samme scenario, er det de høyeste koeffisientene som gir høyest straffekostnader, eksempelvis A3 versus A3-. Dette gjelder for alle porteføljene utenom for A2 versus A2-.

Portefølje B viser en annen trend hva angår straffekostnader siden det er graden av straff og ikke scenariet straffen er satt til som avgjør størrelsen på straffen. Straffekostnadene er dessuten relativt små og ca like for B2 og B3, samt for B2- og B3-. Dette kan skyldes at portefølje B allerede er så godt sammensatt at straffen vil være lite aktiv ved inngåelse av nye kontrakter. B3-p viser mye høyere straffekostnader enn B3-, og dette kan ha sammenheng med at det handles mer når nivåskift er innført.

Når straffekostnadene sammenlignes på straffeseriene, er de ca like for 2 og 2- seriene. For 3 serien de størst for A og minst for B. For 3- serien er straffekostnadene enda større for A enn for B og C. Dette kan skyldes at inntektsfordelingen for B og C er mer jevn på forhånd, og følgelig vil det straffes mindre. Det er tydelig at når straffen øker til et høyere scenario (fra 2 serien til 3 serien) og på dette scenarioet med en høyere koeffisient (for eksempel fra 2 til 2-), er det av stor betydning hva slags type portefølje som ligger til grunn for hvor aktiv straffen er.

11.5 Handelsgevinst

Handelsgevinsten representerer avvik som oppstår grunnet at prisscenariene som er lagt inn fra Samkjøringsmodellen og prismodellen for terminpris i ProdRisk ikke sammenfaller. Differensen mellom betinget forventet spotpris generert av modellen for terminpris i ProdRisk og prisscenariene lagt inn fra Samkjøringsmodellen skulle i realiteten vært null. Grunnet at prismodellen ikke har nok punkter til å gjenspeile de 70 scenariene, blir ikke betinget forventet spotpris helt korrekt. Det er viktig å påpeke at denne gevinsten ikke har noe med reell gevinst i markedet å gjøre, det vil si differensen mellom spotpris i markedet og troen på egen prisprognose ved tid for levering.

Det er vanskelig å si noe om størrelsen på gevinsten eller tapet har noe med straff eller porteføljetype å gjøre da resultatene på dette området ikke er konsistente.

11.6 Transaksjonskostnader

Gjennomgående for alle porteføljer gjelder at transaksjonskostnadene øker med økende straff. Dette er logisk siden det handles mer når straffen økes. Også her er trenden at størrelsen på kostnaden er relatert til scenario nummer straffen er satt til, og ikke like sterkt koeffisienten det straffes med. Høyest koeffisient viser også høyest transaksjonskostnad der straffen settes til samme scenario. Ved innføring av nivåskift øker også transaksjonskostnadene, og grunnen til dette kan være at B3-p handler mer. Dette kan skyldes at ved innføring av nivåskift framskyves handelstidspunktet, og følgelig vil den akkumulerte handelen bli større.

Samme tendens som for straffekostnadene finner sted for transaksjonskostnadene. Det vil si at 2 og 2- seriene er relativt like. 3 og 3- seriene derimot har større kostnader for A enn for B og C. Dette henger sammen med at det handles mer for portefølje A og C enn for B, da A og C ikke er så godt sammensatt på forhånd.

I den reelle verden er transaksjonskostnadene svært små. Grunnen til at transaksjonskostnader likevel må være innført i ProdRisk er at uten disse ville programmet handlet svært høye volum i dag siden det kostnadsfritt kunne blitt solgt eller kjøpt tilbake neste uke. Det er derfor viktig å påpeke at transaksjonskostnadene i tabellen over kun er "hjelpesverktøy" for at ProdRisk skal opptre fornuftig.

12 Diskusjon av resultater

Denne diskusjonen vil basere seg på resultatene fra den separate og den integrerte gjennomføringen. I tillegg vil resultatene fra ProdRisk alene evalueres.

12.1 Sammenligning separat og integrert risikostyringsmodell

Det er i utgangspunktet vanskelig å sammenligne den separate risikostyringsmodellen som anvendes hos Statkraft med den integrert modellen i ProdRisk. De viktigste årsakene er at

- dynamisk handel blir foreslått i ProdRisk, men kun handel i nåtidspunktet i kW.
- transaksjonskostnader er utelatt i forsøkene i kW, men tas hensyn til i ProdRisk.
- beregningene i kW er utført manuelt og ikke ved hjelp av et optimeringsverktøy.
- sluttmagasinet i ProdRisk er ikke risikojustert slik at magasinene tappes avhengig av straffen innført, men dette er ikke tilfelle for Plansddp.
- graden av risikoaversjon er vanskelig å sammenstille mellom kW og ProdRisk.

I simuleringene er det vist at produksjonsfordelingen i ProdRisk endrer seg noe på årsbasis dersom det innføres straff, samt at avviket i produksjon fra risikonøytral kjøring øker med straffen som innføres. Dette kan indikere at ProdRisk flytter vann for å redusere risiko.

Det er viktig å poengtere at mengden av vann som flyttes er i overkant av 400 GWh årlig for den strengeste straffen, hvilket ikke er vesentlig når produksjonen årlig er ca 6 TWh. I tillegg er det innført transaksjonskostnader på 0.10 øre/kWh, hvilket er opptil 100x større prisene som for eksempel finnes hos NEC (www.nordpool.no). Det sees da bortifra årlige gebyrer for å delta i markedet. Siden transaksjonskostnadene i realiteten er svært mye mindre enn det ProdRisk har blitt kjørt med, er det usikkert om ProdRisk vil flytte vann dersom disse kostnadene reduseres.

For det andre er straffen for hvert år og for hver portefølje satt til å gjelde fra samme inntektsscenario. Siden dette scenariet ikke refererer til samme inntekt for de tre årene for en portefølje, samt mellom de ulike porteføljene, betyr det at den risikoholdningen som ligger til grunn ikke er lik. Dersom straffen hadde blitt satt til å gjelde samme inntekt i stedet for samme scenario for hvert år for alle porteføljer, ville alle simuleringene i ProdRisk hatt

samme risikoholdning. Det kan være trolig at forskyvningen i produksjon skyldes ulik risikoholdning. Ifølge Mo (2002) vil ProdRisk flytte vann mellom periodene hvis straffen i disse periodene er forskjellig.

Det ble utført en ytterligere simulering på portefølje C3- der transaksjonskostnadene ble satt til 0,002 øre/kWh mot 0,1 øre/kWh som er tilfelle for alle de andre simuleringene. I tillegg ble straffen for denne kjøringen satt slik at den refererte til inntekt og ikke til scenario. Resultatene i dette forsøket er vist i tabell 10.2 som C3-ny. Dette resultatet viser at selv om transaksjonskostnadene blir redusert og selv om inntektsmålsettingen var lik for alle årene, blir fortsatt produksjonsfordelingen forskjøvet i forhold til risikonøytral kjøring, men avviket er størst for det siste året. Sluttmagasinet ble også for denne kjøringen sjekket til å ligge innenfor de satte krav. Dette kan gi en indikasjon på at ProdRisk faktisk flytter vann for å risikostyre, men det kan ikke på grunnlag av dette ene eksempelet bevises at transaksjonskostnader og straff innført ikke har påvirkning på om vann flyttes eller ikke.

En tredje årsak til at produksjonsfordelingen er ulik mellom ProdRisk og Plansddp for de ulike straffer er at dette er også tilfelle for risikonøytral kjøring. Dette forklarer selvsagt ikke årsaken til at avviket i produksjon øker med økende straff, men dette kan redusere alle avvikene uansett straff. Avviket mellom de strengeste straffene i ProdRisk og Plansddp er som nevnt litt over 400 GWh årlig, men i underkant av 300 GWh av disse skyldes initielt avvik mellom Plansddp og kjøring i ProdRisk uten straff, se tabell 10.2. Dette kan videre ha årsak i at Plansddp ble kjørt med prisavsnitt som oppløsning, mens ProdRisk ble kjørt med ukeloppløsning. Dette skyldes menneskelig feil.

Når det gjelder agering i terminmarkedet er det grunnet punktene innledningsvis vanskelig å sammenligne kW med ProdRisk. Spesielt var det vanskelig å sammenstille risikoholdningen mellom programmene, selv når flere straffefunksjoner ble testet ut. Det kan stilles spørsmål om risikokriteriene i de to tilfellene i det hele tatt kan sammenlignes.

Selv om det er vanskelig å sammenligne kW direkte med ProdRisk, er et gjennomgående trekk at det ble handlet mer om vinteren i kW i forhold til handelen i ProdRisk. I tillegg ble det kjøpt kontrakter for sommeren i kW, mens ProdRisk viste nesten for alle porteføljer gjennomgående salg også på denne tiden av året. Forskjellen i denne ageringen kan skyldes at ProdRisk foreslår dynamisk handel slik at nye kontrakter evalueres for hver uke, men at kW

kun ser nåtidspunktet som eneste handelsmulighet. Siden ProdRisk er basert på optimering og foreslår dynamisk handel, kan det bety at fordelingen av ageringen i kW ikke er optimal. Handelen i nåtidspunktet er svært liten i ProdRisk, og grunnen til dette er at det tas hensyn til nytten av å vente.

Ved innføring av nivåskift selges det gjennomgående mer over hele året enn dersom dette ikke er inkludert. Dette kan skyldes at handelen framskyves til et tidligere tidspunkt, og følgelig blir den akkumulerte handelen større.

Dersom bedring av nedside sees på som risikomål isolert sett, er det tydelig at alle simuleringene i ProdRisk gir en større bedring av nedsiden enn kW gitt de straffer som er innført. I ProdRisk øker dessuten forbedringen i nedsiden med høyere inntektsmålsetning, det vil si strengere straff. Utførelsen i kW ble gjort ved manuell prøving og feiling, men likevel ble tankegangen ved utførelsen basert på en optimeringsalgoritme. Av den grunn kan det antas at løsningen som fremkom i kW er nær optimal, og følgelig er det lite sannsynlig at det er metoden som har årsak til avviket i bedring av nedside. Avviket i bedringen av nedsiden mellom kW og ProdRisk kan i stedet skyldes at dette programmet har dynamisk handel. Det kan videre bety at ProdRisk i større grad også klarer å redusere tilsigsrisiko i tillegg til prisrisiko. En annen årsak til at bedringen av nedsiden er større i ProdRisk enn i kW, kan være at ProdRisk flytter vann som et ytterligere risikostyringsinstrument.

Siden bedringen av nedsiden er bedre for ProdRisk uansett straff innført enn for kW, viser også profittfordelingen for ProdRisk at oppsiden er redusert for alle straffefunksjoner i forhold til i kW. Desto strengere straff som er innført i ProdRisk, desto nærmere forventningsverdien forskyves profittfordelingen. Dersom nedsiden hadde inkludert flere scenarier i kW kunne også denne profittfordelingen blitt forskjøvet ytterligere mot forventningsverdien.

Markedsmodellen som ligger til grunn i ProdRisk er ikke komplett siden variansen i inntektene ved kjøringene ikke blir lik null. Siden modellen opererer med submodeller for pris og tilsig kan det bety at modellen kan ha to tilsigsalternativ for ett prisalternativ, og følgelig kan ikke de prissikringsinstrumenter som ligger inne brukes til å eliminere all risiko, dvs all tilsigsrisiko i tillegg til prisrisiko.

12.2 Evaluering av resultatene i ProdRisk alene

Resultatene er fornuftige både for produksjon og forventningsverdi. Sammenlikning basert på straff innført viser generelt at standardavviket til inntekten reduseres og straffekostnadene og transaksjonskostnadene økes når straffen øker. Resultatene viser også at det er scenario nummer straffen er satt til, og ikke koeffisienten det straffes med som har størst betydning for resultatet, spesielt for portefølje A og C der det ikke var gjort noe eller vesentlig sikring på forhånd.

Videre viser resultatene at det er av avgjørende betydning hvilken portefølje som ligger til grunn for optimeringen. Forventningsverdien er høyere for A enn for B og C, hvilket også viser at det i hovedsak er brukstidskontrakten som har medført et tap. Dessuten er både standardavvik, straffekostnader og transaksjonskostnader høyest for portefølje A og lavest for portefølje B, spesielt når straffen økes. Grunnen til at ikke standardavviket ble likt selv med høyest straff kan være at forventningsverdien til de allerede inngåtte kontraktene for B og C ikke sammenfaller med de kontrakter som er mulig å inngå for A.

Ved innføring av nivåskift har resultatene blitt noe annerledes sammenlignet med tidligere forsøk gjort på ProdRisk. Simuleringene ble forskjellig grunnet ett ekstremscenario, og dette fikk konsekvenser på både forventningsverdien og følgelig standardavviket, samt straffekostnadene som ble generert. Dette kan bety at det ikke ble iterert nok ganger når nivåskift ble inkludert. Økte transaksjonskostnader ved nivåskift kan ha opphav i at den akkumulerte handelen er større grunnet at handelen utføres på et tidligere tidspunkt.

13 Feilkilder

Her vil de viktigste kritikker av metode og verktøy bli beskrevet, samt mulige årsaker til feil.

13.1 Kritikk av metode og verktøy

Systemet Sira-Kvina ble valgt ut på grunnlag av tips fra veiledere samt at systemet var stort nok til å representere et faktisk kraftverk i Norge. Det kan likevel argumenteres for at det valgte systemet kunne vært mye mindre i størrelse og kompleksitet. Det ville ha ført til et enklere arbeid samt at tidsbruken ville ha blitt redusert.

Tidsbruken kunne også blitt vesentlig mindre hvis antall grunnporteføljer hadde blitt gjort mindre. Isteden for tre slike kunne det blitt tatt utgangspunkt i én.

Ved bruk av kW ble som kjent en prøve og feile metode benyttet. Prosedyren gikk ut på å endre skritt lengden med en visst volum for å prøve neste sammensetning av kontrakter. Disse skritt lengdene kan ha vært for store, slik at den optimale sammensetningen av kontrakter ble overgått. Selve metoden kan også inneholde feil og mangler.

For integrert risikostyring ble som kjent programmet ProdRisk benyttet, og det har i liten grad blitt diskutert om andre liknende program isteden kunne blitt brukt. For eksempel finnes programmene POMAX og OMEGA som også integrerer produksjon og handel for kraftprodusenter.

I oppgaven har det blitt tatt utgangspunkt i en prisrekke fra Samkjøringsmodellen som for denne oppgaven symboliserer markedet. Vanligvis representerer denne egen tro på markedet (for Statkraft), og det er forskjellen mellom denne og forwardkurven på Nord Pool som angir mulig endring i forventningsverdi i inntekter i fremtiden. En svakhet ved oppgaven er at det ignoreres å se på hvordan forventningsverdien kan endres når risikoen justeres. En annen svakhet er at prisrekken fra Samkjøringsmodellen er brukt i stedet for forwardkurven til å angi markedets priser.

Det har i hele arbeidet blitt utelatt å kjøpe eller selge nye opsjoner. Dette kan sies å være en forenkling som er lite reell med den virkelige verden. Årsaken til denne utelatelsen er som tidligere nevnt at ProdRisk ikke modellerer inngåelse av nye opsjoner.

Gjennomgående har straffen i ProdRisk blitt definert slik at den har tatt utgangspunkt i inntektsscenario nummer n, og ikke selve inntekten. Dette er ukorrekt da nytteteori relaterer seg til inntekt og ikke til inntektsscenario. Hvis inntektsscenario nummer n i hver grunnportefølje for hvert år inneholdt samme inntekt ville det likevel ikke vært en feil å definere straffen slik. Dette stemmer ikke i den praktiske utførelsen siden inntektsfordelingen for de ulike porteføljene for hvert år ikke var lik.

ProdRisk flytter vann fra en periode til en annen hvis det er et strengere krav til inntekt i en sesong i forhold til en annen. For å oppnå det strengeste inntektsnivået flytter ProdRisk produksjon til dette året. Det kan på bakgrunn av dette sies at isteden for å bruke et gitt inntektscenarienummer som utgangspunkt for straff, burde det vært brukt faktiske inntektsnivå. Dette er derfor også en mulig årsak til feil.

13.2 Mulige årsaker til feil

Resultatene som har fremkommet etter arbeidet kan inneholde feil, selv om det ikke er eller vil bli oppdaget. En årsak til dette kan være at det er feil i de verktøy og hjelpemidler som har blitt benyttet. Dette kan for eksempel være feil i den nye versjonen av kW eller feilprogrammeringer i ProdRisk. Slike feil kan ha hatt påvirkninger på resultatet i ulik grad.

I kapittel 5.1.1.9 er det diskutert at transaksjonskostnadene som ble lagt inn i ProdRisk muligens kan ha vært for høye og ført til for lite handel. Nivået på disse kan derfor ha ført til feil og påvirkning på de konklusjoner som har blitt tatt i prosjektet. Ved et annet handelsresultatet kunne store deler av resultatdelen i rapporten blitt annerledes.

Under arbeidet har det blitt brukt mye tid på å legge inn informasjon inn i de ulike programvarene. Fordi dette er gjennomført manuelt, kan det underveis ha blitt lagt inn feil i verdier som ikke har blitt oppdaget verken i Vansimtap, Plansddp, kW eller ProdRisk. Slike typer feil kan ha ulik grad av innvirkning på resultatene som er lagt frem i rapporten.

En av de viktigste og mest brukte inngangsdataene i dette arbeidet har vært den prisrekken som ble generert ut fra Samkjøringsmodellen. Feil i Samkjøringsmodellen eller de betingelser som lå til grunn for denne prisrekken kan derfor ha hatt stor påvirkning på det resultatet som har fremkommet etter arbeidet. I vedlegg 6 vises at prisrekken Samkjøringsmodellen genererer er feilaktig i nær fremtid (25 uker). Dette har generert feilaktige resultater for de 25 første ukene både for Vansimtap, Plansddp, kW og ProdRisk. Likevel kan det argumenteres for at siden denne feilen er gjennomgående for alle programmene vil ikke dette påvirke de konklusjonene som angår sammenligning av separat og integrert risikostyring.

Tilsigsrekkene som har blitt benyttet i prosjektet er dannet på grunnlag av manuell måling gjennom en rekke år. For systemet Sira-Kvina har dette foregått basert på menneskelige observasjoner av endringer i elvenivået, og det kan stilles spørsmål om troverdigheten av resultatene. Dessuten er noen av årene syntetisk fremstilt. I tilknytning til målemetoden kan det også nevnes at elvenivå mulig ikke er den beste representasjonen for nedbør, da elven er et resultat av regnet i større områder og i hvilken grad det har regnet dagene før.

I tillegg bør det nevnes at all nedbørstatistikk for Sira-Kvina kun har opphav fra Fidjeland, mens systemet strekker seg over et stort området med ulik gjennomsnittsnedbør. Denne tilsigsrekken har stor innvirkning på resultatene som har blitt generert i dette prosjektet da denne er grunnlag for produksjonsplanene. Likevel har ikke dette påvirket konklusjonene i stor grad, fordi feilen er gjennomgående og fordi prosjektet ikke har blitt gjennomført reelt.

På grunn av at ProdRisk ikke takler uttaket av brukstidskontrakten hvis den er solgt, har uttaket av brukstidskontrakten bare blitt gjort i kW. Hvis dette programmet har gitt feilaktige resultater har dette også forplantet seg videre til ProdRisk. Likevel kan det sies ikke å ha stor innvirkning på resultatet da denne mulige feilen både fremkommer i ProdRisk og kW.

Siden kW ikke er et optimeringsverktøy kan bruken av programvaren ha resultert i at den handelen som fremkommer ikke kan garanteres å være optimal. Det kan argumenteres for at prøve og feile metodikken kan ha generert feil resultater.

Da det nesten kontinuerlig i prosjektarbeidet har blitt generert resultater, kan det ha vært en mulighet for at uttaket og bearbeidelsen av data kan være gjort feil.

14 Oppsummering

I denne oppgaven er det lagt vekt på to dimensjoner for risikostyring, og disse er dynamisk versus statisk handel og separat versus integrert risikostyring.

Den viktigste grunnen til at handelen bør være dynamisk framfor statisk er at en dynamisk modell tar hensyn til muligheten for fremtidige beslutninger og dermed verdien i å vente på mer informasjon om pris og tilsig. Andre motiv kan være tilgjengelige sikringsinstrumenter, samt å redusere transaksjonskostnader.

Separasjonsteoremet sier at beslutningen om produksjon og handel kan separeres gitt et komplett og et perfekt marked. Dette betyr at det finnes instrumenter som muliggjør perfekt sikring, samt at det ikke er mulig å utøve markedsrett. Et av eksemplene gjort i Excel viser at variansen i totale inntekter er lik null for både den separate og den integrerte versjonen. Dette fordi pris og tilsig er korrelert ved at sikringsinstrumenter kan eliminere all risiko slik at markedet blir komplett. I tillegg er aktøren definert som pristaker slik at markedet også er perfekt. Siden resultatene som fremkommer fra den separate og den integrerte modellen er identiske, underbygger dette teoremet. Eksempelet hvor markedet ikke var komplett bygger også opp under separasjonsteoremet. Grunnen til dette er at produksjonsplaner og handel blir forskjellig ved separat og integrert risikostyring, og derfor kan ikke separasjon finne sted.

ProdRisk er basert på et ikke komplett marked, hvilket også er tilfelle i den reelle verden. Det er usikkert hvor stor betydning den mengden vann som flyttes i ProdRisk har for risikostyringen. Siden det ikke flyttes mye vann i de forsøkene som er utført, er det mer trolig å anta at dynamisk handel er et viktigere aspekt ved ProdRisk enn justeringen av produksjonen. Ved dynamisk handel kan mest sannsynlig tilsigsrisikoen reduseres i høyere grad enn ved statisk handel, og følgelig har profittfordeling i ProdRisk blitt jevnere enn i kW. Derfor kan det argumenteres for at videre forskning/utvikling på separat risikostyring med dynamisk handel er nødvendig for å kunne avgjøre om separasjon eller integrasjon er tilnærmet likeverdige. Det vises til vedlegg 11 for forslag til Statkraft.

Det er usikkert om kravet om kompletthet er for sterkt i den virkelige verden da det er vanskelig å eliminere all risiko, spesielt tilsigsrisiko. Hvis avviket i produksjon som skyldes flytting av vann sees bortifra og modellene som ligger til grunn er konvekse, er det fornuftig å

anta at handelen også blir lik for modellene ved en gitt risikoaversjon dersom disse begge har dynamisk handel og er basert på optimering. Dette betyr at selv om markedet ikke er komplett, er det likevel mulig at en separasjon kan finne sted og det kan derfor vurderes om kravet til kompletthet er for strengt. Praktiske fordeler som kostnader ved omorganisering og regnetid kan for eksempel være årsaker til at det lønner seg å separere.

15 Konklusjon

Dagens separate risikostyringsmodell innbefatter ikke elementært viktige aspekter som dynamisk handel eller optimering av handelsbeslutningen, hvilket er inkludert i den undersøkte integrerte modellen. På bakgrunn av disse modellene kan det derfor ikke avgjøres om separasjon er fordelaktig framfor integrasjon eller motsatt. Dette kan mulig avgjøres dersom den separate modellen oppgraderes til å inneholde disse funksjonene. Inntil dette kan realiseres vil ProdRisk være overlegen dagens risikostyringsmodell.

16 Litteraturliste

Bjørkvoll, T., Fleten, S.-E., Nowak, M.P., Tomasgard, A. & Wallace, S.W 2001, "Power Generation Planning and Risk Management in a Liberalised Market", IEEE Porto Power Tech Conference, Porto, Portugal.

Botterud, A., Eliassen, O.-B., Gjelsvik, A., Grundt, A. & Mo, B. 1999, "Application of a new tool for integrated risk management", *Integration of Hydro Power Scheduling and Economic Risk Analysis*, SINTEF Energy research, Trondheim.

Botterud, A., Flatabø, N., Gjelsvik, A. & Mo, B. 2001A, "Duale samanhengar i Beta", *Integrasjon av vannkraftoptimalisering og sikringshandel*, SINTEF Energiforskning, Trondheim.

Botterud, A., Flatabø, N., Gjelsvik, A. & Mo, B. 2001B, "Meir om korrelasjon mellom pris og tilsig", *Integrasjon av vannkraftoptimalisering og sikringshandel*, SINTEF Energiforskning, Trondheim.

Botterud, A., Flatabø, N., Gjelsvik, A. & Mo, B. 2001C, "Modellering av usikkerhet i terminpriser", *Integrasjon av vannkraftoptimalisering og sikringshandel*, SINTEF Energiforskning, Trondheim.

Botterud, A., Flatabø, N., Gjelsvik, A. & Mo, B. 2001D, "Nytteteori og nyttefunksjoner", *Integrasjon av vannkraftoptimalisering og sikringshandel*, SINTEF Energiforskning, Trondheim.

Botterud, A., Flatabø, N., Gjelsvik, A. & Mo, B. 2001E, "Prismodellering i SDDP", *Integrasjon av vannkraftoptimalisering og sikringshandel*, SINTEF Energiforskning, Trondheim.

Botterud, A., Flatabø, N., Gjelsvik, A. & Mo, B. 2001F, Sammenendragsrapport, *Integrasjon av vannkraftoptimalisering og sikringshandel*, SINTEF Energiforskning, Trondheim.

Botterud, A., Flatabø, N., Gjelsvik, A. & Mo, B. 2001G, *Testing av Beta på brukstidskontrakt*, Integrasjon av vannkraftoptimalisering og sikringshandel, SINTEF Energiforskning, Trondheim.

Boye, K. 2000, "Hvorfor risikostyring?", *Praktisk Økonomi & finans*, 16. årgang Nr. 3, J.W Cappelens forlag as.

Brigham, E.F., Daves, P.R. & Gapenski, L.C. 1999, *Intermediate Financial Management*, 6th ed, Dryden Press Harcourt Brace Collage Publishers, USA.

Copeland, T.E. & Weston, J.F. 1992, *Financial Theory and Corporate Policy*, 3rd ed., Addison-Wesley Publishing company, USA.

Dahl, B.R., Fleten, S.-E., Grundt, A., Jenssen, T., Mo, B. & Sætness, H. 1998, *Integrert risikostyring*, Energiforsyningens Fellesorganisasjon EnFo, Lysaker.

Eliassen, B., Gjelsvik, A., Grundt, A. & Mo, B. 2000, "Risk Management by Simultaneous Optimisation of Hydro resources and Financial Instruments", *Integration of Hydro Power Scheduling and Economic Risk Analysis*, SINTEF Energy research, Trondheim.

Fleten, S.-E. 2000, *Portfolio management emphasizing electricity market applications - A Stochastic programming approach*, Doktor ingeniøravhandling, NTNU, Trondheim.

Fleten, S.-E. 2001, *Produksjonsoptimering*, Forelesningsfoiler i faget DIS 1006 Optimering under usikkerhet, NTNU, Trondheim.

Fleten, S.-E., Tomasgard, A., & Wallace, S.W. 2001, "Produksjonsplanlegging og risikostyring i et deregulert kraftmarked med finansielle instrumenter", *Magma*, årgang 4 Nr. 5, pp. 22-33.

Fleten, S.-E., Wallace, S.W. & Ziemba, W.T 1997, "Hydropower management in a deregulated hydropower based electricity market", *Proceedings Hydropower*, Rotterdam: A.A Balkema, pp. 197-204.

Fleten, S.-E., Wallace, S.W. & Ziemba, W.T 2000, "Hedging Electricity portfolios via stochastic programming", in C. Greengard and A. Ruszczyński (eds), *Decision Making Under Uncertainty: Energy and Power, IMA Volumes on Mathematics and Its Applications*, vol. 128, pp. 71-94, Springer-Verlag.

Fosso, O.B., Gjelsvik, A. Haugstad, A. Mo, B. & Wangensteen, I. 1999, "Generation scheduling in a deregulated system. The Norwegian case", *IEEE Transactions on Power Systems*, Vol. 14, No. 1.

Gjelsvik, A., Grundt, A., Kåresen, K. & Mo, B. 2001A, "Optimisation of Hydropower Operation in a Liberalised Market with Focus on Price Modelling", *Integration of Hydro Power Scheduling and Economic Risk Analysis*, SINTEF Energy research, Trondheim.

Gjelsvik, A., Haugstad, A., Huse, E.S., Mo, B., Røystrand, J. & Schjølberg, I., 2002, *En modell for sesongplanlegging basert på stokastisk dual dynamisk programmering*, SINTEF Energiforskning AS, Trondheim.

Gjelsvik, A., Grundt, A. & Mo, B. 2001B, "Integrated risk management of hydro power scheduling and contract management", *Integration of Hydro Power Scheduling and Economic Risk Analysis*, SINTEF Energy research, Trondheim.

Gjelsvik, A. & Mo, B. 1999, *Documentation of a new version of Beta*, SINTEF Energiforskning, Trondheim.

Gjelsvik A. & Mo, B. 2001C, "Simultaneous optimisation of withdrawal from a flexible contract and financial hedging", *Integration of Hydro Power Scheduling and Economic Risk Analysis*, SINTEF Energy research, Trondheim.

Hull, J.C 2000, *Options, Futures & Other Derivatives*, 4th ed., Prentice-Hall International Inc., Upper Saddle River NJ.

Nord Pool, 2001A, "Clearing Services offered by Nord Pool".

Nord Pool, 2001B, "Derivatives Trade at Nord Pool's Financial Markets".

Nord Pool, 2001C, "Det fysiske og finansielle markedet- handel og oppgjør", (kursmateriell).

Nord Pool, 2001D, "The Nordic Power Market, Electricity Power Exchange across National Borders".

Ross, P. 1996, "Corporate Hedging: What, Why and How?", Haas School of Business, University of California, Berkeley.

Røystrand, J. 1998, "Data og korrelasjon i integrert driftsplanlegging og risikostyring", SINTEF Energiforskning AS, Trondheim.

Samkjøringsmodellen, brukermanual, SINTEF Energiforskning, seksjon 1, Dokumentasjon, Brukerveiledning.

Vansimtap, brukermanual, SINTEF Energiforskning, seksjon 1, Dokumentasjon, Brukerveiledning.

Sira-Kvina kraftselskap, informasjonshefte, Aske trykkeri, opplag 3000.

Statkraft 2002A, "Fundamentale analyser og krafthandel", Introkurs Energidisponering og Krafthandel.

Statkraft 2002B, "Krafthandel og Energidisponering", Introkurs Energidisponering og Krafthandel.

Statkraft 2002C, "Systemer for langsiktig energidisponering og risikostyring i Statkraft, Introkurs Energidisponering og Krafthandel.

Wangensteen, I. 2001, *SIE1065 Kraftmarkeder*, kap.4 Driftsplanlegging, kap. 9 Risiko og kap. 5 Nord Pool, NTNU, Trondheim.

Web-sider:

Gaivoronski A., 24.12.1997, Benders decomposition [Hjemmesiden til faget DIS 1006 Optimering under usikkerhet],[Online]. Tilgjengelig: <http://webster.iot.ntnu.no/fag/Dis1006/> [24. mai, 2002]

NordPool, [Hjemmesiden til NordPool], [Online]. Tilgjengelig: www.necservice.nordpool.com [4. juni, 2002]

Kommunikasjon med fagpersonell:

Fleten, Stein-Erik, IØT, NTNU

Holtan, Jon Anders, markedsdivisjonen Statkraft

Mo, Birger, Sintef Energiforskning

Olsen, Thor, Sira-Kvina kraftselskap

Olsen, Torbjørn, kraftsentralen Statkraft

Sæterdal, Arne, Sira-Kvina kraftselskap

Tanem, Arild, markedsdivisjonen Statkraft

Vedlegg 1: Målfunksjonen i ProdRisk og Plansddp

Benders dekomponeringsmetode

Denne optimeringsmetoden krever et konvekst løsningssett, og konvekset vil bli forklart i vedlegg 4.

Benders metode kan uttrykkes:

$$\min_{x \geq 0} \{ c^T x + Q(x) \}, \quad Q(x) = \sum_{k=1}^N p_k Q(x, k)$$

$$Ax = b$$

der $Q(x)$ er uttrykket ved en deterministisk ekvivalent (Gaivoronski, 1997).

For hver iterasjon i dette optimeringsproblemet dannes nye restriksjoner til likningen over.

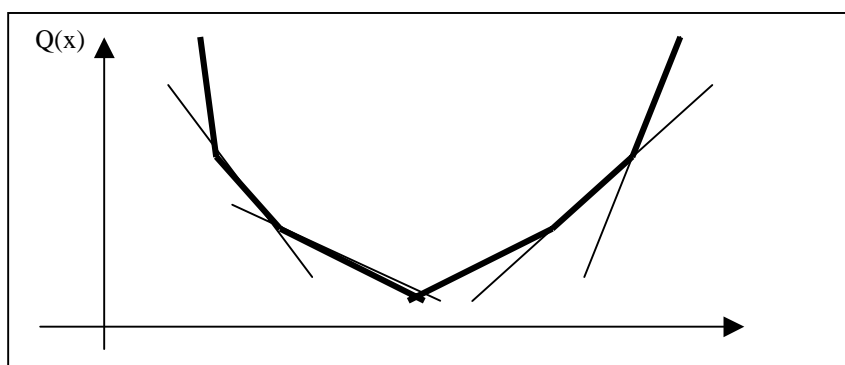
Disse restriksjonene er stykkevis glatte linjestykker (kutt) gitt av høyre siden i likningen.

Dersom $Q(x)$ blir uttrykket av ϕ , vil ϕ under optimeringen være gitt av:

$$\phi \geq \sum_{1 \leq j \leq n} p_k [Q(x^j) + Q_x^T(x^j, k)(x - x^j)]$$

der j representerer antall dimensjoner (magasin) og k antall (tilsig)scenarier til

optimeringsproblemet. ϕ er maksimumsverdien av kuttene, det vil si den øvre grensen kuttene danner. Dette er vist som de tykke linjestykkene i figuren under.



Etter hver iterasjon blir settet av tykke linjestykker forbedret. Prosessen stopper når de nye kuttene som dannes ikke er vesentlig forskjellig enn kuttene fra forrige iterasjon. Dette stoppkriteriet må settes initielt.

Målfunksjonen i ProdRisk og Plansddp

I ProdRisk er målfunksjonen ved foroversimuleringen gitt ved:

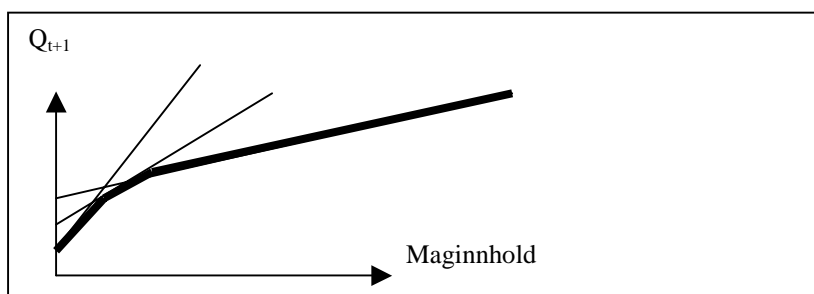
$$\text{Maks} E_{p,v} [\text{Inntekt}(t) + Q_{t+1}(x, v, p, B, I, FI)]$$

der

Q_{t+1}	forventede fremtidige inntekter
x	magasin
v	tilsig
p	pris
B	kontraktsbeholdning
I	driftsinntekt relatert til resultatperiode
FI	beholdning brukstidskontrakt der vi disponerer fritiden

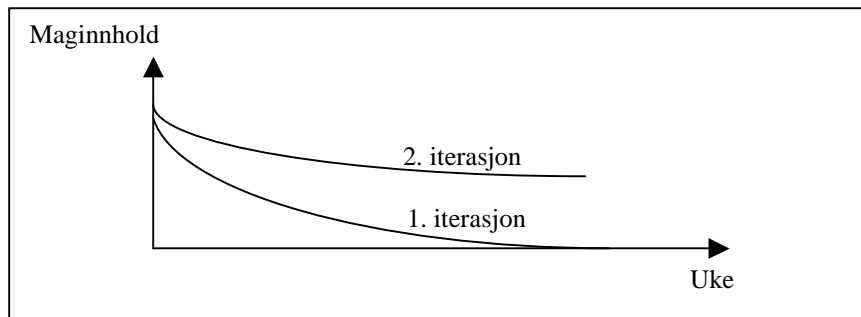
Målfunksjonen er den samme i Plansddp bortsett fra at tilstandsvariablene B , I , og FI er utelatt.

Denne målfunksjonen er basert på Benders metode. Det første leddet i likning x er likt med første ledd i likning x. Videre er forventede fremtidige inntekter bygget opp av kutt. Disse kuttene danner en konkav funksjon, der den fremtidige inntektsfunksjonen er den nedre grensen til kuttene som er generert som vist i figur x. Grunnen til at det er nedre grense som dannes i motsetning til den øvre som er tilfelle over for Benders metode vist over, er fordi målfunksjonen skal maksimeres og ikke minimeres.

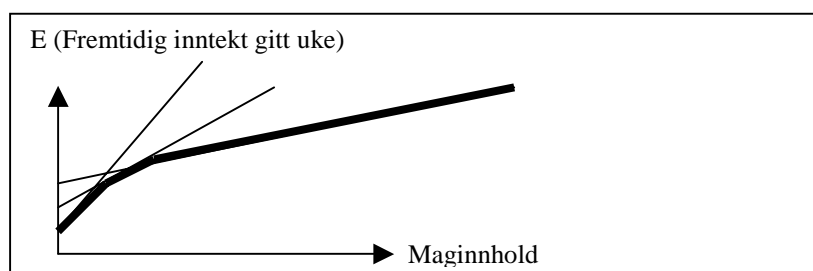


Generering av kutt i Plansddp og ProdRisk

Optimeringen skjer i ProdRisk og Plansddp ved at det for hver iterasjon foregår en foroversimulering og en bakover rekursjon. Ved foroversimuleringen finnes magasinbeholdning som funksjon av tid, vist i figuren under.



Ved baklengs rekursjon tas det utgangspunkt i den siste uken i analyseperioden. Med utgangspunkt i magasinbeholdningen i starten av denne uken dannes det nye kutt (lineære restriksjoner) til inntektsfunksjonen for forventet fremtidig inntekt fra denne uken. Det dannes like mange kutt som det er scenarier. Deretter går man en uke bakover, tar initiell magasinbeholdning på starten av uken og danner nye kutt til inntektsfunksjonen for denne nye uken. Ved å gå i uketrinn tilbake til starttidspunktet fremkommer det en forbedret versjon av fremtidig inntektsfunksjon for hver uke. Disse kurvene er stykkevis glatte og konkave. Dette er vist i figuren under der de tykke linjestykkene representerer siste og beste versjon av fremtidig inntekt.



Neste forlengs simulering tar utgangspunkt i de nye inntektsfunksjonene per uke. Ved å avveie vannverdien og differansen mellom inntektsfunksjonen i den uken man står i og neste uke, finnes optimal driftstrategi for inneværende uke. Dette gjøres for hele analyseperioden og en ny graf for magasinbeholdningen framkommer, som vist i figur x, iterasjon 2. Neste baklengs rekursjon gjentas som forklart over. Modellen konvergerer når magasinindisponeringen stabiliserer seg.

Vedlegg 2: ProdRisk

I dette vedlegget vil ytterligere teori om modellering og beregning i ProdRisk bli forklart, og innholdet fremkommer på bakgrunn av informasjon i Dahl et al (1998).

Målfunksjon

$$\text{Max} E_{p,v} \left\{ \sum_{k=1}^N Sp(k) \times p(k) + \text{Salg} - \text{Kjøp} - \sum_{J=1}^{N-\text{prof}} \text{Pen}(I(P_{st}(J), J) + R(x(N))) \right\}$$

Variable:

k	uker i planleggingsperioden
t	antall uker i kontraktmarkedet, $t > k$
N	antall uker i planleggingsperioden
$E_{p,v}$	forventningsverdi med hensyn til pris og tilsig
$Sp(k)$	netto spotutveksling i MWh i uke k
$p(k)$	markedsprisen i NOK/MWh i uke k
N_{prof}	antall profittperioder
$P_{st}(J)$	første uke i profittperiode J
$P_{sl}(J)$	siste uke i profittperiode J
$I(k, J)$	akkumulert profitt for profittperiode J i uke k (NOK)
$\text{Pen}()$	straffefunksjon for ikke oppnådde profittkrav
$R(x(N))$	risikojustert verdi av sluttmagasin i uke N (NOK)
$S(k, t)$	salg utført i uke k for uke t (GWh)
$K(k, t)$	kjøp utført i uke k for uke t (GWh)
$B(k, t)$	akkumulert kontraktbalanse i uke k for uke t (GWh)
$G(u(k))$	vannkraftproduksjonen i uke k i MWh
$pf(k, t)$	kontraktpris i uke k for levering i uke t (NOK/MWh)
Δp	transaksjonskostnader (NOK/ MWh)

Leddene $Sp(k) * p(k) + \text{Salg} - \text{Kjøp}$ uttrykker i målfunksjonen totale driftsinntekter minus initialverdi av allerede inngåtte kontrakter.

$$Sp(k) = G(u(k)) + B(k, k)$$

$Sp(k) > 0$ uttrykker salg, og $Sp(k) < 0$ er kjøp. Spotutvekslingen medfører ingen transaksjonskostnader, og volumet er ubegrenset. Modellen har også bare ett prisområde slik at all spotutveksling og kontrakter prises til systempris.

$$Salg = \sum_{k=1}^{N-1} \sum_{t=k+1}^N S(k,t) \times (pf(k,t) - \Delta p)$$

$$Kjøp = \sum_{k=1}^{N-1} \sum_{t=k+1}^N K(k,t) \times (pf(k,t) + \Delta p)$$

uttrykker henholdsvis salg og kjøp av kontrakter. Grunnet likviditeten i markedet er det ikke nødvendig med restriksjoner på likningene over.

Beregning av driftsinntekt for en resultatperiode

Driftsinntekten i en resultatperiode er gitt av:

- Initialverdi
- Inntekt som realiseres ved utveksling i spotmarkedet
- Inntekt som låses ved terminhandel

$$I(k+1, J) = I(k, J) + \sum_{t=\text{Max}(P_{st}(J), k+1)}^{P_{sl}(J)} (S(k,t)(pf(k,t) - \Delta p) - K(k,t)(pf(k,t) + \Delta p))$$

$$I(k_{slutt}, J) = I(k_{start}, J) + Sp(k)p(k) \quad \text{hvis } P_{st}(J) \leq k \leq P_{sl}(J)$$

Den initielle kontraktporteføljen gir $B(0,t)$ og $I(0,J)$ for alle t og J .

For å finne driftsinntektene i fremtidige uker, vil den beslutningen som tas i inneværende uke angående terminhandel være av betydning.

Produksjonsmodell

Produksjonsmodellen i ProdRisk er basert på en allerede utviklet modell som innehar en SDDP algoritme, Plansddp.

Magasinlikningen i denne modellen kan skrives som:

$$x(k+1) = x(k) - C*u(k) - D*flom(k) + v(k)$$

der C og D er nettverksmatriser som beskriver topologien i vannkraftsystemet.

$u(k)$ er vanntappingsvektor Mm^3 i uke k og $v(k)$ tilsigsvektor Mm^3 i uke k . $x(k)$ er magasinfyllingsvektor i uke k i Mm^3 .

Restriksjoner på magasin og produksjon:

$$x_{min} \leq x(k) \leq x_{max}(k)$$

$$x_{min}(k) \leq u(k) \leq u_{max}(k)$$

der $x_{max}(k)$ og $x_{min}(k)$ er øvre og nedre grense for magasinfyllingen i slutten av uke Mm^3 i uke k . u_{max} og u_{min} er øvre og nedre grense for tapping Mm^3 i uke k .

Tilsigsmodell

Tilsigsmodellen i ProdRisk er også ekvivalent med den i Plansddp. Dette er en autoregressiv første ordens modell. Det betyr at tilsiget i neste tidspunkt kun er avhengig av tilsiget i nåtidspunktet. En antakelse i ProdRisk er at det ikke er noen korrelasjon mellom pris og tilsig. Dette skyldes at det lokale tilsiget er lite i forhold til totaltilsiget til markedet.

Den normaliserte tilsigsmodellen i ProdRisk er gitt ved:

$$v(k) = \sigma_v v_n(k) + \mu_v(k)$$

$$v_n(k) = A * v_n(k-1) + \varepsilon_v(k)$$

der $v_n(k)$ er en normalisert tilsigsvektor i uke k

σ_v er standardavvik i tilsig i uke k

$\mu_v(k)$ er forventet tilsig i uke k

A er en tilsigsmatrise med serie- og krysskorrelasjoner

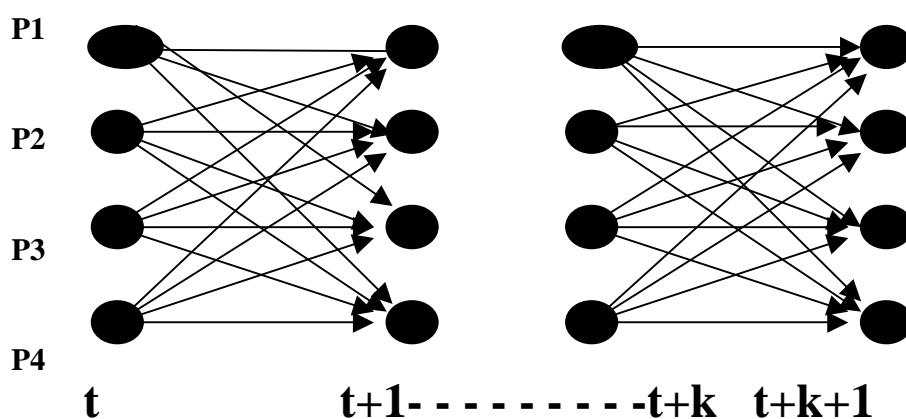
$\varepsilon_v(k)$ representerer et usikkert ledd

Prismodell

Prismodellen i ProdRisk er også en første ordens autoregressiv modell. Denne modellen er en Markov modell med et sett av diskrete prispunkt i hver tidsperiode. (Den eksisterende algoritmen for å velge disse prispunktene kan forbedres (Flatebø et al, 2001).) Modellen er en videreutvikling av den som brukes i Plansddp, og den tar hensyn til ekstremverdier.

Initielt legges en prisprognose inn i ProdRisk som har et antall scenarier. Denne kan for eksempel være hentet fra Samkjøringsmodellen. Denne prisprognosen skal representere stokastikken i prismodellen som beregner terminprisene fremover i tid. Ved hjelp av den initielle prisprognosen som er lagt inn kan en overgangssannsynlighetsmatrise bli estimert ut i fra hvordan prisene beveger seg fra tidspunkt t til tidspunkt $t+1$. Siden det kun finnes ca 70 scenarier, vil ikke disse overgangssannsynlighetene være helt korrekte. Prisprognoser for terminprisen fremover i tid utvikles deretter basert på den stokastiske spotprisen, samt overgangssannsynlighetene.

For å finne terminprisen $p(k,t,t+k)$ for kontraktsperioden t til $t+k$, må en finne middelveidien av ukesprisene for denne tidsperioden. Ukesprisene er snittet av ukesprognosene. Ukesprognosene finnes ved å multiplisere prognosen for starten av tidsperioden (t) med overgangssannsynligheter til neste uke ($t+1$), og likeledes for de neste ukene frem til $t+k$. Prognosen for tidspunkt t finnes ved å multiplisere initiell pris med overgangssannsynligheter frem til t . Slik vil prisene i terminmarkedet på et hvert tidspunkt være lik betinget forventet spotpris.

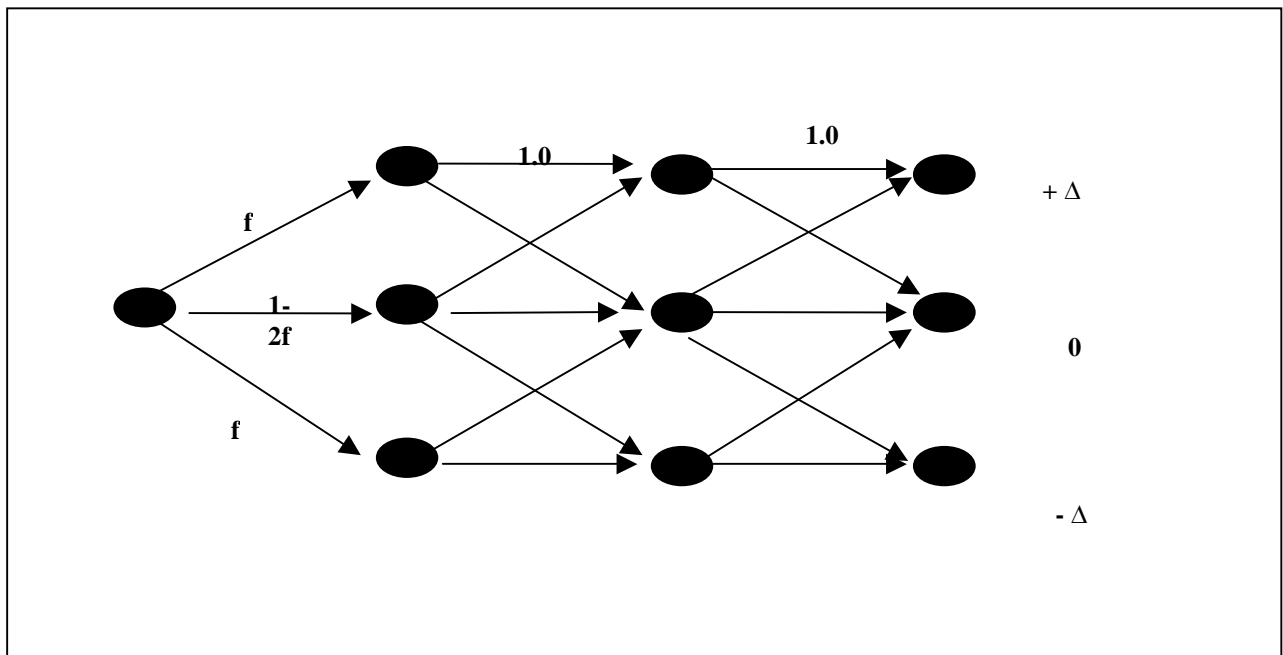


I utgangspunktet var det et problem med prismodellen at terminprisen var konstant langt frem i tid (dvs mer enn ett år fremover). Det ble derfor ikke i nåtidspunktet tatt beslutning om

sikringshandel langt frem i tid, men dette ble i stedet utsatt. Prismodellen i figuren over ble derfor endret slik at prispunktet i dag ikke var likegyldig for terminpris langt frem i tid. Dette ble gjort ved å innføre en justerbar sannsynlighet for et tilhørende nivåskift i pris i øre/kWh per opprinnelige prispunkt, vist i figuren under.

Den opprinnelige matrisen med overgangssannsynligheter for utregning av terminpriser ble dermed utvidet til å være tre ganger så stor for å ta hensyn til tre sannsynligheter per prispunkt. Likeledes er hvert prispunkt i den opprinnelige prismodellen utvidet med tre mulige utfall i stedet for ett.

Denne skiftmetoden er en enkel metode for å modellere usikkerhet i langsiktige kontraktspriser. Siden regnetiden øker proporsjonalt med antall prispunkt, er det ønskelig med færrest antall prispunkt per tidsenhet.



Hendelsestre for prismodellen med nivåskift og sannsynlighet (sett ut i fra ett prispunkt).

Modellering av flate kontrakter

Netto kontraktsbeholdning er gitt av:

$$B(k,t) = B(k-1,t) + K(k,t) - S(k,t) \quad k < t \leq N$$

Initialverdi er $B(k_{st}-1,t)$, netto kontraktsbeholdning i begynnelsen av startuken.

Pga transaksjonskostnader er prisen ved kjøp og salg i kontraktmarkedet forskjellig. Disse transaksjonskostnadene gjør slik at det ikke vil kjøpes og selges samtidig, selv om dette i seg selv ikke er noe krav.

Det er ikke mulig å handle for uken man er inne i, eller uken man har passert. Det betyr at:

$$K(k,t) = S(k,t) = 0 \quad t \leq k$$

Modellering av brukstidskontrakter

En brukstidskontrakt kan sees på som et vannkraftverk der alt tilsiget kommer i starten av året med installert effekt lik maksimalt kontraktsuttak.

Siden ikke risikoprofilen til motparten er kjent, er det mest naturlig å anta at motparten har en risikonøytral holdning, samt at motparten har den samme prisprognose som initielt legges inn i programmet. Programmet profittmaksimerer motpartens posisjon uavhengig av egen holdning til risiko.

Den nye spotbalansen blir dermed:

$$Sp(k) = G(u(k)) + B(k,k) + \sum_{m1=1}^{M1} U1(m1,k) - \sum_{m2=1}^{M2} f(m2, p(k), F2(m2))$$

Nye variable:

- $M1$ antall forskjellige brukstidskontraktstyper hvor vi disponerer fritiden
- $m1$ brukstidskontraktstype, $1, \dots, M1$
- $M2$ antall forskjellige brukstidskontrakter der motparten disponerer fritiden
- $m2$ brukstidskontraktstype, $1, \dots, M2$
- $pb1(m1)$ prisen på brukstidskontrakt $m1$

$pb2(m2)$	prisen på brukstidskontrakt $m2$
$F1(m1,k)$	beholdning av brukstidstype $m1$ i slutten av uke k
$F2(m2,k)$	beholdning av brukstidstype $m2$ i slutten av uke k
$U1(m1,k)$	minimalt uttak av brukstidstype $m1$ i uke k
$U1_min(m1,k)$	minimalt uttak av brukstidstype $m1$ i uke k
$U1_max(m1,k)$	maksimalt uttak av brukstidstype $m1$ i uke k
$U2_min(m2,k)$	minimalt uttak av brukstidstype $m2$ i uke k
$U2_max(m2,k)$	maksimalt uttak av brukstidstype $m2$ i uke k
$F1_st(m1)$	startuke brukstidstype $m1$
$F1_sl(m1)$	sluttuke brukstidstype $m1$
$F2_st(m2)$	startuke brukstidstype $m2$
$F2_sl(m2)$	sluttuke brukstidstype $m2$
$f()$	risikonøytral prisavhengig kontraktsverditabell som gir uttak

Restriksjoner:

$$\begin{aligned}
 F1(m1,k) &= F1(m1,k-1) - U1(m1,k) & k_st \leq k \leq k_sl \\
 U1_min(m1,k) &\leq U1(m1,k) \leq U1_max(m1,k) & k_st \leq k \leq k_sl \\
 F1(m1,k_st(m1)) &= \text{initialverdier} & m1=1, \dots, M1 \\
 F1(m1,k) &\geq 0 & m1=1, \dots, M1, k_st \leq k \leq k_sl \\
 F1(m1,F_sl(m1)) &= 0 & m1=1, \dots, M1 \\
 F2(m2,k) &= F2(m2,k-1) - f(m2,p(k-1),F2(m2,k-1))
 \end{aligned}$$

Driftsinntektene vil bli redusert etter uttak på brukstidskontrakten vi selv disponerer med:

$$\sum_{m1=1}^{M1} \sum_{k=R_st(J)}^{k_sl(J)} U1(m1,k) * pb(m1,k)$$

Driftsinntektene vil bli økt etter uttak på brukstidskontrakten der motparten disponerer fritiden med:

$$\sum_{m2=1}^{M2} \sum_{k=R_st(J)}^{k_sl(J)} f(m2, p(k), F2(m2)) * pb2(m2,k)$$

Modellering av opsjoner på terminkontrakter

I ProdRisk er det mulig å legge inn opsjoner i porteføljen som ligger til grunn for simuleringen, men det er ikke mulig at programmet foreslår fremtidig inngåelse av nye opsjoner. Ifølge Dahl et al (1998) vil inngåelse av opsjoner kunne være et alternativ til å inngå flate kontrakter for å dempe risikoen, men korrekt modellering vil kunne bli svært komplisert.

Ved innløsning av en opsjon, for eksempel en kjøpsopsjon, kan en enten beholde kraften, eller selge den videre. Hvis en beholder kraften må en oppdatere netto kontraktsbeholdning, og i begge tilfeller må en oppdatere driftsinntekten. Transaksjonskostnader gjør at det ikke alltid lønner seg å selge kraften videre, selv om en da umiddelbart kan lukke inn en gevinst. Algoritmen som ligger til grunn i ProdRisk er basert på at kraften beholdes ved en kjøpsopsjon.

Alle opsjoner som legges inn i ProdRisk er europeiske. For hver uke k kan en oppdatere netto kontraktsbeholdning $B(k,t)$ og låst driftsinntekt $I(J)$ for en resultatperiode.

Modellering av andre type kontrakter

I ProdRisk er det også mulig å modellere termiske kraftverk, tak- og gulvopsjoner og asiatiske opsjoner. Dette er ikke forklart nærmere her da det ikke vil bli gjort i den praktiske delen av oppgaven.

Vedlegg 3: Eksempel

Nodene i treet

Sannsynlighet	Netto salg t=2
Spotpris	Netto salg t=3
Produksjon	
Pris handel	
Tilsig	Total Inntekt
Sluttmagasin	Call
Verdi av sluttmagasin	Put

Sannsynligheten er valgt vilkårlig, men på en slik måte at det er høyest sannsynlighet for å gå rett frem i treet, i stedet for å bli utsatt for ekstremtilfeller.

Spotprisen i alle noder er negativt korrelert med tilsiget og gitt av likningen

$$\text{Spotpris} = \frac{a}{t}$$

der a er en faktor avhengig av hvilken sesong som er innværende og t er *tilsiget* i denne perioden. Tilsiget ble valgt relativt vilkårlig, men ut i fra kjennskap til sesongvariasjon.

Som likningen over viser vil spotprisen synke når tilsiget øker, og denne sammenhengen er innført for å få et visst samsvar med den reelle verden og er blant annet valgt slik på bakgrunn av diskusjonen i Røystrand (1998). En slik korrelasjon mellom pris og tilsig vil føre til at disse to faktorene utspenner hverandre, som betyr at både pris og tilsigsrisiko kan elimineres ved hjelp av prissikringskontrakter. Det er dermed mulig å gjøre markedet komplett og oppnå null varians for inntekten (ingen usikkerhet).

Pris handel er gitt som et gjennomsnitt av spotprisene i den perioden kontrakten skal leveres. *Produksjonen* vil enten være gitt (for handel i separat strategi) eller en beslutningsvariabel, og både produksjonen og sluttmagasinet har restriksjoner som er satt i tråd med hverandre. *Sluttmagasin* er angitt i hver node for å danne et grunnlag for den produksjonen som kan finne sted for den kommende perioden, og fremkommer av forrige sluttmagasin lagt til tilsig og trukket fra produksjon i inneværende periode. Derimot er *verdien av sluttmagasinet* kun gitt på tidspunkt $t=3$. Denne verdien må inkluderes i målfunksjonen for å unngå at magasinene tappes tomme når analyseperioden er over.

Netto salg for tidspunkt $t=2$ og $t=3$ er beslutningsvariable og er kun gitt i de nodene som har mulighet for handelsbeslutninger (det vil si node 1 til 4). Disse skal angi hvilke volum som blir handlet i sesongene.

Cellen som angir *total inntekt* inneholder inntekt på hvert eneste tidspunkt og i hver node. I disse inntektene inngår både produksjonsinntekter (spotpris * produksjon), opsjonspremier (volum inngått på dette tidspunkt * premie på dette tidspunktet), kontraktgevinst ((spotpris - kontraktspris) * volum), gevinst fra kjøpsopsjon ((spotpris - kontraktspris) * volum) og gevinst fra salgsoption ((kontraktspris - spotpris) * volum). De totale inntekter i siste node inkluderer også sluttmagasinverdien, da dette er en del av den total verdien på sluttidspunktet.

Call og *put* er beslutningsvariable og angir det volumet som skal handles av disse kontraktene. I siste periode vil informasjonen om kjøp- og salgsoptionene være gitt som gevinst isteden for selve volumet.

Eksempel 1

Separat

Produksjon

Separat produksjon og handel

204,00

253,98

Sannsynlighet	Magasin
Pris	Produksjon
Tilslig	
Verdi av sluttmagasin	

0,02	800,00
140,00	339,79
500,00	
224000,13	

0,15	639,79
160,00	50,00
500,00	

0,11	800,00
175,00	239,79
400,00	
280000,00	

0,02	800,00
233,33	139,79
300,00	
373333,32	

	max	min	
Magasin GWh	1200,00	100,00	
Produksjon GWh	1000,00	50,00	
Startmagasin			400,00

0,11	800,00
175,00	139,79
400,00	
280000,00	

300,00

Målfunksjon	535872,82	1,00	189,79
		300,00	410,21
		200,00	

0,70	539,79
200,00	50,00
400,00	

0,49	789,79
233,33	50,00
300,00	
370921,23	

	Vannverdifunksjon	
	a	b
node		
13,00	-0,18	420,00
12,00	-0,22	525,00
11,00	-0,29	700,00
10,00	-0,22	525,00
9,00	-0,29	700,00
8,00	-0,44	1050,00
7,00	-0,29	700,00
6,00	-0,44	1050,00
5,00	-0,88	2100,00

0,11	689,79
350,00	50,00
200,00	
516113,71	

0,02	689,79
233,33	50,00
300,00	
344075,81	

0,15	439,79
266,67	50,00
300,00	

0,11	589,79
350,00	50,00
200,00	
467095,57	

0,02	489,79
700,00	50,00
100,00	
818654,85	

Handel

Separat produksjon og handel

Sannsynlighet	Netto kjøp t=2	0,02	0,00
Spotpris	Netto kjøpe t=3	140,00	110,00
Produksjon	Mengde call eventuelt snittpris	339,79	0,00
Pris handel	Mengde put	253,98	4248787,35
Tilslig	Inntekt	178,50	1570752,20

Payoff vinter (kontrakter)	Payoff opsjoner	0,15	0,11	0,00	
0,00Premie	-509540,94	160,00	22459,26	175,00	75,00
Payoff	509540,94	50,00	42769,68	239,79	0,00
I alt	0,00	204,00	-3413,85	253,98	2896900,47
			-1039372,79		1570752,28

Payoff sommer (kontrakter)		0,02	0,00
0,00		233,33	16,67
		139,79	0,00
		253,98	643755,66
			1570752,22

	max	min	
Magasin GWh	1200,00	100,00	
Produksjon GWh	1000,00	50,00	
Startmagasin			400,00

	Strike		0,11	0,00
Call	320,00		175,00	75,00
Put	250,00		139,79	0,00
			253,98	1202069,40
			242,08	-57650,59

Målfunksjon	0,00	1,00	21207,80	0,70	0,49	0,00
		300,00	16326,29	200,00	233,33	16,67
		410,21	-39414,61	50,00	50,00	0,00
			42039,19	204,00	253,98	267126,53
			-432644,41			-57650,59
						589030,06

0,02	2221,54	98735,01	0,00	0,11	30,00
0,11	10367,18	98735,09	0,00	350,00	0,00
0,02	2221,54	98735,03	0,00	50,00	-1634186,63
0,11	10367,18	98735,07	0,00	253,98	0,00
0,49	48380,18	98735,07	0,00		-57650,59
0,11	10367,18	98735,07	0,00		
0,02	2221,54	98735,07	0,00		
0,11	10367,18	98735,07	0,00	0,02	0,00
0,02	2221,54	98735,07	0,00	233,33	16,67
				50,00	0,00
				253,98	-86795,41
				385,00	2223362,14
	98735,07	0,00			

	Pris			0,15	0,11	30,00	
	Call	Put		266,67	-17377,77	350,00	0,00
Opp	0,00	71,50		50,00	40416,09	50,00	30044,57
Mellom	4,50	22,92		204,00	-47246,91	253,98	0,00
Ned	78,00	2,50			-1691982,66		2223362,14
Node 1	14,85	27,14					

	0,02	380,00
	700,00	0,00
	50,00	380564,51
	253,98	0,00
		2223362,14

Eksempel 2

Lambda	Separat			Integrert	0	
Node	Produksjon	Handel t=0	Handel t=1	Produksjon	Handel t=0	Handel t=1
1	410.21	2761.59	-1345.04	410.25	2830.29	-1368.74
2	50		1295.04	50		1323.06
3	50		1356.91	50		1361.95
4	50		1505.24	50		1539.62
5	50			50		
6	50			50		
7	50			50		
8	50			50		
9	50			50		
10	139.79			139.73		
11	139.79			139.57		
12	239.7			239.51		
13	339.79			338.56		

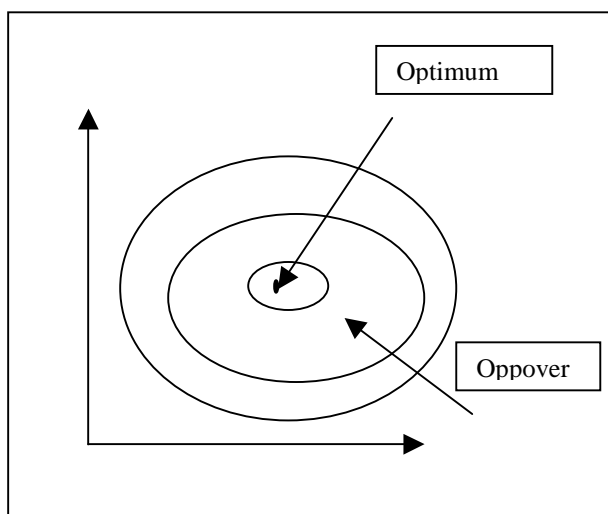
Lambda	0.00005			0.000005		
Node	Produksjon	Handel t=0	Handel t=1	Produksjon	Handel t=0	Handel t=1
1	411.27	2821,88	-1375,98	413.46	2821.86	-1379.76
2	50		1326,15	50		1330.17
3	50		1351,04	50		1365.52
4	50		1536,92	50		1537.6
5	50			50		
6	50			50		
7	50			50		
8	50			50		
9	57,33			50		
10	79,27			100.34		
11	139.71			136.6		
12	239,89			235.89		
13	340,08			335.17		

Lambda	1		
Node	Produksjon	Handel t=0	Handel t=1
1	404,3	2812,4	-1361.02
2	50		1311.22
3	50		1343,02
4	54,09		1534.98
5	50		
6	50		
7	50.1		
8	50		
9	66.0		
10	81.99		
11	142.8		
12	248.39		
13	353,98		

Vedlegg 4: Optimalitet og konveksitet

Forutsetningene om løsbarehet av et optimaliseringsproblem ved hjelp av SDDP er konveksitet. Dette betyr at problemet kun har ett optimum og at det ikke finnes lokale optimum eller minimum, slik at den bratteste veien alltid vil gå i direkte retning mot dette ene optimum.

Et eksempel på et maksimerende konvekst løsningssett er skissert i figuren under, og sirklene symboliserer isokurver. På denne måten fremkommer det at kun ett optimum finnes, og at direkteveien fra alle punkt til dette optimumet kan finnes ved å gå den bratteste veien.



Eksempel

Anta at x er produksjon og y er handel, og at $f(x, y)$ er en målfunksjon for et konvekst problem.

Integrasjon

I denne strategien skal både produksjon og handel optimeres i samme beregning slik at målfunksjonen er gitt av:

$$\text{Maks } f(x, y)$$

som gir løsningen

$$x = x^*$$

$$y = y^*$$

og dette symboliserer optimum i både første og siste figur i dette vedlegget.

Separasjon

Ved separering av produksjon og handel optimeres førts produksjon uavhengig av handel og dermed blir målfunksjonen gitt av:

$$\text{Maks } f(x, 0)$$

som gir løsningen

$$x = x^{**}$$

Deretter optimeres handelen med den optimale produksjonen som inngangsdata og målfunksjonen blir gitt av

$$\text{Maks } f(x^*, y)$$

som gir løsningen

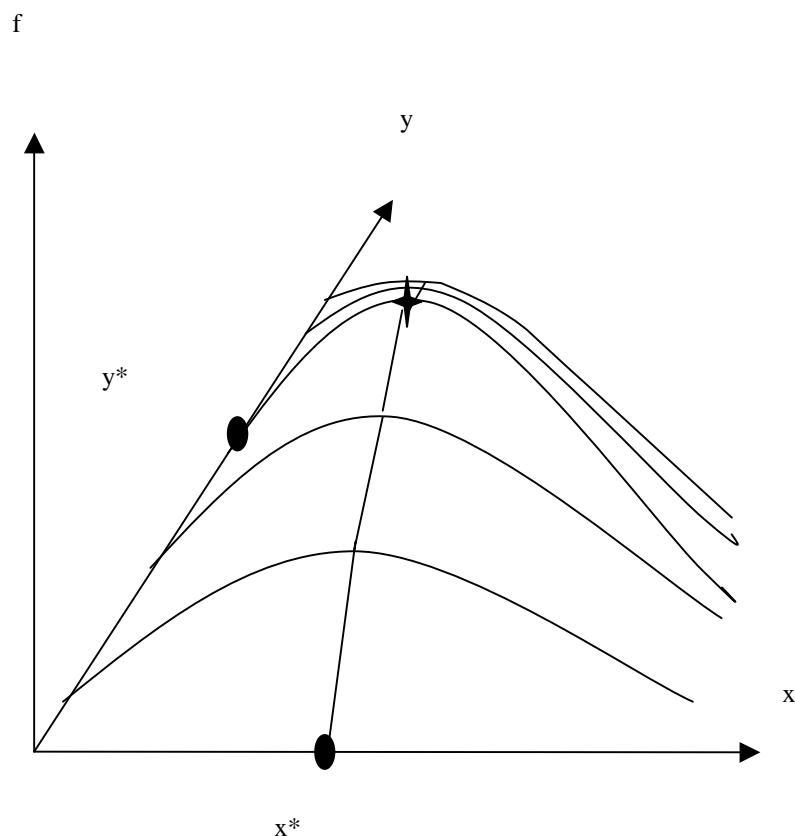
$$y = y^{**}$$

Diskusjon

Hvis $x^{**} = x^*$ vil

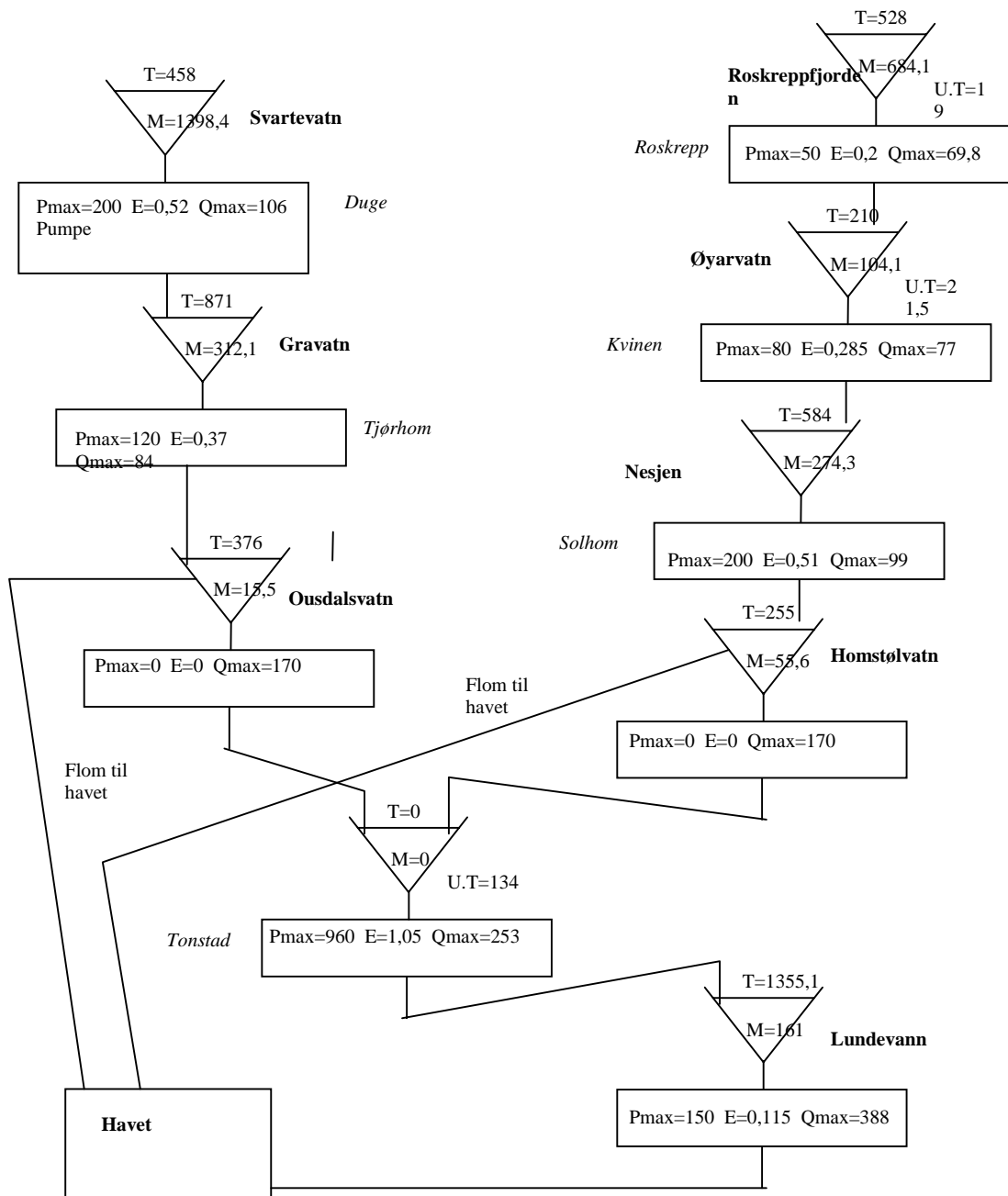
$$y^{**} = y^*$$

siden et konveks løsningssett kun har ett optimum. Dette optimumet eksisterer uavhengig om produksjonen, x^* , finnes før eller simultant med handelen, y^* . Det faktum at produksjonen vil være uavhengig av handelen og at det også finnes kun ett optimum for handelen er forsøkt vist i figuren under.



Vedlegg 5: Sira-Kvina Kraftselskap

Oppbyggingen av kraftverket med nøkkelinformasjon



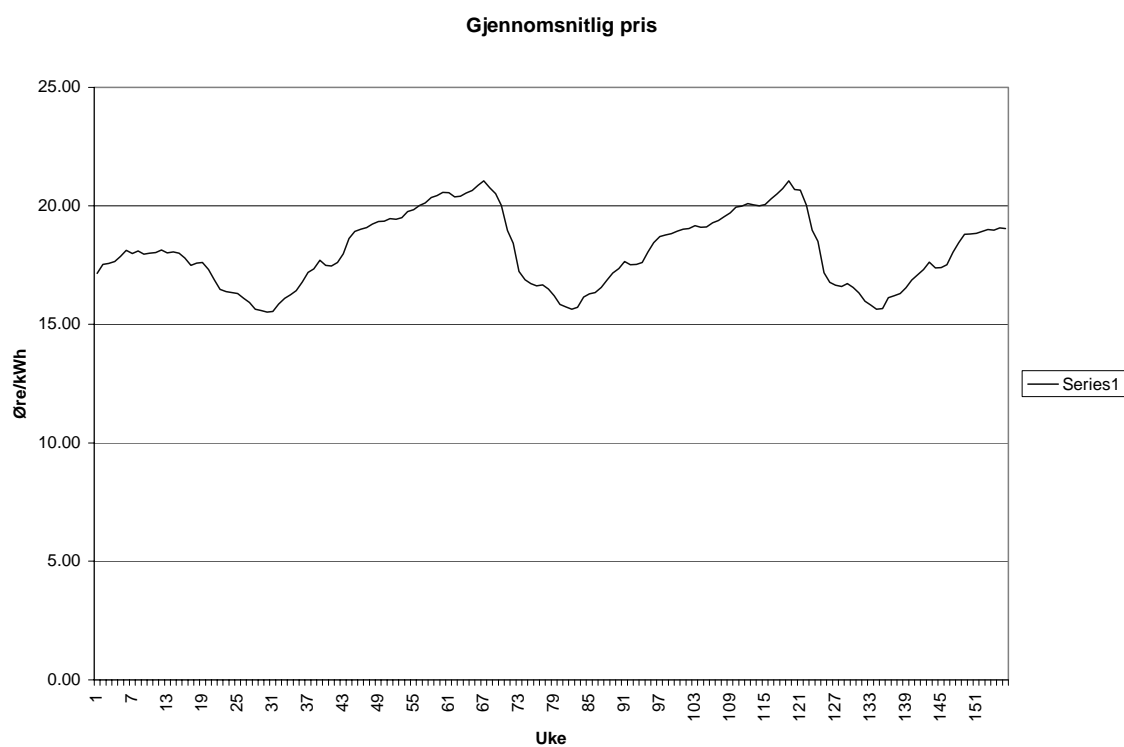
T = Tilsig, UT = Uregulert tilsig, Pmax = Maks produksjon, E = Reguleringsgrad, M = Maks magasininnhold, Qmax = Maks vannføring.

Vedlegg 6: Inngangsdata

Prisrekken fra Samkjøringsmodellen

Tabellen under viser gjennomsnittlig pris i øre/kWh i hver sesong for hvert år ut i fra prisrekken som ble generert i Samkjøringsmodellen. Figuren under viser hvordan denne gjennomsnittsprisen endrer seg fra uke til uke i hele analyseperioden. Tabellen og figuren viser at Samkjøringsmodellen genererer noe feilaktige priser i nær fremtid.

	V1	S	V2	Tot
År 2002	17,85	16,49	18,69	17,48
År 2003	20,37	16,89	18,52	18,43
År 2004	20,06	16,89	18,48	18,32



Grunnporteføljer

Mengden, prisen og typer kontrakter som grunnportefølje A, B og C består av er vist under.

Grunnportefølje	A				
	Mengde	Pris	Tid	Timer	Premie
Produksjon	-	-	-	-	-
Grunnportefølje	B				
	Mengde	Pris	Tid	Timer	Premie
Produksjon					
Flat	350	185	v1-2	2879	
Flat	50	165	s-2	3672	
Flat	350	185	v2-2	2209	
Flat	350	185	v1-3	2879	
Flat	50	165	s-3	3672	
Flat	350	185	v2-3	2209	
Flat	250	185	v1-4	2903	
Flat	50	165	s-4	3672	
Flat	250	185	v2-4	2209	
Brukstid	200	150	å-2	8760	
Brukstid	200	150	å-3	8760	
Brukstid	200	150	å-4	8784	
Salgsopsjon	100	180	å-1	8760	5
Salgsopsjon	100	180	å-4	8784	5
Kjøpsopsjon	100	205	v1-3	2879	5
Grunnportefølje	C				
Inneholder type	Mengde hele året	Pris	Tid	Timer	Fleksible timer
Produksjon					
Brukstid	200	150	å2	8760	7000
Brukstid	200	150	å3	8760	7000
Brukstid	200	150	å4	8784	7000

Vedlegg 7: Forklaring av prosedyren i kW

Generelt for alle porteføljer

Bakgrunn

Risikosettet bestående av prisrekker og produksjonsrekker ble lagt inn i Riskset, og de allerede inngåtte kontraktene ble lagt inn i Base Consolidation. I tillegg ble kW stilt inn med et år som tidshorisont. Prosedyrene som følger gjelder derfor for kun ett år av gangen, og fremgangsmåten som forklares måtte derfor gjennomføres tre ganger per portefølje.

Generell prosedyre

Den grunnleggende tankegangen for å finne en optimal handel tar utgangspunkt i gradientmetoden. En korrekt gradientmetode ville fungert på den måten at den neste sammensetningen av kontrakter ville blitt valgt ut i fra å gå i den retningen som gir best marginal forbedring av nedside. I dette arbeidet har istedet størrelsen til volumet til kontraktene blitt brukt som kriterium. Dette er mulig en feil, men det ble gjort fordi det måtte velges et utgangspunkt for prosedyren.

Arbeidet kan enkelt beskrives der x, y , og z refererer til sesongkontrakter:

- To kontrakter (x og y) settes fast og en (z) optimeres ved hjelp av Sensitivity.
- En av de to kontraktene som har blitt satt fast (y) endres til et annet volum og settes igjen fast. Deretter optimeres den siste kontrakten igjen i Sensitivity. Det gjøres flere endringer i kontrakten y , og den kombinasjonen av x , y og z som gir best forbedring av nedside kalles foreløpig optimal.
- I det neste steget endres kontrakten x . For hver endring av kontrakt x må også kontrakt y endres slik som er beskrevet over, for å finne den best mulige sammensetningen. For hver eneste endring i både x og y kjøres en sensitivitetsanalyse på kontrakt z .

Den forbedringen av nedside som fremkommer av Sensitivity er ikke gjeldene for de tre kontraktene sammen. Dette fordi både kontrakt x og y har ligget i Base Consolidation, og derfor har de ikke påvirket selve verdien som fremkommer. Kontraktene x og y må likevel under bruk av Sensitivity ligge i Base Consolidation, da dette er eneste mulighet for at de tre

kontraktene kan sees i sammenheng. Hvis verdien av endringen av nedsiden for alle de tre kontraktene (x, y og z) ønskes, må disse kontraktene med tilhørende volum legges inn i Strategy Consilidation, og først da synes også endringene av x og y på balansearket i kW.

Tabellen under viser prosedyren for å teste ut ulike kontraktsvolum.

Optimum	x i volum	y i volum	z i volum
	x ₁	y ₁	optimeres i Sensitivity
		y ₂	optimeres i Sensitivity
*		y ₃	optimeres i Sensitivity
		y ₄	optimeres i Sensitivity
	x ₂	y ₅	optimeres i Sensitivity
		y ₆	optimeres i Sensitivity
		y ₇	optimeres i Sensitivity
**		y ₈	optimeres i Sensitivity
		y ₉	optimeres i Sensitivity
	x ₃	y ₁₀	optimeres i Sensitivity
		y ₁₁	optimeres i Sensitivity
		y ₁₂	optimeres i Sensitivity
*		y ₁₃	optimeres i Sensitivity
		y ₁₄	optimeres i Sensitivity

* henviser til optimum innenfor det gitte volum for x, og ** henviser til endelig optimum.

Fremgangsmåte portefølje B

Startverdier

Kontraktene ble først optimert uten hensyn til hverandre, det vil si at de andre kontraktsvolumene innenfor året ble satt til null. Dette fordi resultatet kunne gi et begrep på hvilket volumnivå prøvingen og feilingen kunne begynne.

Hvis V1 er mengden i GWh for vinter 1, S er mengde i GWh for sommer, og V2 er mengden i GWh for vinter 2, ble det ved hjelp av Sensitivity-funksjonen i kW funnet:

maks (Forbedring av nedside (V1) | (S=0, V2=0))

maks (Forbedring av nedside (S) | (V1=0, V2=0))

maks (Forbedring av nedside (V2) | (V1=0, S=0))

Videre i prosedyren blir n, m og k brukt til å vise et nytt forsøk på å nå den mest optimale sammensetningen av kontrakter, n viser til S, m til V2 og k til V1.

Anta at resultatet av denne optimeringen ble

$$V1 = V1^*(t=1)$$

$$S = S^*(t=1)$$

$$V2 = V2^*(t=1)$$

Optimering av kontraktene sammen

1. Valg av kontrakt med høyest volum

Den kontrakten som hadde høyest volum i absoluttverdi fra forrige punkt ble valgt ut til å optimeres i Sensitivity:

$$\text{Maks } (V1^*(t=1), S^*(t=1), V2^*(t=1))$$

2. Sensitivity på kontrakt med høyest volum

Hvis kontrakten V1 hadde det høyeste volumet, ble

$$S^*(t=1) \text{ og } V2^*(t=1)$$

lagt inn som volum for kontraktene S og V2 i Base Consolidation. Deretter ble Sensitivity-funksjonen på kontrakten V1 kjørt. Etter kjøring av Sensitivity fremkom et oversiktsark som viste en rekke ulike volum for kontrakten V1. Det volumet som ga høyeste forbedring av nedside, det vil si

$$\text{Maks (Forbedring av nedside (V1)) | } S = S^*(t=1) \text{ og } V2 = V2^*(t=1)$$

ble valgt ut og kalles heretter $V1^*(t=2)$

3. Foreløpig optimum

For å finne den totale bedring av nedsiden for de tre kontraktene til sammen, ble volumet til S og V2 tatt ut av Base Consilidation, og alle tre med tilhørende volum ble lagt inn i Strategy Consilidation. Regnskapsarket i kW ga da total forbedring av nedside for alle de tre kontraktene sammen.

På bakgrunn av dette ble optimum satt lik

$$H = (V1^{*(t=2)}, S^{*(t=1)}, V2^{*(t=1)})$$

En tilsvarende prosedyre kunne blitt benyttet for de to andre kontrakttypene, hvis en av disse hadde hatt høyest volum i absoluttnivå.

4. Valg av kontrakt med nest høyest volum

Etter den første testen av kontrakter ble den kontrakten som har nest høyest volum i absoluttverdi fra en optimering alene valgt ut. Hvis V1 hadde høyest verdi i absoluttnivå, ble den nest høyeste

$$\text{Maks } (S^{*(t=1)}, V2^{*(t=1)})$$

Hvis dette var $S^{*(t=1)}$ så ble verdien av denne endret i Base Consilidation. Endringene av denne kontrakten kunne blitt gjort på ulike måter, og en av disse er vist i tabellen under .

Kontrakt	$S^{*(t=n+1)}$	$S^{*(t=n+2)}$	$S^{*(t=n+3)}$	$S^{*(t=n+4)}$	$S^{*(t=n+5)}$
Volum i GWh	$S^{*(t=1)+50}$	$S^{*(t=1)+100}$	$S^{*(t=1)+200}$	$S^{*(t=1)-100}$	$S^{*(t=1)-200}$

For hver av disse nye S^* ble prosedyren beskrevet i punktene 2, 3 og 4 gjentatt. Det vil si at Sensitivity-funksjonen ble kjørt på nytt for å finne ett nytt optimalt volum for V1 ($V1^{*(t=k)}$). Dette skjedde for alle de nye kontraktsvolum for S. Deretter ble alle de tre kontraktene med tilhørende volum lagt inn i Strategy Consilidation for å finne den sammenlagte forbedringen av nedside. Det volumet som av alle testingene ga best forbedring av nedside ble satt som foreløpig optimalt:

$$\text{Optimal handel } H = (V1^{*(t=k)}, S^{*(t=n)}, V2^{*(t=1)})$$

5. Valg av kontrakt med lavest volum

Deretter ble den kontrakten som hadde minst volum i absoluttverdi fra optimering uavhengig av de andre kontraktene valgt ut.

Hvis V1 hadde høyest absoluttverdi og S hadde nest høyest ble

$$\text{Lavest} = V2^*(t=1)$$

og denne verdien ble endret i Base Consilidation. En av mange måter den kunne ha blitt endret på vises i tabellen under.

Kontrakt	$V2^*(t=m+1)$	$V2^*(t=m+2)$	$V2^*(t=m+3)$	$V2^*(t=m+4)$
Volum	$V2^*(t=1)+50$	$V2^*(t=1)+100$	$V2^*(t=1)+200$	$V2^*(t=1)-100$

For hver av disse endringene ble prosedyren beskrevet i punkt 4 gjentatt, kun med den forskjellen at volumet $V2^*(t=1)$ ble endret til den nye $V2^*(t=k)$. Dette betydde at for hver kolonne i tabellen over ble også verdien av S endret en rekke ganger. Denne testingen fortsatte til alle valgte volumer var utprøvd. Alle sammensetninger av ulikt volum for de forskjellige kontraktene ble lagt inn i Strategy Consilidation for å finne total forbedring av nedside. Den sammensetningen av volum som ga best forbedring ble valgt ut og satt til

$$\text{Optimal handel } H = (V1^*(t=k), S^*(t=n), V2^*(t=m))$$

6. Endelig optimum

Når nedside ikke forbedret seg fra forrige posisjon stoppet prosedyren. Optimal handel H som ble funnet ble satt som utgangspunkt for sammenlikning med ProdRisk.

For grunnportefølje A

Utgangspunkt i den totale handelen til grunnportefølje B

Da Optimal handel for grunnportefølje B er kjent, ble det med utgangspunkt i denne valgt et startpunkt for prøving og feiling for grunnportefølje A. Dette gir volumer lik

$$V1^*(t=1)_A = V1^*(t=k)_B + \text{Handel på forhånd for B}$$

$$S^*(t=1)_A = S^*(t=n)_B + \text{Handel på forhånd for B}$$

$$V2^{*(t=1)}_A = V2^{*(t=m)}_B + \text{Handel på forhånd for B}$$

For grunnportefølje B ble hver kontrakt optimert uavhengig av de andre for å finne den kontrakten som skulle optimeres i Sensitivity. For grunnportefølje A ble det istedet den kontrakten som hadde høyest volum ut i fra likningene over satt i Sensitivity. Deretter ble den kontrakten med nest høyest volum valgt ut for endring og tilslutt den med lavest volum. Prosedyren forklart over ble så fulgt for å finne optimal handel.

For grunnportefølje C

Utgangspunkt i den totale handelen til grunnportefølje B

$$V1^{*(t=1)}_C = V1^{*(t=k)}_B + \text{Solgt volum på forhånd}_B - \text{Handel}_C$$

$$S^{*(t=1)}_C = S^{*(t=n)}_B + \text{Solgt volum på forhånd}_B - \text{Handel}_C$$

$$V2^{*(t=1)}_C = V2^{*(t=m)}_B + \text{Solgt volum på forhånd}_B - \text{Handel}_C$$

der Handel_C vises til den handelen som allerede er inngått i portefølje C (dvs en brukstidskontrakt).

For grunnportefølje B ble hver kontrakt optimert uavhengig av de andre for å finne den kontrakten som skulle optimeres i Sensitivity. For grunnportefølje C ble istedet den kontrakten som hadde høyest volum ut i fra likningene over satt i Sensitivity. Deretter ble den kontrakten med nest høyest volum valgt ut for endring og tilslutt den med lavest volum. Til slutt ble prosedyren fulgt for å finne optimal handel.

Vedlegg 8: Straff innført

I dette vedlegget vises de straffene som er innført for de ulike grunnporteføljene i ProdRisk. I tabellen refererer Straff til straffekoeffisienten, Inntekt til inntektsmålsetningen i Mkr og Scenario angir på hvilket scenarionummer straffen er satt til.

År	Inntekt (Mkr)	Straff	Inntekt	Straff	Inntekt	Straff	Inntekt	Straff	Inntekt	Straff	Inntekt	Straff
Scenario	18		12		6		30		20		10	
	A2						A3					
2002	1009	0,5	958	1	863	2	1142	0,5	1044	1	920	2
2003	979	0,5	935	1	846	2	1088	0,5	981	1	881	2
2004	929	0,5	870	1	777	2	1043	0,5	944	1	821	2
	B2						B3					
2002	1034	0,5	966	1	1370	2	1117	0,5	1040	1	938	2
2003	965	0,5	927	1	1334	2	1049	0,5	981	1	924	2
2004	935	0,5	854	1	1216	2	1030	0,5	946	1	784	2
	C2						C3					
2002	985	0,5	942	1	866	2	1104	0,5	1011	1	902	2
2003	941	0,5	889	1	856	2	1019	0,5	948	1	871	2
2004	901	0,5	825	1	743	2	984	0,5	928	1	810	2

Vedlegg 9: Resultater

Forsøk for å nå optimal handel i kW

Portefølje A

År	Sesong	Forbedring fra											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2002	V1	-672	-500	-600	-700	-500	-600	-700	-800	-600	-700	-800	-900
	S	-38	-100	-100	-100	0	0	0	0	50	50	50	50
	V2	-1065	-860	-860	-815	-973	-951	-973	-905	-996	-996	-951	-951
	Forbedring	855	91,2	93,5	93,9	93,2	94,7	94,9	95	94,6	94,7	95,3	95,1
		13	14	15	16	17	18	19					
		-800	-900	-1000	-1000	-900	-1000	-1100					
		150	150	150	150	250	250	250					
		-1087	-1087	-1132	-1177	-1177	-1177	-1313					
		95,3	95,8	94,4	93,3	94,4	94,8	91,6					

År	Sesong	Forbedring fra													
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	
2003	V1	-880	-885	-1006	-868	-800	-1059	-1006	-972	-1215	-1145	-1067	-1042	-972	
	S	-87	-100	-100	-100	-100	0	0	0	100	100	100	100	100	
	V2	865	-442	-300	-400	-500	-600	-400	-500	-600	-500	-600	-700	-800	-900
	Forbedring		94,7	95	95,4	91,1	105,1	106,1	105,4	104,8	105,5	105,6	102,5	98,4	

År	Sesong	Forbedring fra											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2004	V1	-556	-500	-600	-700	-600	-700	-800	-700	-800	-900	-1000	-1100
	S	70	100	100	100	200	200	200	300	300	300	300	300
	V2	-870	-815	-657	-724	-860	-815	-724	-860	-815	-951	-860	-770
	Forbedring	889	85	85,3	84,9	85,6	85,9	85,1	83,2	83,4	84,4	83,4	80,4

Portefølje B

År	Sesong	Forbedring fra																		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
2002	V1	100	150	200	300	400	500	200	300	400	500									
	S	50	50	50	50	50	50	100	100	100	100									
	V2	-215	-226	-226	-249	-272	-294	-294	-306	-317	-340									
	Forbedring	4,6	4,8	5	5,4	5,6	5,3	6,2	6,6	6,5	6,2									
		9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21						
		100	200	300	400	-100	0	100	200	-300	-200	-100	0	100						
		200	200	200	200	300	300	300	300	400	400	400	400	400						
		-385	-453	-419	-396	-453	-498	-498	-498	-543	-543	-543	-589	-589						
		7,6	7,6	7,6	7,8	8,4	8,7	8,1	7,5	8,5	8,7	8,2	7,8	6,7						

År	Sesong	Forbedring fra												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2003	V1	-243	521	-694	-330	-417	-625	-781	-347	-608	-747			
	S	50	150	250	50	150	250	350	150	250	350			
	V2	100	100	100	0	0	0	0	-100	-100	-100			
	Forbedring	8,6	11,1	9,1	5,7	11,2	10,9	7,3	8,7	11,6	9			
		11	12	13	14									
		-330	-590	-729	-781									
		150	250	350	450									
		-200	-200	-200	-200									
		4,7	9,9	9,9	6,5									

År	Sesong	Forbedring fra												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2004	V1	-100	-50	0	50	100	0	50	100	150	0	50	100	150
	S	50	50	50	50	50	100	100	100	100	150	150	150	150
	V2	-91	-45	-45	-91	-136	-91	-136	-181	-272	-181	-226	-272	-363
	Forbedring	0,02	0,59	1,12	1,41	1,11	2,21	2,31	1,81	0,178	0,47	3,16	2,82	2,49

Integrert risikostyring for en vannkraftprodusent

	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
	-100	0	50	100	150	-100	-50	0	-200	-150	-100	0
	250	250	250	250	250	350	350	350	500	500	500	500
	-181	-317	-408	-476	-543	-521	-408	-362	-453	-552	-657	-453
	4,57	5,2	4,84	4,28	3,31	5,76	6	5,91	4,84	5,41	5,17	3,58

Portefølje C

År	Sesong	Forbedring fra											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
2002	V1	-600	-600	-600	-600	-600	-700	-700	-700	-700	-700		
	S	0	25	100	150	200	0	100	150	200	250		
	V2	-545	-634	-634	-725	-815	-634	-634	-725	-679	-679		
	Forbedring	852	42,82	45,51	47,26	48,18	47,46	41	46,97	47,24	46,44	44,72	
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
		-500	-500	-500	-500	-500	-500	-400	-400	-400	-400	-400	-400
		0	50	100	150	200	300	0	50	100	150	200	300
		-545	-634	-679	-725	-815	-883	-589	-634	-679	-770	-815	-906
		45,11	46,97	48,27	47,77	47,83	46,3	45,65	47,02	46,78	47,94	47,64	45,84
2003	V1	-900	-900	-900	-900	-800	-800	-800	-800	-800	-700	-700	-700
	S	0	60	100	200	0	50	100	150	200	0	50	100
	V2	-170	-250	-295	-430	-181	-225	-317	-362	-453	-181	-272	-316
	Forbedring	854	48	49,4	50	49,4	48,6	49,7	50,5	49,4	48,4	48,3	49,3
2004	V1	-310	-413	-517	-620	-379	-413	-516	-620	-344	-379	-516	-620
	S	100	200	300	400	100	200	300	400	100	200	300	400
	V2	-800	-800	-800	-800	-700	-700	-700	-700	-600	-600	-600	-600
	Forbedring	27,7	30	30,6	29,4	28,1	30,5	30,9	29,7	28,5	30,9	30,7	29,3
		13	14	15	16	17	19						
		-310	-379	-310	-344	-379	-482						
		100	200	300	100	200	300						
		-500	-500	-500	-650	-650	-650						
		28,8	30,8	20,5	29,5	30,930,7	30,9						

Testing av programvare **Magasinbeholdning**

Vansimtap

Plansddp

Produksjon

Vansimtap

Plansddp

Resultater fra Plansddp/kW og ProdRisk

Grafiske oversikter finnes på diskett vedlagt bakerst i rapporten.

Magasin

Figurene viser magasinbeholdning i hele analyseperioden. Magasinkurvene fremkommer fra både Plansddp, risikonøytral kjøring i ProdRisk og for alle grunnporteføljer med ulik straff i ProdRisk.

Produksjon

I dette kapitlet fremkommer produksjonen for totalsystemet Sira-Kvina. Dette vises både for risikonøytral kjøring sammenlignet med Plansddp, og også produksjon ved ulik innføring av straff for alle grunnporteføljene sammenlignet med Plansddp.

Handel

Portefølje A

Dette avsnittet viser den sikringshandelen som har blitt inngått både for kW og ProdRisk for grunnportefølje A. Det er valgt å se på kun år 4 og grafene viser agering i Vinter1, Sommer og Vinter 2.

Portefølje B

Dette avsnittet viser den sikringshandelen som har blitt inngått både for kW og ProdRisk for grunnportefølje B. Det er valgt å se på kun år 4 og grafene viser agering i Vinter1, Sommer og Vinter 2.

Portefølje C

Dette avsnittet viser den sikringshandelen som har blitt inngått både for kW og ProdRisk for grunnportefølje B. Det er valgt å se på kun år 4 og grafene viser agering i Vinter1, Sommer og Vinter 2.

Posisjon

ProdRisk

Grunnportefølje A

Denne delen av vedlegget viser posisjonen for alle straffetyper innad for grunnportefølje A.

Både produksjonen og den totale handelen vises i samme graf, slik at området mellom disse to kurvene viser spoteksponering.

Grunnportefølje B

Denne delen av vedlegget viser posisjonen for alle straffetyper innad for grunnportefølje B.

Både produksjonen og den totale handelen vises i samme graf, slik at området mellom disse to kurvene viser spoteksponering.

Grunnportefølje C

Denne delen av vedlegget viser posisjonen for alle straffetyper innad for grunnportefølje C.

Både produksjonen og den totale handelen vises i samme graf, slik at området mellom disse to kurvene viser spoteksponering.

kW

Denne delen av vedlegget viser posisjonen for alle grunnporteføljer ved bruk av kW. Både produksjonen og den totale handelen vises i samme graf slik at området mellom disse to kurvene viser spoteksponering.

Handel i uke 1

Portefølje A

I dette kapittelet fremkommer den handelen som ProdRisk foreslår at skal inngås på nåtidspunktet for alle straffetyper for grunnportefølje A.

Portefølje B

I dette kapittelet fremkommer den handelen som ProdRisk foreslår at skal inngås på nåtidspunktet for alle straffetyper for grunnportefølje B.

Portefølje C

I dette kapittelet fremkommer den handelen som ProdRisk foreslår at skal inngås på nåtidspunktet for alle straffetyper for grunnportefølje C.

Bedring av nedside

Dette kapitlet viser grafer som inneholder bedring av nedside for både år 2002, 2003 og 2004. Hver graf inneholder både bedring i nedside for kW og alle straffer innført i den spesifikke grunnporteføljen.

Profittfordeling

Her vises kumulativ profittfordelen for alle grunnporteføljer. Hver graf referer til året 2004 og inneholder gitt grunnporteføljen med alle straffer samt fordelingen i kW.

Vedlegg 10: Uforutsette hendelser og problemer

I de fleste former for prosjekter og forskning inntreffer hendelser som ikke kan bli forutsett. I dette kapitlet vil de uforutsette hendelser og problemer som har oppstått underveis i løpet av dette prosjektet forklares. Årsaken til dette er at det praktiske arbeidet har vært mer omfattende enn det som kan oppfattes ut i fra tidligere kapitler i rapporten.

Introduksjonsfase

De første vanskeligheter var å tilegne kunnskap om brukergrensesnittet til programvaren. Dette førte til at det i innledningsfasen ble brukt mye tid til å forstå hvordan programmene fungerte. Etter å ha lært brukergrensesnittet for Vansimtap var det enkelt å sette seg inn i Plansddp og ProdRisk da disse hadde samme brukergrensesnitt.

Vansimtap/Plansddp

Da de ulike dataverktøyene ikke har blitt brukt av studentene i stor grad før, dukket det opp en del problemer. For eksempel var det vanskelig å få kalibrert modellen på den ønskede måten (Vansimtap). I tillegg til denne typen feil måtte også Pc-kurvetegn omstilles fra Unix til NT versjon. Da dette tok noe tid, førte det til forsinkelse.

I Vansimtap kan en del parametere kalibreres, mens modellen i Plansddp ikke er åpen for dette. Vansimtap ble kalibrert, men om disse kalibreringene var korrekte kan ikke avgjøres. Det ble lagt ned mye arbeid og tid i å forstå disse mekanismene, selv om det ikke er videre forklart i denne rapporten.

Realrenten kan endres i både Vansimtap og Plansddp, og i de første kjøringene ble realrenten inkludert. På bakgrunn av denne avgjørelsen ble produksjonsrekken simulert og gjort klar for risikostyringsprogrammet kW.

I tillegg ble det bestemt at prisrekken, som ble generert av Samkjøringsmodellen, skulle ha prisavsnitt som tidsoppløsning. Dette viste seg å være umulig å takle for ProdRisk, og det måtte derfor genereres en helt ny prisrekke med ukesoppløsning. Det var denne prisrekken med tilhørende produksjonsrekke som dermed dannet *foreløpig* utgangspunkt for handel i kW.

kW

Etter at en produksjonsrekke og en prisrekke var generert kunne arbeidet med å finne sikringshandel ved hjelp av risikostyringsprogrammet kW2000 begynne. Ved begynnelsen av arbeidet ble fremdeles versjonen kW2000 benyttet og ikke versjonen kW3000.

I tilknytning til dette arbeidet ble det brukt lang tid på å forstå brukergrensesnittet og de ulike funksjonene i programmet. Det ble brukt mye ekstra tid på å forstå og tenke ut en manuell metode for å optimere handelen. Det første problemet var om det var optimalt å bare handle i én periode, mens de to andre var satt til null. Det viste seg i ettertid at en sammensetning av to kontrakter kunne være bedre enn kun én alene. Deretter ble det innsett at en sammensetning av tre kontrakter kunne vært mest optimalt. Derimot tok det lang tid før det ble oppdaget at det å selge i en periode og kjøpe tilbake i en annen kunne være til fordel for bedringen av nedsiden.

Etter at studentene hadde vært i en periode i Trondheim, ble det oppdaget at realrenten ikke var mulig å innføre i ProdRisk. Dette førte til at en helt ny produksjonsrekke måtte genereres i Plansddp og at all handel i kW måtte gjøres på nytt da denne tok utgangspunkt i produksjonsrekken. En slik produksjonsrekke ble derfor generert. Dessverre ble det da glemte at prisrekken måtte være gitt som priser pr uke, og produksjonsrekken ble derfor generert på grunnlag av prisavsnitt som oppløsning. Dette skulle i ettertid vise seg å være grunnlag for noe ulike produksjonsstrategier for ProdRisk og Plansddp.

På grunn av denne endringen av produksjonsrekken måtte all handel endres og arbeidet i kW måtte bli gjort en gang til. Et problem som da oppstod var at Statkraft hadde endret versjonen av kW fra kW2000 til kW3000. Som kjent er det ofte problemer ved innføring av nye dataprogrammer i en så stor bedrift, og dette ble også erfart. Likevel er det fremdeles usikkert om grunnen til at for eksempel ikke Sensitivity-funksjonen virket var grunnet i innføringen av kW3000 eller nettverksproblemer på Statkraft. Denne fasen tok på grunn av de nevnte problemer svært mye lengre tid enn det som var nødvendig.

ProdRisk

I programmet ProdRisk må det legges inn en mengde bakgrunnsinformasjon. Dette har blitt gjort av studentene selv og det har derfor blitt brukt en del tid til å sette seg inn i hvordan slike filer skal lages. I tillegg oppstod det en del problemer i tilknytning til feil i disse.

Innleggelse av brukstidskontrakt ble først lagt inn som et kjøp og ikke et salg. På bakgrunn av denne feilen ble det derfor først generert resultater som inneholdt kjøp av brukstidskontrakter, og videre resulterte dette i at kjøringene for grunnportefølje B og C måtte gjentas. Ytterligere feil i tilknytning til brukstidskontrakten ble funnet da bare en måned av prosjektperioden gjenstod. Årsaken til denne feilen var at filen som brukstidskontrakten skulle legges inn på, har definert salg som positivt og ikke negativt som er normalt. Grunnporteføljene som inneholdt brukstidskontrakter måtte derfor simuleres ytterligere en gang.

Innføringen av risiko i ProdRisk foregår som tidligere forklart ved å innføre en straffefunksjon. Denne funksjonen ble valgt ut til å inneholde 3 knekkpunkter og deretter ble det straffet etter nummer i en kumulativ rekke av inntekten fra de 70 scenariene. Først ble dette nummeret valgt vilkårlig både innad i en portefølje og mellom de ulike porteføljetypene, slik at handelen for de ulike grunnporteføljer ikke ble sammenlignbar. Det måtte derfor bli valgt ut et scenarionummer i inntektsrekken som ble holdt konstant for hver grunnportefølje. På grunn av denne feilen, som for øvrig også ble oppdaget sent i prosjektperioden, måtte alle tre grunnporteføljer simuleres på nytt.

Vedlegg 11: Forslag til Statkraft

Selv om det i rapporten har blitt utført mange undersøkelser på ProdRisk for å undersøke aspekter i forhold til dagens separate modell, er det likevel vanskelig å foreslå en klar strategi for Statkraft. Det som likevel kan anbefales er følgende:

Produksjon

Siden produksjonsplanleggingen utføres ved hjelp av optimeringsverktøy, og siden produksjonsplanen som fremkommer av Plansddp ikke avviker vesentlig fra ProdRisk, kan dette tyde på det ikke er vesentlig avgjørende for resultatet om produksjonsplanleggingen foregår separat eller integrert.

Handel

Det kan argumenteres for at siden Statkraft gjennomfører prosedyrene for handel hver uke, er det sannsynlig at handelsresultatet ikke avviker vesentlig fra forrige uke, og følgelig er det kjent hvilke volum som bør handles. På kort sikt kan det likevel lønne seg å utvikle en optimeringsalgoritme for en sammensetning av kontrakter med nåtidspunktet som eneste beslutningstidspunkt, da dette kan være relativt enkelt.

Siden det i rapporten er vist at profittfordelingen i ProdRisk blir jevnere etter simulering, kan dette vise viktigheten av dynamisk handel. Grunnen til dette kan være at tilsigsrisikoen kan reduseres i større grad. Videre kan dette bety at det er av vesentlig viktighet at dette aspektet blir inkludert i dagens risikostyringsmodell.

Av den grunn bør det satses på forskning om dette lar seg realisere. I rapporten har et trinomisk tre blitt utviklet som består både av optimering og dynamisk handel også for den separate strategien. Problemet med en slik trestruktur kan være at den blir for kompleks ved innføring av mange tilstander. I tillegg kan det være vanskelig å utvikle en trestruktur for fremtidige tilstander, blant annet i forbindelse med konvertering av tilsigsrekker som er oppgitt på scenarionivå inn i et tre.

Det bør derfor undersøkes om det er mulig å anvende et SDDP-rammeverk på handelsbeslutningen slik at denne både blir dynamisk og kan fremkomme ved optimering. I teorien burde ikke dette være vanskelig da ProdRisk er basert på disse aspektene, samt at denne i tillegg er basert på integrering.

ProdRisk

ProdRisk er overlegen dagens separate styringsverktøy i hovedsak grunnet innføring av dynamisk handel, samt at det er et optimeringsverktøy. Grunnen til at en innføring av ProdRisk likevel ikke foreslås med det første er at det er usikkert om programmet kan takle og gi fornuftige resultater på et system av størrelse med det som Statkraft besitter. I dag tester Hydro ut programmet med ca 30 magasin og ca 40 brukstidskontrakter som er kjøpt, det vil si et totalt antall på 70 magasiner. I første rekke bør det undersøkes om programmet takler enda større system.

For det andre gir ikke programmet rom for egen prisprognose. Dette er en ulempe for Statkraft som også evaluerer forventningsverdien av nye kontrakter i tillegg til et gitt risikomål. Det kan ikke avgjøres av studentene hvilken betydning det får om forventningsverdien sees bortifra for porteføljestylingen.

Andre svakheter med ProdRisk som har betydning for porteføljestylingen er at programmet ikke foreslår inngåelse av nye opsjoner, eller nye brukstidskontrakter. I tillegg vanskeliggjør programmet detaljplanlegging i regionene siden produksjonsplan blir utviklet for hvert eneste magasin som modelleres, og ikke en sumsystemmodell.

Konklusjon

Dersom ProdRisk takler hele systemet til Statkraft og at det er mulig å drive risikostyring for Statkraft trass i svakhetene nevnt over, samt at forskning på å inkludere dynamisk handel i en separat modell ikke fører frem, bør Statkraft vurdere å ta i bruk ProdRisk. Hovedgrunnen til dette er at programmet inkluderer dynamisk handel.