

Eksperimentelløkonomisk studie av et grønt sertifikatmarked

Rapport nr 20/2005

Eksperimentelløkonomisk studie av et grønt sertifikatmarked

Oppdragsgiver: NVE

Prosjektleder: Torodd Jensen

Forfatter: Klaus-Ole Vogstad,
NTNU Institutt for Energi- og prosesssteknikk

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 80

Forsidefoto:

ISBN: 1503-0318

Sammendrag: Rapporten beskriver en eksperimentelløkonomisk studie av et mulig norsk-svensk pliktig elsertifikatmarked. Det er utviklet en interaktiv simuleringsmodell som har blitt benyttet til å utføre i alt 14 laboratorieeksperimenter med over 100 forskjellige studenter. Analysene tar for seg prisdannelse, utbygging og sertifikatbeholdning for et grønt sertifikatmarked gitt ulike forutsetninger og valg av markedsdesign.

Analysene viser at et sertifikatmarked med ubegrenset sparing, årlig kvoteplikt og produksjonskapasitet som ikke reguleres etter marginale produksjonskostnader, gir en prisdannelse som ofte er forskjellig fra marginale utbyggingskostnader. Dette skyldes kombinasjonen av årlige kvotepliktskrav, ubegrenset mulighet for sparing av sertifikater og store tidsforsinkelser i justering av produksjon på tilbudssiden. Et slikt marked vil ikke gi en effektiv ressursutnyttelse.

Utformingen av markedets lover og regler er av stor betydning for prisdannelsen. Konsekvensene av foreslåtte markedsreformer er ofte komplekse og kan få utilsiktede virkninger. Økonomiske laboratorier har i dette oppdraget vist seg å være et egnet verktøy til å teste ut en markedsdesign før den gjennomføres i praksis.

Emneord: Grønne sertifikater, elsertifikater, eksperimentelløkonomi,

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

Juli 2005

Eksperimentelløkonomisk studie av et grønt sertifikatmarked.

Rapport

Klaus-Ole Vogstad

NTNU Institutt for Energi- og prosessteknikk

NTNU



Rapportens tittel: Eksperimentelløkonomisk studie av et grønt sertifikatmarked.

Saksbearbeidere:

Klaus-Ole Vogstad, Santiago Arango, Hans-Ivar Skjelbred og Lars Nesje

Prosjektleder: Klaus-Ole Vogstad

Prosjektansvarlig : Johan Einar Hustad

Dato 20.12.2004

Kontaktperson: Klaus-Ole Vogstad

Tel: 73597644 **mob:** 928 510 67

klausv@stud.ntnu.no

www.stud.ntnu.no/~klausv

Instituttadresse:

Kolbjørn Hejes vei 1B/7491 Trondheim

Tel: 73593860

Fax: 73593580

1. Sammendrag

Rapporten beskriver en eksperimentelløkonomisk studie av et mulig svensk-norsk grønt sertifikatmarked. På oppdrag fra NVE har vi utviklet en interaktiv simuleringsmodell som i sin tur ble benyttet til å utføre i alt 14 laboratorieeksperimenter med over 100 forskjellige studenter. Analysene tar for seg prisdannelse, utbygging og sertifikatbeholdning for et grønt sertifikatmarked under ulike forutsetninger og valg av markedsdesign.

Analysene viser at et sertifikatmarked med ubegrenset sparing, årlig kvoteplikt og produksjonskapasitet som ikke reguleres etter marginale produksjonskostnader, gir en prisdannelse som oftest vil være forskjellig fra langsiktige marginale utbyggingskostnader som følge av den uheldige kombinasjonen av årlige kvotepliktskrav, ubegrenset mulighet for sparing av sertifikater og store tidsforsinkelser i justering av produksjon på tilbudssiden. Et slikt marked vil ikke gi en effektiv ressursutnyttelse.

Utformingen av markedets lover og regler er imidlertid av stor betydning for prisdannelsen, og det kan være mulig å gjøre justeringer som kompenserer for uheldige effekter ved sparing av sertifikater.

Konsekvensen av flytende pristak etter nåværende svensk modell bør undersøkes nærmere for å se om det er mulig for produsenter å øke pristaket gjennom økt handelsvolum.

Konsekvensene av foreslåtte markedsreformer er ofte komplekse og kan få utilsiktede konsekvenser. Økonomiske laboratorier har her vist seg å være et egnet verktøy til å teste ut foreslåtte markedsdesign før de gjennomføres i praksis.

Innholdsfortegnelse

Sammendrag	2
Innledning	4
Tidligere analyser av sertifikatmarkedet	4
Eksperimentell økonomi	4
Laborariemodell	6
Brukergrensesnitt	8
<i>Produsent</i>	8
<i>Investor</i>	9
<i>Kvotepliktig</i>	10
Forenklinger i sertifikatmodellen	11
Eksperiment 1a	14
Eksperiment 1b	16
Eksperiment 2	18
Eksperiment 3	20
Eksperiment 4	22
Eksperiment 5	24
Eksperiment 6	26
Eksperiment 7	28
Eksperiment 8	30
Eksperiment 9	32
Eksperiment 10	34
Eksperiment 11	36
Eksperiment 12	38
Eksperiment 13	40
Eksperiment 14	42
Diskusjon av forutsetninger	44
Konklusjon	45
Anbefalinger	46
Bibliografi	47
Appendix	49

1. Innledning

Kraftsektoren forvalter store verdier, det er derfor viktig å påse at kraftmarkedet og nye markedsreformer er effektive. Store samfunnsøkonomiske tap kan unngås dersom man i utgangspunktet kan teste nye markeder i et laboratorium forut for introduksjon for å avdekke mulige svakheter. Senere inngripen i markedet vil være problematisk ettersom det medfører usikkerhet overfor markedsaktørene med hensyn på investeringer. På forespørsel fra NVE har vi opprettet et økonomisk laboratorium som en del av utredningsgrunnlaget for et svensk-norsk sertifikatmarked.

2. Tidligere analyser av sertifikatmarkedet

De fleste tidligere analyser av sertifikatmarkedet baserer seg på likevektsbetraktninger, enten i form av statisk komparativ analyse, eller likevektsmodeller. En rekke studier med en slik tilnærming er publisert i Energy Policy. Amundsen og Mortensen (2001), Nielsen og Skytte (2003) og Bye et al. (2002) har analysert sertifikatmarkedets effekter på konsumentpris, spotpris, produsent- og konsumentoverskudd. Nielsen og Skytte (2003) studerte i tillegg interaksjonen mellom sertifikatmarkedet og et CO₂-kvotemarked

Nordleden-prosjektet analyserer forskjellige forhold rundt sertifikatmarkedet med Markal, herunder prisdannelsen på lang sikt, utbygging av ulike teknologier, og effekten av teknologiutvikling. Hindsberger et al. (2003) implementerte sertifikat- og CO₂-kvotemarkedet i Balmorel, og Econ's kraftmarkedsmodell har vært brukt til å analysere konsekvensen av et felles nordisk sertifikatmarked.

Analyser med utgangspunkt i partielle likevektsmodeller og likevektsbetraktninger er uvurdelige verktøy til å vurdere konsekvensene av effektive, perfekte velfungerende markeder. Analysemodellene gir derimot ingen veiledning i å utforme markedsinstitusjoner og dets lover og regler som sikrer effektive, tilnærmedesvis perfekte markeder. Som vi vil se i denne rapporten, har utforming av lover og regler i sertifikatmarkedet mye å si for prisdannelsen og dermed effektiviteten i markedet, og det er nettopp utformingen av disse lover og regler myndighetenes har ansvaret for å utforme.

3. Eksperimentell økonomi

Eksperimentell økonomi er en nyere del av økonomien som nettopp har som formål å analysere under hvilke betingelser og markedsdesign prisdannelsen vil konvergere mot likevektsprisene som i et velfungerende marked. Med utgangspunkt i laboratorieforsøk med forsøkspersoner (tradere, eksperter eller studenter) - simuleres kjøp og salg i et marked under kontrollerte betingelser på samme måte som i naturvitenskapelige eksperimenter. På denne måte går det an å analysere seg frem til hvordan markedsaktørene opptrer under forskjellige markedsdesign, for så å utforme regler som sikrer et velfungerende marked. Vernon Smith mottok i 2002 Nobelprisen for sitt bidrag til å etablere fagfeltet eksperimentell økonomi (Smith, 2002), og hans arbeide omfatter også design av kraftmarkeder (Rassenti et al, 2002,2003).

Hva kan eksperimentell økonomi lære oss om det grønne sertifikatmarkedet ?

Bruk av laboratorieeksperimenter er utbredt innen naturvitenskap og teknologi, og har etterhvert fått fotfeste innen psykologi og økonomi. Gjennom laboratoriestudier kan vi bedre forstå fenomener under kontrollerte betingelser som ellers vil være for kompliserte å forstå i et komplekst, reelt marked. Gjennom kontrollerte forsøk kan vi teste ulike forslag til markedsdesign under forskjellige betingelser, og dermed oppdage svakheter og potensielle problemer på et tidlig stadium, på samme måte som en teknologi eller et medikament må gjennomgå laboratorietester før de er klare for bruk i stor skala.

Kan økonomiske laboratorieforsøk gi en realistisk representasjon av et reelt marked, og dermed brukes i beslutningsøyemed ?

Økonomiske laboratorier er i likhet med alle andre analysemetoder forenklede modeller av virkeligheten. En modells nytteverdi måles ikke først og fremst etter hvor detaljert den beskriver virkeligheten, men hvovidt modellen gir oss en bedre innsikt i de deler av virkeligheten man ønsker å belyse. En fordel med laboratorieeksperimenter, er at man ikke behøver å gjøre strikte antagelser omkring aktørenes oppførsel, ettersom beslutningstakerne er representert i laboratorieforsøket. Dette betinger imidlertid at beslutningstakerne i eksperimentet og deres beslutninger også er representative for reelle markeder.

Deltakernes insentiver

Et viktig prinsipp i eksperimentell økonomi, er å gi deltakerne insentiver til å fatte riktige beslutninger. En deltakers preferanse kan formelt uttrykkes som $V(m, z)$, der m er belønningen, og z er alle andre forhold som kan påvirke preferansen. En belønning Δm tildeles deltakeren utifra dens beslutninger, og eksperimentets regler som vedkommende er inneforstått med (saliens).

Tre krav hentet fra *induced-value theory* (eng.) må oppfylles (Friedman and Sunder, 1994):

Monotonisitet: $\frac{\partial V}{\partial m} > 0$, dvs deltakerne må foretrekke mer av samme belønning

Saliens: Deltaker må være inneforstått med eksperimentets regler og hvordan de kan påvirke sin belønning

Dominans: $\Delta m \gg \Delta z$ - belønningen må overskygge andre forhold som kan påvirke deltakerens nytteverdi av sine beslutninger .

Bruk av studenter versus profesjonelle som deltakere i eksperimenter.

De tre kriteriene for å indukere, representativ atferd blant beslutningstakerne i et eksperiment, har en rekke implikasjoner i forhold til valg av deltakere. Den vanligste innvendingen mot eksperimentell økonomi er hvorvidt studenter er representative for profesjonelle, erfarne beslutningstakere i reelle markeder. Erfaring viser at studenter hevder seg rimerlig bra sammenlignet med profesjonelle, og at de er representative for profesjonelle tradere (Friedman og Sunder, 1994). Studenter er gode alternativer fordeltakere i eksperimenter. For det første de er mer sensitive overfor belønning, og er i mindre grad påvirket av andre forhold (dominans). Videre er studenter vant til å sette seg inn i nye problemstillinger, og har ofte en bratt lærekurve (saliens). Professorer og eksperter derimot lar seg ofte påvirke av andre faktorer (Δz) som f.eks deres egne formeninger eller teorier om utfallet av eksperimentet, noe som eventuelt må kompenseres med høyere belønninger for å sikre dominans.

Finnes det eksempler der eksperimentell økonomi har bidratt til en bedre markedsdesign ?

Vernon Smith har utført en rekke studier siden 1984, blant annet i forbindelse med New Zealands og Australias liberalisering av kraftmarkedet. (Smith et al. 2001, Rassenti et al., 2002). Studiene resulterte i direkte anbefalinger når det gjelder organisering av kraftmarkedet med hensyn på inndeling av eierskap, organisering av marked og valg av markedsinstitusjon. Tilsvarende analyser finnes også for eksisterende markeder, som for eksempel markedsrett (Denton et al. 2001) og markedsrett under situasjoner med flaskehals (Smith et al., 2000). Eksperimentelle studier omfatter også andre energimarkeder, som for eksempel gassmarkedet (Smith et al., 1994).

Schaeffer og Sonnemans (2000) gjennomførte et laboratorieforsøk med grønne sertifikater i forbindelse med EU-prosjektet ReCERT (2001), og vi har trukket veksler på konklusjoner og anbefalinger fra dette studiet i utformingen av våre eksperimenter.

4. Laboratiemodell

I løpet av en måned har vi utviklet en interaktiv simuleringsmodell. På grunn av prosjektets korte varighet, har vi utviklet modellen parallelt med eksperimentene, slik at de siste eksperimentene inneholder detaljer som ikke eksisterte i de første eksperimentene. Modellen er utviklet i Matlab v7, som gir fleksibilitet til å gjøre de endringer vi måtte ønske. Eksperimenter med nåværende versjon har ikke mulighet for å kjøres over internett, men det er fullt mulig å legge til rette for dette i en eventuell videreutvikling av modellen.

Figur 1 illustrer sertifikatmodellen. I sentrum av modellen er auksjonsmarkedet for grønne sertifikater, som vi har valgt å representere som et databasert bilateralt dobbeltakusjonsmarked der aktører (kvotepliktige og produsenter) kan legge inn offentlig kjøps- og salgsbud, samt akseptere andres kjøps- og salgsbud. Priser over inngåtte transaksjoner vises fortløpende.

Kvotepliktige starter med en forpliktelse på 200 MWh/år i 2005, som øker hvert år med 30 MWh frem til 2020, der kvoteplikten utgjør 650 MWh/år. Hvis for eksempel 5 kvotepliktige deltar i eksperimentet, vil total kvoteplikt i markedet være 1000 MWh/år. Tallverdiene er forenklet for å lette beregninger for beslutningstaker. Kvoteplikt trekkes automatisk fra kvotepliktiges beholdning av sertifikater ved utgangen av hvert år, og kvotepliktsavgift ilegges for eventuelt manglende sertifikater.

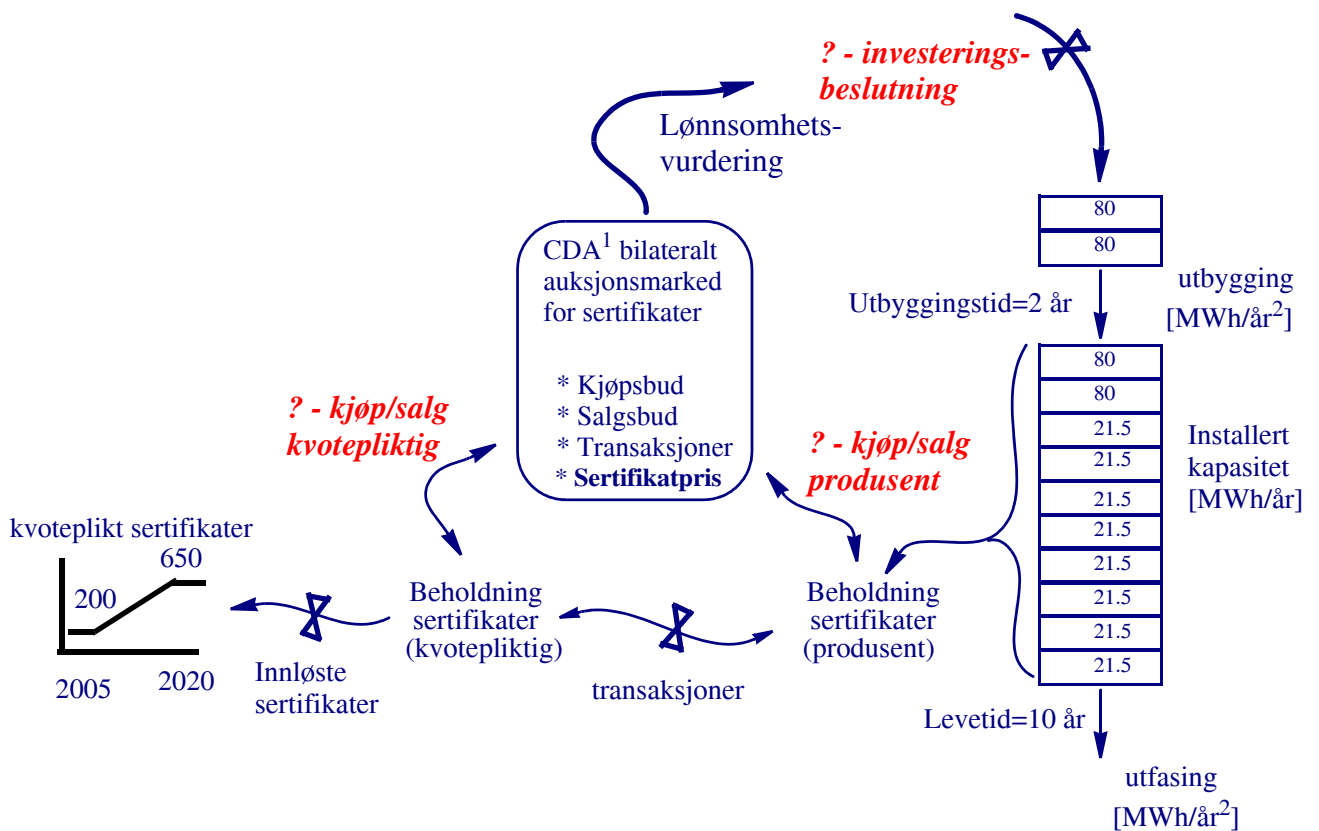
Produsenten gis ved starten av hvert år den mengden sertifikater som tilsvarende deres produksjonskapasitet. Produsenten kan så velge å kjøpe/selge sertifikater, men kan i utgangspunktet ikke selge flere sertifikater enn det til enhver tid er dekning for.

Produsenten starter med en produksjonskapasitet tilsvarende 215 MWh/år. Produksjonskapasiteten har en viss levetid, og i starttidspunktet er produksjonskapasitet likt fordelt over årsklassene (se Figur 2). Etter 10 års drift fases produksjonskapasiteten ut. I tillegg er ny produksjonskapasitet under utbygging, som vil bli ferdigstilt i de to etterfølgende år, hhv 2006 og 2007, og som kompenserer for den samme mengde produksjonskapasitet som fases ut i denne perioden.

Investor samarbeider med selger, og de utgjør tilsammen én produsent. Disse aktørene har hver sitt brukergrensesnitt, men er samlokalisert og kan samarbeide under eksperimentet. Investor treffer beslutninger om hvor mye ny produksjon de skal investere i, og produsenten vil da om to år ha mer produksjonskapasitet å rutte med. Investor treffer beslutninger på basis av tilgjengelig informasjon i markedet. Investeringsbeslutningen registreres ved inngangen til hvert år.

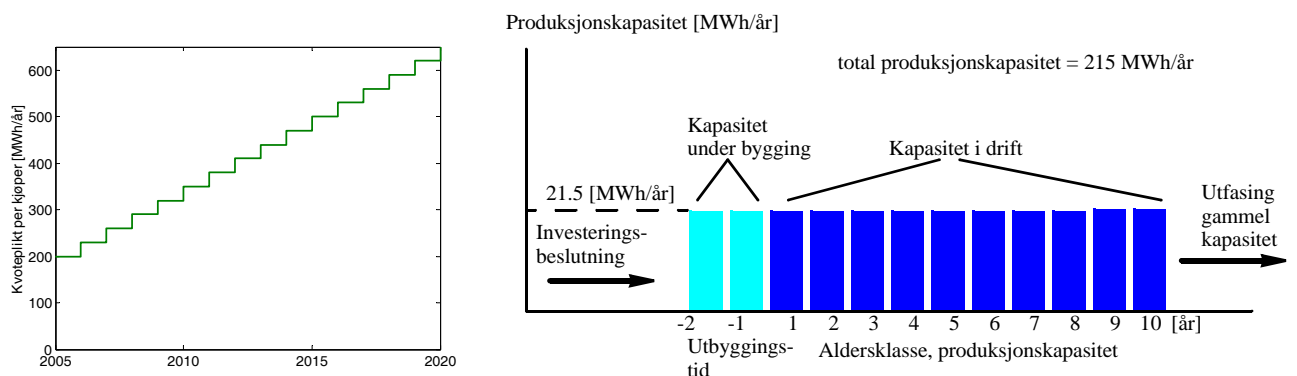
Insentiver: Deltakerne får betalt i gjennomsnitt 120 NOK, fra 60 til 200 NOK, avhengig av deres relative prestasjoner målt i akkumulert kapital. Kjøpere sammenlignes innbyrdes og produsenter sammenlignes innbyrdes. Vi beregnet gjennomsnittet av akkumulert kapital for henholdsvis kjøpere og selgere/investorer, og beregnet så hver deltakers belønning rangert etter beste resultat nedad begrenset til 60 NOK og oppad begrenset til 200 NOK per deltaker.

Deltakere i eksperimentet ble rekruttert fra tekniske og økonomiske studieretninger ved NTNU, hovedsakelig studenter med relevant studiebakgrunn innen energi- og miljø (EMIL) fra 3. årstrinn og oppover. På grunn av eksamensavvikling var det problematisk å rekruttere deltakere. Vi benyttet også i stor grad erfarne deltakere, dvs deltakere som deltar i flere eksperimenter. Dette innebærer både fordeler og ulemper, pga læringseffekten. Vi forsøkte å unngå å blande erfarne og uerfarne deltakere i samme eksperiment. Fordelen med erfarne deltakere er imidlertid mer rasjonelle beslutninger, og vi ser helt klart en læringseffekt i gjentatte eksperimenter. Bruk av erfarne deltakere har også vært nødvendig ettersom vurderingene de står overfor er relativt komplekse sammenlignet med vanlige økonomiske eksperimenter.



1) CDA- Computerised double-auction market

Figur 1 Modell for handel med grønne sertifikater. Spørsmålstejn (?) angir beslutninger som fattes av deltakerne via et interaktivt brukergrensesnitt.

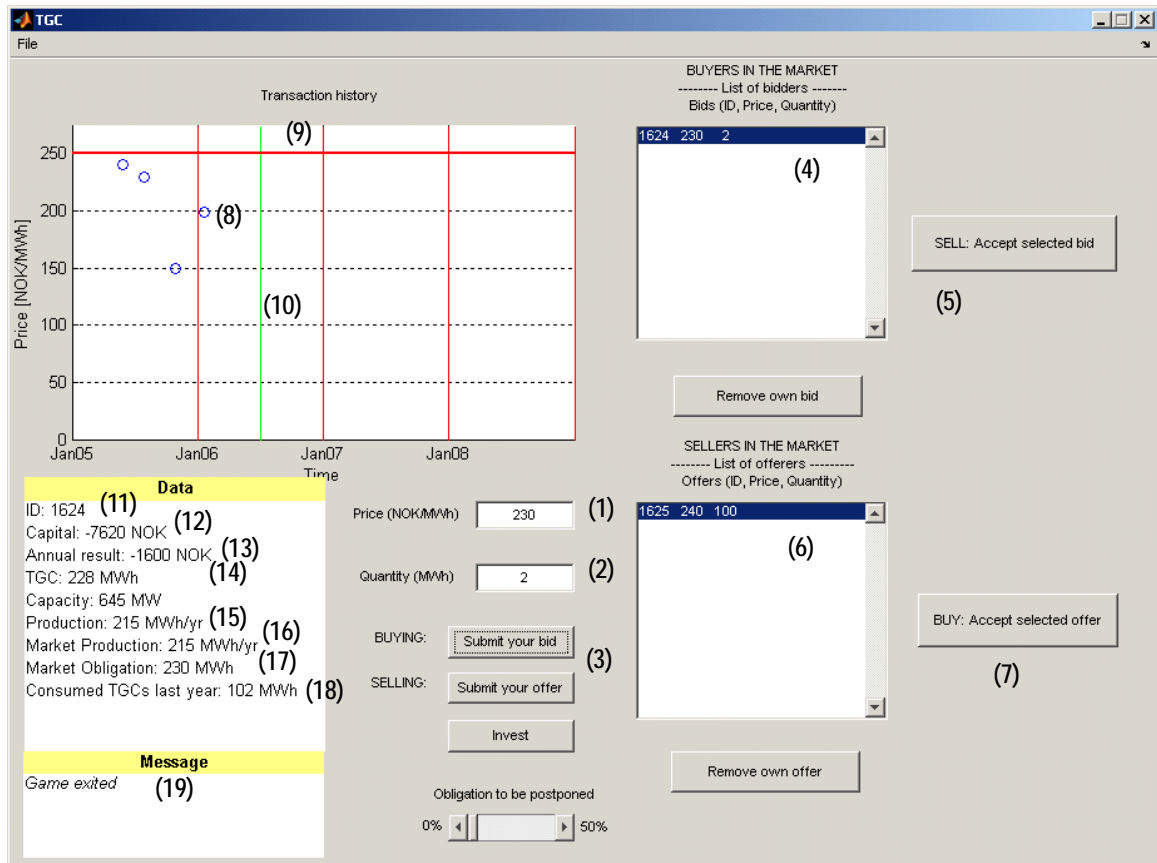


Figur 2 Venstre graf: Kvotepliktiges sertifikatforpliktelse 2005-2020. Høyre graf: Initiell kapasitet under utbygging, og installert kapasitet fordelt etter alder.

5. Brukergrensesnitt

Fra og med eksperiment 4, representeres investeringsbeslutninger av en deltaker. I følgende avsnitt presenterer vi deltakernes interaktive brukergrensesnitt for henholdsvis produsent, investor og kvotepliktig.

5.1 Produsent



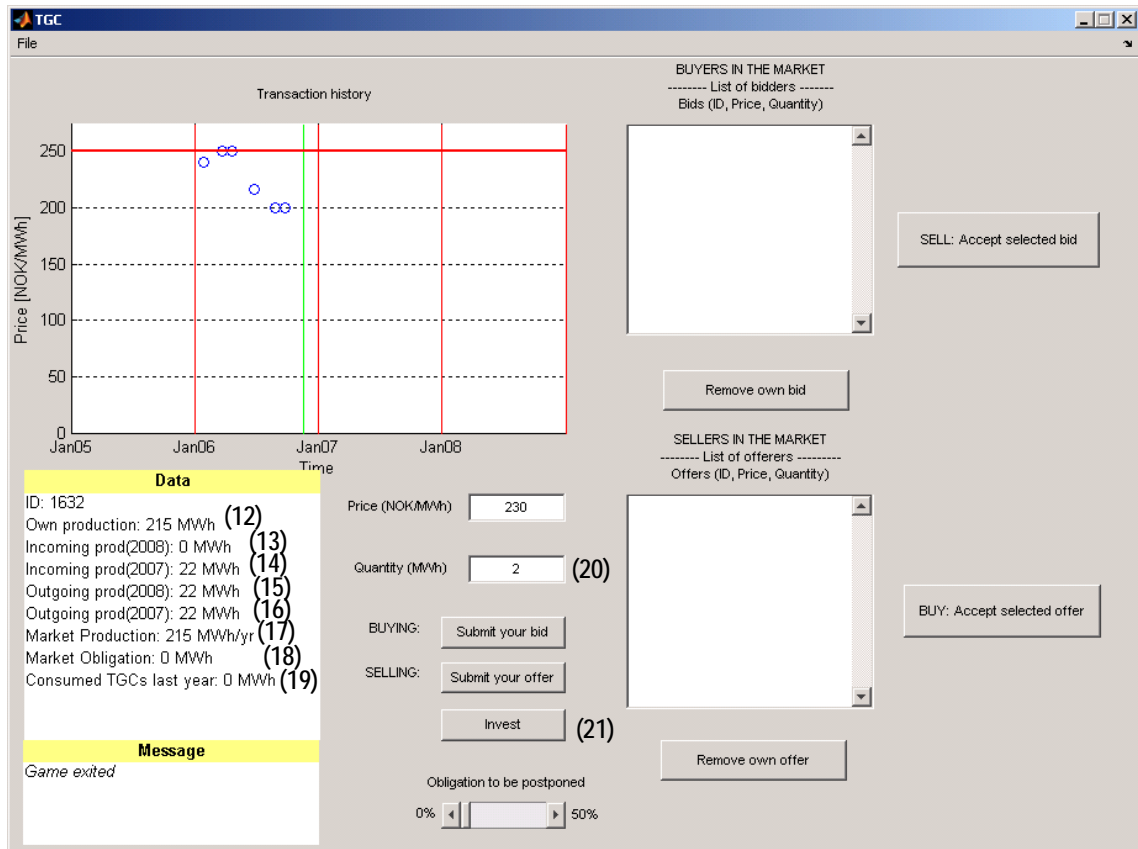
Figur 3 Brukergrensesnitt, produsenter (selgere).

- (1) Angi kjøpsbud/salgsbud
- (2) Angi mengde
- (3) Legg inn pris/mengde som kjøpsbud eller salgsbud
- (4) Observer liste over kjøpsbud
- (5) Aksepter kjøpsbud
- (6) Observer liste over salgsbud
- (7) Aksepter salgsbud fra liste
- (8) Transaksjonspris
- (9) Kvotepliktsavgift
- (10) Vertikal grønn linje viser nåværende tidspunkt, røde vertikale linjer viser årsskift

- (11) Spillerens ID-nummer
- (12) Akumulert kapital. Produsenter starter med 0 i kapital. Kapital er akumulert årlig resultat
- (13) Årlig resultat: Netto inntekter ved kjøp/salg av sertifikater minus årlige produksjonskostnader (100 NOK/MWh).
- (14) TGC (Tradable Green Certificates). Selgers sertifikatbeholdning
- (15) Produsentens nåværende egen årlige produksjon

- (16) Total produksjon i markedet inneværende år
- (17) Markedets totale sertifikatforpliktelse inneværende år
- (18) Innløste sertifikater foregående år. (Dersom kvotepliktige har mulighet for å utsette sine kvoteforpliktelser, vil dette tallet være forskjellig fra foregående års sertifikatforpliktelser, som i dette tilfelle var 200 MWh)
- (19) Beskjeder (f.eks bekreftelse på aksepterte kjøps/salgsbud, eller feilmeldinger)

5.2 Investor

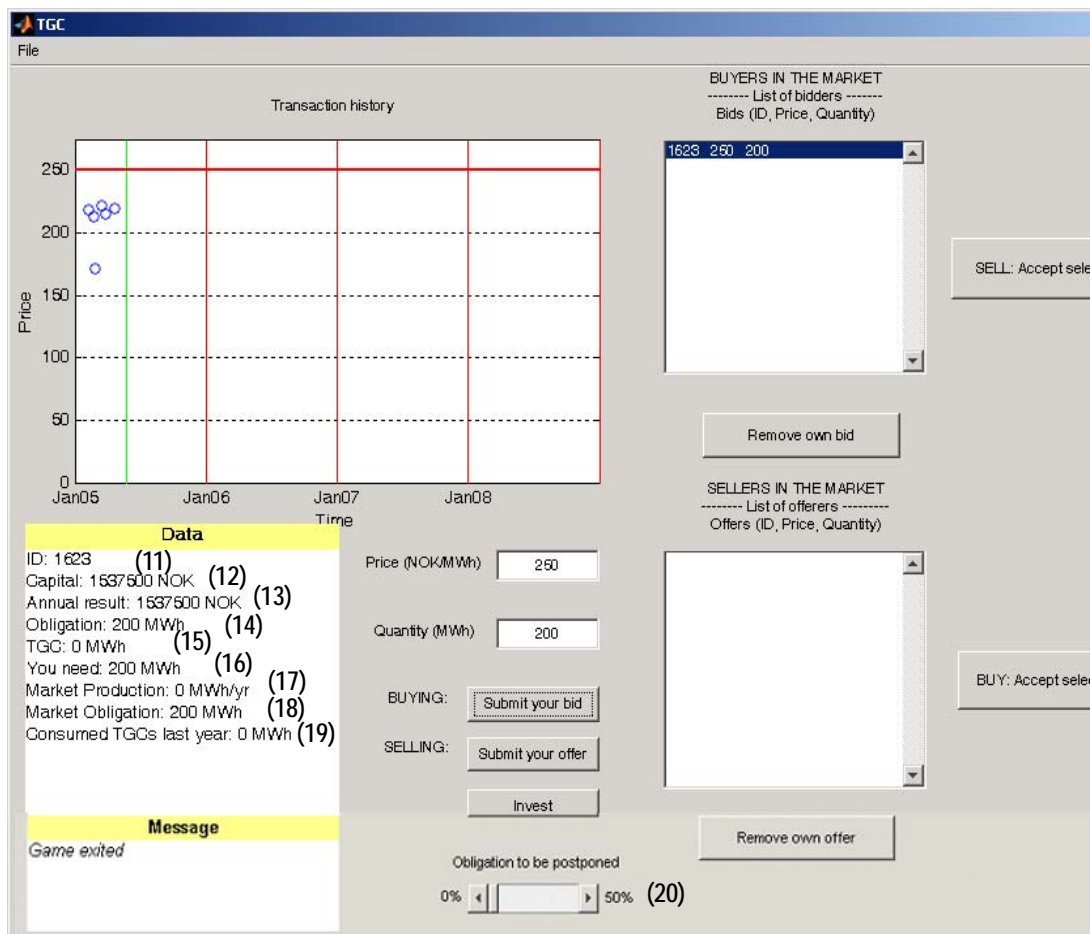


Figur 4 Investors brukergrensesnitt

- (12) Egen produksjonskapasitet
- (13) Bestilt investering i ny produksjonskapasitet som settes i drift i om 2 år
- (14) Investering i ny produksjonskapasitet som settes i drift om 1 år.
- (15) Produksjonskapasitet som tas ut av drift om 2 år
- (16) Produksjonskapasitet som tas ut av drift om 1 år
- (17) Total årlig produksjon i markedet
- (18) Total kvoteplikt
- (19) Innleverte sertifikater forrige år.

- (20) Bestem mengde for investering i ny produksjonskapasitet
- (21) Invester angitt mengde

5.3 Kvotepiktig



Figur 5 Brukergrensesnitt, kvotepiktig

- (11) Spillerens ID-nummer
- (12) Akkumulert kapital. Kvotepiktige starter med 1.57 MNOK i kapital, som er kostnaden ved å innfri sine totale sertifikatforpliktelser over hele simuleringsperioden til kvotepliktsavgift.
- (13) Årlig resultat: Netto inntekter ved kjøp/salg av sertifikater minus årlige produksjonskostnader (100 NOK/MWh).
- (14) TGC (Tradable Green Certificates). Selgers sertifikatbeholdning
- (15) Produsentens nåværende egen årlige produksjon
- (16) Minimum antall sertifikater som trengs for å oppfylle kvoteplikt
- (17) Total årlig produksjon
- (18) Totale årlige kvoteforpliktelser
- (19) Innleverte sertifikater forrige år.

- (20) Angi prosentandel av inneværende års kvoteplikt som du ønsker å overføre til neste års kvoteplikt.



Figur 6 Eksperimentelt økonomisk laboratorium ved NTNU. Studenter midt inne i en travel eksamensperiode ble rekruttert hovedsakelig fra NTNUs program for Energi og Miljø, 3-4. årstrinn, pluss endel andre teknologistudieretninger. Øverst til venstre: Eventuelle uregelmessigheter under eksperimentets forløp registreres omhyggelig.

6. Forenklinger i sertifikatmodellen

Vi har tatt utgangspunkt i det svenske sertifikatmarkedet og dets markeddesign fordi en videreføring av dette markedet er det mest aktuelle for et felles svensk-norsk sertifikatmarked.

Marked: Etter hva vi kjenner til, publiseres pris, volum og tidspunkt for hver transaksjon på de svenske myndigheters webside (<https://elcertifikat.svk.se>), sammen med statistikk om overføringer, månedlige priser mm. Tidspunkt for transaksjoner refererer imidlertid til datoen for transaksjonen registrert i databasen, mens selve avtalen kan ha vært inngått på et langt tidligere tidspunkt. Webstedet er en database, og ikke en handelsplass, og vi antar derfor at avtaler om kjøp og salg finner sted bilateralt. Nord Pool har opprettet en markeds plass for sertifikathandel i 2004, men så langt har antall transaksjoner vært beskjedne på denne tjenesten.

I vår modell kan hver deltaker både legge inn kjøps/salgsbud, samt akseptere kjøps/salgsbud. Dette gjør at markedet er mer transparent enn det svenske markedet er per i dag, og variasjonen i bud sannsynligvis også mindre. Handel i markeds plassen foregår kontinuerlig fra år til år. For hvert år oppdateres regnskap, produksjonskapasitet, kvoteplikt, og utgifter til kvotepliktsavgift. Akkumulert kapital, resultat og sertifikatbeholdning oppdateres fortløpende i likhet med kjøp- og salgsbud og

transaksjoner. Prisgraf og skjerm bilde oppdateres kontinuerlig for hvert sekund. Hvert år simuleres over en periode på 180 sekunder, men kan spesifiseres etter behov.

I det svenske markedet står aktørene fritt til å inngå avtaler om kjøp og salg av sertifikater flere år frem i tid, mens det i vår modell kun kan inngås avtaler med umiddelbar leveranse. Handel med fremtidige leveranser av sertifikater kan også inkluderes i modellen, men på bekostning av kompleksiteten beslutningstakerne står overfor. Siden kvotepliktige fortsatt må oppfylle sin årlige kvoteplikt, vil muligheten for langsiktige avtaler være en større fordel for produsentene enn kvotepliktige på kort sikt.

Tildeling av sertifikater: Sertifikatene tildeles produsentene ved begynnelsen av hvert år. I praksis tildeles sertifikater månedlig. Produksjonen vil avhenge av vær og vind, og utgjør derfor en betydelig usikkerhet (eksempelvis varierer vindkraft med +/- 20% i årlig produksjon). Schaeffer og Sonnemans (2000) tok både hensyn til sesongvariasjon og tilfeldig variasjon i produksjonen fra ulike energikilder, i tillegg til at utstedelse av sertifikater foregikk kvartalsvis. De konkluderte med at tilfeldig variasjon i produksjon og sesongvariasjon ikke påvirket prisdannelsen vesentlig, og vi har derfor forenklet vår modell til en fast, konstant årlig produksjon proporsjonal med produksjonskapasitet. I et sertifikatsystem med mulighet for sparing av sertifikater vil sesongvariasjon og tilfeldighet i produksjonen ha liten betydning for prisdannelsen.

Investeringer foretas i starten av hvert år. Hvis en investeringsbeslutning gjøres i Mai, 2005, vil investeringsbeslutningen registreres ved årsskifte 2005/2006. Det tar så 2 år før ny produksjonskapasitet kommer i drift. Både tidsforsinkelser for utbygging og levetid for produksjonskapasitet er konstant (henholdsvis 2 og 10 år).

Marginale produksjonskostnader: Vindkraft, småskala vannkraft og kraftvarme-bioenergi har begrenset mulighet for å regulere sin produksjon. Produksjonen er gitt av vind, nedbør og varmebehov, og produksjonen kan derfor ikke reguleres på kort sikt. Vi har for enkelhets skyld antatt en total langsiktig marginal utbyggingskostnad på 300 NOK/MWh¹ for ny fornybar produksjon, og en langsiktig kraftpris på 200 NOK/MWh². Marginal produksjonskostnad i forhold til sertifikatmarkedet er derfor satt til 100 NOK/MWh, som er den kostnaden produsentene behøver for å gå i pluss.

Interaksjon mellom sertifikatmarked og andre markeder: I vår modell antar vi en konstant langsiktig spotpris på 200 NOK/MWh, og vi har ikke tatt hensyn til eventuelle interaksjoner mellom spotmarked og sertifikatmarked. Tidligere studier har analysert interaksjoner mellom sertifikatmarked og andre markeder (Amundsen og Mortensen, 1999,2000; Nielsen og Skytte, 2002, 2003; Hindsberger, 2003, Bye et al. 2003). Vogstad et al. (2003) viser imidlertid at mange forhold i sertifikatmarkedet har langt større innflytelse på prisutviklingen enn interaksjonen mellom sertifikatmarked og andre markeder, og at sertifikatmarkedet med hensyn på prisdannelse med fordel kan analyseres isolert sett.

1. Utbyggingskostnader for fornybar kan variere helt fra 200 NOK/MWh og oppover. Kostnader for konvertering av CHP til biobrenselfyrte er det mest attraktive alternativet i Sverige per i dag, på grunn av lave investeringskostnader og kort utbyggingstid.

2. Langsiktig kraftpris i Nord Pool vil bestemmes av langsiktige marginale utbyggingskostnader for billigste kapasitet, som per idag er gasskraft til ca 250-300 NOK/MWh.

Eksperiment 1a

Forsøk: I de første innledende eksperimentene fokuserer vi på selve sertifikathandelen. Fornybar produksjon settes lik kvoteplikt til enhver tid, slik at produksjon og kvoteplikt alltid er i likevekt. Problemstillingen reduseres dermed til kjøp og salg av sertifikater der nåværende og fremtidig produksjon, produksjonskostnader og kvotepliktsavgiften er kjent for alle aktører. Alle aktører kan kjøpe, selge og spare sertifikater. Kvotepliktige må imidlertid oppfylle sine kvoteforpliktelser ved utgangen av hvert år. Problemstillingen ser tilsynelatende triviell ut, men hvordan beregner man likevektsprisen i et slikt marked ?

Resultat: Innledningsvis observerer vi transaksjoner i området 175 NOK/MWh (se prisgraf **s1a**, neste side), der kjøper og selger møtes på “halvveien”. Kjøper sparer (250-p) og selger tjener (p-100) NOK/MWh. Mot slutten av første kvoteperiode, øker imidlertid prisen mot ca 230 NOK/MWh, og prisene stabiliserer seg på dette nivået helt til slutten av perioden, der det akkumulerte overskuddet av sertifikater til slutt dumpes og prisen går mot 0¹. Variansen i kjøps- og salgsbud er i starten høy, men etter noen år er variansen betydelig redusert. Vi ser også en svak, nedadgående pristrend.

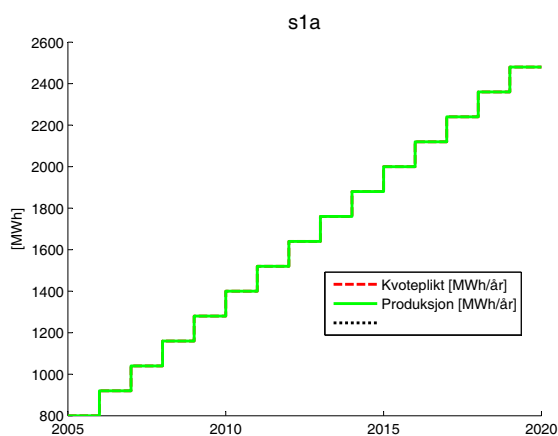
Analyse: Dette er deltakernes første erfaring med sertifikatmarkedet. Forsøket eliminerer mulighetene for at forventninger til nye investeringer skal påvirke prisdannelsen. At prisene er nærmere kvotepliktsavgiften enn produksjonskostnadene må derfor skyldes det forhold at kvotepliktige har en alternativkostnad på 250 NOK/MWh ved ikke å oppfylle sine årlige kvoteforpliktelser. Produsentene derimot, har i dette forsøket ingen umiddelbare ekstrakostnader ved å spare sine sertifikater, utover den risikoen de løper for at sertifikatene ikke blir solgt eller må selges til en lavere pris senere.

Tabellen til venstre under angir hovedparametre i eksperimentet, og grafen nederst til høyre viser utvikling i kvoteplikt og produksjon (sammenfallende linjer). I de innledende eksperimentene har vi ikke logget hvor mange som tok straffekvote², og akkumulasjon av sertifikater er ikke vist i grafen under. Det er imidlertid på det rene at selger i større grad har mulighet for å spare sertifikater, og gjør det. Både selgere og kjøpere velger ofte å spare sertifikater dersom de har mulighet for det.

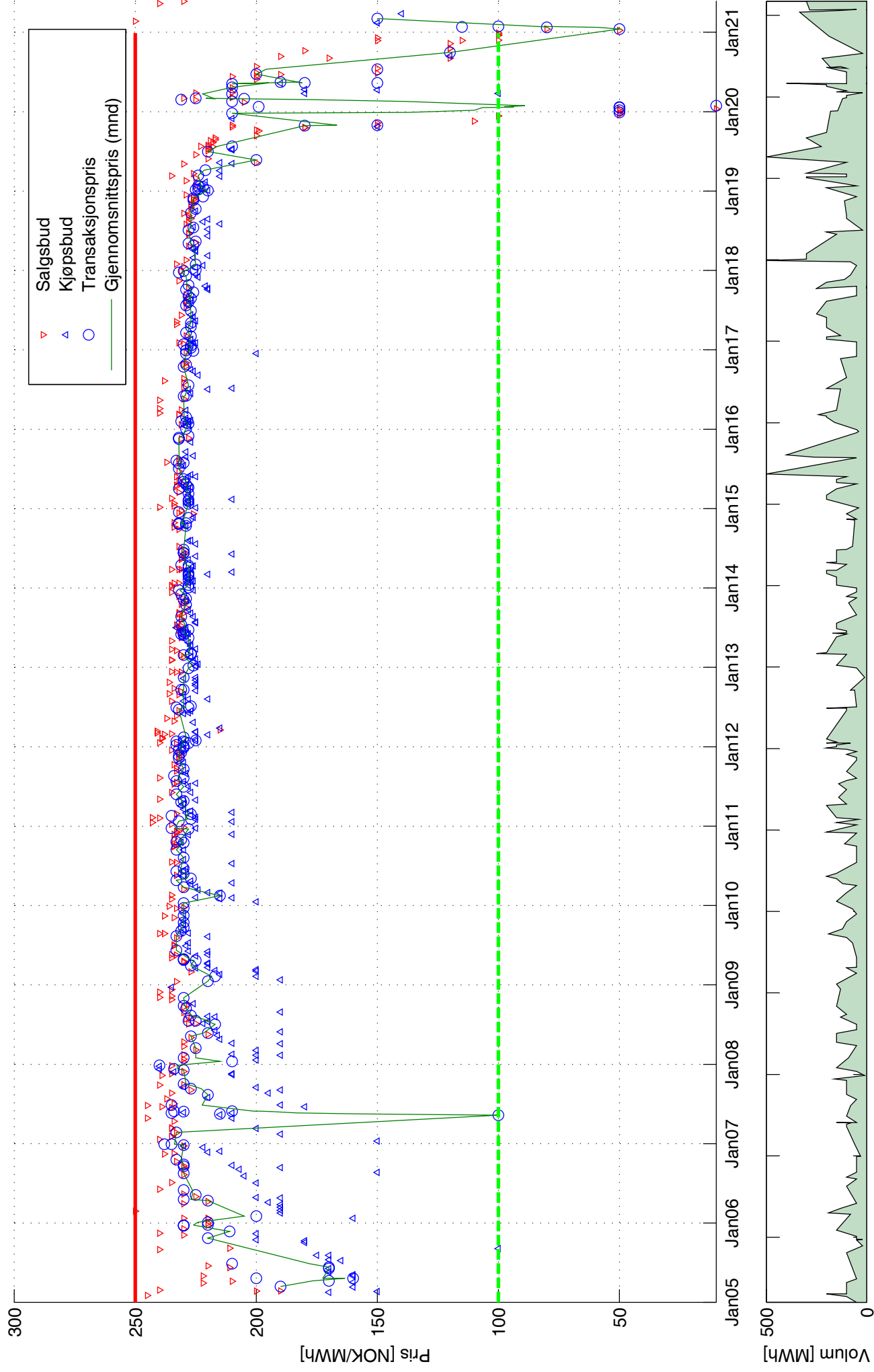
1. Resultatgrafene inneholder verdier også for 2021, men vi informerte deltakerene i utgangspunktet om at simuleringen stoppet i 2010, og senere resultater har dermed ingen relevans.
2. Samtale med deltakerne i etterkant, viste at en av kjøperne valgte gjentatte ganger å betale kvotepliktsavgift i håp om å disiplinere selgerne

Parameter

Kjøper, Selger, Investor, Totalt	K	S	I	T
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh			
Sparing	100 %/år			
Kvotepliktutsettelse	0 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt			
Simuleringsperiode	2005-2020			
Annet	Produksjon=Kvoteplikt			



s1a



Eksperiment 1b

Forsøk: Vi kjørte forsøket 1b parallellt med 1a med en mindre gruppe på 6 studenter.

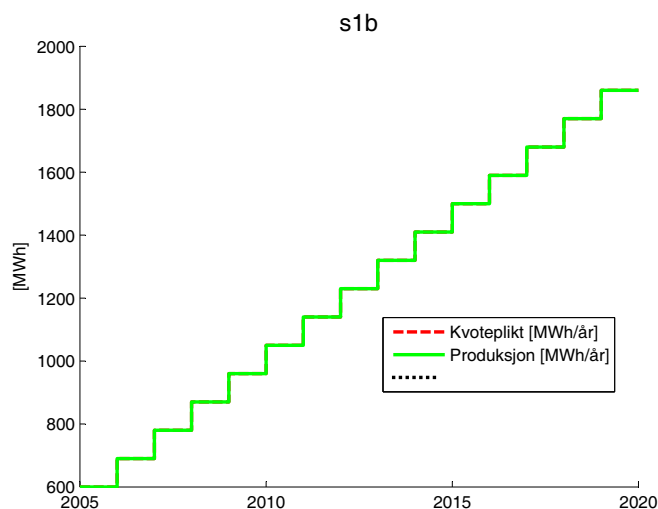
Resultat: Den samme prinsipielle utviklingen finner sted, der sertifikatprisen presses opp mot kvotepliktsavgiften. I dette forsøket kan vi også observere endel merkelige salgsbud, langt over kvotepliktsavgift. Dette skyldes at enkelte av forsøkspersonene med ikke-teknisk bakgrunn ikke var inneforstått med problemstillingen. En av forsøkspersonene fikk problemer med å selge sertifikatene mot slutten. Den høye transaksjonen i slutten av simuleringen, skyldes et feiltrykk hos en deltaker.

Analyse: Selv om en eller flere deltakere ikke var tilstrekkelig inneforstått med problemstillingen, etablerte prisen seg raskt på et stabilt nivå. En pris som ligger enda høyere opp mot pristaket enn i eksperiment 1a, skyldes i hovedsak at en av deltakerne anga salgsbud langt over likevektspris, og fikk dermed ikke solgt sin andel av produksjonen.

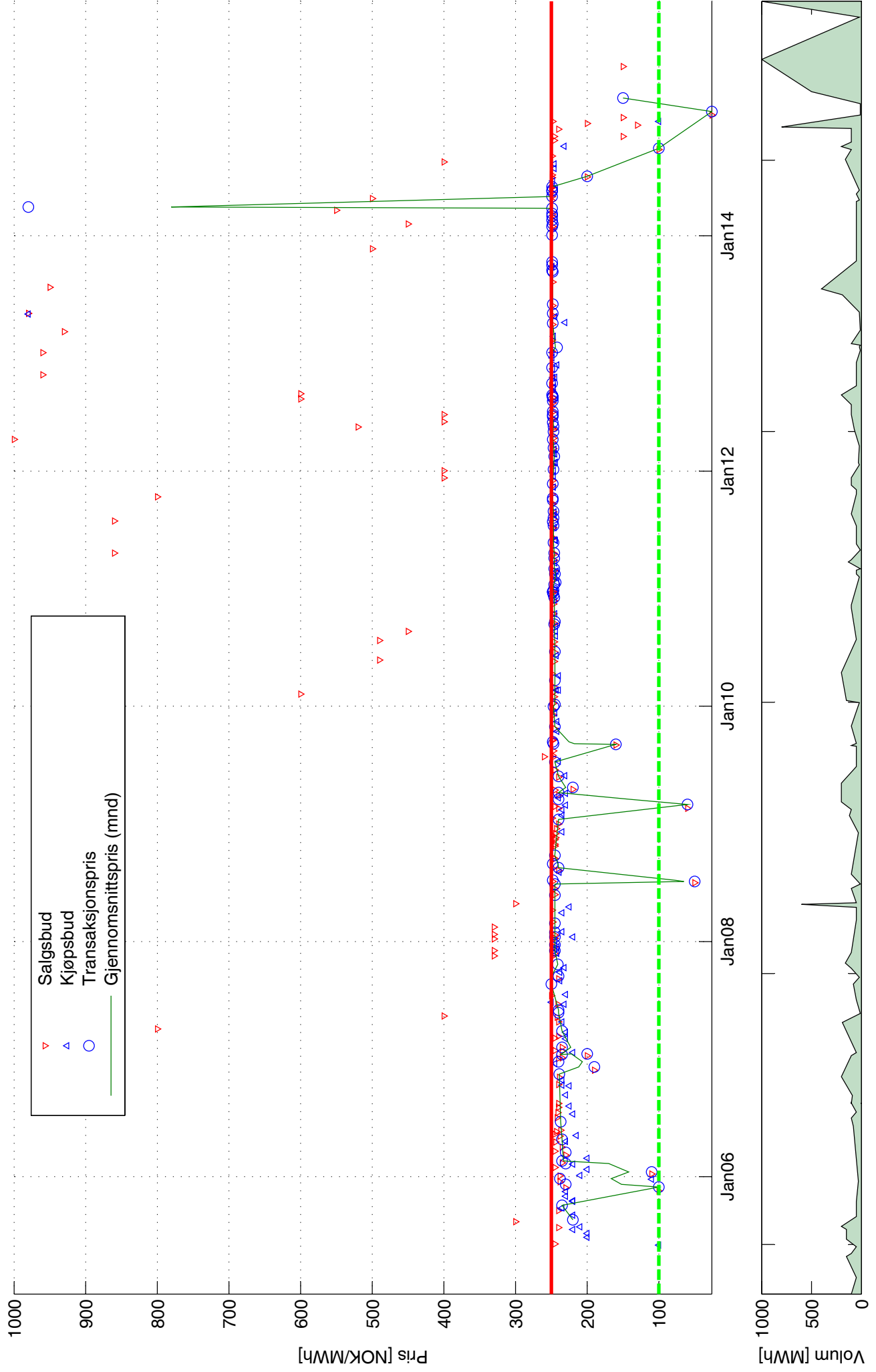
Man kunne formulere en optimeringsmodell over beslutningsproblemet, men selv dette tilsynelatende enkle problemet er ikke trivielt. Verdien av sertifikater kan ikke knyttes direkte til marginale produksjonskostnader, men til forventninger om fremtidige priser, der det i dette tilfelle må gjøres antagelser om kjøper og selgers preferanser. I denne eksperimentelle modellen representerer deltakerene kjøper og selgers preferanser, og som resulterer i en prisdannelse tett oppunder likevektspris. I eksperiment 1a, var en av kjøperne villige til å ta tap innledningsvis i forsøk på å presse prisene, hvilket akkumulerte et visst overskudd av sertifikater som i sin tur ser ut til å ha redusert prisene noe.

Eksperimentet understreker også faren med å anta likevektsbetingelser uten å undersøke hvoviddt betingelsene for dette er oppfylt.

Parameter				
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	K	S	I	T
Kvotepliktsavgift	3	3	0	6
Sparing	250 NOK/MWh			
Kvotepliktutsettelse	100 %/år			
Rente	0 %/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt			
Simuleringsperiode	2005-2015			
Annet	Produksjon=Kvoteplikt.			



s1b



Eksperiment 2

Forsøk: Markedet var stramt i det første eksperimentet som i utgangspunktet ikke hadde overskudd av sertifikater. Hva vil situasjonen være hvis produsentene i utgangspunktet har et overskudd av grønne sertifikater? For å teste dette, starter produsentene med en sertifikatbeholdning tilsvarende 3 ganger første års kvoteplikt, dvs. $200 \times 3 = 600$ MWh for hver produsent. I tillegg definerer vi produksjonskapasiteten til å være i overkant av kvoteplikt (15 MWh/år i). 5 kjøpere og 5 selgere utgjør nå markedet.

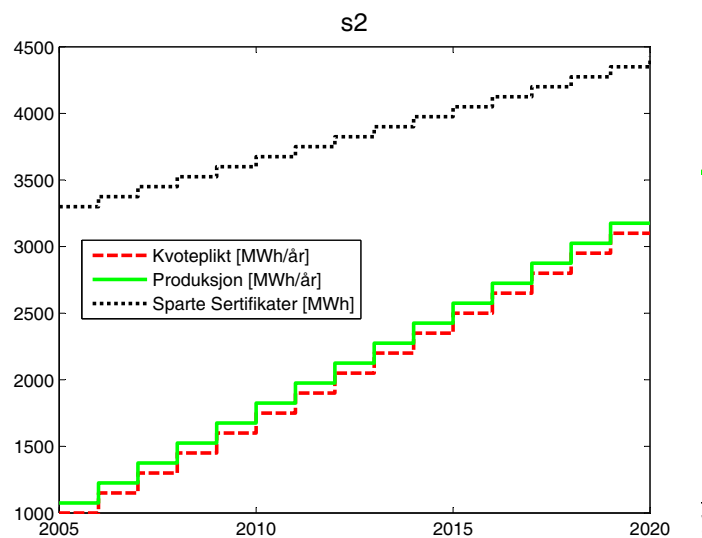
Resultat: Allerede innledningsvis inngås det transaksjoner tilnærmet sertifikatpris, selv om endel kjøpsbud ligger betydelig lavere i starten. Prisen er høy gjennom hele simuleringen, men vi kan observere en svak nedadgående pristrend.

Analyse: Man skulle i utgangspunktet tro at et innledningsvis overskudd av sertifikater ville bidra til å redusere prisnivået. Isteden ligger prisene nå enda tettere opp til pristaket enn i tidligere simuleringer. Enkelte av deltakerne har nå erfaring fra tidligere simuleringer, og tydeligvis lært at de kan selge sertifikater til høye priser. Dersom etpar av deltakerne har tidligere erfaring. Først mot slutten dumpes prisen. Selv om selgerne ikke kjenner kvotepliktiges preferanser, later det til å være mulig for selgere å presse prisene opp mot kvotepliktsavgiften. Gjentatte forsøk ville antageligvis forbedret læring og skjerpet konkurransen blant deltakerne, slik at selgere underbyr hverandre og prøver å øke sine markedsandeler.

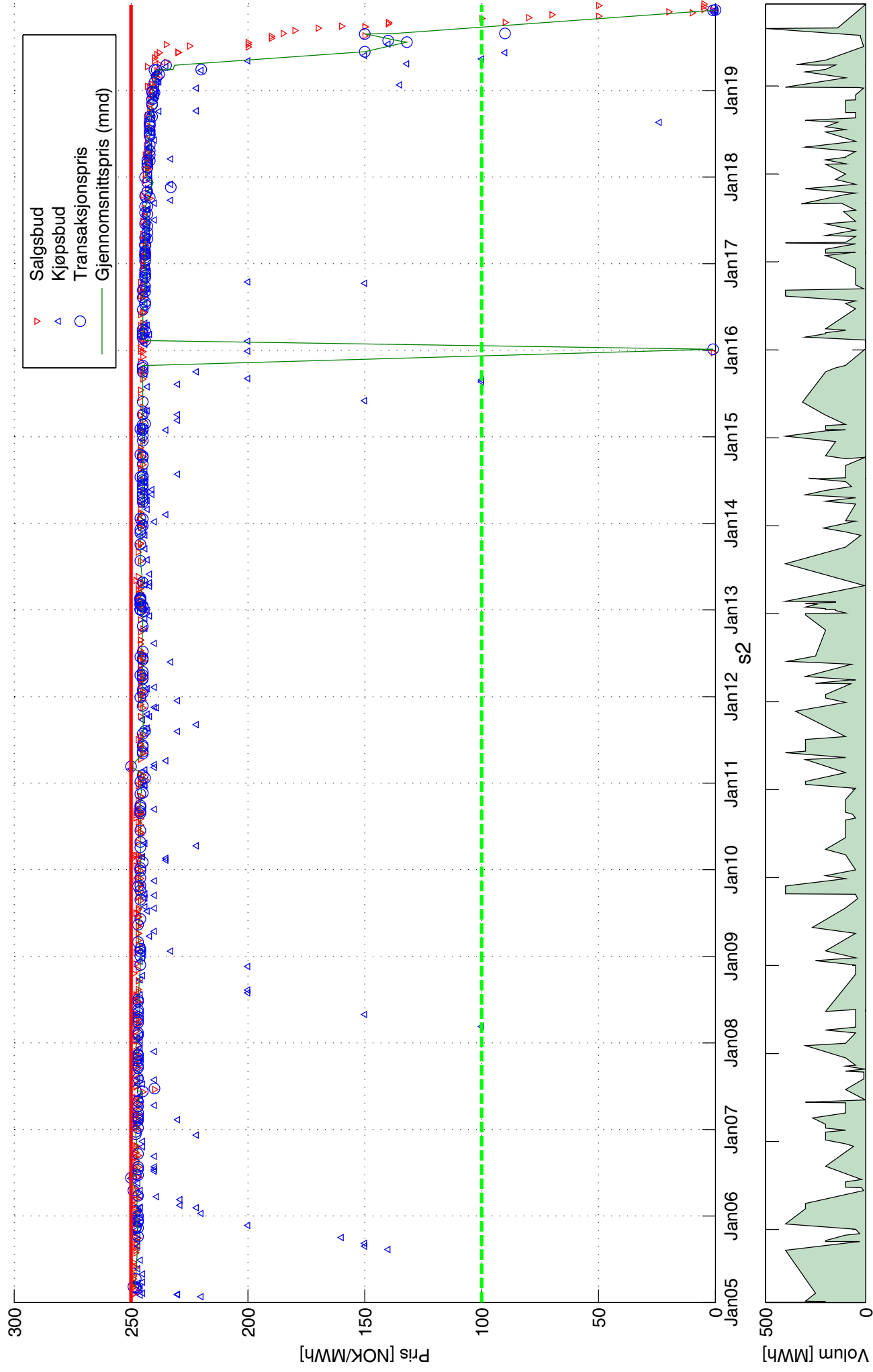
Disse resultatene tyder imidlertid på at prisdannelsen til en viss grad ikke er sensitiv overfor produsentenes sertifikatbeholdningen ved starttidspunktet, på grunn av mulighetene for sparing og kjøpernes årlige kvoteplikt.

Parameter

Kjøper, Selger, Investor, Totalt	K	S	I	T
	5	5	0	10
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh			
Sparing	100 %/år			
Kvotepliktutsettelse	0 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt			
Simuleringsperiode	2005-2020			
Annet	Produksjon > Kvoteplikt. Startbeholdning = 3 x kvoteplikt 2005			



s2



Eksperiment 3

Forsøk: Investering i ny kapasitet inkluderes. Investeringene foretas av datamaskinen, som gir produsentene økt produksjonsvolum. Produksjonskapasiteten har en levetid på 10 år,

$$I_t = f(\pi_t) \frac{K_{t-1}}{L}, \text{ der } \pi_t = \frac{E[p]}{c}, \text{ og } f(\pi) \text{ er som angitt i grafen under.}$$

I_t er investering år t , K_{t-1} produksjonskapasitet i MWh/år, med levetid $L=10$ år. Lønnsomhetsindikator π_t er forventet fremtidig pris, $E[p]$, dividert på produksjonskostnad $c=100$ NOK/MWh. Investeringsfunksjonen baserer seg på forventet profitt, som igjen baserer seg på adaptive forventninger Schaeffer og Sonnemans (2000) har implementert en tilsvarende funksjon i sine analyser, og Vogstad et al., (2002,2003), Vogstad (2004,2005a,2005b) benytter tilsvarende formuleringer for investering i ny kapasitet. (se for fullstending definisjon av investeringsfunksjonen).

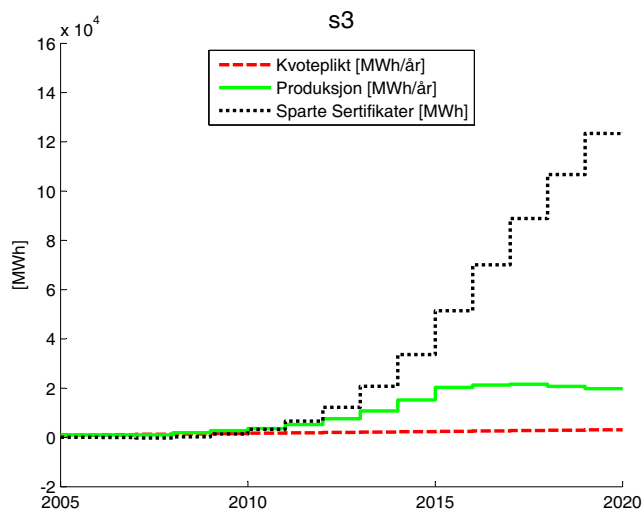
Deltakerne får informasjon om investeringer, men ikke i detalj. De får vite at det investeres proporsjonalt med forventet lønnsomhet, og at det er ca. 2 års tidsforsinkelser i utbygging av ny kapasitet. Med en produksjonskostnad på 100 NOK/MWh, vil det være lønnsomt å øke produksjonskapasiteten. I både dette eksperimentet og eksperiment 4 kjenner deltakerne total etterspørsel og egen produksjon, men ikke total produksjon, unntatt for de første årene, ettersom alle produsenter starter med lik markedsandel.

Resultat: Etter samme mønster som tidligere, er prisene jevnt høye i starten, og prisene er jevnt over høye frem til en brått fallende pris i 2012. På dette tidspunktet er produksjonen for hver produsent høyere enn den totale etterspørselen, og sertifikatbeholdningen er tilsvarende høy. En slik overkapasitet skulle tilsi at en sertifikatpris lik 0, mens prisene faktisk opprettholdes på 100 NOK/MWh over et par år før prisene faller mot null.

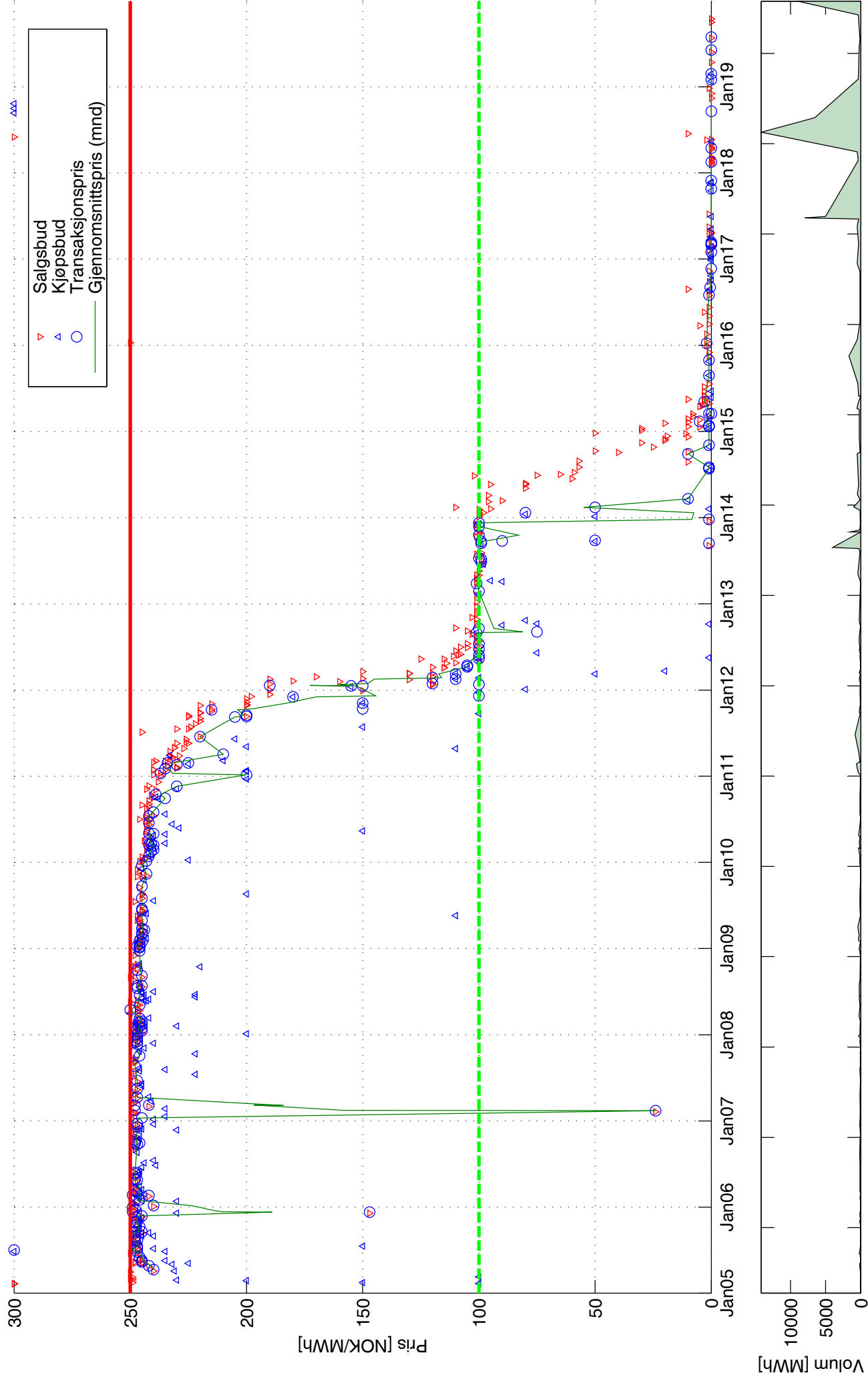
Analyse: Produsentene har få muligheter for å påvirke produksjonskapasiteten annet en gjennom en felle fornuftig prising av sertifikatene. Resultatene her skyldes i hovedsak antagelsen om utbygging av produksjonskapasitet, som resulterer i et kraftig overskudd av produksjonskapasitet. Den kraftige overinvesteringen som i dette tilfellet overstiger kvoteplikten i sluttperioden er langt fra rasjonell. Allikevel er det ikke utenkelig at et sertifikatmarked vil resultere i en kraftig overkapasitet, fordi det vil være vanskelig å koordinere utbygginger med tidsforsinkelser i konsesjonsbehandling og utbygging. I neste eksperiment vil vi imidlertid representere investeringsbeslutninger gjennom å tildele deltakere rollen som investor.

Parameter

	K	S	I	T
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	5	5	PC	10
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh			
Sparing	100 %/år			
Kvotepliktutsettelse	0 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt			
Simuleringsperiode	2005-2020			
Annet	Investering i ny kapasitet (datamaskinstyrt)			



s3



Eksperiment 4

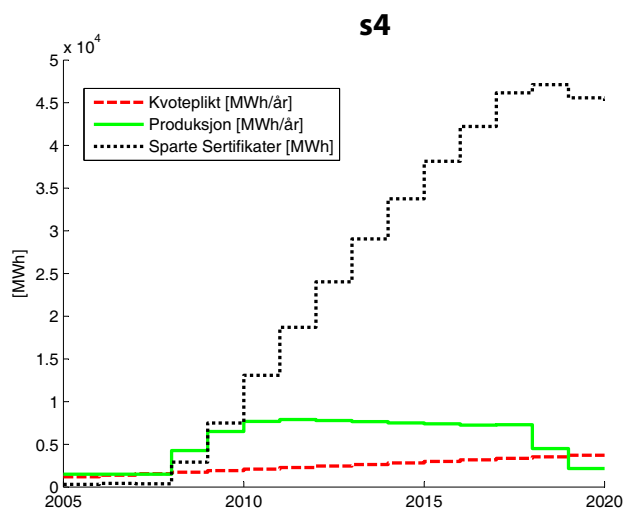
Forsøk: I dette forsøket introduseres investoren som beslutningstaker. For hver produsent defineres en investor som fortløpende vurderer utbygging av ny kapasitet. Selger og investor utgjør et team, og representerer samlet én aktør (kraftprodusent).

Beskrivelse: Prisene er innledningsvis høye, ettersom det er knapphet på sertifikater (Det vil ikke utgjøre noen stor forskjell om det innledningsvis også er overskudd av sertifikater, eller endog et lite overskudd i produksjonskapasitet, jfr eksperiment 3). Nye investeringer kommer i drift i 2008, og investeringer i 2008 og 2009 overstiger behovet for flere investeringer frem mot 2020. Prisen faller imidlertid ikke mot 0, men dveler en midtveis i simuleringen på produksjonskostnaden (100 NOK/MWh), før prisen etter 2015 faller mot 0. Som vi ser av grafen under, akkumuleres det en betydelig mengde sertifikater, som det ikke finnes avsetning for mot slutten av simuleringen.

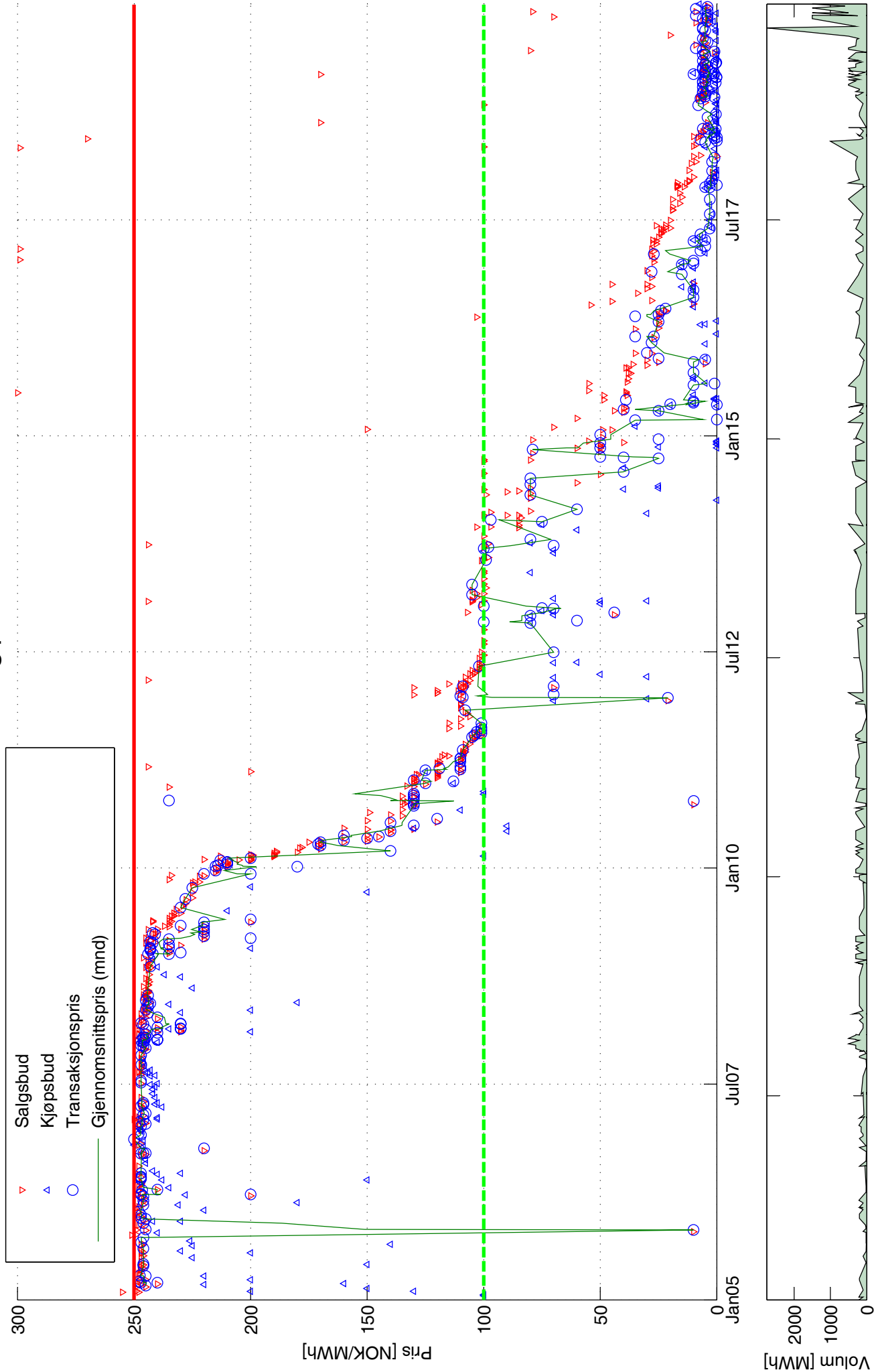
Analyse: Investeringer som kom i drift i 2008, går i pluss, mens investeringer senere enn 2008 i dette tilfellet går med underskudd. Det er med andre ord en fordel å være tidlig ute for å kapre markedsandeler. På den andre side er dette også en risikabel strategi dersom det er for mange aktører som investerer tidlig. Resultatet vil da bli tidlig priskræsje og manglende inndekning av investeringskostnader. I denne sammenheng vil sparing av sertifikater bidra til tidsforsinkelser i nedjustering av sertifikatprisen. I disse simuleringene har imidlertid ikke investorer informasjon om total produksjon, men de vet at alle i utgangspunktet starter med lik produksjon. På den annen side vil det være problematisk i et system med store tidsforsinkelser i konsesjon- og utbyggingstid å unngå overinvestering.

I eksperimentet finnes det kun én teknologi å investere i, der alle kostnadene er “sunkne”, det vil si at investeringskostnadene utgjør totale kostnader, slik tilfellet er ved vindkraft. Konvertering av kraftvarmeproduksjon til biobrensel representerer derimot et alternativ med lavere investeringskostnader og høyere driftskostnader. En slik teknologi er ideell med tanke på tidlige investeringer i et usikkert marked med usikkerhet omkring fremtidige priser. Dette ser også ut til å være tilfelle i Sverige per dags dato, der det fortsatt er et uutnyttet potensial i å konvertere kraftvarmeproduksjon til biobrensel. Investering i vindkraft vil derimot være langt mer risikabelt.

Parameter	K	S	I	T
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	3	3	3	9
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh			
Sparing	100 %/år			
Kvotepliktutsettelse	0 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt			
Simuleringsperiode	2005-2020			
Annet				



s4



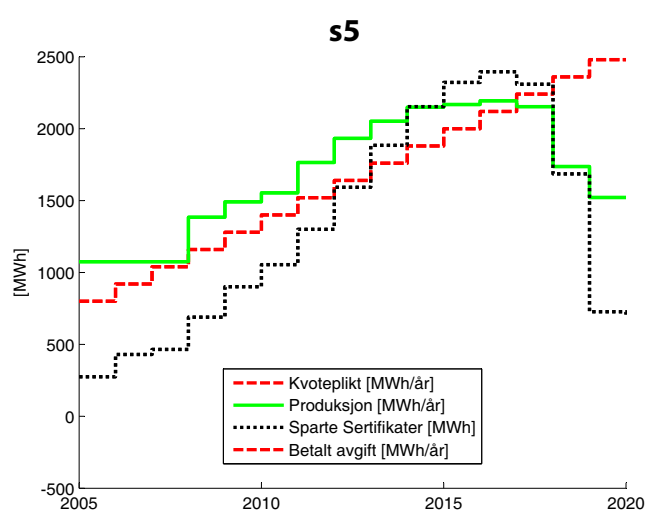
Eksperiment 5

Forsøk: I dette forsøket inkluderer vi informasjon om total produksjon. Dette skulle også vært gjort i forrige eksperiment, men siden simuleringsmodell og eksperimenter måtte foretas parallellt, har vi gradvis inkludert nye faktorer.

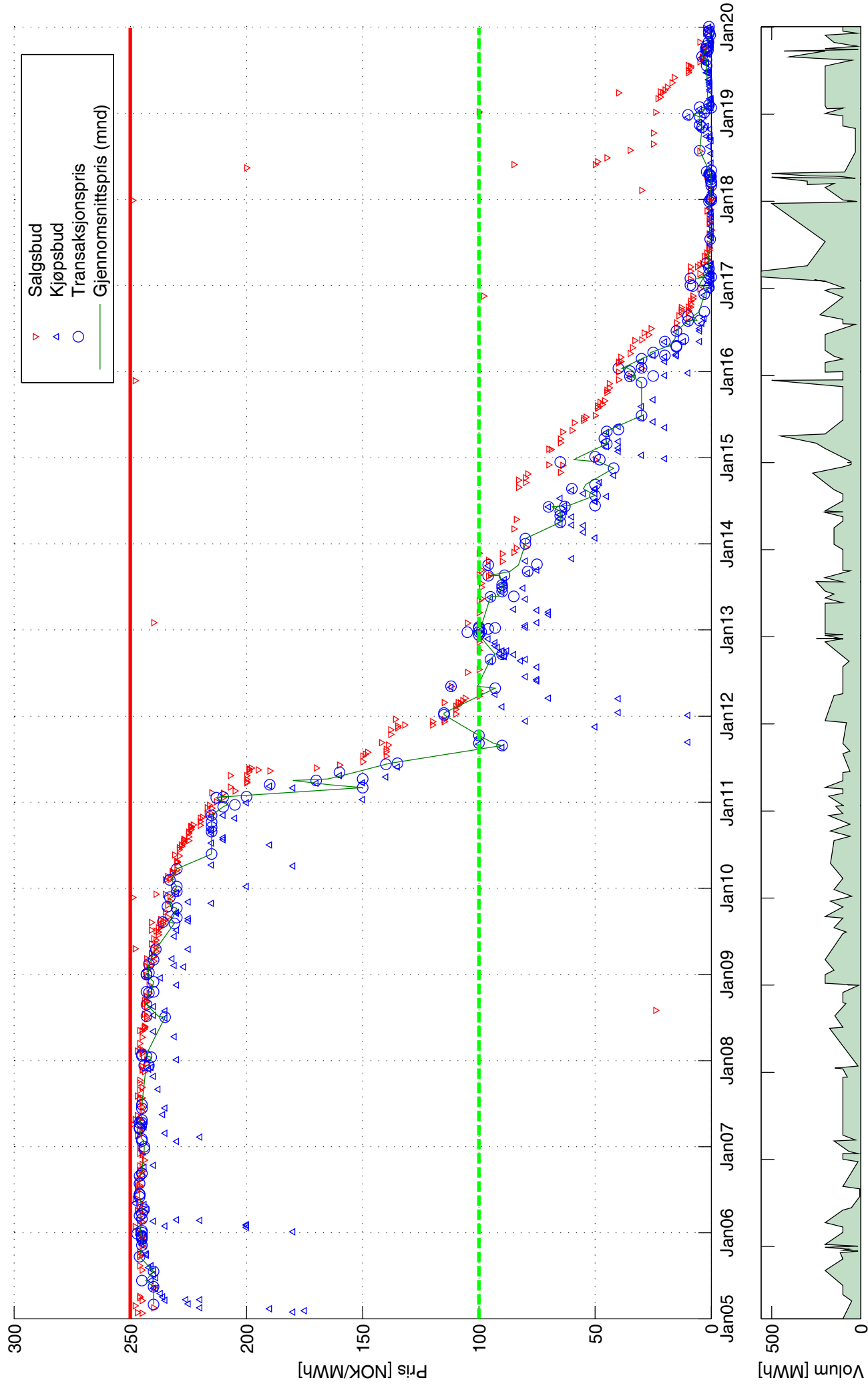
Beskrivelse: Vi observerer omtrent samme prisdannelse som i eksperiment 4, men utviklingen i kapasitet er vesentlig forskjellig. I starten er det et overskudd av produsenter, 7 versus 6 kvotepliktige (se graf under), men prisen tross dette er høy. Prisen faller så ned mot produksjonskostnadene, før videre fall mot 0. I dette eksperimentet får vi en gunstig utvikling i produksjonskapasitet, som følger kvoteplikten med et visst overskudd. Det akkumulerte overskuddet av sertifikater, samt det faktum at produksjon er høyere enn kvoteplikten, bidrar til at prisen justerer seg ned til produksjonskostnad i 2012-2013, før den faller ned mot 0 i slutten av simuleringen, og deltakerene her ender opp med et betydelig lavere overskudd av sertifikater i sluttåret enn tilfellet var i forrige eksperiment. Vi legger imidlertid også merke til et fall i produksjonen ved utløpet av perioden. Sertifikatprisen må være over 100 NOK/MWh dersom produksjonsnivået skal opprettholdes.

Analyse: I denne simuleringen har vi en utvikling i kapasitet som er i overkant av kvoteplikten, og det akkumuleres ikke mer sertifikater enn at de kan selges mot slutten av kvotepliktsperioden. Effektiviteten i dette markedet er det derimot grunn til å stille spørsmålstegn ved: Investeringer som kommer i drift etter 2009 viser seg å ikke være lønnsomme, mens tidligere investeringer gir maksimal avkastning den første halvdelen av kvotepliktsperioden. Kvotepliktsperioden er her definert frem til år 2020, og ny kapasitet kommer først i drift i 2008, med en levetid på 10 år. Kostnadene for nye investeringer trekkes imidlertid fra årlig, slik den begrensede kvotepliktsperioden ikke vil redusere lønnsomheten til nye investeringer mot sluttperioden. Vi tar dermed ikke stilling til hva som skjer etter 2020, men antar at “restverdien” av anlegg med forstatt levetid i 2020 er lik produksjonskostnaden på 100 NOK/MWh. Hvis man for eksempel velger å investere i et anlegg i 2015, utgjør investeringskostnadene 100 NOK/MWh/år i 2015 og frem til 2020. Anlegg som kommer i drift i 2008 vil være lønnsomme, senere investeringer vil ikke være lønnsomme.

Parameter				
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	K	S	I	T
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh			
Sparing	100 %/år			
Kvotepliktutsettelse	0 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt og produksjon			
Simuleringsperiode	2005-2020			
Annet				



s5



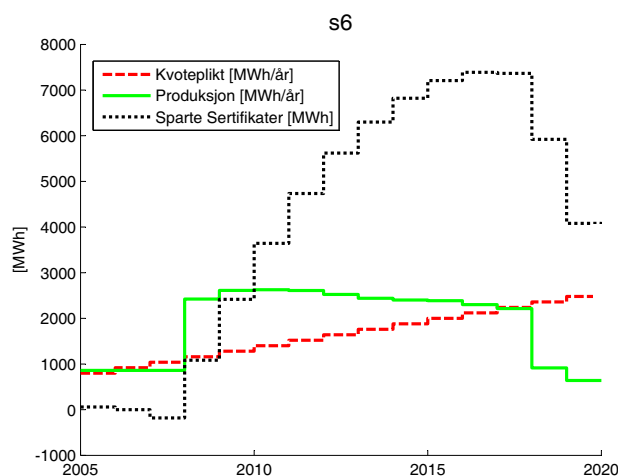
Eksperiment 6

Forsøk: Samme som eksperiment 5, men nå har endel deltakere mer erfaring enn tidligere. Vi annonserer total produksjon og etterspørsel for hvert år. I 2015 kom vi imidlertid skade for å opplyse feil kapasitet. Vi rapporterte om 1400 MWh/år istedet for 2300 MWh/år.

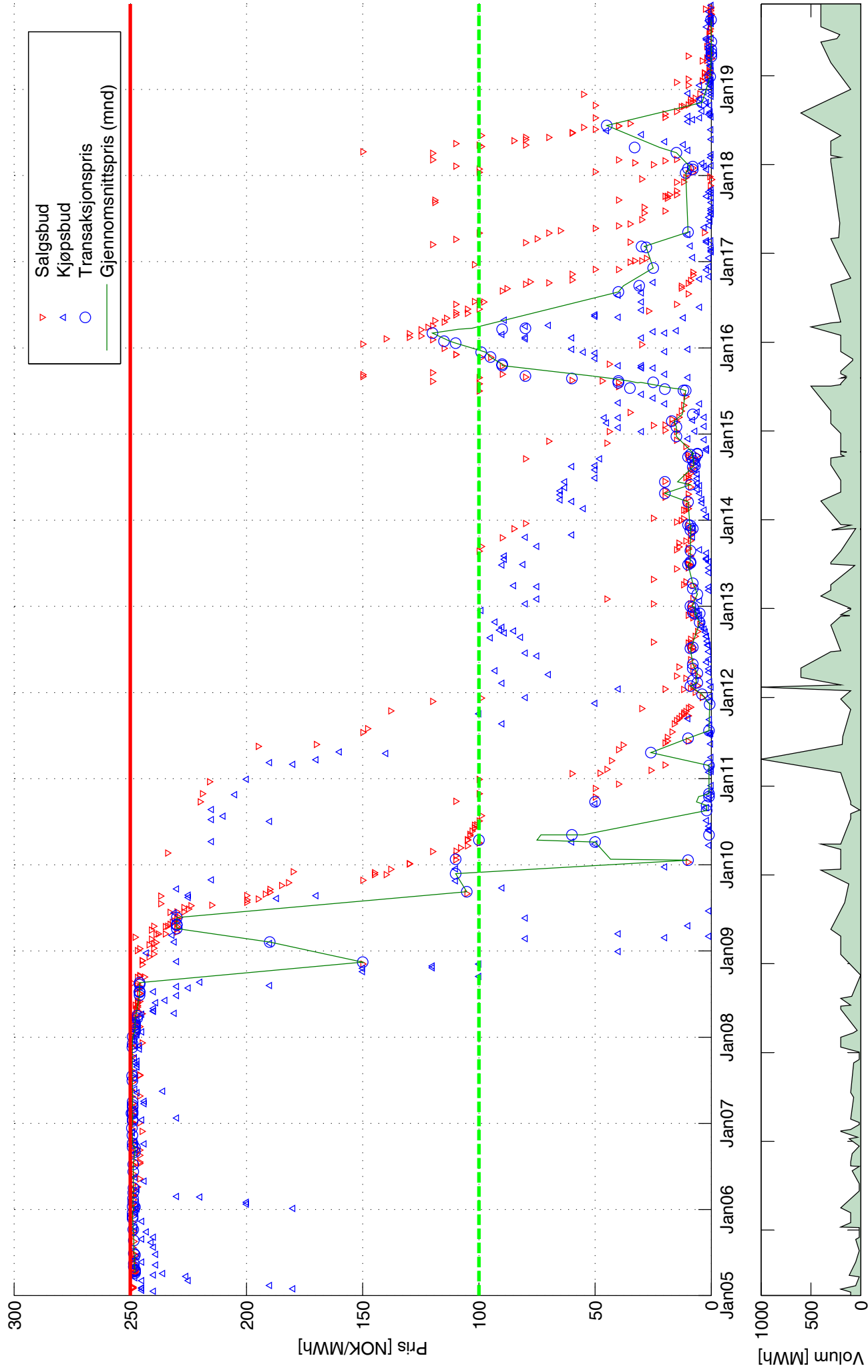
Beskrivelse: Prisen er høy innledningsvis før ny kapasitet kommer i drift. Mange av investorene forsøker nå tidlig å kapre store markedsandeler i 2008, da dette har vist seg å være lønnsomt tidligere. Det vil derfor ikke være attraktivt å investere på senere tidspunkt. Som en konsekvens av dette, faller imidlertid sertifikatprisen til 0 innen år 2010. Produksjonskapasiteten er nå over det dobbelte av kvoteplikt, og det fører til en akkumulering av sertifikater. Prisen forblir på bunn-nivå ettersom det nå er kjøpers marked.

Analyse: I 2015 kom vi som nevnt i skade for å oppgi feil totalproduksjon i markedet, og dette skapte faktisk en prisboble gjennom neste årsperiode frem til 2016, da ny og riktig produksjonskapasitet ble oppgitt. Sertifikatbeholdningen er imidlertid allerede så stor at den dekker alene dekker kvoteplikten for 3 år fremover. Enkelte av deltakerne holder regnskap med sertifikatbeholdningen, som de kan beregne utifra totalproduksjon og kvoteplikt. Teamet med investor og selger har antageligvis bedre tid til å gjøre slike beregninger, mens kjøper, som utgjør en person, periodevis har det travelt med å overvåke salgsbud i markedet. Alle nyinvesteringer fra 2008 går med underskudd som følge av at for mange aktører innledningsvis forsøkte å kapre store markedsandeler.

Parameter	K	S	I	T
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	4	5	5	14
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh			
Sparing	100 %/år			
Kvotepliktutsettelse	0 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt og produksjon			
Simuleringsperiode	2005-2020			
Annet				



s6



Eksperiment 7

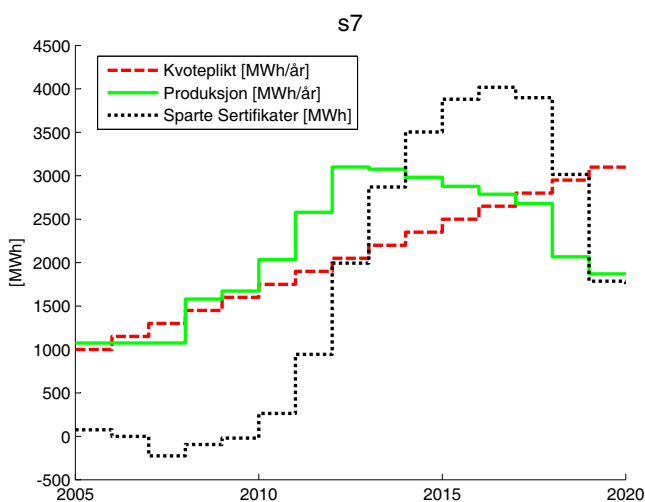
Forsøk: Samme som eksperiment 6, men uten feilinformasjon omkring kapasitet.

Beskrivelse: Etpar deltakerne er nye, mens resten har nå opparbeidet seg erfaring fra samme tidligere eksperiment. Med like mange kjøpere og selgere, vil vi ha et lite underskudd i 2007 på 45 MWh/kjøper. I grafen under ser vi at sertifikatbeholdningen er negativ i 2008, hvilket betyr at enkelte har måttet betale kvotepliktsavgift her. Modellen har hittil ikke logget sertifikatbeholdning, slik at grafen under til nå egentlig er en approksimerer sertifikatbeholdningen som total produksjon minus kvoteplikt. Investorene er betydelig mer forsiktige denne gangen, etter å ha gjort erfaringer fra eksperiment 6. Produksjonsnivået følger dermed kvoteplikten frem mot 2010, før investeringsbeslutninger for 2 år siden (2008) fører til en overkapasitet som når en topp i 2012. Prisenivået opprettholdes frem til 2012, der overinvesteringene får betydning for prisdannelsen. Enkelte aktører har imidlertid spekulert i en prisoppgang mot slutten av simuleringsperioden¹, når investeringer fra 2008 fases ut. Prisen når bunn i 2016, men produksjonsbalansen nå nærmer seg et underskudd. I 2017 frem til 2019 omsettes det da også sertifikater omkring et prisnivå på 150 NOK/MWh, før prisen dumpes i siste år.

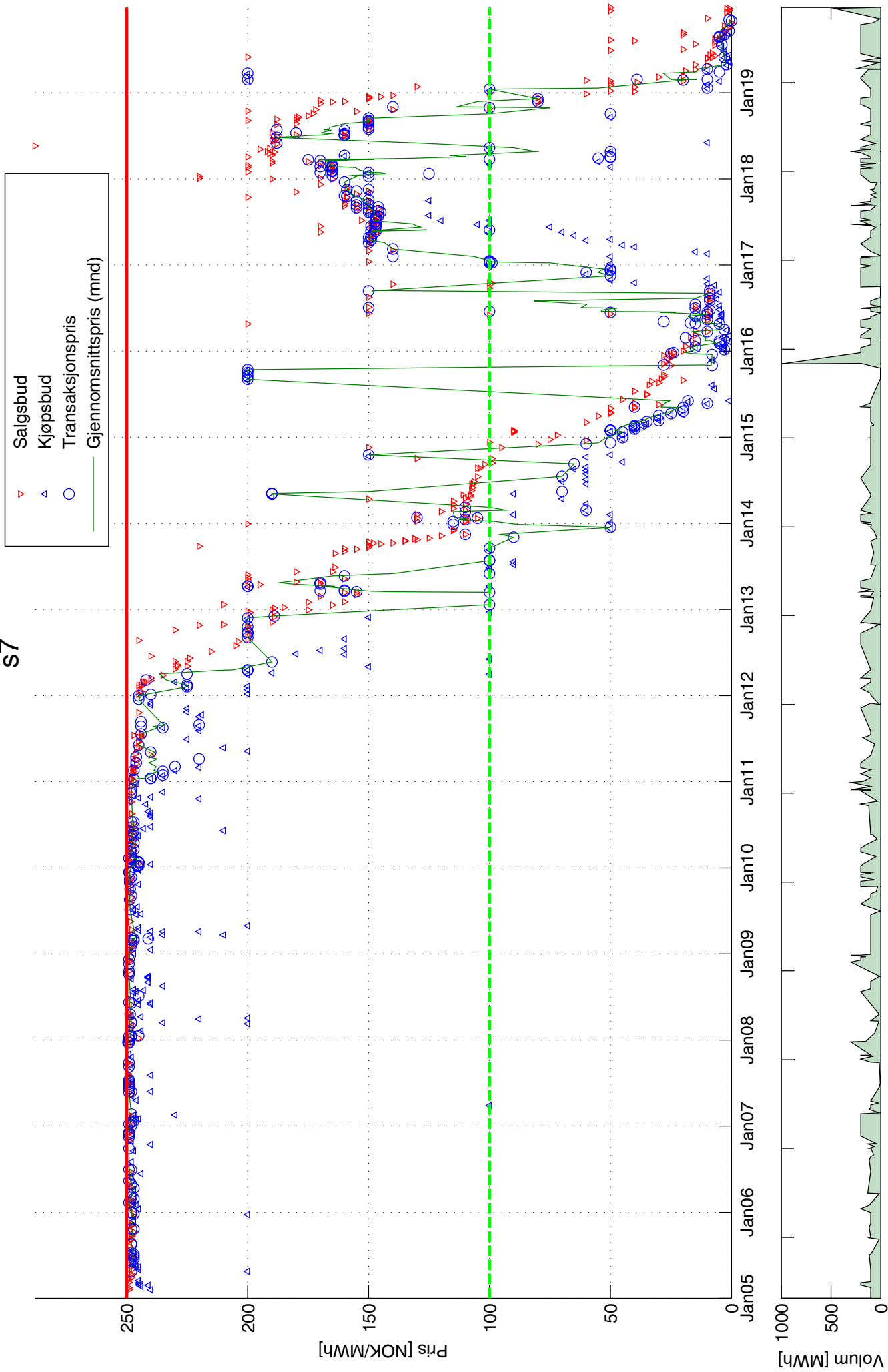
Analyse: Investeringer som ble gjort i 2008-2010 viste seg å være lønnsomme, mens senere investeringer går med underskudd (forutsatt at sertifikatperioden utløper etter 2020). Enkelte spekulerte i prisoppgang mot slutten av perioden (ettersom investeringer i 2008 fases ut i 2018), og har derfor kjøpt opp endel sertifikater.

1. Disse opplysningene kom frem gjennom samtale med deltakerne.

Parameter	K	S	I	T
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	5	5	5	15
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh			
Sparing	100 %/år			
Kvotepliktutsettelse	0 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt og produksjon			
Simuleringsperiode	2005-2020			
Annet				



s7



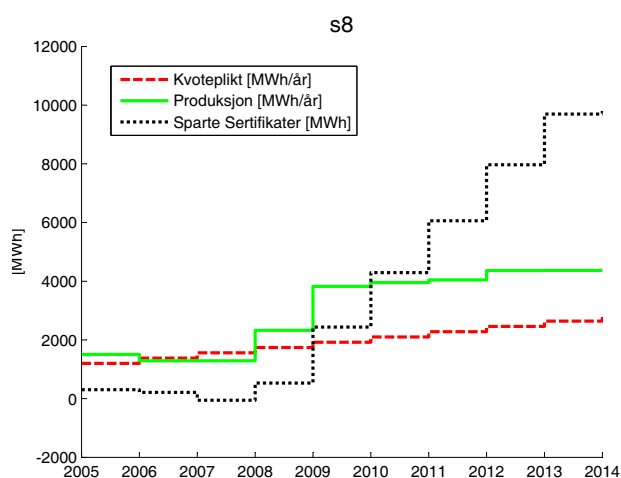
Eksperiment 8

Forsøk: Samme som eksperiment 7. Ved en feiltagelse, stoppet simuleringene i 2015.

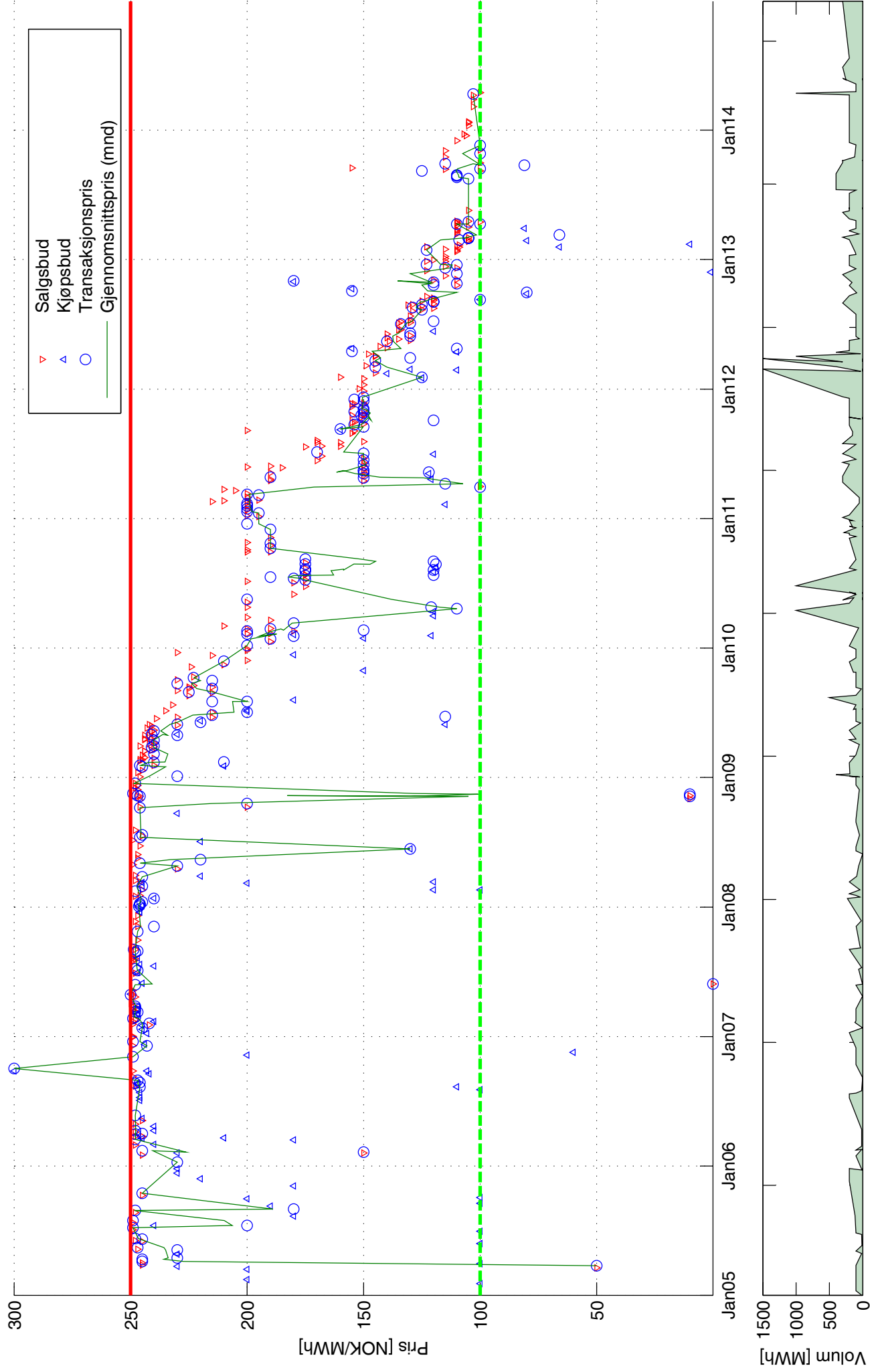
Beskrivelse: Utviklingsforløpet ser ut til å være det samme som i eksperiment 7, bortsett fra av at de første investeringer som gjøres i 2008 og 2009 er høyere enn tidligere, og prisen faller fra 2009 og utover. I tillegg er det langt flere deltakere (22 stk).

Analyse: Investeringer som ble gjort i 2008-2010 viste seg å være lønnsomme, mens, senere investeringer går med underskudd (forutsatt at sertifikatperioden utløper etter 2020). Det er imidlertid allerede en betydelig overkapasitet, som ikke tas ut av drift før i 2019, og det ligger an til ytterligere prisfall i likhet med tidligere simuleringer dersom simuleringene hadde fortsatt til 2020.

Parameter				
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	K	S	I	T
	6	8	8	22
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh			
Sparing	100 %/år			
Kvotepliktutsettelse	0 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt og produksjon			
Simuleringsperiode	2005-2020			
Annet				



s8



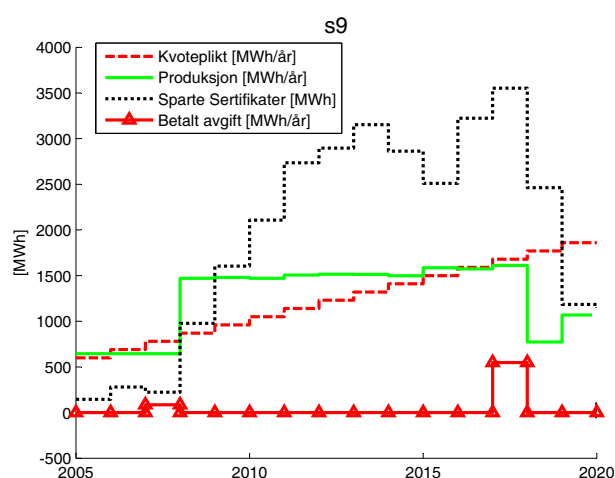
Eksperiment 9

Forsøk: I dette forsøket inkluderer vi muligheten for å utsette inntil 50% av kvoteplikten til etterfølgende år. Eksempel: I 2005 overfører man 50% av sine 200 MWh kvoteplikt til 2006, slik at man innfrir 100 MWh i 2005, og må innfri $230+100=330$ MWh i 2006. I 2006 kan man imidlertid velge å forskyve 50% av kvoteplikt (her definert som den akkumulerte mengden kvoteplikt) til 2007, dvs man innfrir 165 MWh i 2007 og overfører 165 MWh til neste år, slik at kvoteplikt for 2008 er $260+165=425$ MWh. Kvotepliktsutsettelse har vært oppe til diskusjon i Sverige, og eksperimenter fra ReCERT og Schaeffer og Sonnemans (2000) antyder at dette vil bidra til å presse prisene, på grunn av økt fleksibilitet for kjøper.

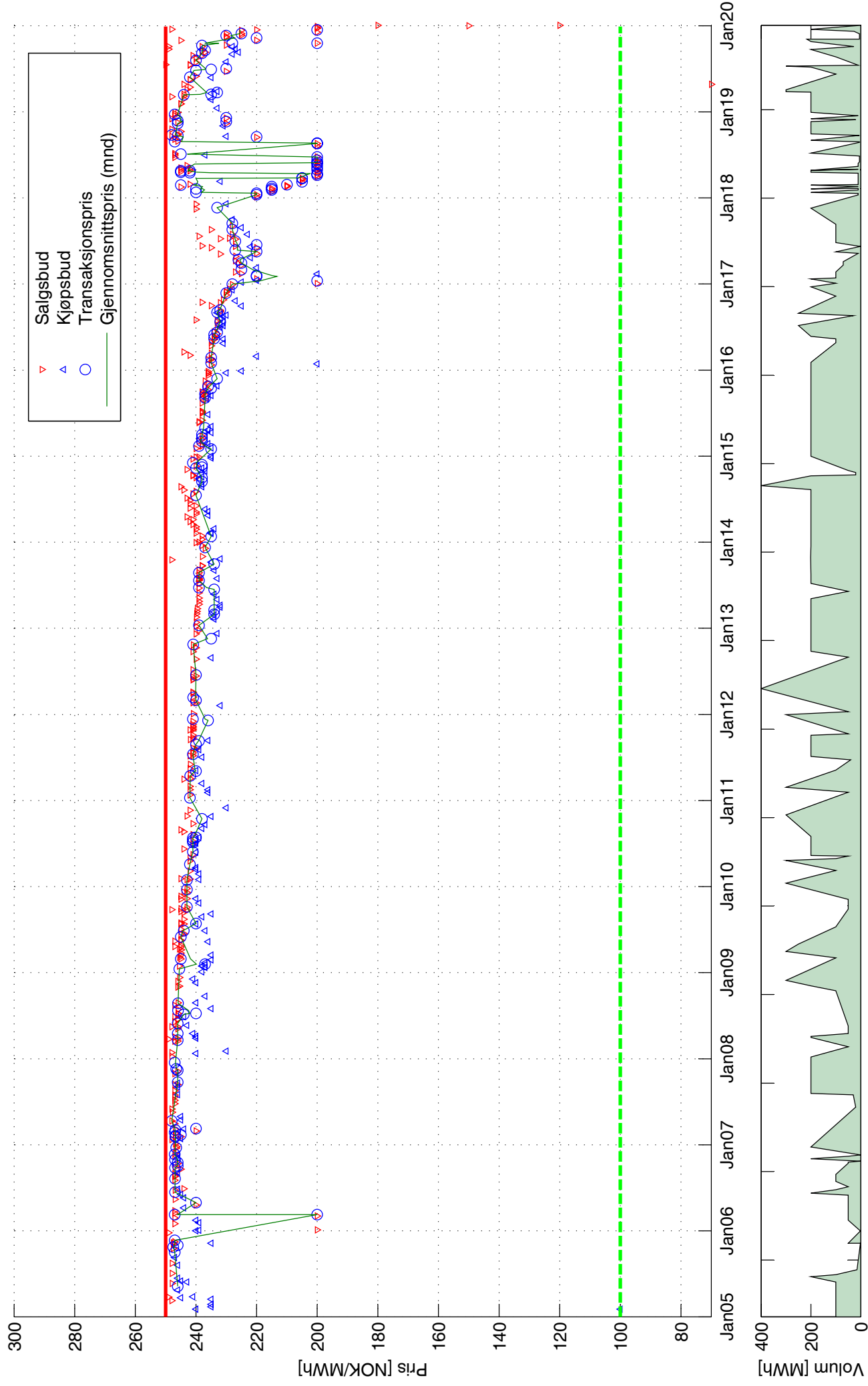
Beskrivelse: Sertifikatene holder seg innledningsvis jevnt høyt oppunder kvotepliktsavgift, men vi observerer også en svakt synkende trend utover i simuleringen. Store investeringer foretas tidlig, nok til å dekke markedets behov frem mot 2020. Til tross for overskudd av produksjon, opprettholdes prisnivået, og sertifikater spares. En betydelig andel kvotepliktsavgifter betales i 2017, muligvis fordi kjøperne ikke kan dekke inn sine akkumulerte forpliktelser dette året. Året etter fases den kapasiteten som ble investert i 2008 ut, og prisen opprettholdes. Det er imidlertid nok sertifikater igjen til å dekke forpliktelsene.

Analyse: Det overraskende elementet her, er at prisene opprettholdes på et nivå like under kvotepliktsavgift gjennom hele simuleringen, til tross for at kjøper nå har fått økt fleksibilitet. Det virker derimot som om muligheten for kvotepliktsutsettelse til en viss grad oppveier mulighetene for sparing, slik at produsenter kan øke salget mot slutten av simuleringen. Kjøperne kan imidlertid kun utsette 50% av sine forpliktelser, mens produsenter kan lagre 100% av sine sertifikater til etterfølgende år. Effekten av å øke prosentandelen kvotepliktsutsettelse vil derfor være interessant å teste ut. Resultatene her står imidlertid i kontrast til tidligere eksperimentelle analyser, men en del andre forutsetninger er her også forskjellige og analysen er derfor ikke direkte sammenlignbar. Spesielt gjelder dette investeringsbeslutningene, som her representeres av deltakerne.

Parameter				
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	K	S	I	T
Kvotepliktsavgift	3	3	3	9
Sparing	250 NOK/MWh			
Kvotepliktutsettelse	100 %/år			
Rente	50 %/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt og produksjon			
Simuleringsperiode	2005-2020			
Annet				



s9



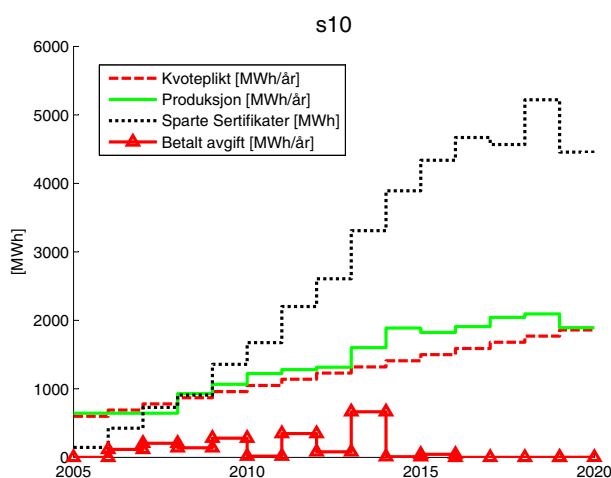
Eksperiment 10

Forsøk: Resultatene fra eksperiment 9 var såpass oppsiktsvekkende av vi nå gjentar eksperiment 9, med i hovedsak de samme deltakerene.

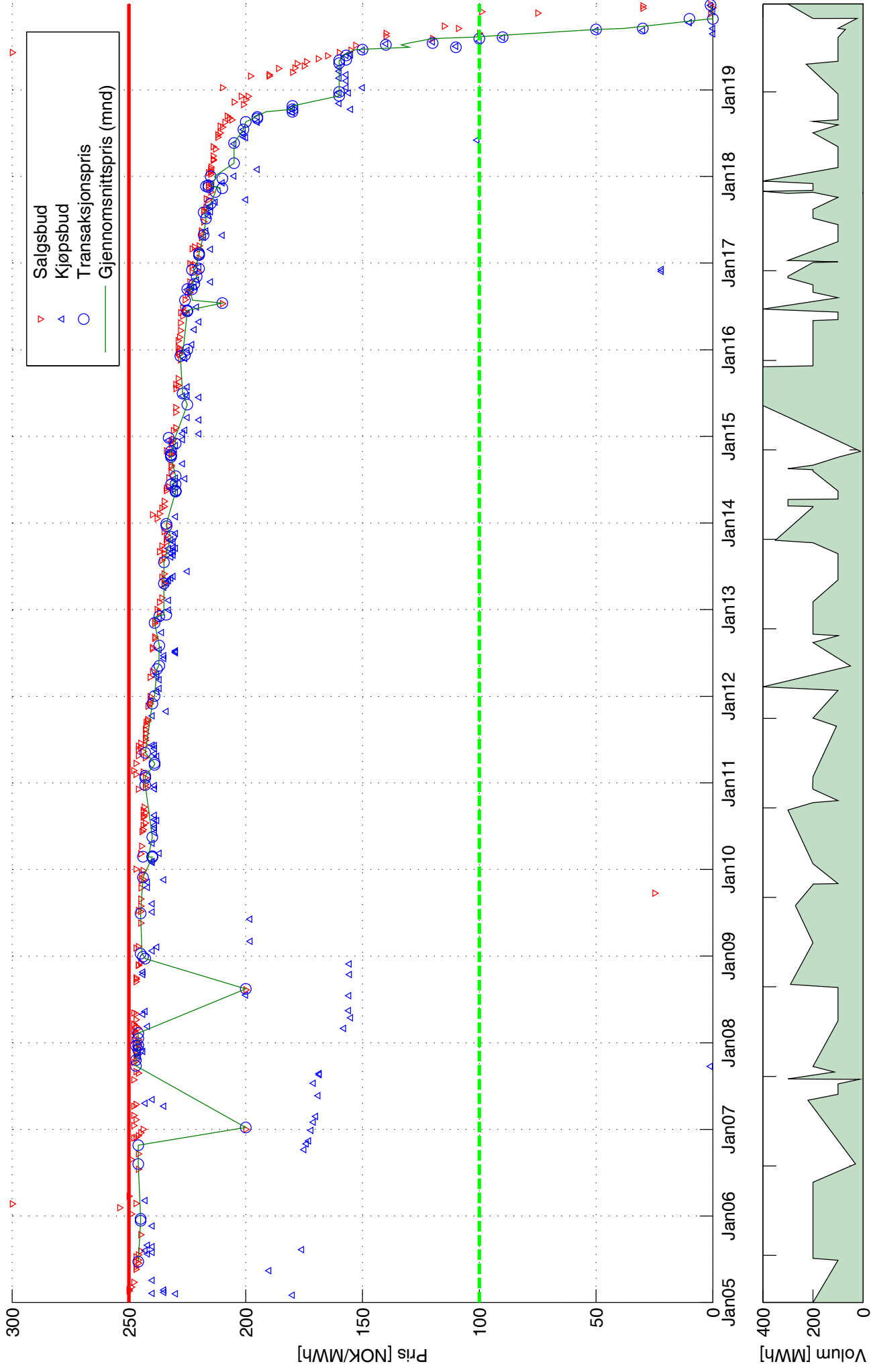
Beskrivelse: Investeringene er nå mer moderate, og følger kvotepliktsnivået tett frem til 2013. I samme periode er sertifikatprisene tett oppunder kvotepliktsavgift, og en betydelig andel av kvotepliktige velger heller å betale kvotepliktsavgift. Kjøpere velger også å utsette sine kvoteplikter, og som vi ser av grafen under, akkumuleres sertifikater til tross for at produksjonen er i balanse med kvoteplikt. I 2013 kommer noen ekstra investeringer i drift, og vi merker en svakt nedadgående pristrend, før prisen dumpes siste år.

Analyse: Resultatene viser til dels samme prisutvikling som i forrige eksperiment, men den tidlige investeringslysten har avtatt. Flere kjøpere velger å betale kvotepliktsavgift fremfor sertifikater til omtrent samme pris. Muligens fører dette til en nedjustering av sertifikatprisen. Eksperiment 9 og 10 bør sammenlignes med eksperiment 6 og 7. Kvotepliktsutsettelse ser ut til å ha en prisutjevne effekt, men det ser ikke ut til at kvotepliktsutsettelsen forbedrer kjøpers muligheter til å presse prisen. Flere lignende eksperimenter er her nødvendig før vi kan trekke noen konklusjoner omkring disse årsak-virkningsforholdene. Utsettelse av kvoteplikt har vært oppe til diskusjon i forbindelse med svenske myndigheters revisjon av elsertifikatårningen (STEM, 2004).

Parameter	K	S	I	T
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	3	3	3	9
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh			
Sparing	100 %/år			
Kvotepliktutsettelse	50 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt og produksjon			
Simuleringsperiode	2005-2020			
Annet				



s10



Eksperiment 11

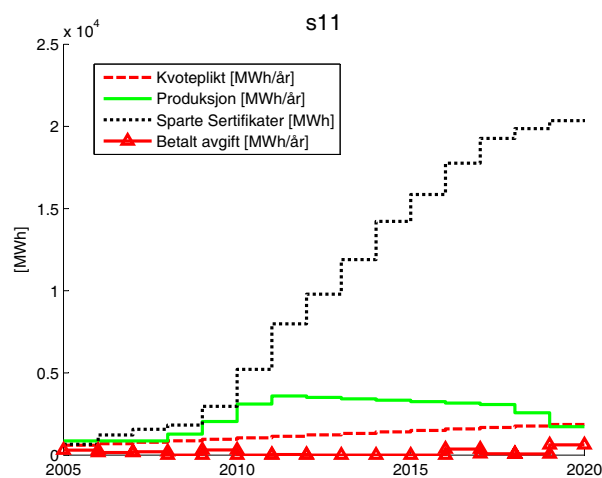
Forsøk: Fortsatt 50% kvotepliktsutsettelse som i eksperiment 9. I tillegg innføres en flytende kvotepliktsavgift definert som 150% av forrige års volumveide gjennomsnittspris oppad begrenset til 1000 NOK/MWh og nedad begrensen til 60 NOK/MWh. Første års kvotepliktsavgift er 250 NOK/MWh.

Beskrivelse: Ettersom fremtidig kvotepris kan stige, handles det med sertifikater til priser over kvotepris. Det investeres imidlertid betydelig i ny kapasitet i 2008 og 2009, nok til å dekke forpliktelsene gjennom resten av simuleringen. Prisene faller da også fra og med 2008, og ut gjennom resten av eksperimentet. Også i dette eksperimentet ser prisene ut til å “dvele” på produksjonskostnadene før ytterligere prisfall. Produksjonskostnadene utgjør sannsynligvis en psykologisk barriere, ettersom all annen informasjon skulle tilsi en lavere pris på sertifikatene. Slike “psykologiske” referanser har også vært observert i andre markeder.

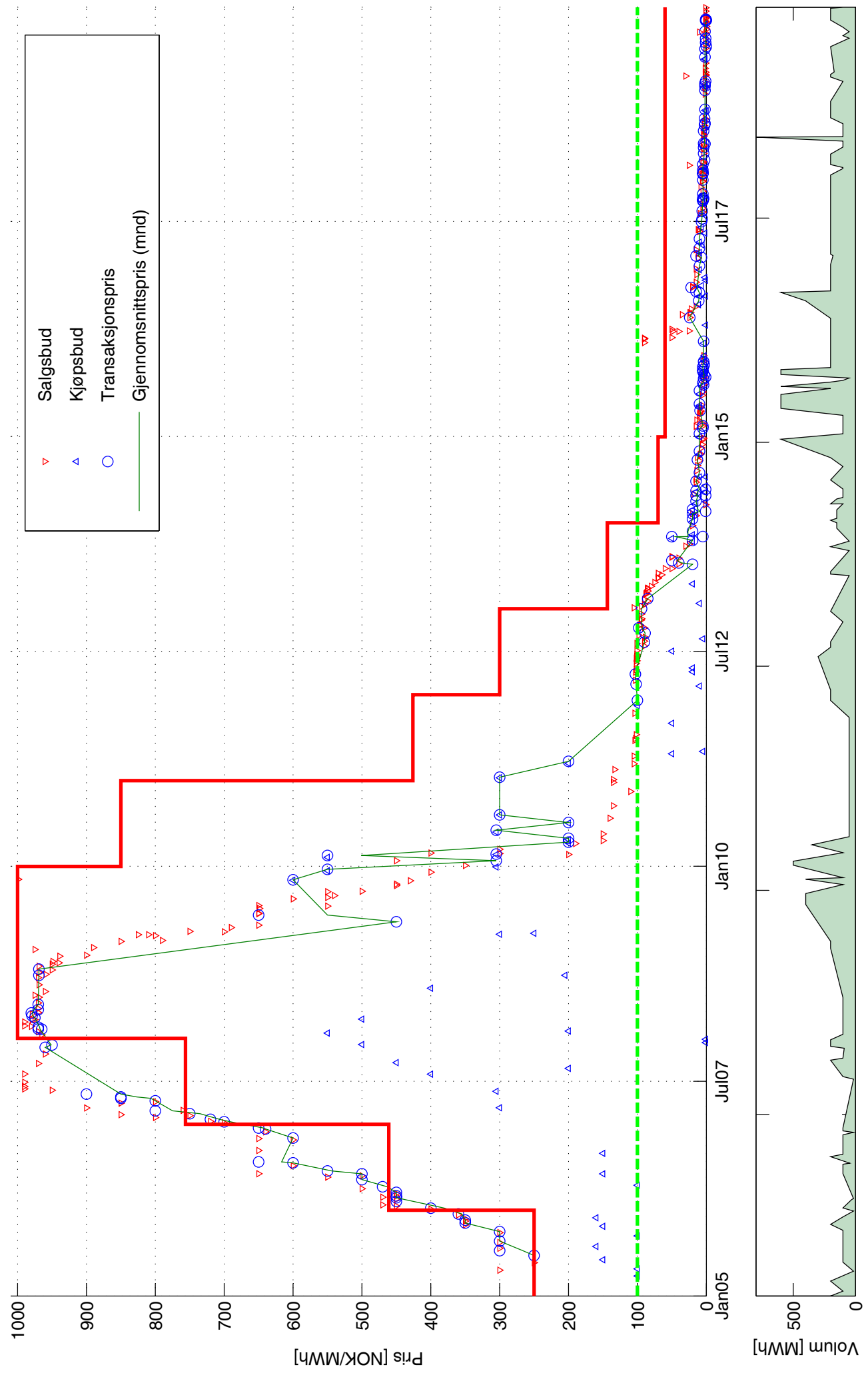
Analyse: Det ser ut som om en stor andel transaksjoner ble inngått når prisene toppet seg i 2008, og isåfall vil salg tilsvarende årsproduksjon allerede dekke inn investeringskostnadene. Investeringer etter 2009 kan kun ha vært marginalt lønnsomme. Denne markedsdesignen favoriserer i enda større grad de som tidligst kan sette i gang produksjon.

Et annet moment, er hvorvidt det her er mulig å manipulere gjennomsnittsprisen med en slik flytende kvoteprisavgift. Siden produsenter også kan kjøpe sertifikater i markedet, og dermed kan bidra til høyt omsetningsvolum i form av spekulasjonshandel, vil dette gi høye gjennomsnittspriser og dermed gagne produsentene. Dette forutsetter imidlertid at gjennomsnittsprisen baseres på transaksjonene i sertifikatmarkedet, ikke gjennomsnittskostnadene for kvotepliktige. Definisjonen for gjennomsnittsberegning av kvotepliktsavgiften vil derfor være avgjørende. Hvis gjennomsnittsprisen defineres som siste års volumveide gjennomsnittspris, vil i teorien større produsenter kunne drive opp prisen ved gjensidig handel med store sertifikatvolum. Dette er forhold som må studeres nærmere i utforming av kvotepliktsavgifter.

Parameter	K	S	I	T
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	4	4	4	12
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh, 2005, dernest 150% av forrige års gjennomsnittspris			
Sparing	100%			
Kvotepliktutsettelse	50 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt og produksjon			
Simuleringsperiode	2005-2020			



s11



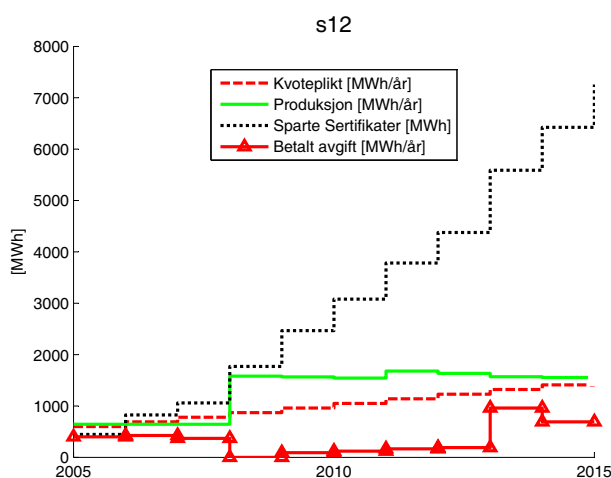
Eksperiment 12

Forsøk: Samme som eksperiment 11, unntatt kvotepliktutsettelse. I denne simuleringen anses samtlige deltakere for å være erfarne. Ved en feiltagelse, ble simuleringsperioden satt til 10 år (2015)

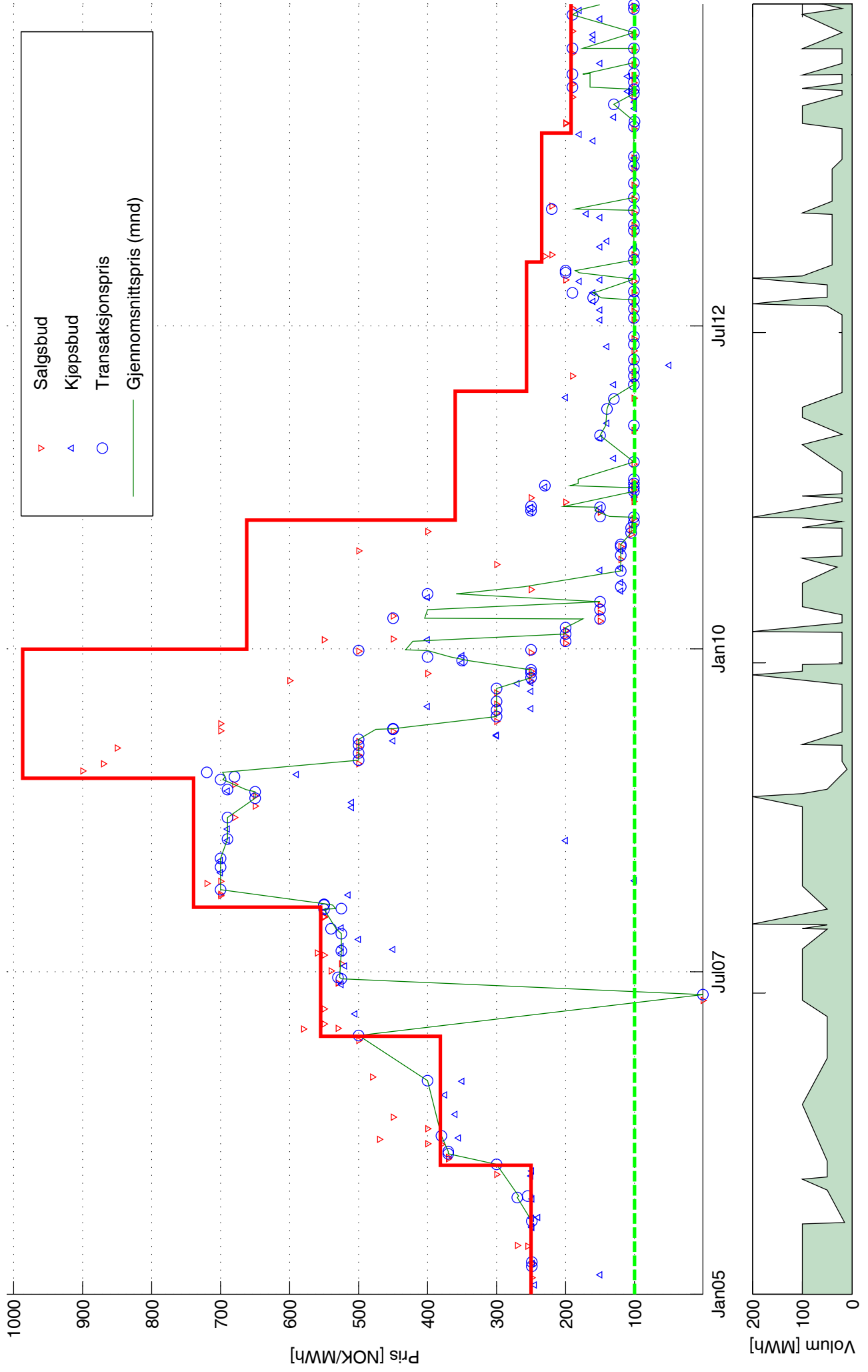
Beskrivelse: Kvotepliktsavgiften stiger også her innledningsvis, men ikke så mye som i eksperiment 11, der det var mulig å utsette kvoteplikt inntil 50%. Størst antall transaksjoner finner sted i 2008, til 700 NOK/MWh, altså lavere enn i eksperiment 11. Prisene faller så ned mot nivået for produksjonskostnader (100 NOK/MWh), og vedvarer frem til 2015. Også i dette tilfelle investeres det mye og tidlig, og sertifikater akkumuleres i markedet. Avstanden mellom kvotepliktsavgift og prisnivå er ikke så høyt som tidligere, og en del velger å ta kvotepliktsavgift fremfor å kjøpe sertifikater.

Analyse: I 2015 er produksjonsoverskuddet utlignet, og det ligger an til en drastisk nedgang i 2018, når gammel kapasitet fases ut. Allikevel er sertifikatvolumet såpass høyt at det nesten dekker resterende kvoteplikt frem til 2020. Det er en manko på ca. 1000 MWh før samtlig kvoteplikt frem til 2020 kan dekkes. Samtlige investeringer ser dermed ut til å være lønnsomme.

Parameter				
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	K	S	I	T
	3	3	3	9
Kvotepliktsavgift	250 NOK/MWh, 2005, dernest 150% av forrige års gjennomsnittspris			
Sparing	100%			
Kvotepliktutsettelse	0 %/år			
Rente	0%/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt og produksjon			
Simuleringsperiode	2005-2015			



s12



Eksperiment 13

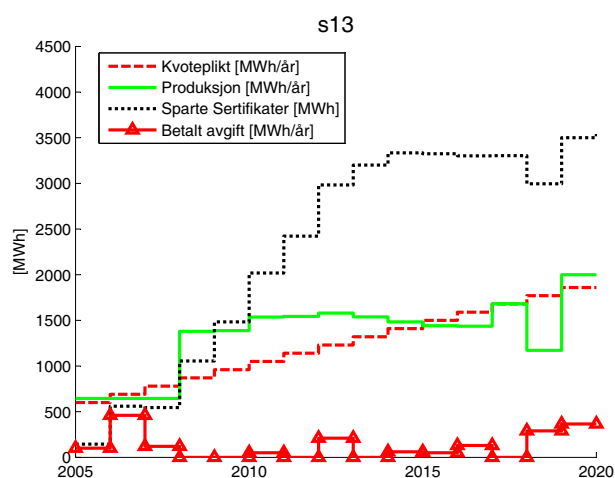
Forsøk: Ved flere anledninger ble det påpekt at effekten av rente burde være inkludert i analysen, og dette gjør vi nå i de to siste simuleringene. Årsaken til at rente ikke er inkludert tidligere, er for det første at det ikke har vært gjort i de tidligere eksperimentelle studiene av sertifikatmarkeder, for det andre blir det en avveining mellom kompleksiteten deltakerne står overfor versus betydningen av å inkludere rente. For det tredje har vi utviklet den eksperimentelle modellen parallellt med forsøkene, og dermed måttet gjøre vurderinger underveis.

Forventningene til prisøkning på sertifikater må være høyere enn 5% hvis det skal være lønnsomt å spare sertifikater. I dette eksperimentet regner vi derfor investeringskostnaden som fast årlig investeringskostnad, som inngår i deltakerenes totale kapital. Det beregnes nå renteinntekter/renteutgifter fra total kapital tilsvarende 5%/år. Vi ser nå bort ifra kvotepliktsutsettelse, og eksperimentet tilsvarer ellers eksperiment 6 og 7.

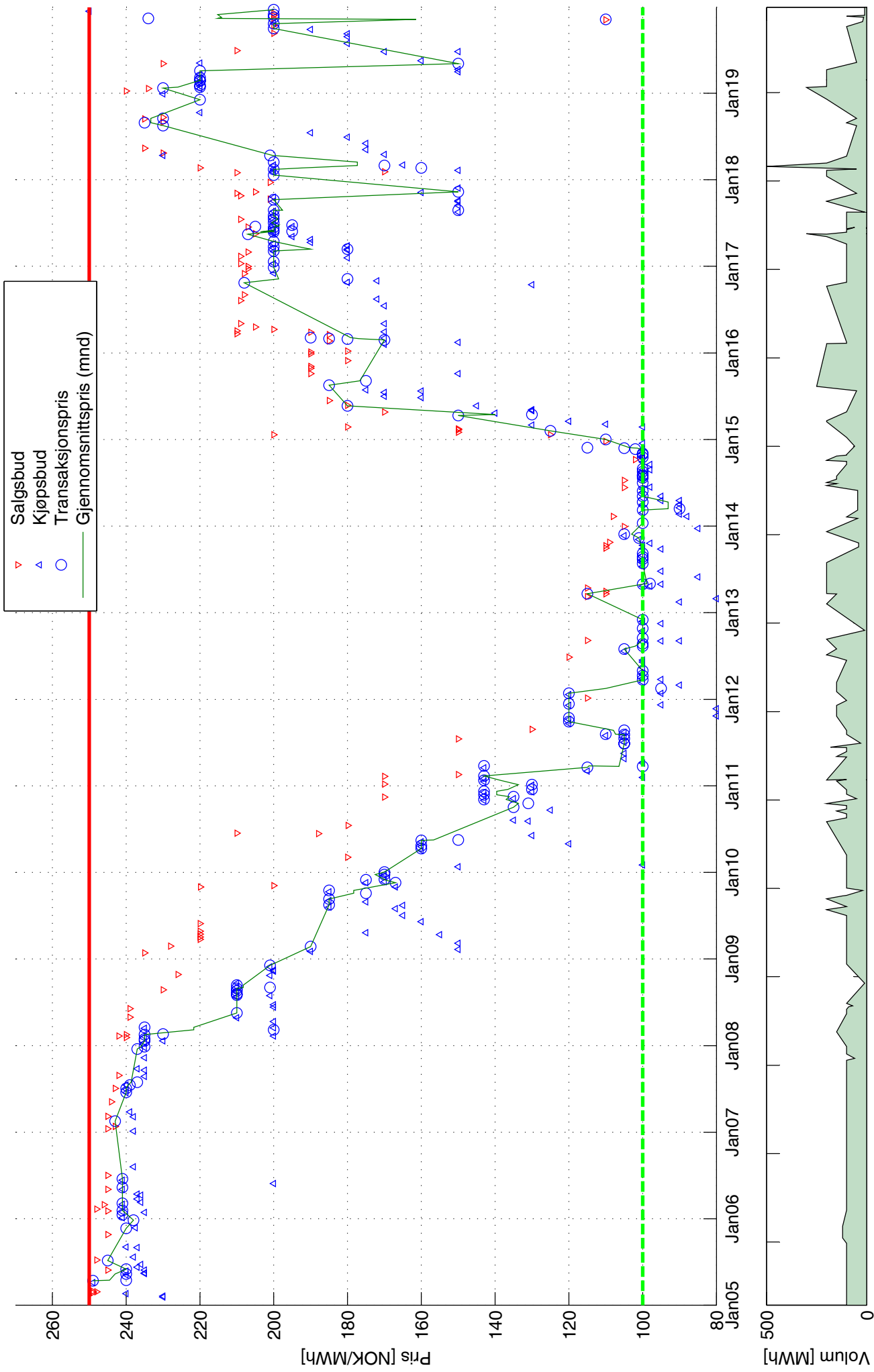
Beskrivelse: Prisene er som i samtlige andre simuleringer innledningsvis høye, men med litt lengre avstand fra kvotepliktsavgiften enn i eksperiment 6 og 7 (uten rente). Prisene faller tidligere ned mot produksjonskostnadene i 2012. Etter 2015 stiger imidlertid sertifikatprisen etter at produksjonsoverskuddet nå er utlignet av økningen i kvoteplikt.

Analyse: Akkumulerte sertifikater er i samme størrelsesorden som i eksperiment 7. Prisen har derimot ikke falt lavere enn 100 NOK/MWh. En del sertifikater blir til overs ved slutten av simuleringen, sammenlignet med eksperiment 7. Kjøpere har her valgt å betale kvotepliktsavgift mot slutten av simuleringen.

Parameter				
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	K	S	I	T
Kvotepliktsavgift	3	3	3	9
Sparing	250 NOK/MWh			
Kvotepliktutsettelse	100%			
Rente	0 %/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt og produksjon			
Simuleringsperiode	5%/år			
	2005-2020			



s13



Eksperiment 14

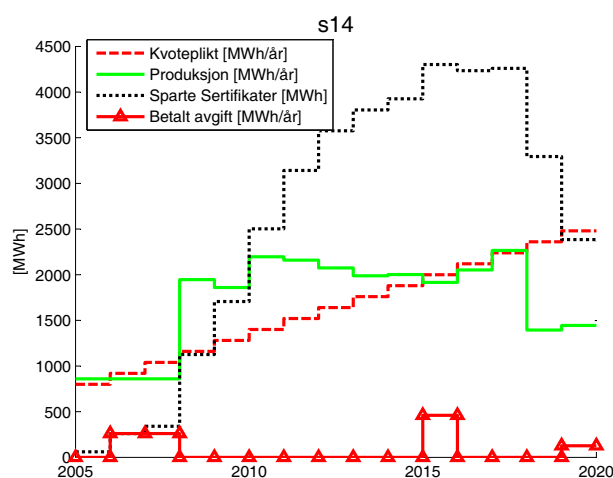
Forsøk: Vi gjentar eksperiment 13, med delvis de samme erfarne deltakerne, nå 12 stk.

Beskrivelse: Vi observerer samme prisenivå innledningsvis som i eksperiment 13. Forskjellen her er at prisen er noe lavere enn i eksperiment 6 og 7 ettersom renten gir en ekstra kostnad for selger å spare sertifikater fremfor å lagre. Selger vil da relativt sett akseptere en noe lavere pris for sertifikatene. Prisen faller så mot produksjonskostnadene, 100 NOK/MWh, selv om det egentlige kostnadsnivået pga renten nå er høyere. Tidlige investeringer fører til produksjonsoverskudd og akkumulering av sertifikater. Produksjonsoverskuddet forsvinner i 2015, og vi ser også en tendens til prisoppgang i denne perioden, men enkelte av kjøperne velger her å betale kvotepliktsavgift. Den akkumulerte mengden sertifikater er derimot tilstrekkelig til å kompensere for bortfall av produksjon henimot slutten av simuleringsperioden, og deltakerene har mot slutten av simuleringsperioden kvittet seg med endel sertifikater.

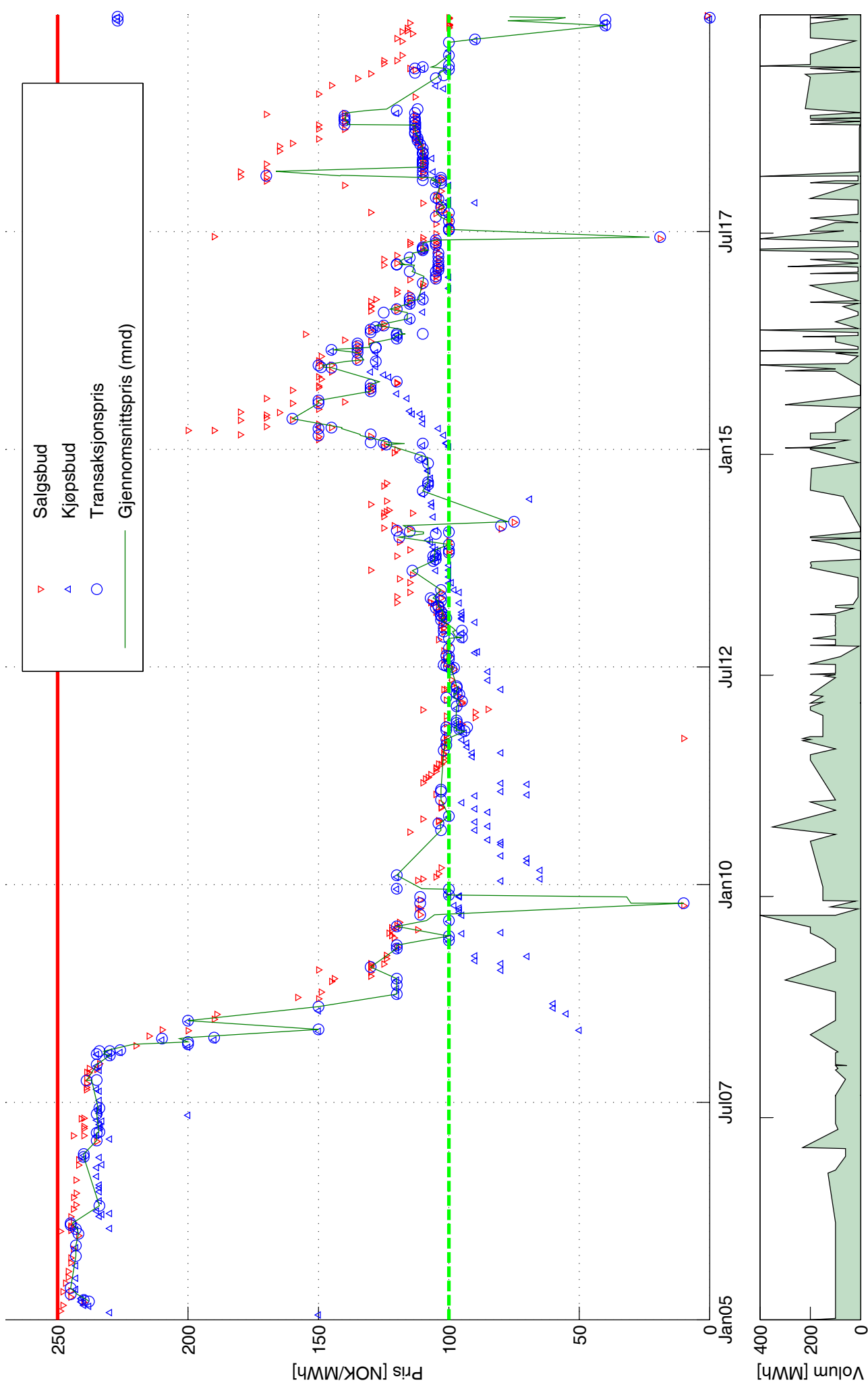
Analyse: Dette eksperimentet resulterte i at prisen etablerte seg på rundt produksjonskostnadene, som må anses for å være optimal, langsiktig likevektspris som anses for å være samfunnsøkonomisk optimalt. Forrige eksperiment resulterte imidlertid kun i en kortere periode med likevektspris. I samtlige simuleringer er prisene høye i starten. Utviklingen i produksjonskapasitet, sertifikatbeholdning og pris skiller seg imidlertid ikke vesentlig fra eksperiment 7, som ikke inkluderte rentekostnad, men prisene har i denne simuleringen lagt seg på likevektspris. Det er imidlertid nødvendig å gjøre flere simuleringer for å finne ut om hvorvidt markedet vil konvergere mot likevekt gjentatte ganger, eller om prisdannelsen vil være ustabil.

Det vil gjenstår å simulere flytende pristak sammen med rente, slik det svenske markedet er utformet. Et flytende pristak skaper forventninger til økte fremtidige priser, noe som motviker effekten av rente når det gjelder sparing av sertifikater. Simuleringer med kvotepliktsutsettelse, på høyere nivå enn 50% vil også være relevant, for å se om dette vil bidra til et mer effektivt marked.

Parameter				
Kjøper, Selger, Investor, Totalt	K	S	I	T
Kvotepliktsavgift	4	4	4	12
Sparing	250 NOK/MWh			
Kvotepliktutsettelse	100%			
Rente	0 %/år			
Markedsinformasjon	Tot. kvoteplikt og produksjon			
Simuleringsperiode	2005-2020			



s14



7. Diskusjon av forutsetninger

Denne analysen baserer seg på forutsetninger som gjør det mulig å analysere problemstillinger som tidligere ikke har vært analysert i detalj i tidligere studier. Spesielt gjelder dette antagelser omkring beslutningstakere som her representeres gjennom faktiske beslutningstakere med induuerte insentiver i henhold til eksperimentell økonomisk praksis. Vi vil her diskutere forhold som det erfaringsmessig stilles spørsmålsteget ved denne metoden.

Kan studenter være representative for profesjonelle tradere med lang erfaring, tilgang til avanserte analyseverktøy og en god forståelse av markedet ?

Det er ikke noe i veien metodisk sett for at tradere kan delta i slike eksperimenter (bortsett fra økte kostnader). Tidligere erfaringer viser imidlertid at studenter hevder seg godt og er representative for profesjonelle traderes disposisjoner i slike eksperimenter. Dette skyldes dels at i et veldegnert eksperiment, er problemstillingene abstrahert og forenklet ned til de viktigste prinsipielle mekanismene man ønsker å belyse. Studenter har en bratt lærekurve, og vil etter gjentatte eksperimenter opparbeide seg en god forståelse for problemstillingen. Det bør også understrekes at det grønne sertifikatmarkedet er et nytt marked ingen har erfaring med. Siden markedet er langsiktig og innebærer investeringer vil det også ta lang tid før erfaringer fra markedet kan høstes.

“Markedsaktører med tid og ressurser og store verdier på spill, vil i langt større utstrekning ha vilje og evne til å opptre rasjonelt enn studenter i et tidsbegrenset eksperiment.”

Når det gjelder rasjonalitet, så representerer laboratorieeksperimentet en vesentlig forenkling av virkeligheten, slik at det er mye lettere å opptre rasjonelt i et forenklet eksperiment enn i et reelt marked. Eksempelvis er de langsiktige utbyggingskostnadene konstante og kjent for samtlige aktører. I virkeligheten er utbyggingskostnader usikre. Tidsforsinkelser i utbygging kan variere, og konsesjonssøknader kan avslås på grunn av lokale konflikter eller miljøverninteresser. Således vil virkelige aktørers problemstillinger være langt mer komplekse enn i et laboratorieeksperiment. Det vil derfor kreve mindre ressurser å treffe optimale beslutninger i et laboratorieeksperiment enn i reelle markeder.

“Antall deltakere i et slikt eksperiment er så få at det ikke er representativt for et perfekt marked med mange aktører”

Konkurranselikevekt forutsetter i henhold til standard lærebøker i økonomi a) et stort antall aktører og b) rasjonelle aktører med full informasjon. Resultater fra eksperimentell økonomi viser derimot at robust konkurranselikevekt kan oppnås med et svært lite antall kjøpere og selger (2-4 av hver) i dobbeltauksjonsmarkeder (Smith, 1962), som er den markedsinstitusjonen vi har valgt for å representere sertifikatmarkedet. Det bør imidlertid understrekes at Smith's eksperimenter er vesentlig enklere enn vårt sertifikatstudie. Statistiske data over prisvariasjon, volatilitet osv fra eksperimentet kan imidlertid sammenlignes med empiriske data som nå etterhvert er tilgjengelige i det svenske sertifikatmarkedet. Antagelser om rasjonelle aktører er kanskje en forutsetning for likevektsbetraktninger, men ikke en nødvendig forutsetning for et velfungerende, effektivt marked. Derimot er utforming av reglene for selve markedsinstitusjonen av stor betydning.

8. Konklusjon

Vi har opprettet et eksperimentelløkonomisk laboratorie for analyse av grønne sertifikaters markedsdesign. Analysen tar utgangspunkt i den svenske markedsdesignen, og samtlige eksperimenter tillater sparing av sertifikater.

Ekperiment 1a og 1b viste at i et marked med likevekt mellom produksjon og kvoteplikt, vil prisen etablere seg opp mot kvotepliktsavgift, som utgjør alternativkostnaden til kvotepliktige. Årsaken til denne prisdannelsen, skyldes en uheldig kombinasjon av kjøperes årlige kvotepliktskrav og produsenters mulighet for sparing av sertifikater. Resultatet viser også at man må være forsiktig med å gjøre vurderinger basert på likevektsbetraktninger uten å undersøke om betingelsene ligger til rette for det.

Ekperiment 2 viser at selv med et visst overskudd av sertifikater hos produsentene innledningsvis, samt et viss overkapasitet, vil fortsatt produsentene ha mulighet til å presse sertifikatprisene opp mot kvotepliktsavgiften.

Ekperiment 3-4 viser at det er stor sannsynlighet for overinvestering i sertifikatmarkedet når markedsaktørene ikke har informasjon om total produksjonskapasitet i markedet.

Ekperiment 5-8 viser at også når markedsaktørene har informasjon om total produksjonskapasitet i markedet, leder dette til innledningsvis høye priser, med påfølgende priskræsje mot slutten av perioden. I disse simuleringene viste det seg å være optimalt å investere så tidlig som mulig, men dette øker samtidig risikoen for overinvesteringer og økonomisk tap. Våre eksperimenter forutsetter imidlertid "sunkne" investeringskostnader, dvs teknologi der investeringskostnaden utgjør hoveddelen av kostnaden (som f.eks vindkraft og småskala elvekraft).

I samtlige simuleringer er prisene høye innledningsvis, noe som skyldes tidsforsinkelser i utbygging av ny kapasitet, krav til årlig oppfyllelse av kvoteplikt og mulighet for å spare sertifikater (se konklusjon angående eksperiment 1).

Ekperiment 9-10 viser at å innføre mulighet for inntil 50% kvotepliktsutsettelse (definert som prosent av inneværende års kvoteplikt som kan overføres og legges til etterfølgende års kvoteplikt) ikke nødvendigvis bidrar til prisdreduksjoner. Det førte derimot til stabile, høye priser gjennom hele simuleringperioden, sammenlignet med eksperiment 5-8. Flere simuleringer er nødvendig før vi kan trekke konklusjoner omkring årsaken til dette.

Ekperiment 11-12 viser konsekvensen av å innføre flytende kvotepliktsavgift, der kvoteplikten settes lik 150% ganger foregående års volumveide gjennomsnittspris. I eksperiment 11 har kjøpere mulighet for 50% kvotepliktsutsettelse, men ikke i eksperiment 12. Resultatene viser at kvotepliktsavgiften presses oppover innledningsvis på grunn av tidsforsinkelser i utbygging av ny kapasitet og de forhold som ellers tidligere er nevnt i eksperiment 1 og 2. Flytende kvotepliktsavgift fører ikke til høyere investeringer enn med konstant kvotepliktsavgift, ettersom markedsaktørene kjenner etterspørselen fremover i tid. I praksis kan imidlertid forventninger til høye priser føre til økt konkurranse om å kapre markedsandeler tidlig. Dette vil igjen være en fordel for anlegg med lave investeringskostnader og kort ledetid (som for eksempel biobrensel, se anbefalinger under)

Ekperiment 13-14 viser konsekvensen av å ta hensyn til 5% rente på akkumulert kapital. Dette gir insentiver til å løse inn sertifikater fremfor å spare sertifikater, og øker også produksjonskostnadene (definert som langsiktige marginale utbyggingskostnader). Sammenlignet med eksperiment 5-8, velger forstøtt deltakerne å spare sertifikater en vesentlig andel sertifikater. Prisnivået reduseres imidlertid et par

hakk under kvotepliktsavgiften. I eksperiment 14 etablerer sertifikatprisen seg på likevektspris (100 NOK/MWh) , etter innledningsvis høye priser før nye investeringer kommer i drift.

I samtlige simuleringer er prisene høye innledningsvis. Dette skyldes tidsforsinkelser for nye investeringer i kombinasjon med det årlige kvotepliktskravet, samt mulighetene for sparing. Det er altså ikke en isolert årsak til dette, men en kombinasjon av flere. Simuleringer med et initielt produksjonsoverskudd og overskudd av sertifikater hos produsentene, viser at prisene fortsatt er på nivå med kvotepliktsavgiften.

Kun én av eksperimentene (eksperiment 14) ga en prisdannelse i nærheten av likevektspris (dvs langsiktig marginal utbyggingskostnad for ny produksjonskapasitet). Prisen på sertifikater dannes på grunnlag av forventninger til fremtidige priser, som igjen påvirkes av markedets regler. Dette gjelder i første rekke sparing av sertifikater, kvotepliktsutsettelse og utformingen av kvotepliktsavgift. Prisdannelsen ser ut til å være ustabil, og kan veksle mellom kvotepliktsavgift, produksjonskostnader, eller prisgulv (0 NOK/MWh). Dette skyldes i første rekke store tidsforsinkelser på tilbudssiden av sertifikatmarkedet.

Tilgangen på nye sertifikater kan kun økes gjennom investeringer i vårt eksperiment. Dersom det bygges ut tilstrekkelig prissensitiv produksjonskapasitet (f.eks bioenergi med høye marginale produksjonskostnader), så vil dette forholdet endre prisdannelse og forutsetningene våre konklusjoner.

Eksperimentene tyder på at et grønt sertifikatmarkedet med ubegrenset mulighet for sparing, årlige kvotepliktskrav og produksjonskapasitet som ikke styres etter kortsiktige marginale produksjonskostnader, ikke er et effektivt marked. Prisen er som oftest er langt over eller langt under likevektspris. I verste fall vil dette føre til feilinvesteringer, med store samfunnsøkonomiske tap som følge. Vi har imidlertid for få eksperimenter til rådighet til å trekke sikre konklusjoner, men dersom gjentatte eksperimenter gir samme resultater vil dette øke påliteligheten i våre konklusjoner.

Analysene viser også at utformingen av regler for sertifikatmarkedet har stor betydning for prisdannelsen, og at det dermed kan være mulig å gjøre akseptable endringer med utgangspunkt i eksisterende sertifikatmarked som bidrar til en effektiv prisdannelse og et effektivt marked.

9. Anbefalinger

Konsekvensen av en kvotepliktsavgift etter den nåværende svenske modellen med kvotepliktsavgift som funksjon av forrige års volumveide gjennomsnittspris bør undersøkes nærmere, spesielt i hvilken grad produsenter har mulighet for å øke gjennomsnittsprisen i markedet (se analyse for eksperiment 12-13).

Sparing av sertifikater gir produsentene mulighet til å presse prisene innledningsvis. Dersom man av praktiske hensyn ønsker å videreføre den svenske markedsdesignen med ubegrenset sparing, bør man analysere mulighetene for justeringer som kan bidra til en mer effektiv prisdannelse. Aktuelle tiltak kan for eksempel være kvotepliktsutsettelse eller mulighet for låning av sertifikater, det vil si at kvotepliktig kan dekke inneværende års forpliktelser med sertifikater som dekkes inn av fremtidig produksjon. Aktører kan i dag inngå avtale om leveranse av sertifikater frem i tid, men det er ikke mulig å benytte fremtidig produksjon til å dekke nåværende kvoteplikt med mindre det legges til rette for dette i sertifikatmarkedet.

Som vist i eksperiment 9-10, kan konsekvensene av nye markedsreformer være overraskende og ikke direkte intuitive å forstå. Eksperimentelløkonomiske laboratorier er egnet som et forsøkslaboratorium for nye markedsreformer på samme måte som en ny teknologi eller et medikament testes ut før de tas i bruk i praksis.

Ettersom en videreføring av det svenske sertifikatmarkedet med mindre justeringer er det meste realistiske alternativet for et svensk-norsk sertifikatmarked, har vi ikke utført eksperimenter for å teste konsekvensen av et marked uten sparing. Resultater fra Schaeffer og Sonnemans (2000) (se også ReCERT, 2001), tyder imidlertid på at låning - dvs forskuddsvis salg av sertifikater til å oppfylle sertifikatforpliktelser kan være et gunstig alternativ til sparing, og at markedsdesign med ubegrenset mulighet for sparing bør unngås.

Bakgrunnen for sparing av sertifikater var å unngå uheldige prisfluktuasjoner som følge av årlige svingninger i produksjon (+/- 20% for vindkraft (Vogstad et al. 2000)). Investeringer bør imidlertid ses i et langsiktig perspektiv på 10-15 år, og det finnes andre finansielle instrumenter dersom man ønsker å unngå slike årlige variasjoner i inntekt. Vi har ikke sett på mulighetene for dette, men avtaler om fremtidige leveranse av sertifikater vil i seg selv bidra til å redusere prisfluktuasjoner.

10. Bibliografi

- Amundsen, ES og JB Mortensen, 2001: The Danish Green Certificate System: some simple analytical results. *Energy Economics* 23 pp489-509
- Bye, T., O.J Olsen and K. Skytte 2002. Grønne sertifikater - design og funksjon. Report no. 11/2002, Statistics Norway. (in Norwegian)
- Dimitrovski A, M Gebremichael, K Tomsovic, A Ford and K Vogstad, 2004: Comprehensive modeling of the long term dynamics of investment and growth in electric power systems. Report presented at EPNES, Puerto Rico, July 12-14.
- Econ 1999. Dokumentasjon av ECON's kraftmarkedsmodell. Econ note 4/99, Econ centre of economic analysis.
- Friedman D og S Sunder, 1994: *Experimental methods. A primer for economists*. Cambridge University Press.
- GJ Schaeffer and J Sonnemans 2000: "The influence of banking and borrowing under different penalty regimes in tradable green certificate markets - results from an experimental economics laboratory experiment", *Energy & Environment* 11, 2000 pp407-420.
- Hindsberger, M., M.H Nybroe, H.F Ravn and R. Schmidt 2003. Co-existence of Electricity, TEP, and TGC Markets in the Baltic Sea Region. *Energy Policy*, Vol 31(1).
- Jensen, S.G, K. Skytte 2003. Simultaneous attainment of energy goals by use of green certificates and emission permits. *Energy Policy* Vol 31(1)
- Jensen, S.G, K. Skytte, 2002. Interactions between the power and green certificate market. *Energy Policy* Vol 30(5).
- Kristensen, I 2003: *Use of Green Certificates in the Nordic Power Supply*. Hovedfagsoppgave ved Inst. for elkraftteknikk, våren 2003. www.stud.ntnu.no/~klausv
- P.E. Morthorst, 1998: "Capacity development and profitability of wind turbines", *Energy Policy* 27 pp779-787.
- Rassenti, SJ, VL Smith and BJ Wilson 2002¹: *Using experiments to inform the privatization/deregulation movement in electricity*. *Cato Journal* Vol 21(3), 2002.
- Rassenti, SJ, VL Smith and BJ Wilson 2003: *Controlling market power and price spikes in electricity networks: Demand side bidding*. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America (PNAS)*, vol 100(5), March 4, 2003
- REBUS 2001. Renewable energy burden sharing: Effects of burden sharing and certificate trade on the renewable electricity market in Europe. EU Report, May 2001.
- RECeRT 2001. The European Renewable Certificate Trading Project Final Technical Report. Available [online] <http://recert.energyprojects.net/>
- Risø 2002. Green Certificates and Emission Trading. Risø report no. Risø-I-1936(EN)
- Schaeffer G.J & J. Sonnemans 2000. The influence of banking and borrowing under different penalty regimes in tradable green certificate markets - results from an experimental economics laboratory experiment. *Energy and Environment*

Vol 11(4).

- Smith, VL 2002: Nobel prize in economics lecture. *Constructivist and ecological rationality in economics*. Tilgjengelig [online] <http://www.nobel.se/economics/laureates/2002/smith-lecture.html>
- Smith, VL 1962: *An experimental study of competitive market behaviour*. Journal of Political Economy 70:2 (111-37)
- SOU 2001: "Handel med elcertifikat - ett nytt sätt att främja el från förnybara energikällor" Svenska offentliga utredning. SOU 77:2001 (In Swedish)
- STEM 2002. Yttrande över Elcertifikatutredningens betänkande, "Handel med elcertifikat", SOU 2001:77 Statens energimyndigheter, yttrande. pp5-7 (In Swedish). Available [online] <http://www.stem.se>
- STEM, 2004: Översyn av elcertifikatsystemet. Delrapport etapp 1. Svenska Kraftnät, 2004: www.elcertifikat.svk.se
- Vogstad K, MM Belsnes, G Warland, JOG Tande og KS Hornnes, 2001: Integrasjon av vindkraft i det nordiske kraftsystemet Sintef TR 5447
- Vogstad, K 2003: *Designing market-oriented environmental policy instruments: The case of Tradable Green Certificates* Proceedings, Marie Curie Workshop 22-23 okt, 2003, Petten, Nederland. www.stud.ntnu.no/~klausv
- Vogstad, K 2004: Combining system dynamics and experimental economics to analyse the design of tradable green certificates. Paper accepted for IEEE HICSS 2005 conference, 2005. www.stud.ntnu.no/~klausv
- Vogstad, K, I Kristensen and O Wolfgang, 2003: *Tradable Green Certificates: The dynamics of coupled electricity markets*. Proceedings, 21st System Dynamics Society International Conference, 20-25. Juli, 2003, New York, USA. www.stud.ntnu.no/~klausv

I eksperiment 3 foretas beslutninger om ny produksjonskapasitet av datamaskinen etter følgende formel:

$$I_t = f(\pi_t) \frac{K_{t-1}}{L}, \text{ der } \pi_t = \frac{E[p]}{C}, \text{ og } f(\pi) \text{ er som angitt i grafen under.}$$

I_t - investeringsrate år t [MWh/år²]

K_{t-1} - produksjonskapasitet [MWh/år]

$L=10$ Levetid [år]

Lønnsomhetsindikator π_t er forventet fremtidig pris, $E[p(t)]$, dividert på produksjonskostnad $c=100$ NOK/MWh.

Dersom vi noterer $E[p(t)]$ som $\hat{P}(t)$, så er forventet pris definert som :

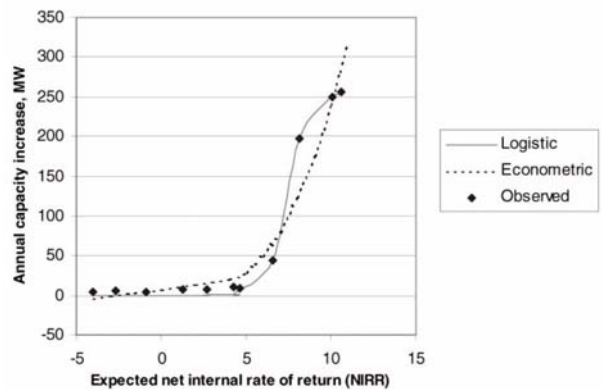
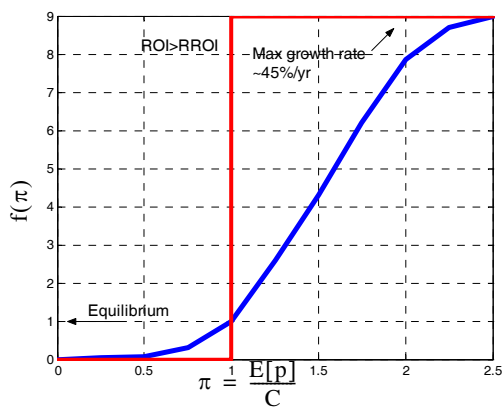
$$\hat{P}(t) = P(t) + P(t) \cdot \frac{d\bar{P}}{\bar{P}} \cdot T_f$$

$$\bar{P}(t) = \bar{P}(0) + \int_{t-T_b}^t (d\bar{P})dt$$

$$d\bar{P} = \frac{(P(t) - \bar{P}(t))}{T_b}$$

, der $T_b = 1$ år er bakover tidshorisont for forventingsdannelse, og $T_f = 1$ år er forover tidshorisont for ekstrapolering av trend.

$\bar{P}(t)$ er eksperimentelt vektet gjennomsnitt over perioden T_b .



Figur 1 Venstre: Antatt sammenheng mellom lønnsomhet og investeringsrate. Høyre: Empirisk observert sammenheng mellom lønnsomhet for vindkraft og utbygging av vindkraft i Danmark . (kilde: Morthorst, 199

Utgitt i Oppdragsrapportserie A i 2005

- Nr. 1 Olav Isachsen, Per F. Jørgensen, Lars Bugge, Peter Bernhard: Grønne sertifikater og biobrensel (s.)
- Nr. 2 Lars Sigurd Eri, Kjelforeningen – Norsk Energi : Sertifikatberettiget elkraftproduksjon basert på spillenergi fra industri (s.)
- Nr. 3 Rune V. Engeset: Undersøkelser ved Blåmannsisen 2004 (18 s.)
- Nr. 4 Eli Alfnes, Elin Langsholt, Thomas Skaugen and Hans-Christian Udnæs: Updating snow reservoir in hydrological models from satellite-observed snow covered areas (47 s.)
- Nr. 5 Ånund Sigurd Kvambekk, Åge Brabrand: Bruk av Akerselva til oppvarming/nedkjøling av Avantors bygningsmasser i Nydalen (14 s.)
- Nr. 6 Hans-Christian Udnæs: Real time demonstration of satellite-observed snow covered area in the HBV model Spring 2004 (12 s.)
- Nr. 7 Roger Sværd: Overføring av Røvatn til Hjertvatn i Forsåvassdraget, Ballangen kommune. Virkninger på vannstands- og vannføringsforhold (83 s.)
- Nr. 8 Ragnar Moholt, Odd Gregersen, Kjell Karlsrud: Program for økt sikkerhet mot leirskred Risiko for kvikkleireskred på Bragernes, Drammen kommune. Stabilitetsanalyser – forslag til sikringstiltak
- Nr. 9 Ragnar Moholt, Odd Gregersen: Program for økt sikkerhet mot leirskred. Risiko for kvikkleireskred på Bragernes, Drammen kommune. Grunnundersøkelser – datarapport
- Nr. 10 Ånund Sigurd Kvambekk: Vannføring i Suldalslågen i perioden 10. april til 30. juni Vannføringslipp for å oppnå vanntemperaturer nær uregulerte forhold (15 s.)
- Nr. 11 Hans Christian Olsen: Sedimentavsetningene i Eidsvann (34 s.)
- Nr. 12 Odd Gregersen: Program for økt sikkerhet mot leirskred. Risiko for kvikkleireskred langs Liervassdraget. Stabilitetsanalyser - forslag til tiltak
- Nr. 13 Odd Gregersen: Program for økt sikkerhet mot leirskred. Risiko for kvikkleireskred langs Liervassdraget - Lier kommune. Grunnundersøkelser - datarapport
- Nr. 14 Eli Alfnes, Liss M. Andressen: Time series of snow distribution. An analysis of snow distribution data from three areas in southern Norway 2002-2004 (44 s.)
- Nr. 15 Hervé Colleuille: Groset forsøksfelt (016.H5). Grunnvanns- og markvannsundersøkelse. Årsrapport 2004. Status pr. august 2005 (41 s.)
- Nr. 16 Hervé Colleuille: Filefjell - Kyrkjestølane (073.Z) Grunnvannsundersøkelser - Årsrapport 2004 Status pr. august 2005 (15 s.)
- Nr. 17 Hervé Colleuille: Skurdevikåi tilsigsfelt (015.NDZ) Grunnvannsundersøkelser. Årsrapport 2004 Status pr. august 2005 (17 s.)
- Nr. 18 Lars-Evan Pettersson: Vannføringsstasjoner i Midt- og Nord-Norge (31 s.)
- Nr. 19 Bård Aspen, Jonas Sandgren, Erik Berger, Knut Tjugen, Sweco Grøner as: Regelverk for elsertifikater
- Nr. 20 Klaus-Ole Vogstad: Eksperimentelløkonomisk studie av et grønt sertifikatmarked