

UNIVERSITETET FOR MILJØ- OG BIOVITENSKAP





## Forord

Denne masteroppgaven er skrevet som en avsluttende og obligatorisk del av Mastergradsstudiet i økonomi og administrasjon, som leder ut i en siviløkonom grad med retning samfunnsøkonomi og finans. Oppgaven er skrevet innenfor fagfeltet energiøkonomi, og utgjør 30 studiepoeng ved institutt for økonomi og resursforvaltning(IØR), på Universitetet for miljø og biovitenskap(UMB).

Tema for oppgaven bygger på nettselskapenes fastsettelse av nettleien etter inntektsrammene de får fra Norges vassdrags- og energidirektorat. Det vil si at grunnlagsanalysen for inntektsrammen direkte påvirker nettleien. Hvis grunnlaget for inntektsrammen er feil, resulterer dette i at nettleien ikke nødvendigvis er riktig. Dette utgjør motivasjonen for oppgaven.

Først og fremst vil jeg takke min veileder Olvar Bergland for god og kvalitativ veiledning. Gjennom hele prosessen har han vært en god støttespiller med faglig tyngde. Jeg vil takke alle medstudentene på rom T504 for gode faglige og utenom faglige diskusjoner. Jeg vil også takke Martine Winsnes for gjennomlesning av oppgaven og konstruktiv tilbakemelding. Til slutt vil jeg takke min kjære samboer, Maren Bjørnstad.

Jeg ønsker alle mine medstudenter lykke til i arbeidslivet, og vil med dette takke for et flott studieopphold på UMB.

Oslo, 14.05.2010

---

Harald Øvergaard

## Sammendrag

Hovedpoenget med denne oppgaven er å presentere en metode for testing av rammevilkår i effektivitetsanalyse. Testresultatene skal kunne gi retningslinjer for hvilke rammevilkår som er reelle kostnadsdrivere. For å kunne ta høyde for heterogenitet og individuelle forskjeller, bør de signifikante geografiske rammevilkårene inkluderes i modellen. Denne oppgaven søker å finne svaret på om rammevilkårene har en reel innvirkning på effektivitetsresultatet i distribusjonsnett. Oppgaven tar også opp problematikken rundt en to-steps metode i DEA. Analysen blir gjennomført på det samme datasettet som NVE har brukt for fastsettelse av inntektsrammene for 2010.

I teoridelen presenterer jeg flere ulike metoder for regulering av naturlige monopoler med hovedvekt på målestokkmetoden som NVE bruker i regulering av nettselskapene i distribusjonsnett. Jeg presenterer også to effektivitetsanalyser, den ikke-parametriske metoden *data envelopment analysis* (DEA) og den parametriske *stochastic frontier analysis* (SFA). I avslutningen av teoridelen, presenterer jeg et kort sammendrag av artikkelen "*Valid tests of whether technical inefficiency depends on firm characteristics*" (Kim and Schmidt 2008) som danner mye av grunnlaget for oppgaven.

Analysen tar for seg tre hovedmodeller. En generell modell uten geografiske rammevilkår, en kortsiktig- og en langsiktig modell med geografiske rammevilkår. Alle modellene blir analysert økonometrisk og nødvendige tester for paneldata blir anvendt. Hovedpunktene i analysen er testingen av rammevilkårene gjennom en Wald-test og effektivitetsanalyser gjennom SFA. Testingen viser at det vil være forskjeller i betydningen av rammevilkår om det reguleres etter en kortsiktig- eller langsiktig modell. Dette understreker også effektivitetsanalysene. Effektivitetsanalysene viser også tydelig at det er forskjell i oppnådd effektivitet med og uten geografiske rammevilkår inkludert.

I diskusjonsdelen belyses resultatene fra analysen sammen med relevant teori. Hovedvekten legges på inkludering av variabler og hvilke effekter dette har i form av insentiver. At en variabel inkluderes i modellen, innebærer ikke nødvendigvis at den inkluderes på en riktig måte. Ved inkludering av feil rammevilkår vil ikke den faktiske effektiviteten bli målt og insentivvirkningene vil ikke bli riktige. Utelatelse av viktige rammevilkår vil ha samme effekt. Dersom det utelatte rammevilkåret er en variabel som ikke påvirker kostnadene, kan allikevel insentivene bli riktige. Derimot utelatelse av en variabel som påvirker kostnadene, vil gi gale insentiver overfor selskapene. På generelt grunnlag kan det nevnes at konsekvensene er større ved å unnlate et signifikant rammevilkår, enn ved å inkludere et ikke signifikant rammevilkår.

Jeg diskuterer også teoretisk ulempene ved en to-steps metode. Faren for at det oppstår problemer med utelatte variabler og forventningsskjevne resultater er stor i en to-steps metode. Jeg anbefaler derfor ikke denne metoden ved regulering av nettselskapene i distribusjonsnett.

Jeg konkluderer med at de geografiske rammevilkårene har en viktig betydning når det gjelder å ta høyde for individuelle forskjeller. Men de vil ha ulik betydning om det reguleres etter en kortsiktige eller langsiktig modell. Betydningen av rammevilkårene endres også når selskaper med høy andel av høyspent sjøkabel utelates fra analysen. NVE bør derfor vurdere nye geografiske rammevilkår som bedre beskriver forskjellene mellom selskaper som har en lav andel av høyspent sjøkabel.

## Abstract

The main point for this thesis is to present a method for testing environmental factors in efficiency analysis. The test results will provide guidelines for whether the environmental factors are cost sources. In order to accommodate heterogeneity and individual effects, the significant environmental factors should be included in the model. This thesis seeks to find the answer to whether the environmental factors have a substantial impact on the efficiency results in the distribution grid. The thesis also deals with some known problems of a two-step method in DEA. The analysis is conducted on the same data set that NVE has applied in determination of the income cap for 2010.

In the theory part, I present several different methods for the regulation of natural monopolies, with emphasis on the yardstick method used by NVE in the regulation of network companies in the distribution grid. I present two efficiency analysis, the non-parametric method data envelopment analysis (DEA) and the parametric stochastic frontier analysis (SFA). At the end of the theoretical section, I present a brief summary of the article "Valid tests of whether technical inefficiency depends on firm characteristics" (Kim and Schmidt 2008) which forms much of the basis for this thesis.

The analysis focuses on three main models. One general model without environmental factors, a short-term and long-term model with environmental factors. All models are analyzed econometric and appropriate tests for panel data is used. The main point of the analysis is the testing environmental factors through a Wald test and efficiency analysis through SFA. Testing shows that there will be differences in the importance of the environmental depending on regulation by a short- or long-term model. The efficiency analysis also underlines this. Efficiency analysis also shows that there is a difference in the achieved efficiency with and without environmental factors.

In the discussion section I discuss the results from the analysis along with relevant theory. Emphasis is placed on the inclusion of variables and the effects this has in terms of incentives. The fact that a variable is included in the model, does not necessarily mean it is included in the right way. If a wrong environmental factor is included, the actual effectiveness will not be measured and the incentive will not be correct. Omission of an important environmental factor will have the same effect. If the excluded environmental factor is a variable does not affect costs, incentives could be correct. However, exclusion of a variable that affects costs, will lead to wrong incentives for the companies. In general it may be mentioned that the consequences are larger by omitting a significant environmental factor, than by including a non significant environmental factor.

I also discuss the theoretical disadvantages of a two-step method. The probability that problems with omitted variables and biased results arises is large for a two-step method. I therefore do not recommend this method for regulation of network companies in the distribution grid.

I conclude that the environmental factors have an important influence when it comes to account for individual effects. But they will have different influence depending on regulation by a short-term or long-term model. The importance of environmental factor will also change when companies with high share of high-voltage subsea cable are excluded from the analysis. NVE should therefore consider new environmental factors that better describes the individual effects between companies that have a low share of high-voltage subsea cable.

## Innholdsfortegnelse

1.	Innledning.....	1
1.1.	Bakgrunn og problemstilling .....	1
1.1.1.	Problemstilling.....	2
1.2.	Oppgavens struktur .....	3
2.	Naturlige monopoler .....	4
2.1.	Regulering av naturlige monopoler.....	5
2.1.1.	<i>Cost of service</i> .....	5
2.1.2.	Pristak.....	5
2.1.3.	<i>Rate of return</i> .....	6
2.1.4.	Målestokkregulering.....	7
2.2.	Kostnadsfunksjoner .....	8
2.2.1.	Endogene og eksogene variabler .....	11
3.	Metoder for effektivitetsanalyse .....	12
3.1.	<i>Data envelopment analysis</i> (DEA).....	12
3.1.1.	Innsatsfaktor eller produksjons relatert modell.....	13
3.2.	<i>Stochastic frontier analysis</i> (SFA) .....	14
3.2.1.	Estimering av parametrene .....	16
3.3.	Sammenlikning av SFA og DEA .....	17
3.3.1.	Fordeler og ulemper DEA .....	17
3.3.2.	Fordeler og ulemper SFA.....	17
4.	Utvidelse av DEA modellen .....	18
4.1.	Hvordan håndtere miljøvariabler.....	18
4.1.1.	Metode 1 .....	18
4.1.2.	Metode 2 .....	18
4.1.3.	Metode 3 .....	19
4.1.4.	Metode 4 .....	19
4.2.	Slakk.....	19
4.3.	Supereffektivitet.....	20
5.	Norges vassdrags- og energi direktorat (NVE) .....	22
5.1.	Strukturelle forskjeller.....	23
5.2.	Skalaforskjeller .....	23
5.3.	NVE sin DEA modell.....	24
5.4.	Rammevilkår.....	24

Modell før 2010.....	26
Modell for 2010.....	27
Modell etter 2010.....	27
6. Analyse .....	29
6.1. Generell modell.....	29
6.2. Utvidelse av modellen.....	32
6.2.1. Kort sikt .....	32
Test av rammevilkårene .....	35
6.2.2. Lang sikt.....	36
Test av rammevilkårene .....	38
Inkludering av høyspent sjøkabel i modellen.....	38
6.3. Effektivitetsanalyse, kort og lang sikt.....	40
6.3.1. Effektivitetsanalyse kort sikt .....	41
6.3.2. Effektivitetsanalyse lang sikt .....	41
6.3.3. Sammenlikning av effektivitetsresultat kort og lang sikt .....	42
7. Diskusjon .....	44
7.1. Generelt om datasettet.....	44
7.2. Hensikten med regulering .....	44
7.3. DEA eller SFA .....	44
7.4. Endring av metode .....	46
7.5. Skalaegenskaper.....	46
7.6. Rammevilkårene og individuelle forskjeller .....	47
8. Konklusjon.....	49
Referanseliste.....	51
Vedlegg.....	I

## Figurliste

Figur 2-1 Frikonkurranse og monopol.....	4
Figur 2-2 Naturlig monopol.....	5
Figur 2-3 Kostnadskurver.....	9
Figur 2-4 Kostnadskurver, kort og lang sikt.....	10
Figur 3-1 CRS og VRS i DEA.....	13
Figur 3-2 SFA.....	15
Figur 4-1 Slakk i DEA.....	20
Figur 4-2 Supereffektivitet i DEA.....	21
Graf 6-1 Effektivitetsanalyse kort sikt.....	41
Graf 6-2 Effektivitetsanalyse lang sikt.....	42
Graf 6-3 Effektivitetsanalyse kort- og lang sikt.....	43

## Tabelliste

Tabell 6-1 Regresjon 2004-2008, generell modell.....	30
Tabell 6-2 POLS, POLS-r, POLS-rc, generell modell.....	31
Tabell 6-3 Regresjon 2004-2008 kortsiktig modell.....	33
Tabell 6-4 Korrelasjon kortsiktig modell.....	33
Tabell 6-5 POLS, POLS_r, POLS-rc, kortsiktig modell.....	34
Tabell 6-6 Test av rammevilkår, kort sikt.....	35
Tabell 6-7 Regresjon 2004-2008 langsiktig modell.....	36
Tabell 6-8 Korrelasjon langsiktig modell.....	37
Tabell 6-9 POLS, POLS_r, POLS-rc, langsiktig modell.....	37
Tabell 6-10 Test av rammevilkår, lang sikt.....	38
Tabell 6-11 Test av rammevilkår med høyspent sjøkabel, kort sikt.....	39
Tabell 6-12 Selskaper med høyspent sjøkabel.....	39
Tabell 6-13 Test av rammevilkår, kort sikt UTEN selskaper med høy andel av høyspent sjøkabel.....	40
Tabell 6-14 Test av rammevilkår, kort sikt MED selskaper med høy andel av høyspent sjøkabel.....	40
Tabell 6-15 Test av rammevilkår, lang sikt UTEN selskaper med høy andel av høyspent sjøkabel.....	40
Tabell 6-16 Test av rammevilkår, lang sikt MED selskaper med høy andel av høyspent sjøkabel.....	40

## Likninger

Likning 1-1 Inntektsramme.....	2
Likning 2-1 Enkel kostnadsfunksjon.....	8
Likning 2-2 Kostnadsfunksjon kort sikt.....	9
Likning 2-3 Kostnadsfunksjon lang sikt.....	9
Likning 3-1 DEA, CRS.....	12
Likning 3-2 DEA, VRS.....	13
Likning 3-3 DEA maksimerings problem.....	14
Likning 3-4 Cobb-Douglas.....	14
Likning 3-5 SFA.....	15
Likning 5-1 DEA med miljøvariabel inkludert.....	25
Likning 5-2 Regresjon på DEA resultat.....	25
Likning 5-3 Korreksjon av DEA resultat.....	25



# 1. Innledning

## 1.1. Bakgrunn og problemstilling

Norge var svært tidlig ute med deregulering av kraftmarkedet, det vil si det andre landet i Europa som la til rette for mer markedsbaserte prinsipper for kraftomsetning, etter England og Wales i 1989. Norge valgte å skille distribusjon og produksjon av kraft, og konkurranseutsatte kraftproduksjonen.

Deregulering er en type konkurranseutsetting der en forventer at markedet stiller opp med konkurrenter når man fjerner beskyttelsen som tidligere monopolleverandører har hatt. Privatisering går på eierform, dvs. at en virksomhet overtas av det private marked. Men et privat selskap kan like gjerne være et monopol som et offentlig selskap. Dereguleringen av kraftsektoren i Norge har tre hovedhensikter; forsyningsikkerhet, bærekraftighet og kostnadseffektive løsninger.

Energiloven av 1990 gir rammene for organiseringen av kraftforsyningen i Norge. Loven legger til rette for konkurranse innen kraftproduksjon og omsetning. Et av formålene med å innføre energiloven var å jevne ut elektrisitetskostnaden mellom ulike områder og å redusere diskriminering mellom ulike typer kunder. Det var også et mål at produksjon og fordeling skulle drives mer effektivt og at kraftprisen skulle gi signaler om hvilken ny kraftproduksjon som ville være lønnsomme.

En viktig forutsetning for et fritt kraftmarked er at overføringsnettene er tilgjengelig for alle brukere uten diskriminering. Norges vassdrags og energidirektorat (NVE) sin rolle er å håndheve og videreutvikle regelverket, for at kraftmarkedet skal fungere mest mulig effektivt. NVE tildeler også konsesjoner til aktørene i markedet.

Et viktig resultat av energiloven er at forbrukerne i større grad enn tidligere kan velge leverandør av kraft. Fra og med 1997 var det ikke lenger kostnader knyttet til å bytte leverandør. Konkurransetilsynet publiserer tilbudene fra energiverkene, og NVE gir informasjon om mulighetene til skifte av leverandør.

I det deregulerte kraftmarkedet kan nettselskaper og kraftleverandørene selv fastsette kraftprisene som forbrukerne må betale. Kraftleverandørselskapene konkurrerer om kundene, mens nettselskapene har monopolkonsesjon og regulerte priser. Når en kraftleverandør går konkurs, har nettselskapet plikt til å levere kraft til de kundene som mistet kraftleverandøren gjennom konkursen. I en viss tid blir da kunden låst til nettselskapet også som kraftleverandør. Dette ansvaret er koblet til nettselskapenes konsesjonsforpliktelser og skal sikre forbrukere elektrisitet uansett leveringsevnen til kraftleverandørene.

Leveringsplikten virker som et sikkerhetsnett for kundene inntil kraften kan leveres fra en ordinær kraftleverandør. Leveringsplikten er hjemlet i energiloven og påhviler nettselskapene å utføre. Når leveringsplikten inntreffer, opphører kundeforholdet med den gamle kraftleverandøren, og sluttbrukeren får et nytt kundeforhold til det lokale nettselskapet. Dette kundeforholdet gjelder inntil sluttbrukeren har inngått ny kraftleveringsavtale med en ordinær kraftleverandør.

Nettselskapene i Norge kjennetegnes ved store faste kostnader, og kan på bakgrunn av teori defineres som naturlige monopoler. Det er derfor ikke samfunnsøkonomisk lønnsomt å etablere flere nettselskaper innenfor samme geografiske området. Nettselskapene vil dermed i teorien etter deregulering kunne sette en hvilken som helst pris på leveranse av strøm, bedre kjent som nettleie.

For å hindre denne formen for markedssvikt har myndighetene, representert av NVE, gått inn for å regulere nettselskapene. Reguleringen av nettselskapene etter dereguleringen, skal bidra til å sikre samfunnsøkonomisk effektiv drift, utvikling og utnyttelse av elektrisitetsnettet, samtidig som det skal gi en "rimelig" avkastning på investert kapital (Langset 2006). Reguleringen er forankret i energiloven og energilovforskriften.

NVE regulerer nettselskapenes tillatte tariffinntekter gjennom et system med inntektsrammer. Inntektsrammene beregnes på grunnlag av historiske kostnader i hvert enkelt selskap samt en kostnadsnorm basert på selskapenes resultater i NVEs effektivitetsmålinger. Ledningsnettet er også inndelt i ulike kategorier innenfor reguleringen, disse er kategorisert gjennom spenningsnivå og defineres som sentralnett, regionalnett og distribusjonsnett. Formelen for fastsettelse av inntektsrammer er gjengitt under:

$$IR_t = (1-\rho) K_{t-2} + \rho K_{t-2}^*$$

Likning 1-1 Inntektsramme

Der  $IR_t$  er inntektsrammen i år  $t$ ,  $\rho$  er andelen som kostnadsnormen utgjør av inntektsrammen,  $K_{t-2}$  er historiske kostnader i nettselskapet i år  $t-2$  (justert for inflasjon), mens  $K_{t-2}^*$  er kostnadsnormen for selskapet basert på historiske data.

Når det gjelder beregning av effektiviteten til hvert enkelt nettselskap, settes den i forhold til innrapporterte data fra de andre nettselskapene. Dette innebærer i grove trekk at den relative avkastningen blir større for effektive virksomheter, mens den blir mindre for ineffektive enheter. Inntektsrammen setter dermed et tak for hvor mye nettvirksomhetene kan kreve inn på nettleie i sine geografiske områder. I analyseringen av effektiviteten til nettselskapene bruker NVE i dag DEA-metoden (*Data Envelopment Analysis*) for de ulike nettnivåene, men det har vært og er en omfattende debatt om hvilke modeller som er best egnet.

Med nettnivå menes ledningsnettet som er delt i tre nivåer; det landsdekkende sentralnettet som overfører strøm fra ett område av landet til et annet, regionalnettet som fører strøm fra sentralnettet og fram til de lokale områdene, og de lokale distribusjonsnettene som fordeler strømmen ut til sluttforbruker. Spesielt i regional- og sentralnettet er det en utfordring ved bruk av DEA-modellen, siden det er relativt få selskaper og store ulikheter i rammevilkår. Denne masteroppgaven vil i all hovedsak ta for seg distribusjonsnettet.

NVE har i en periode beregnet effektiviteten til nettselskapene gjennom en ett-steps metode, hvor rammevilkårene inkluderes direkte i DEA-modellen. For 2010 og fremover har NVE besluttet å gå over til en to-steps metode, hvor det først utføres en enkel DEA, for deretter å korrigere resultatene gjennom regresjon av rammevilkårene.

Som grunnlag for problemstillingene ligger artikkelen "*Valid tests of whether technical inefficiency depends on firm characteristics*" (Kim and Schmidt 2008) hvor de presenterer en test for testing av rammevilkår og ser på forventningsrette estimat fra en to-steps metode.

### 1.1.1. Problemstilling

Med bakgrunn i endringen NVE har valgt å gjøre med DEA-modellen og rammevilkårene de inkluderer i modellen, ønsker jeg å finne svaret på følgende problemstilling:

”Har rammevilkårene en reel innvirkning på effektivitetsresultatet i distribusjonsnettene? Fører endringen fra en ett-steps metode til en to-steps metode til en forbedring av reguleringsformen av nettselskapene?”

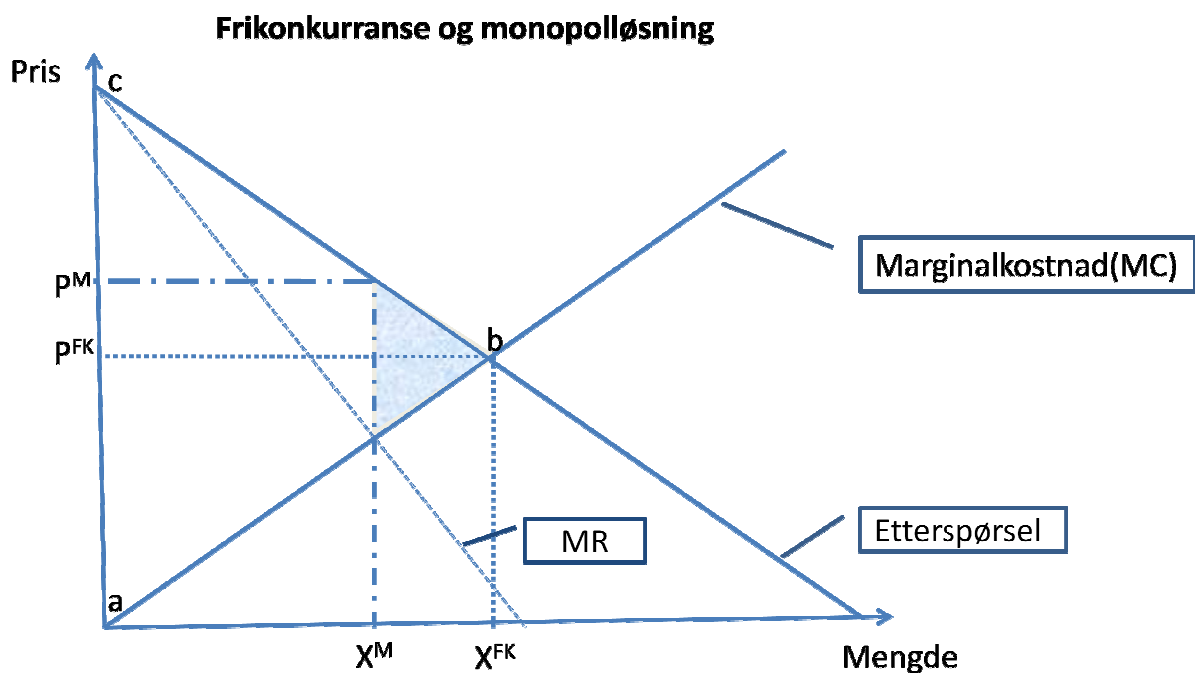
Den første problemstillingen blir analysert gjennom det aktuelle datasettet NVE har brukt for fastsettelse av inntekstrammen i distribusjonsnettene for 2010. Den andre problemstillingen blir kun diskutert teoretisk.

## 1.2.Oppgavens struktur

I kapittel 2 har jeg valgt å gi en innføring i en generell monopolsituasjon og som oppfølging, gå nærmere inn på naturlig monopol. Jeg presenterer alternative reguleringsformer og avslutter kapitlet med den reguleringsformen NVE benytter i dag. Kapittel 3 tar for seg to hovedretninger innenfor effektivitetsanalyse. *Data envelopment analysis* (DEA) og *stochastic frontier analysis*(SFA). Kapitlet avsluttes med en oppsummering av fordeler og ulemper knyttet til de to analysemetodene. Kapittel 4 behandler utvidelse av DEA modellen gjennom alternative metoder for å inkludere rammevilkår. Det blir også kort gjort rede for problematikken rundt ”slakk” og supereffektivitet. Kapittel 5 gir et innblikk i NVE historisk og reguleringsmodellen deres. Jeg presenterer også NVE sin DEA modell, hvordan de har kommet frem til hvilke rammevilkår de skal inkludere i modellen og endringer de har foretatt. Jeg presenterer også kort de to alternative måtene NVE inkluderer rammevilkårene i en DEA modell, samt en presentasjon av artikkelen til Kim og Schmidt. Kapittel 6 er analysekapitlet. Her presenterer jeg datasettet, en enkel generell modell og en modell for kort- og en for lang sikt. Jeg argumenterer for, og utfører ulike tester for panel datasett. Jeg tester rammevilkårenes påvirkning på effektivitetsresultatet. Testen som benyttes til dette er en Wald-test. Analysekapitlet avsluttes med effektivitetsanalyser på kort- og lang sikt. Kapittel 7 er diskusjonskapittel hvor jeg tar for meg resultatene fra analysen og diskuter styrker og svakheter ved modellen. Kapittel 8 er et konklusjonskapittel.

## 2. Naturlige monopoler

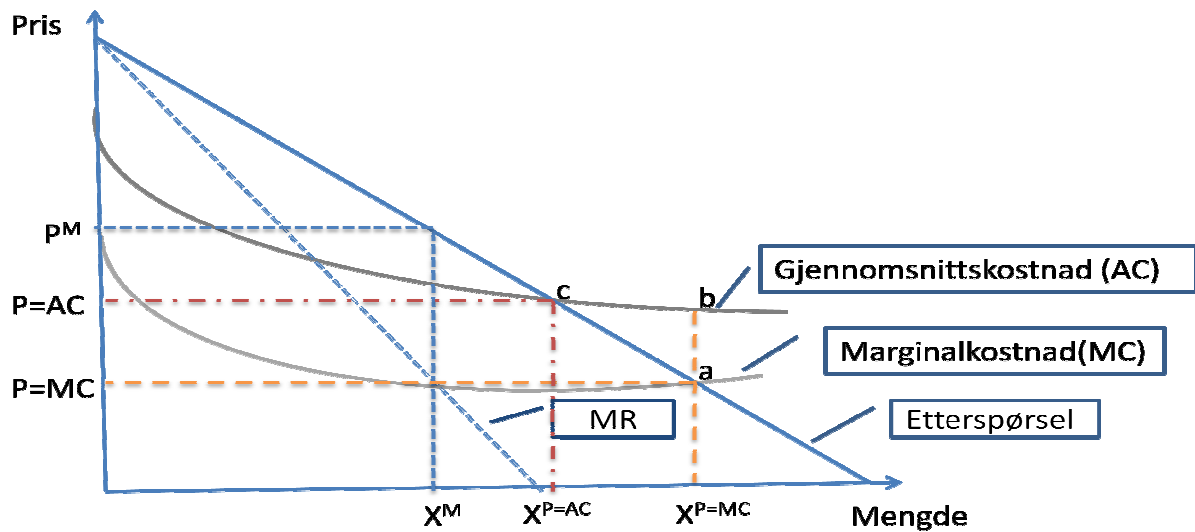
En monopolsituasjon oppstår når det bare er en tilbyder i et marked, og ingen nære substitutter til produktet som monopolisten tilbyr. Dette innebærer at monopolisten kan prise produktet etter eget ønske. Monopolistens optimale tilpasning, være der marginalinntekt er lik marginalkostnad. Se figur 2-1. Denne tilpasningen vil skape et samfunnsøkonomisk effektivitetstap i forhold til frikonkurransen, lik det skraverete feltet. I frikonkurransen vil tilpasningen bli  $X^{FK}$ ,  $P^{FK}$  og er et punkt hvor pris er lik marginalkostnad (MC). Summen av konsument og produsent overskuddet utgjør det samfunnsøkonomiske overskuddet som tilsvarer "abc" under frikonkurransen. Det samfunnsøkonomiske overskuddet er et mye brukt og universelt effektivitetsmål på hvordan markeder fungerer. Ved at et marked har lavere samfunnsøkonomisk overskudd enn frikonkurransen kalles markedssvikt og tyder på at enkelte av deltakerne i markedet utnytter markedsmakt. Markedsmakt kan for eksempel være å utnytte en monopolsituasjon.



Figur 2-1 Frikonkurransen og monopol

En uregulert monopolist vil etter teorien tilpasse seg der marginalinntekt er lik marginalkostnad og sette pris deretter, dette vil også gjelde for en naturlig monopolist. Tilpasningen vil da bli  $X^M, P^M$  (figur 2-1 og figur 2-2). Naturlig monopol er en form for monopol som avviker fra den generelle monopol situasjonen. Et naturlig monopol kjennetegnes av et marked med fallende gjennomsnittskostnader (AC) i hele det relevante produksjonsintervallet. Naturlig monopol refereres også ofte til som situasjoner med stordriftsfordeler eller økende skalautbytte. Naturlig monopol er spesielt vanlig når de faste kostnadene utgjør en stor del av total kostnadene. Det vil si at den ønskelige frikonkurransen tilpasningen hvor pris er lik marginalkostnad ( $P=MC$ ), ikke vil være oppnåelig og det er ingen markedssvikt i form av effektivitetstap. I en løsning med naturlig monopol og en tilpasning hvor  $P=MC$ , vil monopolisten gå med tap. Dette tapet tilsvarer linjestykket "ab" i figur 2-2. Ved naturlig monopol vil det dermed ikke være oppnåelig med en tilpasning hvor pris er lik gjennomsnittskostnad ( $P=AC$ ) (punkt c). I dette punktet vil det dermed oppstå et effektivitetstap.

## Naturlig monopol



Figur 2-2 Naturlig monopol

Nettselskapene i Norge defineres som naturligemonopoler. Det vil si at de har monopol på sin tjeneste i sitt område. Denne monopolsituasjonen oppstår gjennom at det ikke er lønnsomt eller plass til mer enn ett strømnnett i et område. Det er store kostnader knyttet til bygging, drift og vedlikehold av strømnettet i et område, det er også derfor vanskelig å konkurransetsette denne typen tjenester. Det er viktig at nettselskapene som leverer strøm ikke forveksles med de selskapene som selger strøm. For å forhindre at nettselskapene i Norge ikke utnytter markedsmakt, blir de regulert gjennom inntektsrammer satt av Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE).

### 2.1.Regulering av naturlige monopoler

Det er flere måter å forhindre at markedsvikt oppstår, to hovedmuligheter er offentlig regulering eller offentlig oppkjøp. I de siste 20-30 årene har vi sett en trend hvor store offentlig eide monopoler har blitt privatisert og satt under offentlig regulering. Vi har altså gått fra offentlig eierskap til offentlig regulering. Målet med regulering av naturlige monopoler vil alltid være å finne en ressursallokeringseffektiv tilpasning.

#### 2.1.1. Cost of service

Ved en situasjon med privat sektor som står ovenfor offentlig regulering, kan eventuelt en "cost-of-service" tilnærming velges. Dette er en reguleringsform der monopolisten rapporterer sine produksjonskostnader til myndighetene og deretter får tillatelse til å dekke kostnadene. Incentiv til feilrapportering av kostnader for selskapet vil være et problem. Det vil oppstå ett prinsipal agent problem.

#### 2.1.2. Pristak

En strengere form for regulering vil være at myndighetene setter et pristak. Denne reguleringsform var vanlig å bruke på 1980 tallet og tokk over for mye av "cost of service" reguleringen. Ved pristak regulering vil myndighetene stå ovenfor tre ulike prisingsalternativer.

1.  $Pris=MC$
2.  $Pris=AC$
3. ikke lineær prising:  $Pris=a+bx$

Ved å tvinge en naturlig monopolist til å sette en pris lik marginalkostnader vil en allokeringseffektiv tilpasning være mulig, se figur 2-2 og punkt  $X^{P=MC}, P=MC$ . Denne reguleringsformen gir selskapet svake insentiver til videre å redusere sine marginalkostnader. Samtidig vil ikke selskapet få dekt sine kostnader. For at selskapet skal få dekt sine kostnader kan eventuelt andre markeder avgiftsbelegges og avgiften går som subsidie til monopolisten. Eller en direkte subsidie til monopolisten vil også være et alternativ.

Et annet problem ved at reguleringsmyndigheten tvinger hvert enkelt selskap til å sette pris lik marginalkostnad, er problemer knyttet til hva som er den egentlige marginalkostnaden. Hvem bestemmer hva marginalkostnaden er? Er det myndighetene på bakgrunn av de kostnadene selskapet rapporterer? I så fall skaper dette et insentiv for selskapet til å feilrapportere kostnader. Ved Pris lik gjennomsnittskostnad har vi ikke en allokeringseffektiv tilpasning, siden vi vil få en høyere pris og lavere kvantum enn i en situasjon med pris lik marginalkostnad, se figur og punkt  $X^{P=AC}, P=AC$ . Fordelen er at selskapet får dekt sine kostnader og vi har lavere pris og høyere kvantum enn ved uregulert monopol, men av samme grunn som over er det svake insentiver til videre kostnadsreduksjon og problemer knyttet til hva som er gjennomsnittskostnaden. Ved  $P=AC$  vil vi også få et samfunnsøkonomisk effektivitetstap.

Gjennom ikke-lineær prising vil monopolisten ha mulighet til å hente inn differansen mellom MC og AC kurva i et fastledd, mens prisen blir satt lik marginalkostnad. I denne metoden vil en ressursallokeringseffektiv tilpasning oppnås, men insentivproblemet er derimot fortsatt til stede.

Problemet under pristak regulering er at det er mye skjult informasjon for regulatoren. Som nevnt er det vanskelig å kontrollere om monopolisten rapporterer de reelle kostnadene. Regulatoren har heller ikke mulighet til å måle i hvilken grad monopolisten strekker seg for å investere i mer effektiv produksjonsteknologi og andre kostnadsreduserende tiltak. Pristak regulering krever også at selskapene har tillit til regulatoren. Hvis et selskap investerer i kostnadsreduserende tiltak og dermed reduserer sine marginalkostnader, er det avgjørende at myndigheten ikke justerer pris-taket umiddelbart, for at selskapet skal få profitere på investeringen. Gjennom pris-tak regulering er det derfor vanskelig å skape et varig og direkte insentiv for selskapene til å jobbe med kostnadsreduserende tiltak.

### **2.1.3. Rate of return**

En tredje reguleringsform er en såkalt rate-of return (ROR) regulering. Hovedtanken bak denne retningen er at selskapene skal få en viss avkastning på investert kapital, og gjennom dette skape mulighet og insentiv til å investere i kostnadsreduserende tiltak. Det har ofte blitt satt at avkastningen skal minimum tilsvare bankavkastning. Ved ROR vil en  $P=AC$  løsning være mulig. ROR kan virke som en god reguleringsform i teorien, men studier har vist noe gangske annet (Liston 1993). Faren for feilallokering av resurser er om mulig enda større under ROR enn eksempelvis pristak. Konkrete problemer ved ROR har vist seg å være at selskapene feilrapporterer kostnader, velger ineffektiv og kapitalkrevende teknologi og heller ikke gjennomfører kostnadsreduserende tiltak.

Det har vist seg at selskaper som står ovenfor COS eller ROR har en tendens til å overinvestere i kapital. ROR og COS har vist seg å gi selskaper insentiv til å erstatte arbeidskraft med kapital, dette fordi selskapene vil kunne få øke sin profitt gjennom å investere i kapital. For et selskap under COS og ROR har det blitt vist at kapital/arbeidskraft –raten har vært uforholdsmessig høy, dette har i teorien

blitt kaldt Averch – Johnson effekten (Averch. and Johnson. 1962) etter de som oppdaget og beviste det.

Når det gjelder de ulike reguleringsformene som er nevnt over, knytter det seg ofte usikkerhet fra begge parter. Dette er prinsipal- agentproblemer, og ligger utenfor temaet til denne oppgaven. Jeg velger derfor ikke å gå nærmere inn på i dette.

På bakgrunn av problemene ved de overnevnte reguleringsformene har det de siste tjue årene kommet en ny reguleringsform som heter målestokkregulering, fra engelsk *yardstick* regulering.

#### 2.1.4. Målestokkregulering

Denne teorien har samme mål som overnevnte reguleringsformene, nemlig å skape et insentiv hos selskapene til å redusere kostnader, siden en uregulert monopolist ikke har noen insentiver til å investere i kostnadsreducerende tiltak. Dette gjøres gjennom å skape konkurranse mellom monopolistene i samme bransje. Alle monopolistene får et krav om kostnadsrapportering til regulator.

Målestokkregulering innebærer å måle selskapenes kostnader opp mot hverandre, og regulere på bakgrunn av denne informasjonen. Reguleringen innebærer at de selskapene som har levere kostnader tillates en høyere profitt enn de selskapene med høye kostnader. Hvert enkelt selskap blir vurdert opp mot et konstruert skyggeselskap med samme aktivitetsnivå. Dette skyggeselskapet har en marginal kostnad tilsvarende den forventede beste marginalkostnaden beregnet på bakgrunn av de innrapporterte kostnadene fra de andre selskapene.

Målestokkregulering tar noe tid før det fungerer optimalt, men gjennom innrapportering av kostnadene, vil de regulerte selskapene avsløre mer og mer informasjon om hvor billig det er mulig å drive virksomheten. Denne informasjonen bruker regulatoren i neste regulerings runde. Ved dette, og at inntektsrammen blir satt ut ifra hvor effektiv resursallokering selskapet har i forhold til skyggeselskapet, vil tilpasningen under målestokkregulering, bevege seg mot en  $P=MC$  løsning. For å oppnå en  $P=MC$  løsning må det forutsettes like selskaper, eller at selskapene opererer under samme vilkår. I likevekt vil hvert enkelt selskap velge et samfunnseffektivt nivå av kostnadsreduksjon og kostnadsnivå blir brukt til å sette inntektsrammene for det enkelte selskap.

En stor fordel med målestokkregulering er at reguleringen ikke blir påvirket av ineffektive kostnadsvalg. Reguleringsformen blir mer effektiv og bedre ved økende antall selskaper som er med i reguleringen, dette reduserer faren for at selskapene skal samarbeide om feilrapportering av kostnader. Dette fører også til at den asymmetriske informasjonen mellom regulator og selskap blir neglisjerbar, de får derfor sammenfallende preferanser om kostnadsreduksjon. Problemet vedrørende at selskaper kan avtale å feilrapportere informasjon er også ett av de potensielle begrensningene ved målestokkregulering, sammen med rollen til regulatoren vedrørende kostnadsinnblanding og tanken på frikonkurranse.

Et velkjent problem i målestokkregulering er hvis vi ikke har like selskaper, eller at de ikke opererer under samme vilkår. Denne heterogeniteten gjør at det ikke er anbefalt å basere regulering fullstendig på målestokkregulering. Gjennom regulering av monopoler som ikke opererer under samme vilkår, kan det oppstå problemer og uoverensstemmelser mellom regulator og selskapene om hva som er relevant sammenlikningsgrunnlag.

Denne reguleringsformen er forholdsvis informasjonskrevende, samtidig som det å utvikle en formålstjenlig målestokk er ressurskrevende og i enkelte situasjoner være umulig. Gjør dette til en avansert reguleringsform som krever supplement fra andre sammenliknings- og statistiske metoder.

For å finne inntektsrammen, og for å ta hensyn til heterogenitet blant selskapene, kan effektivitetsanalyse benyttes. Innenfor effektivitetsanalyse er det to hovedretninger som gjerne blir behandlet. Den først er data innhullings analyse(DEA), på engelsk *data envelopment analysis*. Den andre er stokastisk front analyse(SFA), på engelsk *stochastic frontier analysis*.

## 2.2.Kostnadsfunksjoner

I de forrige kappitlene har jeg presentert frikonkurrans-, monopol- og naturlig monopolløsninger på generell form. En viktig forskjell på de ulike alternativene er kostnadsstruktur og profitt, samt tilpasningen. I det følgende vil jeg gå nærmere inn på kostnadsfunksjoner generelt, kort og lang sikt. Dette er et grunnelement i forståelsen av de ulike alternativene behandlet over. Det følgende kapitlet tar utgangspunkt i Varian(2003) kapittel 21.

Først noen generelle avklaringer. Med kostnader menes verdien av alt en produsent må oppgi for å produsere et gode. Fra dette følger at kostnadsfunksjonen vil være en funksjon som viser hvorledes selskapenes kostnader varierer med produsert mengde, når produsert mengde blir fremstilt på den billigste måten ved de gitte faktorprisene og den gitte produksjonsteknikken.

Videre er det viktig å merke seg skille mellom kort og lang sikt. Skille går i at på lang sikt vil alle produksjonsfaktorene være variable. Produksjonsfaktorer kan for eksempel være arbeidskraft, realkapital, naturressurser, eller alt som kreves i tilvirkningsprosessen. På kort sikt blir dermed noen variabler faste. Generelt kan det sies at jo kortere tidshorisont det opereres med, jo flere av variablene blir faste.

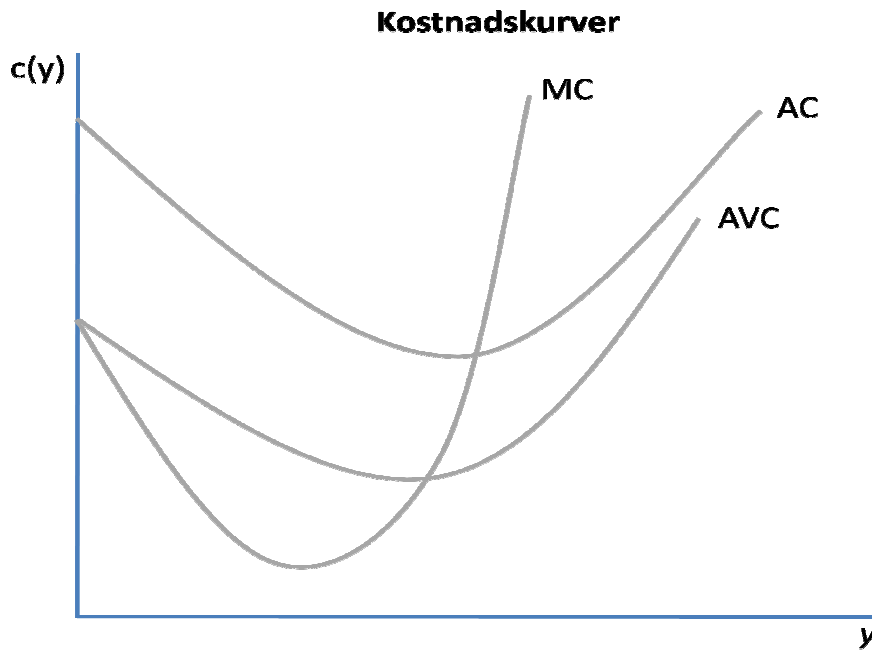
Hvis vi tar utgangspunkt i følgende kostnadsfunksjon.

$$c(y) = y^2 + k$$

### Likning 2-1 Enkel kostnadsfunksjon

I den enkle kostnadsfunksjonen over er  $y^2$  et variabelt ledd og  $k$  er et fast ledd. Ut ifra funksjonen over kan det utledes følgende. De variable kostnadene er  $y^2$  ( $c_v(y)=y^2$ ). Faste kostnader er  $k$  ( $c_f(y)=k$ ). Gjennomsnittlige variable kostnader er  $AVC(y)=y$ . Gjennomsnittlige faste kostnader er  $AFC(y)=k/y$ . Gjennomsnittskostnadene blir da  $AC(y)=y+k/y$ . Marginalkostnaden blir  $MC(y)=2y$ . De ulike utledningene er illustrert i figuren under.





Figur 2-3 Kostnadskurver

Figuren viser at marginkostnadskurvene (MC) uten unntak, skjærer gjennomsnittskostnadskurvene (AC og AVC) i minimum. Ved fallende gjennomsnittskostnader vil alltid marginkostnaden ligge under gjennomsnittskostnaden. Selskapene vil stå ovenfor profitt, ved produksjon etter skjæringspunktet mellom MC og AC kurva. Området under MC kurva gir oss de variable kostnadene for å produsere  $y$  enheter. MC kurva måler kostnaden for å produsere hver enhet av produksjonen. Summere vi kostnadene ved å produsere en enhet med produksjonen, får vi totalekostnader med unntak av de faste kostnadene.

På lang sikt kan et selskap bestemme nivået av faste kostnader, de faste kostnadene er dermed ikke lengre å anse som faste. På lang sikt vil det alltid være mulig å produsere null enheter til null kostnader. Det eksisterer altså et alternativ om å avvikle produksjonen og gå ut av markedet. Når det gjelder forskjell i kurvene på kort og lang sikt, vil kurvene ha samme form og skjæringspunkt, som i det generelle eksempelet, men som vi skal se, er den langsiktige gjennomsnittskostnadskurven (LAC) nedre modulasjonskurve av den kortsiktige gjennomsnittskostnadskurven (SAC). Figur 2-4.

Hvis vi antar den faste faktoren  $k$ , fra likning 2-1, er fabrikkstørrelse, vil langtidsperspektivet være den tiden det tar å endre fabrikkstørrelsen. Ved å inkludere fabrikkstørrelse som en faktor  $k$ , vil vi kunne sett opp følgende to kostnadsfunksjoner for kort og lang sikt.

$$c(y) = c_s(y, k)$$

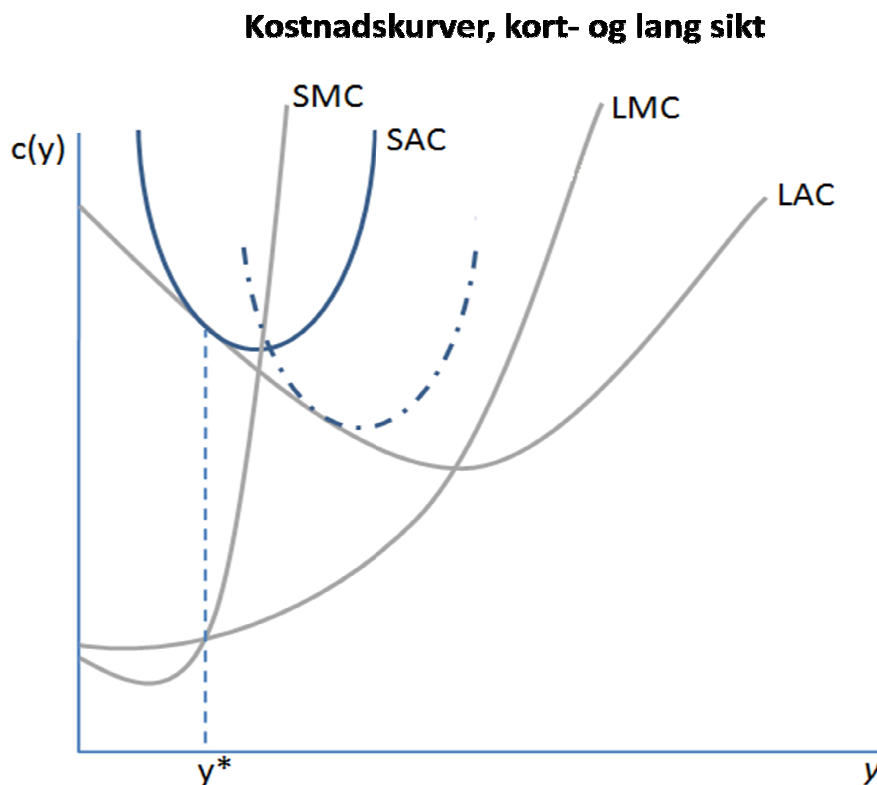
Likning 2-2 Kostnadsfunksjon kort sikt

$$c(y) = c_s(y, k(y))$$

Likning 2-3 Kostnadsfunksjon lang sikt

I likningene over står "s" for kort sikt. Lang sikt kostnadsfunksjonen er et uttrykk for totale produksjonskostnader ved produksjon av  $y$ , gitt at selskapet kan tilpasse fabrikkstørrelsen optimalt. Sagt på en annen måte, Lang sikt kostnadsfunksjonen er egentlig den kortsiktige kostnadsfunksjonen evaluert på den optimale tilpassingen av faste faktorer.

Forholdet mellom kort og lang sikt er illustrert i figuren under.



Figur 2-4 Kostnadskurver, kort og lang sikt

I figuren står S for kort sikt og L for lang sikt. Figuren viser en viktig ting i forholdet mellom kort og lang sikt. De kortsiktige kostnadene ved å produsere  $y$ , må alltid være like store, eller større enn kostnadene ved å produsere  $y$  på langs sikt. Dette har igjen å gjøre med variable og faste kostnader. SAC kurven tangerer LAC kurven i et punkt  $y^*$ , i det samme punktet krysser også SMC og LMC kurvene hverandre. Ved å tillegge flere SAC kurver, vil tangeringspunktene danne LAC kurva, det er dette som menes nedre modulasjonskurve (se stiple linje).

Som oppsummering kan det nevnes at gjennomsnittskostnadene er satt sammen av gjennomsnittlige variable kostnader og gjennomsnittlige faste kostnader. De gjennomsnittlig faste kostnadene synker ved økende produksjon, mens de gjennomsnittlige variable kostnadene tenderer mot å øke ved økt produksjon. Dette resulterer i en U-formet gjennomsnittskostnadskurve.

Marginalkostnadskurva ligger alltid under gjennomsnittskostnadskurva, når gjennomsnittskostnadene er avtakende og over når AC er tiltakende. Det er også viktig å huske at MC kurva alltid skjærer AC kurva i minimum. Ved å ha klart for seg hvor selskapene oppnår profitt på de ulike kurvene, vil det også være lettere å skjønne problemet knyttet til å sette en pris lik marginalkostnad i tilfeller med naturlig monopol.

### **2.2.1. Endogene og eksogene variabler**

I innledningen til kapitlet var jeg inne på definisjonen av hva som menes med kostnader og produksjonsfaktorer. Kostnadsdriver benyttes videre som en fellesbetegnelse for etterspørselsrelaterte størrelser og relevante miljøvariabler.

En eksogen kostnadsdriver vil ikke være påvirkbar fra selskapet sin side. Et eksempel kan være en geografisk betinget kostnadsdriver. Enkelte etterspørselsrelaterte kostnadsdrivere vil også kunne være tilnærmet eksogent gitt.

En endogen kostnadsdriver vil derimot være påvirkbar fra selskapet sin side. Fra teorien anbefales det derfor ikke å benytte endogene kostnadsdrivere i effektivitetsanalyser, men disse kan eventuelt brukes i mangel på gode eksogene variabler. (Dyson, Allen et al. 2001)

### 3. Metoder for effektivitetsanalyse

I det følgende kapitlet vil jeg presenter de to hovedretninger innenfor moderne effektivitetsanalyse. DEA som er en ikke-parametrisk metode og SFA som er en parametrisk metode.

#### 3.1. Data envelopment analysis (DEA).

Hensikten med DEA er å sammenlikne selskaper med hverandre og opp mot en effektivitetsfront. Selskapenes effektivitet blir målt ut ifra denne estimerte fronten. Ved DEA må det velges skalaantakelse, enten konstant skala utbytte (CRS), eller variabelt skala utbytte (VRS). Innenfor de to teknologivalgene må det igjen velges mellom en innsatsfaktororientert modell, eller en produksjonsorientert modell.

DEA er en forholdsvis ny analysemetode som oppstod på 1970 tallet. Shepard (1970) og Afriat (1972) foreslo en matematisk programmeringsmetode som kunne estimere en front som enheter kunne vurderes opp mot. Denne ideen fikk ikke mye oppmerksomhet før i 1978 da Cooper og Rhodes var de første som brukte uttrykket data envelopment analysis (DEA) (Charnes, Cooper et al. 1978). Etter dette har det blitt publisert mange artikler på temaet, som har til tilført og utvidet DEA metoden.

Jeg vil først sette opp et enkelt DEA problem, som er innsatsfaktor orientert og antar CRS.

$$\begin{array}{l} \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ \text{gitt: } -q_i + Q\theta \geq 0 \\ \theta x_i - X\lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \end{array}$$

#### Likning 3-1 DEA, CRS

Antar at det er data på N innsatsfaktorer og M utgående produkter for hvert av selskapene "i". For selskap "i" er dette representert henholdsvis gjennom kolonne vektorene  $x_i$  og  $q_i$ .  $N \times I$  matrisen, X, og  $M \times I$  matrisen, Q, representerer dataene for alle selskapene "i". I likning 3-1 tar  $\theta$  en verdi mellom null og en, og  $\lambda$  er en  $I \times 1$  konstant vektor. Den observerte verdien til  $\theta$  representerer effektiviteten til selskap "i". Hvis et selskap kommer ut med en verdi tilsvarende  $\theta=1$ , vil dette si at selskapet ligger på den estimerte fronten og er teknisk effektivt (Farrell 1957). Det er viktig å merke seg at dette optimeringsproblemet må løses "i" ganger, en gang for hvert selskap i datasettet. Hvert enkelt selskap får da en  $\theta$ -verdi.

DEA problemet i likning 3-1 har en enkel og intuitiv tolkning. Metoden finner plasseringen til selskap i ut ifra bruken av innsatsfaktor, videre trekkes en rett linje fra origo gjennom punktet til selskap "i", hvorpå bruken av innsatsfaktorer blir minimert langs den rette linjen, helt ned til den estimerte effektivitetsfronten. Avstanden mellom selskap "i" og effektivitetsfronten kalles  $\delta$ .  $\theta$ -verdi blir da  $1-\delta$ . Se figur 3-1 og figur 4-1.

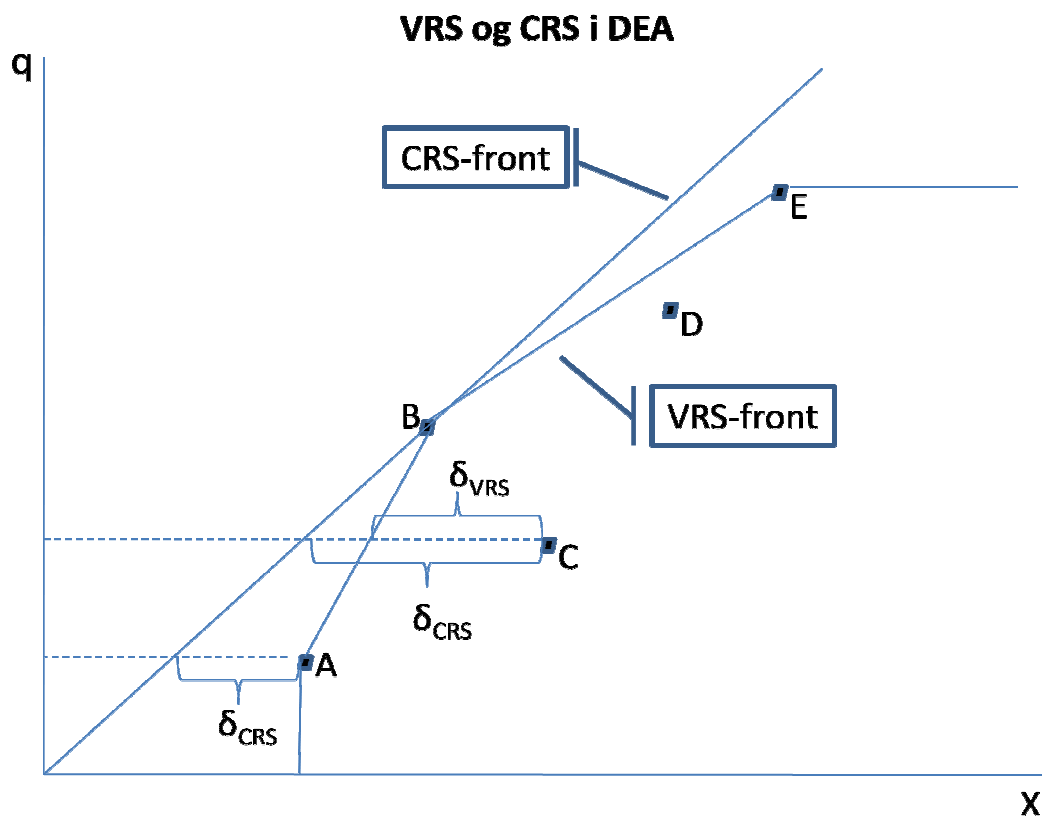
Ved å anta CRS, blir forutsetningen at alle selskapene er like og operere under samme vilkår. Under effektivitetsanalyse gjennom DEA kan dette skape problemer og feilaktige verdier, mange har derfor tatt til ordet for en vurderingsform av effektiviteten til selskapene ut ifra en VRS modell. Problemet med en CRS antakelse vil være at et selskap blir vurdert opp mot andre selskaper som kan være vesentlig større eller mindre og eventuelt operere under andre rammevilkår. Dette har ført til utviklingen av en DEA modell som tar høyde for VRS.

Det lineære optimeringsproblemet i CRS DEA, kan lett modifieres til å ta høyde for VRS gjennom å legge til en ekstra skranke til likning 3-1 som muliggjør en antakelse om konveksetet.

$\min_{\theta, \lambda} \theta,$
$\text{gitt: } -q_i + Q\theta \geq 0$
$\theta x_i - X\lambda \geq 0$
$1' \lambda = 1$
$\lambda \geq 0$

Likning 3-2 DEA, VRS

I likning 3-2 er  $1$  en  $1 \times 1$  vektor som danner en konveks front, som igjen vil føre til at selskapenes tekniske effektivitet enten blir samme eller større, sammenliknet med CRS. Skranken ( $1' \lambda = 1$ ) i likning 3-2 sikrer at selskaper bare blir vurdert opp mot andre selskaper av samme størrelse og at problemet som er nevnt tidligere ikke oppstår. Sammenlikning av en CRS og VRS front er gjengitt i figuren under.



Figur 3-1 CRS og VRS i DEA

Av figuren kommer det frem at et selskap kun oppnår samme eller bedre effektivitetsresultat ved å endre antakelsen fra CRS til VRS.

### 3.1.1. Innsatsfaktor eller produksjons relatert modell

I likning 3-1 og likning 3-2 har jeg tatt utgangspunkt i innsatsfaktorene, det er da her fokus på bruken av innsatsfaktorer, mens produsert mengde holdes konstant. Det er også mulig å analysere ut ifra en

produksjonsorientert modell, ved å holde innsatsfaktorene fast, mens det er produsert mengde som varierer. De to ulike tilnærmingene vill gi samme effektivitetsresultat under CRS antakelsen, men ulikt resultat under VRS antakelsen. Gitt at lineær programmering ikke lider av simultan skjevhet, er valget av den riktige orienteringen ikke spesielt kritisk, noe det ville vært under annen økonometrisk estimering (Coelli, Rao et al. 2005). Den mest utbredte tilnærmingen for analytikere har vært å ta utgangspunkt i en innsatsfaktororientert modell fordi mange selskaper har avtaler som går på faste leveranser, der kvantum er gitt, mens innsatsfaktorene blir sett på som beslutningsvariabler. Det vil allikevel være mange industrier hvor innsatsfaktorene er gitt og man skal produsere optimalt ut ifra de gitte rammene. I denne typen problemstillinger vil en produsert mengde orientering være å foretrekke. Et generelt eksempel på en slik tilnærming er satt opp under med en VRS antakelse.

$$\begin{array}{l} \max_{\phi, \lambda} \phi, \\ \text{gitt: } -\phi q_i + Q\theta \geq 0 \\ x_i - X\lambda \geq 0 \\ 1' \lambda = 1 \\ \lambda \geq 0 \end{array}$$

Likning 3-3 DEA maksimerings problem

I likning 3-3 er minimeringsproblemet fra likning 3-2 omgjort til et maksimeringsproblem og en variabel er byttet ut. Variabelen  $\phi$  vil ha samme funksjon som  $\theta$  fra Likning 3-1 DEA, CRS og Likning 3-2 DEA, VRS, men med andre forutsetninger. I Likning 3-3 DEA maksimerings problem er  $1 \leq \phi < \infty$ , og  $\phi - 1$  er den proporsjonale økningen i output oppnådd av det aktuelle selskapet, med innsatsfaktorene holdt konstant. Det er viktig å merke seg at  $1/\phi$  definerer en effektivitets verdi som er mellom null og en.

Innsatsfaktor- og produksjonsorienterte DEA modeller vil estimere akkurat den samme fronten og derfor etter definisjonen identifisere de samme selskapene som effektive eller ueffektive. Det er bare den målte effektiviteten knyttet til hvert enkelt selskap som kan variere mellom de to metodene.

### 3.2. Stochastic frontier analysis (SFA)

I motsetning til DEA, er SFA en parametrisk metode for estimering av effektivitet. I SFA skilles det mellom effektivitet som skyldes avvik i kostnadseffektivitet og støy som skyldes feilrapportering og annen støy. Dette er til forskjell fra DEA som ikke tar høyde for statistisk støy.

I SFA tas det først utgangspunktet i en Cobb-Douglas funksjon som Aigner og Chu (1968). Denne er gjengitt under.

$$\ln q_i = x_i' \beta - u_i$$

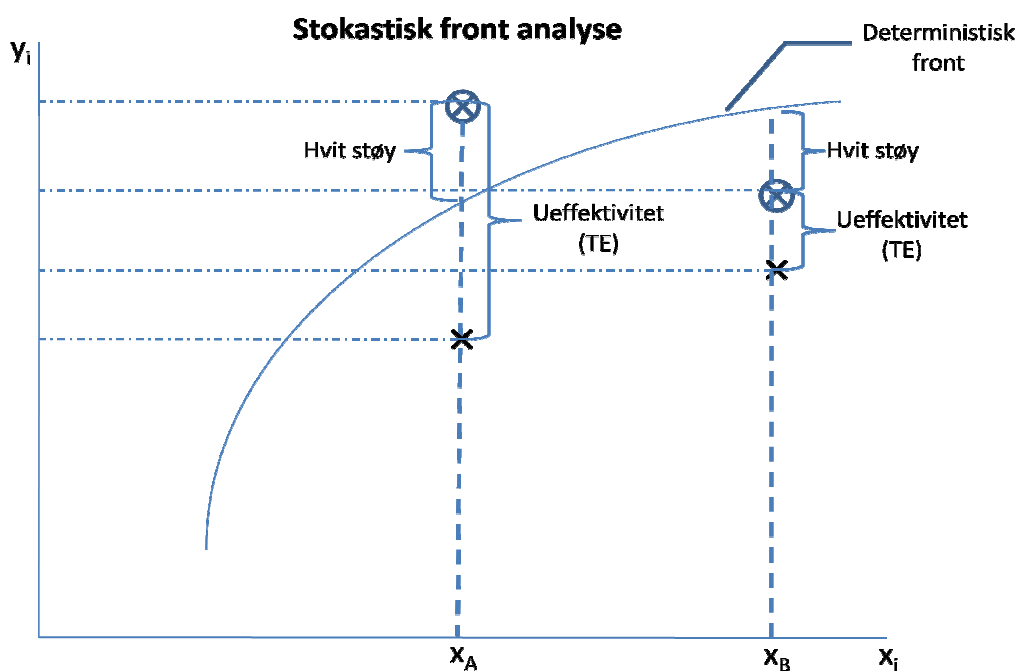
Likning 3-4 Cobb-Douglas

I likning 3-4 representerer  $q_i$  produksjonen til det enkelte selskapet,  $x_i$  er en  $K \times 1$  vektor som inneholder logaritmen til innsatsfaktorene.  $\beta$  er en vektor av ukjente parametre og  $u_i$  er en ikke negativ, tilfeldig variabel som måler teknisk effektivitet. Ut ifra likning 3-4 kan den stokastiske produksjonsfronten som brukes i analysen utledes. Denne er gjengitt i likning 3-5.

$$\ln q_i = x'_i \beta + v_i - u_i$$

### Likning 3-5 SFA

Likning 3-5 er identisk med likning 3-4, bortsett fra det tillagte symmetrisk, tilfeldig feilledd. Dette feilleddet er tillagt for å ta høyde for statistisk støy og for å skille mellom avvik som skyldes ueffektivitet og annen støy. Det tilfeldige feilleddet  $v_i$  kalles også for hvit støy, det kan være både positivt og negativt, så produksjonen fra den stokastiske fronten varierer rundt den deterministiske delen av modellen. Siden  $v_i$  kan være både positiv og negativ, vil man kunne oppleve store forskjeller i hvor selskaper legger seg under effektivitetsanalysen. Ved å ta utgangspunkt i selskap A og B i figur 3-2, vil selskap A har positiv hvit støy ( $v_A > 0$ ), mens selskap B har negativ hvit støy ( $v_B < 0$ ). Selskap A vil derfor legge seg over den deterministiske delen av produksjonsfunksjonen, mens selskap B vil legge seg under. Videre kan det sies at den observerte produksjonen for selskap A ligger under den deterministiske fronten på grunn av at summen av hvit støy og ineffektivitet er negativ ( $v_A - u_A < 0$ ). Det punktet som inkluderer begge feilleddene kan ligge både over og under den deterministiske fronten, mens det punktet som inkluderer bare feilleddet som måler teknisk ueffektivitet ligger under den deterministiske fronten. Punktet kan bare ligge over den deterministiske fronten hvis den hvite støyen ( $v_i$ ) er positiv og større enn den målte ueffektiviteten ( $u_i$ ).



Figur 3-2 SFA

Avstanden fra det observerte punktet og den deterministiske fronten er det som kalles hvit støy, mens avstanden fra det observerte punktet subtrahert  $u_i$  gir observert produksjon. Den estimerte effektiviteten blir beregnet etter formelen under. TE resultatet tar en verdi mellom null og en.

$$TE = \frac{\exp(x'_i \beta + v_i - u_i)}{\exp(x'_i \beta + v_i)}$$

TE resultatet er et produkt av produksjonen til selskap "i" og produksjonen til et effektivt selskap som bruker samme mengde innsatsfaktor. Første steg i å predikere TE, er å estimere parametrene til den stokastiske produksjonsfronten fra likning 3-5.

### 3.2.1. Estimering av parametrene

Estimering av parametrene er noe vanskeligere enn under vanlig parameter estimering, siden høyresiden av likning 3-5 inneholder to feilledd. Ett symmetrisk feilledd ( $v_i$ ), og en ikke negativ tilfeldig variabel ( $u_i$ ). Estimering underbygges av antakelsene rundt disse feilleddene. Det er vanlig å anta at hver  $v_i$  er uavhengig fordelt av  $u_i$  og at begge feilleddene er ukorrelert med den forklarende variabelen  $x_i$ .

Under disse antakelsene oppnås konsistente estimatoren for helningskoeffisienten, gjennom å bruke minste kvadraters metode (OLS). Ved bruk av OLS i estimeringen, vil OLS estimatet til fronten ikke bli forventningsrett nedover. Derfor er det blitt vanlig å legge noen fordelingsantakelser til de to feilleddene og estimere modellen ved bruk av *maximum likelihood*(ML), det over nevnte problemet blir dermed borte. ML estimering har en del ønskelige egenskaper når det gjelder estimering med store utvalg, fremfor andre metoder.

En alternativ metode ble foreslått av Winston(1957), og er kjent som korrigert OLS eller bare COLS. COLS innebærer å estimere en skiftparameter som sørger for at regresjonslinja går gjennom den best presterende institusjonen. Denne linjen kan tolkes som en front som definerer en beste tilpasning. I praksis er det en observasjon som definerer denne fronten. Ineffektiviteten i begge disse spesifikasjonene er representert av residualene. Dette gjør denne typen analyser sårbar i forhold til modellspesifikasjon. Feilspesifisert funksjonsform, relevante utelatte variable og / eller målefeil kan tolkes som ineffektivitet.

Aigner, Lovell et al.(1977) brukte en halvnormalfordelt ML modell og en sannsynlig- tetthetsfunksjon (pdf), med følgende antakelser.

1.  $v_i \sim iidN(0, \sigma_v^2)$
2.  $u_i \sim iidN(0, \sigma_u^2)$

Antakelse 1 er  $v_i$  en uavhengig identisk normalfordelt tilfeldig variabel(*iidN*), med gjennomsnitt lik null og varians lik  $\sigma_v^2$ . Antakelse 2 sier at  $u_i$  er en uavhengig identisk halv normalfordelt tilfeldig variabel, med skaleringsparameter lik  $\sigma_u^2$ . Pdf av hver  $u_i$  er en beskåret versjon av en normalfordelt tilfeldig variabel med gjennomsnitt lik null og varians lik  $\sigma_u^2$ .

Når det gjelder valg av modell, eksisterer det alternativer til halvnormalfordelt ML. Dette er for eksempel beskåret normalfordeling(Stevenson 1980), eksponentiell med gjennomsnitt  $\lambda$  (Greene 1990) eller en gamma modell med gjennomsnitt  $\lambda$  og  $m$  frihetsgrader. En ting som er viktig å merke seg ved valg av modell, er at ulike antakelser om fordelingen kan gi forskjellige effektivitetsresultat. Imidlertid viser det seg at rangering på bakgrunn av effektivitet er robust ovenfor valg av fordelings antakelse. Dette favoriserer dermed den enkle eksponentielle halv normalfordelte tilnærmingen.

Et viktig moment ved SFA som en parametrisk metode, er at tradisjonell hypotesetesting kan anvendes ved testing av  $\beta$ . Det er dog viktig å merke seg at hypotesetestingen er avhengig av store utvalg for å generere pålitelige resultater.



### 3.3.Sammenlikning av SFA og DEA

I avsnittet under har jeg satt opp en punklig oppsummering av fordeler og ulemper knyttet til DEA og SFA.

#### 3.3.1. Fordeler og ulemper DEA

DEA er en ikke parametrisk metode

##### *Fordeler*

- DEA kan implementeres på et relativt lite datasett
- Metoden er rask og enkel å implementere med programvare som er lett tilgjengelig
- Selskaper blir målt opp mot andre aktuelle selskaper og er ikke et estimert statistisk mål
- Man trenger ikke gjøre noen antakelser om teknologi eller spesifisering av kostnads- eller produksjonsfunksjonen
- Antar ikke funksjonell form for den estimerte fronten
- Er enkel å forstå

##### *Ulemper*

- Resultatene kan bli påvirket av støy i datasettet og såkalte outliers
- Tradisjonell hypotesetesting er ikke mulig
- Metoden tillater ikke stokastiske faktorer og målefeil
- Effektivitetsresultatene synes å være sensitive ovenfor innsatsfaktor- og produksjonsvariabler
- Når antall variabler i modellen øker, øker også antallet selskaper på fronten. Flere selskaper måles som effektive

#### 3.3.2. Fordeler og ulemper SFA

SFA er en parametrisk metode.

##### *Fordeler*

- Forøker å ta høyde for støy i datasettet
- Miljøbestemte variabler er enklere å håndtere
- Man kan utføre tradisjonell hypotesetesting
- Enklere å identifisere outliers
- Kan ta høyde for uobservert heterogenitet
- Kostnads fronter og den radielle målemetoden kan håndtere flere produksjonsmål

##### *Ulemper*

- Dekomponeringen av feilledet til støy og effektivitet kan bli påvirket av
  - Den spesifiserte fordelingsformen
  - Antakelsen om at skjevheten i feilledet er en indikasjon på ineffektivitet
- Trenger stort utvalg for å gi robuste resultater
- Er ikke like enkelt som DEA å forstå

## 4. Utvidelse av DEA modellen

I kapittel 3.1 presentert jeg en enkel DEA modell med CRS og VRS, og ulike effektivitetsmål som kan genereres fra de to ulike modellene. I en videre utvidelse av modellen skal jeg presentere hvordan ikke påvirkbare variabler som miljøvariabler kan håndteres. Hvordan behandle slakk og til slutt en innføring i supereffektivitet.

Ved å ha tilgang på prisdata, vil analysen kunne utføres gjennom kostnadsminimering eller profittmaksimering og i tillegg til målet på teknisk effektiv, få frem et mål på den allokeringseffektive tilpasningen. Dette gjøres gjennom å løse to lineære programmeringsproblemer, ett for å måle den tekniske effektiviteten og ett for å måle den økonomiske allokeringseffektiviteten. Når det gjelder kostnadsminimering inkluderes slakk i målet for allokeringseffektivitet, dette er grunnlagt i at slakk reflekterer uheldig miks av innsatsfaktorer (Ferrier and Lovell 1990). En annen viktig ting å merke seg er at innen profittmaksimering, er ikke målet bundet av å ta en verdi mellom null og en. Verdien kan være negativ hvis profitten er negativ, eller det kan være udefinert hvis profitten er null.

Noen variabler er under kontroll av styret og lederne, det vil si endogene, mens andre variabler er eksogene (se kapitel 2.2.1). I DEA vil det være viktig å kunne skille mellom disse variablene og ta høyde for ikke påvirkbare miljøvariabler.

### 4.1. Hvordan håndtere miljøvariabler

Ved miljøvariabler mener jeg faktorer som kan påvirke effektiviteten til selskapet uten at det er tradisjonelle innsatsfaktorer som er påvirkbare eller under kontroll av styret og lederne i selskapet. Slike variabler kan være forskjeller i eierskap, fagforeninger, reguleringer fra myndighetene eller lokaliseringsfaktorer. Som et eksempel kan det nevnes nettselskaper som står ovenfor både regulering fra myndighetene og ulike lokaliseringsfaktorer som befolkningstetthet, gjennomsnittlig kundestørrelse og geografisk beliggenhet. Hvordan disse miljømessige variablene kan håndteres har Coelli, Rao et al.(2005) delt inn i 4 ulike metoder.

#### 4.1.1. Metode 1

Denne metoden forutsetter at variablene kan organiseres kronologisk etter hvor mye de påvirker effektiviteten. Med denne metoden vil effektiviteten til selskapene bli målt opp mot selskaper som har variabler som påvirker effektiviteten like mye eller mer enn det aktuelle selskapet. Denne metoden sikrer at selskaper ikke blir målt opp mot andre selskaper som har en for eksempel bedre lokalisering, eller mindre utsatt for ekstrem vær osv.

#### 4.1.2. Metode 2

Hvis det ikke er mulig å rangere variablene som i metode 1, kan det benyttes en tre stegs metode som ble foreslått av Charnes, Cooper et al.(1981)

1. Først deles selskapene inn i grupper, og DEA gjøres på hver gruppe.
2. Projiser alle de observerte data punktene på deres respektive front
3. Bruker de projiserte punktene i en ny DEA, og ser på forskjeller i oppnådd effektivitet mellom de to DEA analysene. Eller det kan utarbeides et gjennomsnitt av de to DEA resultatene.

Det er viktig å merke seg at ved metode 1 og metode 2 kan sammenlikningsgrunnlaget bli redusert, og som en konsekvens vil for mange selskaper bli identifisert som effektive. Dette reduserer styrken til resultatene fra DEA.

Både metode 1 og metode 2 antar at påvirkningsgraden, og i hvilken retning de ulike variablene påvirker effektiviteten, er kjent. Men i mange tilfeller er denne effekten og påvirkningen ikke kjent. Dette problemet fører oss videre til metode 3 og metode 4.

#### 4.1.3. Metode 3

En mulig løsning er å inkludere miljøvariablene direkte i LP problemet. Enten kan de inkluderes som en ikke påvirkbar variabel med effekt på effektivitetsresultatet, eller som en nøytral ikke påvirkbar variabel. En ulempe ved metode 3, er at miljøvariablene må være kontinuerlig, de kan dermed ikke være kategorivariabler.

#### 4.1.4. Metode 4

Metode 4 blir kalt en to-steps metode, fordi analysen blir delt i to. I første steg løses problemet gjennom en vanlig DEA, ved kun å inkludere bare de tradisjonelle innsatsfaktorene og produksjonsvariablene. I andre seg av metoden, brukes effektivitetsresultatene fra første steg og korrigeres gjennom regresjon av miljøvariablene. Korrigeringen av effektivitetsresultatene fra det første steget, vil gi sammenliknbare resultater for alle selskapene. Dermed kan problemet knyttet til ulikheter i miljøforhold, neglisjeres.

I denne metoden kan både kategoriske og kontinuerlige variabler inkluderes. Det er anbefalt å bruke en tobitregresjon som modell, på grunn av problem som kan oppstå ved at vanlig OLS vil kunne predikere verdier større enn en. En to-steps metode som metode 4, vil kunne ende med ikke forventningsrette resultater, hvis variablene som brukes i det første steget er korrelert med variablene som brukes i steg to.

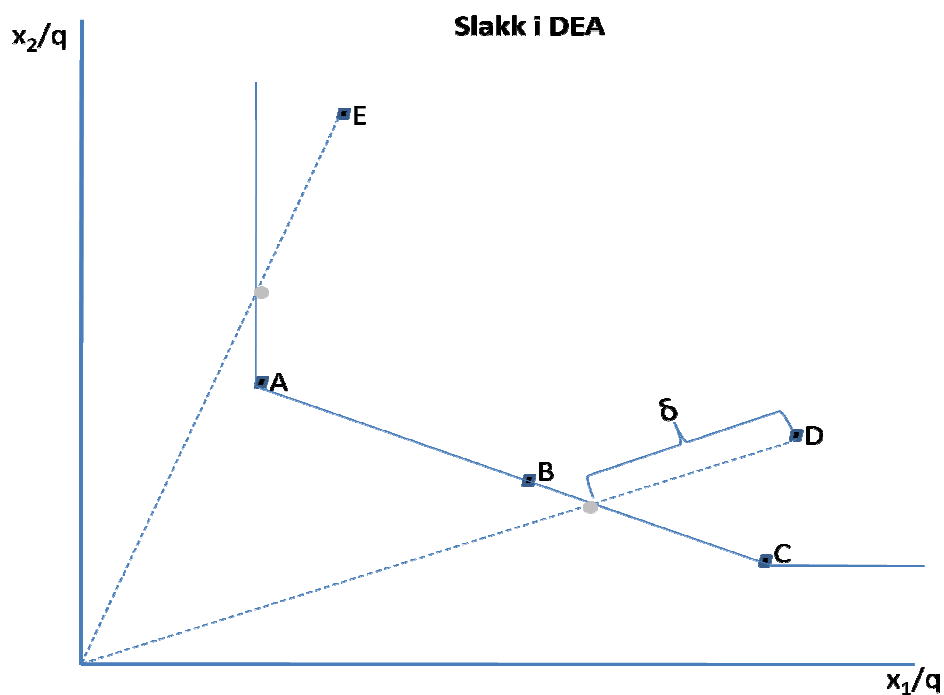
Enkelte forskere bruker også metode 4 for å bestemme retningen av påvirkningen til miljøfaktorene, for deretter å bruke denne informasjonen til å lage en enkel DEA modell. Coelliet.al(2005) anbefaler en to-steps metode i de fleste tilfeller, på bakgrunn av følgende:

- Kan inkludere mer enn en variabel.
- Kan inkludere både kategoriske og kontinuerlige variabler.
- Metoden er enkel og derfor lett å kalkulere og etter gå.
- Produsere resultater som kan testes gjennom vanlig statistiske hypotesetester.

## 4.2.Slakk

Ved DEA-metoden og opprettelse av en ikke parametrisk front gjennom lineær programmering, vil kunne skape problemer innen effektivitetsmålingen. Problemene vil kunne oppstå i ytterkanten av fronten, etter siste selskap som danner fronten i begge ender. Dette problemet kalles slakk og blir illustrert i figur 4-1.

I figuren har jeg illustrert 5 selskaper(A-E) som har ulik tilpasning. Selskap A-C er teknisk effektive og danner dermed fronten. Selskap D og E er ikke effektive og blir målt opp mot fronten som Selskap A-C danner. Selskap D vil bli målt opp mot et referansepunkt som ligger mellom selskap B og C, mens selskap E vil bli målt opp mot et referansepunkt som ligger utenfor selskap A.



Figur 4-1 Slakk i DEA

Hvis selskap E reduserer sin bruk av innsatsfaktorer tilstrekkelig til referansepunktet. Vil selskap E komme ut som teknisk effektiv i analysen, men selskap E vil kunne redusere sin bruk av innsatsfaktor  $x_2$  helt ned til tilpasningen til selskap A, uten at dette vil gå ut over produksjonen. Dette er kjent som slakk i DEA. DEA er derfor kjente for å være for "snill" mot selskapene som plasserer seg i utkanten av fronten.

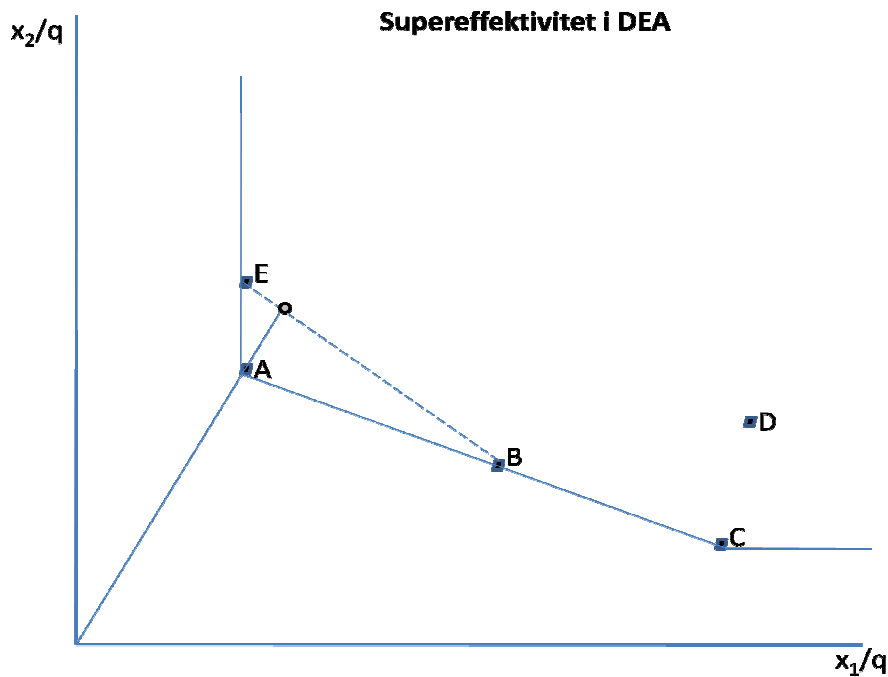
Coelli (1998) foreslår å bruke en fler-steps DEA metode, for å håndtere problemet knyttet til slakk. Denne metoden innebærer flere sekvenser av radiale DEA modeller. Denne metoden er mer avansert enn andre alternative tilnærminger, men fordelene er at det skapes et punkt med en kombinasjon av innsatsfaktorer og produksjon, som er så likt som mulig den kombinasjonen som de ueffektive punktene. Metoden er også invariant ovenfor måleenheten. Det er derfor fra teorien anbefalt å løse dette problemet gjennom en fler-steps metode.

### 4.3. Supereffektivitet.

Termen supereffektivitet er relatert til en utvidet DEA-modell, der det aktuelle selskapet som måles, blir tatt ut av settet som definerer fronten. Dette vil kunne føre til at enkelte selskaper oppnår en effektivitet større enn en. Se figur 4-2.

Metoden ble først presentert av Andersen og Pettersen (1993), som brukte metoden for å rangere og skille mellom selskaper som var teknisk effektive i den originale modellen. Senere har metoden med supereffektivitet blitt brukt i sensitivitetsanalyser, identifisering av avviksobservasjoner og som en metode for å omgå "omgitt-område" problemet i en to-steps metode. På den måten kan vanlig OLS regresjon benyttes, istedenfor Tobit regresjon. Et problem ved lineær programmering med supereffektivitet, vil være at noen av problemene ikke vil kunne løses. For videre teori rundt problematikken rundt supereffektivitet viser jeg til Lovell og Rouse (2003).

Ved å ta utgangspunkt i figur 4-2 og sier at selskap E har redusert sin bruk av innsatsfaktorer, helt ned til referansepunktet og fremstår nå som teknisk effektiv. Gjennom denne endringen vil selskap A kunne måles som supereffektivt, ved å utelate selskap A når fronten defineres. Tilpasningen til selskap A vil dermed ligge nærmere origo enn den definerte fronten, og referansepunktet til A vil ligge lengre ut i diagrammet, dermed vil selskap A oppnå et effektivitetsresultat større enn en. Det er viktig å merke seg at effektivitetsresultatet til selskap D og eventuelt andre selskaper som ikke ligger på fronten i den originale modellen, vil ikke bli påvirket av om supereffektivitet inkluderes.



Figur 4-2 Supereffektivitet i DEA

## 5. Norges vassdrags- og energi direktorat (NVE)

Nettselskapene i Norge står ikke ovenfor konkurranse i områdene som de opptre innenfor på grunn av naturlig monopol. Norges vassdrags og energi direktorat(NVE), ønsker å sammenlikne nettselskapenes ressursbruk og om denne bruken er effektiv. Det betyr at NVE ønsker å finne sammenhengen mellom størrelsen på ”nettoppgaven” til det enkelte nettselskap og det mest effektive kostnadsnivået.

NVE regulerer nettselskapene etter en målestokk metode. Grunnlaget for målestokkmetoden henter de fra en *data envelopment* analyse, DEA. Resultatene fra DEA danner så grunnlaget for inntektsrammene. NVE sin modell for nettregulering er ikke et rent inntektsreguleringsregime, men inneholder både ROR, målestokk og pristak. Modellen rammes derfor ikke uten videre av kritikken mot en ren inntektsrammeregulering. Kjernen i metoden er likevel basert på inntektsrammer.

NVE ønsker gjennom regulering å komme frem til en modell som sammenlikner nettselskapene på mest best mulig måte. Modellen skal ideelt sett oppfylle følgende punkter som er gjengitt under:

1. Modellen må rangere de effektive selskapene som mer effektive enn de ineffektive, og det må tas hensyn til forskjeller i ytre rammevilkår som nettselskapene ikke kan påvirke.
2. De mest effektive selskapene må kunne oppnå en høyere avkastning enn de mindre effektive selskapene.
3. Jo mindre effektivt et selskap er, desto lavere avkastning kan de forvente i forhold til et gitt normalnivå for nettvirksomheten.

Kriteriet sier med andre ord at et selskap som er reelt sett mer effektivt enn et annet, også skal måles til å være mer effektivt. Effektivitetsresultatet skal også reflektere forskjeller i rammevilkår. Et selskap med høye kostnader og ugunstige miljøforhold, skal kunne måles til å være effektivt dersom det faktisk driver effektivt gitt rammevilkårene. Tilsvarende må et selskap med lave kostnader og gunstige rammevilkår kunne måles til å være ineffektivt dersom det faktisk driver med for høye kostnader. Dette forutsetter at rammevilkårene er inkludert på riktig måte, og at de riktige rammevilkårene er inkludert. NVE kaller også dette for likebehandlingsprinsippet.

NVE bruker en nøkkel  $\rho$  for å definere hvor mye effektivitetsresultatene skal vektlegges i inntektsrammereguleringen(se innledningen til oppgaven). Etter hvert som målestokkreguleringen benyttes og selskapene tilpasser seg, vil også betydningen av effektivitetsresultatene kunne økes, i form av en økning i verdien på  $\rho$ . I et perfekt system vil  $\rho$  være lik 1.

NVE begynte å bruke DEA på midten av 1990 tallet på anbefaling av samfunns og næringslivsforskning AS(SNF). Sumicsid gikk inn for en utvikling av modellen fra 2007, men reguleringsmodellen ble fremdeles basert på DEA. Modellen har blitt videre endret og utviklet i 2009 og 2010. For at sammenlikningen skal bli riktig må det tas hensyn til forskjeller i miljøvariabler som er ikke påvirkbare for selskapene. Heretter vil de ulike miljøvariablene gå under fellesbetegnelsen rammevilkår. Dette er også terminologien NVE bruker.

NVE bruker DEA i sin fundament analyse, men supplere med SFA blant annet for å finne hvilke og analyser hvilke variabler som skal inkluderes i DEA modellen. NVE bruker også OLS og GLS/FGLS blant annet for å analysere sammenhengen mellom DEA-resultatene og de ulike rammevilkårene.

I DEA benytter NVE bare en innsatsfaktor og det er selskapenes total kostnad. Enhetene som skal analyseres vil da kunne beskrives ved strukturegenskaper og skalaegenskaper. Med strukturegenskaper menes forskjeller i forholdet mellom de ulike kostnadsdriverene eller rammevilkårene, mens med skala egenskaper menes forskjeller i størrelsen til enhetene som skal analyseres.

### 5.1. Strukturelle forskjeller

NVE gjør en forenklet forutsetning om konstant skalautbytte, altså CRS. Som NVE (utkast per 6.6.2006) selv nevner og som jeg har nevnt tidligere, påvirkes dermed ikke effektivitetsresultatet av om det måles i innsatsfaktorretning eller produksjonsretning ved CRS antakelse. Ved å anta CRS fjernes også problematikken knyttet til slakk.

NVE har også beregnet supereffektivitet i enkelte år basert på analyser hvor fjorårets resultater inngår i datagrunnlaget. Ved vurderingen av supereffektivitet faller fronten ned på fjorårets resultat, på den måten må et selskap prestere bedre enn året før for å oppnå supereffektivitet. Selskaper blir på den måten premiert for å ha forbedret seg fra forrige år.

### 5.2. Skalaforskjeller

Lineær programmering og DEA sin oppbygning, vil føre til at når en av kostnadsdriverne øker, vil også naturlig nok kostnadene øke, holdt alt annet konstant. Intuisjonsmessig vil dette si at jo større et selskap er, og/eller jo flere rammevilkår et selskap har, jo større vil kostnadene være. NVE nevner også et kjent problem ved VRS i DEA (utkast per 6.6.2006), og det er at de enhetene som er størst i en eller flere dimensjoner alltid kommer ut som effektive. Når kostnadsnormen kalibreres slik NVE foreslår, vil den veide gjennomsnittseffektiviteten øke mer enn den uveide og små selskaper vil kunne oppnå et dårligere effektivitetsresultat med CRS enn ved VRS. Se for øvrig Figur 3-1 CRS og VRS i DEA. Ved å benytte en CRS tilnærming, vil problemet med at det største selskapet automatisk blir vurdert som effektivt og problemet ved at små selskaper kan bli overvurdert i VRS løses. Velges en modell med CRS vil altså selskapene få samme målte effektivitet eller lavere, sammenliknet med om det velges en modell med VRS. Det at selskaper kan bli målt som mer effektive i en VRS modell kontra en CRS modell, betyr ikke at selskapet er mer effektivt, effektiviteten er den samme, men det er en annen effektivitet som måles. NVE mener at kostnadsnormen som brukes ikke vil bli nevneverdig påvirket av hvilken modell som det velges å analysere etter, for det veide gjennomsnittet vil bli tilnærmet likt uavhengig av modell valg.

Når det gjelder hvilke skalaforutsetninger, vil det for NVE ikke være avgjørende hvilken produksjonsteknologi som legges til grunn, men heller formålet med reguleringen og insentivene modellen gir som vil være avgjørende. NVE sin reguleringsmodell skal gi en rimelig avkastning på investert kapital, gitt effektiv ressursallokering og utvikling av selskapet. Størrelsen på hvert enkelt selskap er ikke et rammevilkår, siden dette er et eiermessig valg. Valg av en CRS modell vil gi bedre insentiver enn en VRS modell, i tillegg vil en CRS modell føre til at eierne selv må dekke merkostnadene av beslutninger og dermed ikke kundene. Ved valg av en CRS modell vil ikke eierne indirekte kunne overføre risikoen av ulike beslutninger til kundene.

NVE påpeker at dersom nettselskapene er svært forskjellige og om det ikke er mulig å korrigere for disse forskjellene gjennom modellutforming, vil det være problematisk å anvende en CRS

modell(utkast per 6.6.2006). Normalt sett vil slike forskjeller kunne korrigeres for gjennom modellutformingen.

*”Det er store ulemper ved valg av VRS modeller da relativt mange selskaper slipper unna reguleringen. Når inntektsrammen kalibreres slik som foreslått, vil dette innebære at selskaper som er store i minst en dimensjon får en større del av inntektsrammen på bekostning av de som ikke er det.”(utkast 6.6.2006 s62)*

NVE vurderer de relative ulempene ved en CRS modell som mindre enn ved valg av en VRS modell, og at helheten vil bli tilfredsstillende gjennom korrigerende og særskilte tiltak. NVE velger derfor en CRS modell som grunnlag for reguleringen.

### 5.3.NVE sin DEA modell

NVE sin modell skal minimere kostnadene til nettselskapene for gitte størrelser på produkter og rammevilkår som kostnadsdriver. Dette vil være en innsatsfaktororientert modell. Siden NVE har valgt en antakelse om CRS, vil ikke resultatet påvirkes av orienteringen som velges.

Under følger den generelle modellen som NVE bruker.

$$1. \quad K^*_R = \min_{\lambda_j, K_R} K_R$$

Gitt:

$$2. \quad Y\lambda \geq Y_R$$

$$3. \quad K\lambda \leq K_R$$

$$4. \quad \lambda_j \geq 0$$

I modellen over er hvert enkelt selskap definert som R, den laveste kostnaden som er oppnåelig for selskap R er definert som  $K^*$ . Y er vektor av kostnadsdriverne. Løsningen vil da gi kostnadsnormen  $K^*$  for selskap R.  $\lambda_j$  er en vektor av vektorene for referanseselskapene til R, omtalt som referansevektorer. Referansevektorene sier hvor mye vekt som skal legges på de ulike selskapene på fronten når kostnadsnormen skal beregnes. Det er en  $\lambda$  for hvert selskap som er med i analysen. Betingelsen i punkt 4, er en antakelse om ikke-negativitet, som sier at effektivitetsresultat til selskap R ikke kan være negativt.

### 5.4.Rammevilkår

Hvis kostnadene er direkte identifiserbare, kan det enkelte selskaps kostnader korrigeres direkte. NVE gjør dette gjennom f. eks å utelate kostnader som eiendomsskatt og kostnader til overliggende nett, holdes utenfor inntektsrammereguleringen og effektivitetsanalysen.

Problemer som vil oppstå ved regulering av nettselskapene, er kostnader tilknyttet rammevilkår som ikke kan korrigeres direkte. Hvor mye koster en sekundmeter vind, hvor mye koster  $-30^{\circ}\text{C}$  etc.? Ved denne typen påvirkning må betydningen beregnes gjennom at rammevilkårene inkluderes direkte eller indirekte i modellen. NVE har valgt å benytte seg av to ulike metoder. Den ene løsningen vil være å behandle rammevilkårene direkte i modellen som andre kostnadsdrivere(alternativ 1). Den andre metoden er å beregne effektiviteten først uten å korrigere for forskjeller i rammevilkårene, for deretter å analysere hvor mye av effektivitetsresultatene som skyldes ulikheter i rammevilkår(alternativ 2).



Utgangspunktet er den generelle innsatsfaktor DEA-modellen med CRS antakelse fra likning 3-1, men i likning 5-1 er det inkludert en ny variabel  $z$ . Variabelen  $z$  vil være et rammevilkår som antas å ha en påvirkning på effektivitetsresultatet  $\theta$ .

### Alternativ 1

$$\begin{array}{l} \min_{\theta, \lambda} \theta, \\ \text{gitt: } -q_i + Q\theta \geq 0 \\ \theta x_i - \lambda \geq 0 \\ z_i - Z \lambda \geq 0 \\ \lambda \geq 0 \end{array}$$

Likning 5-1 DEA med miljøvariabel inkludert

Modellen antar at "L" positive rammevilkår som er betegnet gjennom en  $L \times 1$  vektor  $z_i$  for hvert selskap og ved  $L \times 1$  matrise  $Z$  for hele utvalget. Dette fører til at hvert enkelt selskap blir sammenliknet med et teoretisk selskap som opererer under samme, eller dårligere rammevilkår, enn det aktuelle selskapet.

Problemet med dette alternativet er at  $z$  må være en kontinuerlig variabel, dvs. at  $z$  ikke kan kategoriseres. NVE løser dette problemet gjennom vektig av variablene.

### Alternativ 2

En alternativ metode vil være å gjøre en såkalt to-steps metode. Her løses først den generelle DEA modellen (likning 3-1) som er satt opp for alternativ 1, deretter korrigeres effektivitetsresultatene fra første steg, gjennom regresjon av rammevilkårene. Regresjonsmodellen kan bli satt opp som følger.

$$\theta = \alpha + \beta Z + u$$

Likning 5-2 Regresjon på DEA resultat

I er  $\alpha$  et konstantledd,  $Z$  er en vektor av ulike rammevilkår,  $\beta$  er en vektor av parameterestimater for hvert av rammevilkårene og  $u$  er et restledd. Ut ifra dette kan effektivitetsresultatet korrigeres som følger.

$$\theta - \beta Z = \alpha + u$$

Likning 5-3 Korreksjon av DEA resultat

Rammevilkårene vil i hovedsak kunne deles inn i to ulike grupper. De to gruppene er strukturelle rammevilkår og geografiske rammevilkår. De strukturelle rammevilkårene er etterspørselsrelaterte og innebærer variabler som etterspørsel etter energi, tilknytning av ulike kundegrupper, innmating av produksjon osv. De strukturelle rammevilkårene vil også kunne karakteriseres som produksjonsvariabler. De geografiske rammevilkårene er miljømessige faktorer som påvirker selskapene på bakgrunn av hvor de er lokalisert.

Siden DEA er en ikke-parametrisk metode, vil det ikke være mulig å inkludere geografiske rammevilkår som temperatur, vindstyrke, helning osv. i modellspesifikasjonen uten å transformere. Et kjent problem i DEA er at resultatene blir påvirket av antallet variabler som inkluderes i modellen, enten de er relevante eller ikke. Inkludering av flere variabler fører ofte til at flere selskaper blir analysert som effektive. Før rammevilkår inkluderes i modellen må det finnes støtte for at variablene er relevante gjennom alternative metoder.

NVE bruker SFA for å estimere en kostnadsfunksjon og for å undersøke om forskjeller i rammevilkår har en signifikant betydning. Har et geografisk rammevilkår en slik betydning er det også funnet nødvendig støtte for å inkludere rammevilkåret i DEA modellen. NVE har utarbeidet indekser gjennom å se på korrelasjonen mellom ulike variabler. Variabler som er korrelert måler det samme og bør ikke inngå i samme analyse. Ved å velge et knippe av variabler som måler det som er ønskelig å måle, unngås også problemet med å inkludere for mange variabler i DEA-modellen. De variablene NVE har inkludert i DEA-modellen, er de variablene NVE har funnet som mest robuste kostnadsdriverne.

I analysen av nettselskapenes effektivitet har valg av modell variert gjennom reguleringsperioden. NVE har tatt ut variabler, inkludert variabler, vektet variabler og fra og med 2010 har de valgt å endre modellen spesifiseringen. Denne nye modell spesifiseringen kalles en to-steps metode og går i korte trekk ut på først å anvende DEA modellen uten å inkludere rammevilkårene, for deretter å analysere om resultatene er korrelert med rammevilkårene gjennom vanlig regresjonsanalyse. Dette er tilsvarende som metode 4 fra kapittel 4.1.

Under har jeg satt ulike modeller NVE har brukt i analyse av nettselskapene. NVE har i alle modellene brukt totale kostnader som den avhengige variabelen. Modellen etter 2010 er ikke fastsatt, og NVE har selv utalt at modellen muligens blir endret. Modellen er også delt inn i produksjonsvariabler(•), oppgavevariabler(o) og geografiske rammevilkår(\*).

## Modell før 2010

### Trinn 1 DEA

- Antall abonnenter ex fritidsbolig
- Antall fritidsboliger
- Levert energi
- Antall km høyspent
- Antall nettstasjoner
- Grensesnitt mot regionalnett
- Skog med høy bonitet
- Snø
- Kystklima

Modellen fra før 2010 er en ett-steps metode hvor de geografiske rammevilkårene inkluderes direkte i modellen. Dette er tilsvarende som metode 3, presentert i kapittel 4.1. NVE har vektet geografivariablene skog med høy, Snø og Kystklima, på antall km høyspent luftledninger. Dette er blitt gjort for å skape kontinuerlige variabler, som er et krav fra metode 3.

## Modell for 2010

<b>Trinn 1 DEA</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Antall abonnenter ex fritidsbolig</li><li>• Antall fritidsboliger</li><li>• Levert energi</li><li>○ Antall km høyspent</li><li>○ Antall nettstasjoner</li><li>▪ Skog med høy bonitet</li><li>▪ Snø</li><li>▪ Kystklima</li></ul>	<b>Trinn 2 Regresjon</b> <ul style="list-style-type: none"><li>○ Grensesnitt mot regionalnett</li><li>▪ Småkraft (installert ytelse)</li><li>▪ Forsyning av øyer (som ligger minst 1km fra fastland)</li></ul>
---	--

Fra og med 2010 vil selskapenes DEA-resultat bli kalibrert gjennom en to-steps metode. I første steg beregnes selskapenes DEA-resultater ved hjelp av en DEA-modell. I steg to korrigeres DEA resultatene ved hjelp av resultatene fra en regresjonsanalyse. Modellen er endret ved at grensesnittvariabelen er tatt ut av trinn 1. Fra og med 2010 vil selskap som eier slike anlegg få korrigert sitt DEA resultatet i andre trinn. Det er i trinn to også lagt inn to andre variabler; småkraft, målt ved installert ytelse, og antall øyer som ligger minst én km fra fastland eller nærmeste forsynte øy, korrigeres ved hjelp av resultatene fra den samme regresjonsanalysen. Trinn to skal kompensere for variabler som ikke er med i DEA analysen og ikke ha en egen vurdering av effektiviteten på denne variabelen.

2010 er ett prøve år for NVE, og det første året de benytter en to-steps metode i sin analyse av nettselskapene. På bakgrunn av dette har NVE annonsert at de vil gå i dialog med bransjen om mulige endringer av modellen. På energidagene i 2009 la NVE frem et forslag på mulige endringer for modellen etter 2010. Dette forslaget innebærer en reduksjon av antallet variabler som inkluderes i det første steget av DEA. Endringen innebærer at de variablene som trekkes ut av trinn en, inkluderes i trinn to.

## Modell etter 2010

<b>Trinn 1 DEA</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Antall abonnenter totalt</li><li>• Levert energi</li><li>○ Antall km høyspent</li><li>○ Antall nettstasjoner</li></ul>	<b>Trinn 2 Regresjon</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• Antall fritidsboliger</li><li>○ Grensesnitt mot regionalnett</li><li>▪ Skog med høy bonitet</li><li>▪ Snø</li><li>▪ Kystklima</li><li>▪ Småkraft (installert ytelse)</li><li>▪ Forsyning av øyer (som ligger minst 1km fra fastland)</li></ul>
---	---

Ved å endre den opprinnelige DEA-modellen fra en ett-steps, til en to-steps metode, fører til at det kan inkluderes flere variabler og rammevilkår. Det vil ikke lengre være nødvendig å innføre vektrestriksjoner på de geografiske rammevilkårene, og antallet ekstremobservasjoner vil bli redusert. Når det gjelder supereffektivitet, vil sammenlikning av frontselskapene mot en historisk front kunne fjernes, og erstattes av tradisjonell supereffektivitet. NVE mener det viktigste vil være at

alle selskapene får samme incentiver. Når det gjelder diskusjon rundt hvorvidt modellen fremmer dette, henviser jeg til ECON-rapport nr. 2008-031.

Som en avslutning på teoridelen vil jeg gi en kort presentasjon av artikkel fra Kim og Schmidt (2008) som jeg nevner i innledningen. Artikkelen har to viktige hovedpoenger.

1. En presentasjon av en test for testing av rammevilkår.
2. En kritikk av en to-steps metode.

Det følgende avsnittet er noe teknisk, men gir et kort overblikk over artikkelen.

Kim og Schmidt tar utgangspunkt i SFA modellen, tilsvarende som den jeg presenterer i Likning 3-5 SFA. I artikkelen stiller de spørsmål om  $u_i$  avhenger av en variabel  $z_i$ , som kan være en påvirkbar variabel, eller et rammevilkår som er ikke påvirkbart. De ønsker spesielt å teste hypotesen om at  $u_i$  ikke avhenger av  $z_i$ . De antar  $u_i = \exp(z_i' \delta) * u_i$  og estimerer  $\delta$  gjennom MLE og tester hypotesen  $\delta=0$  med en Wald test. Dette er i litteraturen bedre kjent som en ett-steps metode.

Det er også mulig å benytte en to-steps metode, hvor steg en vil være å estimere modellen og effektivitetsresultatet  $\hat{u}_i$ , gjennom å ignorere  $z_i$ . For deretter i steg to å gjøre regresjon av  $\hat{u}$  på  $z_i$ . Det er velkjent at når  $z_i$  har en påvirkning på  $u_i$ , blir det problemer med ikke forventningsrette estimater i begge stegene (Wang and Schmidt 2002). Problemet i steg en, er et vanlig utelatt variabel problem.  $\hat{u}$  vil dermed ikke bli et forventningsrett estimat for  $u$ , som igjen fører til forventningsskjevne resultater i steg to gjennom regresjonen av  $\hat{u}$  på  $z$ . På bakgrunn av dette er det ikke anbefalt å bruke en to-steps metode (Kim and Schmidt 2008).

Med bakgrunn i det overnevnte vil det være interessant å teste de geografiske rammevilkårene NVE inkluderer i modellen. Jeg ønsker derfor å undersøke følgende hypoteser:

- Rammevilkårene NVE inkluderer har nødvendigvis ikke signifikant innvirkning på effektivitetsresultatet.
- Rammevilkårene har ulike betydning om reguleringen er på kort- eller lang sikt.

## 6. Analyse

I dette kapitlet vil jeg analysere de ulike geografiske rammevilkårene og deres påvirkning på kostnadsstrukturen til nettselskapene og effektivitetsresultatet. Det vil være interessant å se i hvilken grad ulikheter i rammevilkårene påvirker kostnadene til selskapene. Som grunnlag for analysen ligger artikkelen til Kim og Schmidt(2008), hvor det blir presentert en metode for testing av rammevilkår, og påvirkning på effektivitetsresultatet. Analysen vil basere seg på aktuelle innrapporterte data fra nettselskapene i Norge, og datasettet som blir brukt i analysen vil være det samme som NVE bruker i sin inntektsrammeregulering.

I analysen har jeg brukt grunnlagsdata for distribusjonsnettet for perioden 2004-2008, dette er et paneldatasett med 683 observasjoner fordelt på 139 ulike selskaper. Det er også det samme datasettet som NVE har brukt ved fastsettelse av inntektsrammer for 2010. I hele analysen vil totalkostnader til nettselskapene være den avhengige variabelen. Jeg har også lagt til noen ekstra variabler i datasettet. Dette er totalt antall kunder, total areal i konsesjonsområdet og kilometer høyspent sjøkabel. Dette er rammevilkår som ikke ligger inne i det originale datasettet. Alle variablene som blir brukt er omgjort til logaritmer. Jeg har også opprettet en dummyvariabel, for å kunne ekskludere de selskapene NVE behandler spesielt. De fleste av disse er rene industrinett som ikke ligner ordinære distribusjonsnett.

Statistikkprogrammet som har blitt benyttet i analysen er i hovedsak STATA SE 10 med supplement fra Microsoft excel 2007.

Det vil generelt bli brukt et 5 % signifikansnivå, om ikke annet er spesifisert.

### 6.1. Generell modell

Først har jeg analysert en enkel generell modell med bare produksjonsvariabler, bestående av totalkostnader, levert energi( $x_1$ ), totalt antall kunder( $x_2$ ) og totalareal( $x_3$ ). På generell form blir det følgende:

$$\ln C_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + u_i$$

$\ln C_i$  er totalkostnader til hvert enkelt selskap,  $\beta_0$  er et konstantledd,  $\beta_{1-3}$  er parameterverdier,  $x_{1-3}$  er de ulike variablene og  $u_i$  er et feilledd. På denne modellen har jeg kjørt regresjon for hvert enkelt år, testet for skala og funksjonsform, kjørt pooled OLS og testet for individuelle-, faste- eller tilfeldige effekter. Jeg har også testet for autokorrelasjon.

I tabellen følger sammendragsstatistikk av regresjonene for 2004 til 2008.

Tabell 6-1 Regresjon 2004-2008, generell modell

Variable		reg2004	reg2005	reg2006	reg2007	reg2008
Levert energi	$\beta$	-0,057	0,059	0,051	0,08	0,117
	t	-0,63	0,65	0,51	0,82	1,08
Total antall kunder	$\beta$	0,738	0,58	0,591	0,522	0,456
	t	7,34	5,74	5,32	4,76	3,79
Total areal	$\beta$	0,238	0,276	0,277	0,311	0,366
	t	6,36	7,61	6,83	7,78	7,99
Konstant	$\beta$	-0,273	-0,976	-0,987	-1,303	-2,079
	t	-0,51	-1,89	-1,73	-2,3	-3,23
R <sup>2</sup>		0,959	0,96	0,95	0,949	0,936
Obs		124	124	124	124	124

Av t-verdiene fremkommer det at de variablene som er signifikante holder seg signifikante gjennom hele perioden, og den som ikke er signifikant holder seg ikke signifikant gjennom hele perioden. Jeg har også kjørt regresjon hvor jeg delte opp total kunder variabelen i øvrige kunder og fritidsboliger, uten at dette ga signifikante utslag. Både øvrige kunder og fritidsboliger holdt seg signifikant gjennom hele perioden.

For å underbygge regresjonene og for feilsøking har jeg også plottet ytelse og påvirkningskraft (på engelsk: leverage) mot det kvadrerte residualt. Dette for å identifisere eventuelle avviksobservasjoner. R<sup>2</sup> verdiene til hver av regresjonene strekker seg mellom 0,9603 (2005) og 0,9364 (2008). Videre testet jeg skalaegenskapene til modellen, gjennom H<sub>0</sub>: konstant skala utbytte. Her forkastet jeg alle null hypotesene om konstant skalautbytte. Testene ga meg F-verdier mellom 16,95 (2005) og 5,38 (2008), og P-verdi mellom 0,0001 og 0,022. Som en oppfølger til skalatesten, testet jeg funksjonsformen til den generelle modellen for de ulike årene, gjennom en Ramsey reset test. Her fikk jeg F-verdier mellom 4,83 (2004) og 3,20 (2008), og P-verdi mellom 0,003 og 0,025.

Jeg testet den generelle modellen for homoskedastisitet gjennom en White's test. Dette er en test på om residualenes varians er konstant, med følgende hypoteser.

H<sub>0</sub>: Homoskedastisitet

H<sub>1</sub>: Heteroskedastisitet

Her feilet jeg med å forkaste H<sub>0</sub> for årene 2004 og 2005. For årene 2006-2008, forkastet jeg derimot H<sub>0</sub>. Det er derfor fare for heteroskedastisitet i datasettet.

Etter å ha gjort regresjon pr år, gjorde jeg regresjon på alle årene, gjennom POLS(Pols), POLS med robuste standard avvik(Pols\_r) og til slutt en gruppe korrigeret POLS, på engelsk clusterPOLS(Pols\_rc). Sammenlikning av estimatene med standardavvik og t-verdier er gjengitt i tabellen.

Tabell 6-2 POLS, POLS-r, POLS-rc, generell modell

Variable		Pols	pols_r	pols_rc
Levert energi	$\beta$	0,051	0,051	0,051
	se	0,044	0,041	0,082
	t	1,18	1,26	0,63
Total antall kunder	$\beta$	0,576	0,576	0,576
	se	0,049	0,047	0,094
	t	11,84	12,16	6,12
Total areal	$\beta$	0,294	0,294	0,294
	se	0,018	0,019	0,040
	t	16,41	15,1	7,43
Konstant	$\beta$	-1,140	-1,140	-1,140
	se	0,254	0,277	0,563
	t	-4,49	-4,12	-2,03
	$R^2$	0,95	0,95	0,95
	obs	620	620	620

POLS legger hele den uobserverte effekten inn i feilledet. Testen er generelt ugyldig under POLS siden seriekorrelasjon blir ignorert. Derfor gjør jeg modellen robust overfor seriekorrelasjon og heteroskedastisitet. Jeg har også justert standardavvikene for grupper. Estimatenes er de samme for alle metodene, men standardavvikene og t-verdiene endres. Generelt kan det sies at fra pols  $\rightarrow$  pols\_rc øker standardavvikene og t-verdiene blir lavere. Jeg testet også POLS for autokorrelasjon gjennom en Wooldridge test for autokorrelasjon i paneldata.

$H_0$ : Ingen førsteordens autokorrelasjon

$H_1$ : Autokorrelasjon

Jeg fikk F-verdi på 2,871 og P-verdi på 0,0927, jeg kan derfor ikke forkaste  $H_0$ , om ingen førsteordens autokorrelasjon.

Jeg har videre testet modellen for individuelle effekter på to måter. Først gjennom en *auto regressive test*(AR(1)), deretter gjennom en *Breusch and Pagan Lagrange-multiplier test*. AR(1) testen følger under, mens *Breusch and Pagan Lagrange-multiplier test* presenteres etter avsnittet om tilfeldige effekter. For å utføre en AR(1) test må først residualet  $\hat{u}$  predikeres, deretter legges det forskjøvede residualet til en robust gruppe justert POLS og følgende testes.

$H_0$ : L1 t ikke signifikant. Det er ikke individuelle effekter

$H_1$ : L1 t signifikant. Det er individuelle effekter.

Testverdiene viste at L1 var signifikant gjennom en t-verdi på 23,94 og P-verdi 0,000. Forkaster derfor  $H_0$  og konkluderer med at det er individuelle effekter.

Når det jobbes med et paneldatasett må det alltid testes for om det eksisterer faste effekter(FE) eller tilfeldige effekter(RE). Fast effekt regresjonen kontrollerer for uobservert, men konstant variasjon gjennom kryssseksjonsenhetene. Tilfeldig effekt- estimatoren er et vektet gjennomsnitt av faste- og

mellomeffekter. Jeg har fulgt *introductory econometrics* (Wooldridge 2006) for testing av RE og FE. Regresjonen for RE kan leses i vedlegg 1, mens regresjonen fra FE kan leses i vedlegg 2

RE regresjonen testet jeg gjennom *Breusch and Pagan Lagrange-multiplier* test for individuelle effekter. Dette er en test på om det eksisterer uobserverte individuelle effekter i modellen.

$H_0$ : Det er ikke individuelle effekter ( $\text{var}(u)=0$ )

$H_1$ : Det er individuelle effekter ( $\text{var}(u)\neq 0$ )

Testresultatene ga en chi-kvadrert verdi på 689,53 og P-verdi på 0,0000. Jeg forkaster derfor  $H_0$  og konkluderer, som over, med at det er individuelle effekter.

Videre testet jeg RE og FE resultatene opp mot hverandre gjennom en Hausman test. Dette er en test hvor  $H_0$  sier at både FE og RE er konsistente estimatorer. Under null hypotesen er ikke koeffisient vektorene fra FE og RE signifikant forskjellig fra hverandre. Forkastes derimot  $H_0$ , er X korrelert med u og RE resultatene er inkonsistente og det må brukes en FE modell. Testresultatene mine ga en chi-kvadrert verdi på 12,41 og P-verdi på 0,002. Jeg forkaster derfor  $H_0$ , og konkluderer med at det er faste effekter. FE-modellen er alltid mer overbevisende enn RE-modellen, siden RE-modellen er inkonsistent i antakelsen om strikt eksogenitet.

Videre tester jeg modellen for autokorrelasjon gjennom prediksjon av feilleddet fra FE-modellen, for deretter å inkludere det laggete feilleddet i modellen. Hvis variabelen L1 er signifikant eksisterer det autokorrelasjon. Den nye regresjonen rapporterer en t-verdi til L1 på 0,91 og P-verdi på 0,361, dette er ikke signifikant og det kan konkludere med at det ikke er autokorrelasjon. Siden det er tilfellet kan en POLS-modell med robuste standardavvik og cluster på residualene benyttes.

## 6.2. Utvidelse av modellen

I den videre analysen tar jeg utgangspunkt i den enkle modellen som er presentert over, og legger til rammevilkårene. I analyse og regulering av nettselskapene vil det være fornuftig å ta et valg med tanke på virkningen av reguleringen. Er det ønskelig med et kortsiktig eller et langsiktig perspektiv. Jeg vil derfor i den videre analysen dele opp modellen i kort og lang sikt. For betydningen av kort og lang sikt, henviser jeg til kapittelet 2.2 om kostnadsfunksjoner.

### 6.2.1. Kort sikt

Totalkostnadene er den avhengige variabelen og i tillegg til den generelle modellen har jeg tillagt variablene antall kilometer høyspent( $x_4$ ), antall nettstasjoner( $x_5$ ), skog med høy bonitet( $x_6$ ), snømengde( $x_7$ ) og en vindvariabel( $x_8$ ) som forklarende variabler. På generell form blir modellen som følger.

$$\ln C_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \beta_2 x_{i2} + \beta_3 x_{i3} + \beta_4 x_{i4} + \beta_5 x_{i5} + \beta_6 x_{i6} + \beta_7 x_{i7} + \beta_8 x_{i8} + u_i$$

$\ln C_i$  er totalkostnader til hvert enkelt selskap,  $\beta_0$  er et konstantledd,  $\beta_{1-8}$  er parameterverdier,  $x_{1-8}$  er de ulike variablene og  $u_i$  er et feilledd. På denne modellen har jeg anvendt samme metodikk som på den enkle modellen og analysen følger samme oppsett og argumentasjon. Det er viktig å merke seg at høyspent og nettstasjoner vil være endogene variabler.

Regresjonsresultatene for 2004 til 2008 er gjengitt i sammendragstatistikken som følger.



Tabell 6-3 Regresjon 2004-2008 kortsiktig modell

Variable		reg2004	reg2005	reg2006	reg2007	reg2008
Levert energi	$\beta$	-0,074	0,005	-0,016	0,046	0,076
	t	-0,84	0,06	-0,17	0,49	0,75
Total antall kunder	$\beta$	0,612	0,489	0,528	0,428	0,375
	t	5,37	4,53	4,52	3,52	2,81
Total areal	$\beta$	0,039	0,027	-0,025	0,060	0,116
	t	0,5	0,38	-0,31	0,72	1,24
Høyspent	$\beta$	0,422	0,465	0,588	0,511	0,534
	t	3,27	3,95	4,54	3,76	3,5
Nettstasjoner	$\beta$	-0,069	-0,056	-0,141	-0,120	-0,142
	t	-0,5	-0,43	-0,98	-0,8	-0,85
Skog med høy bonitet	$\beta$	0,024	0,027	0,020	0,032	0,051
	t	2,07	2,52	1,72	2,57	3,68
Snø	$\beta$	-0,027	0,026	0,037	0,001	0,031
	t	-0,75	0,77	1,01	0,02	0,7
Vind	$\beta$	0,019	0,032	0,038	0,025	0,035
	t	1,57	2,96	3,18	1,99	2,5
Konstant	$\beta$	2,839	2,578	3,166	2,324	1,423
	t	2,73	2,7	2,97	2,08	1,13
	R <sup>2</sup>	0,965	0,970	0,964	0,959	0,950
	obs	124	124	124	124	124

Generelt kan det sies at variablene som er signifikante holder seg signifikante gjennom perioden og visa versa, med unntak av skog med høy bonitet, vind og konstantleddet. Jeg har plottet ytelse og påvirkningskraft mot det kvadrerte residuallet, på samme måte som for den enkle modellen. Videre testet jeg skalaegenskapene til modellen, gjennom  $H_0$ : konstant skala utbytte. Her beholdt jeg alle nullhypotesene om konstant skalautbytte. Testene ga F-verdier mellom 1,57 (2008) og 0,11 (2007), og P-verdi mellom 0,21 og 0,75. Ramsey reset testen ga F-verdier mellom 5,38 (2006) og 3,41 (2008), og P-verdi mellom 0,001 og 0,02.

Tabell 6-4 presenterer korrelasjonsmatrisen for variablene jeg har inkludert i den kortsiktige modellen.

Tabell 6-4 Korrelasjon kortsiktig modell

	Levert energi	Antall kunder	Areal	Høyspent	Nettstasjoner	Skog med høy b.	Snø
Antall kunder	0,99	1					
Areal	0,82	0,84	1				
Høyspent	0,92	0,93	0,96	1			
Nettstasjoner	0,96	0,97	0,91	0,97	1		
Skog med høy b.	0,02	0,03	-0,08	-0,06	-0,01	1	
Snø	-0,28	-0,29	-0,01	-0,14	-0,23	-0,22	1
Vind	0,01	-0,03	-0,14	-0,09	-0,11	0,02	-0,09

Variablene levert energi og antall kunder nesten er perfekt korrelert, det er naturlig å anta, siden levert energi vil øke med antall kunder. Ekstra informasjon fra den langsiktige modellen vil være i hvilken grad høyspent og nettstasjoner er korrelert med de andre variablene.

Videre kjørte jeg POLS(pols), POLS med robuste standard avvik(pols\_r) og til slutt en gruppe korrigert POLS med robuste standardavvik(pols\_rc). Sammendragsstatistikk med parameterestimer, standardavvik og t-verdier er gjengitt i tabellen under.

Tabell 6-5 POLS, POLS\_r, POLS-rc, kortsiktig modell

Variable		Pols	pols_r	pols_rc
Levert energi	$\beta$	0,011	0,011	0,011
	se	0,041	0,037	0,073
	t	0,27	0,29	0,15
Total antall kunder	$\beta$	0,481	0,481	0,481
	se	0,053	0,050	0,095
	t	9,14	9,62	5,05
Total areal	$\beta$	0,044	0,044	0,044
	se	0,036	0,037	0,069
	t	1,22	1,17	0,64
Høyspent	$\beta$	0,505	0,505	0,505
	se	0,059	0,057	0,105
	t	8,56	8,89	4,79
Nettstasjoner	$\beta$	-0,105	-0,105	-0,105
	se	0,065	0,062	0,115
	t	-1,61	-1,68	-0,91
Skog med høy bonitet	$\beta$	0,031	0,031	0,031
	se	0,005	0,006	0,012
	t	5,8	5,14	2,67
Snø	$\beta$	0,014	0,014	0,014
	se	0,017	0,018	0,038
	t	0,82	0,74	0,36
Vind	$\beta$	0,030	0,030	0,030
	se	0,005	0,005	0,011
	t	5,51	5,5	2,76
Konstant	$\beta$	2,454	2,454	2,454
	se	0,483	0,526	0,991
	t	5,08	4,66	2,48
	R <sup>2</sup>	0,96	0,96	0,96
	obs	620	620	620

Som for den generelle modellen øker standardavvikene mens t-verdiene reduseres ved å gå fra pols→pols\_rc. Dette gjelder også til dels gjelder for pols→pols\_r.

Wooldridge test for autokorrelasjon i paneldata ga F-verdi lik 2,79 og P-verdi 0,097, forkaster ikke  $H_0$ , om ingen førsteordens autokorrelasjon.

AR(1) testen viste at L1 var signifikant gjennom en t-verdi på 19,73 og P-verdi på 0,000. Forkaster derfor  $H_0$  og konkludere med at det er individuelle effekter også i den kortsiktige modellen, ved testing gjennom AR(1).

Regresjonen fra den kortsiktige modellen, for RE kan leses i vedlegg 1, mens regresjonen fra FE kan leses i vedlegg 2.

RE regresjonen testet jeg gjennom *Breusch and Pagan Lagrange-multiplier* test for individuelle effekter. Test ga en chi-kvadrert verdi på 588,12 og P-verdi på 0,000. Jeg forkaster derfor  $H_0$  og konkluderer, som over, med at det er individuelle effekter.

Hausmann testen mellom FE og RE ga chi-kvadrert verdi på 13,8 og P-verdi på 0,008. Konkludere dermed med at det er faste effekter.

Autokorrelasjonstesten gjennom å inkludere det laggede feilledet i FE-modellen, ga en t-verdi til L1 på 0,82 og P-verdi på 0,41. Dette er ikke signifikant, og jeg forkaster ikke  $H_0$ , om ingen autokorrelasjon i modellen. En POLS-modell med robuste standardavvik og cluster på residualene vil dermed kunne gi konsistente parameterestimer.

### Test av rammevilkårene

For testingen av rammevilkårene benytter jeg POLS modellen med robuste standardavvik og cluster på residualene. Siden jeg har en robust modell blir også F-testen robust, mer konkret kalles testen en robust Wald-test.

En Wald-test er en måte å teste signifikans til enkelte forklarende variabler i en modell. Hvis en enkelt forklarende variabel kommer ut som signifikant i Wald-testen, kan det konkluderes med at parameteren tilknyttet variabelen ikke er null. Variabelen bør dermed inkluderes i modellen. Kommer variabelen ut som ikke signifikant, kan den utelates fra modellen. Variabelen har da ingen signifikant betydning på den avhengige variabelen. I tabellen under har jeg presentert verdiene jeg fant etter å ha anvendt testen på POLS modellen med robuste standardavvik og cluster på residualene, for den kortsiktige modellen.

Tabell 6-6 Test av rammevilkår, kort sikt

Variable	F-verdi	P-verdi
Leverert energi	0,02	0,88
Antall kunder	25,5	0
Total areal	0,41	0,52
Høyspent	22,9	0
Nettstasjoner	0,83	0,36
Skog med høy bonitet	7,15	0
Snø	0,13	0,72
Vind	7,61	0

Variablene Antall kunder, høyspent, skog med høy bonitet og vind kommer ut som signifikante. For de geografiske rammevilkårene kan det konkluderes med at skog med høy bonitet og vindvariabelen er reelle kostnadsdrivere i modellen.

Videre følger analysen av den langsiktige modellen.

### 6.2.2. Lang sikt

Totalkostnadene er den avhengige variabelen og i tillegg til den generelle modellen med levert energi( $x_1$ ), totalt antall kunder( $x_2$ ) og totalareal( $x_3$ ), har jeg lagt til variablene skog med høy bonitet( $x_4$ ), snømengde( $x_5$ ) og en vindvariabel( $x_6$ ) som forklarende variabler. På generell form blir modellen som følger.

$$\ln C_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \beta_2 x_{2i} + \beta_3 x_{3i} + \beta_4 x_{4i} + \beta_5 x_{5i} + \beta_6 x_{6i} + u_i$$

$\ln C_i$  er totalkostnader til hvert enkelt firma,  $\beta_0$  er et konstantledd,  $\beta_{1-6}$  er parameterverdier,  $x_{1-6}$  er de ulike variablene og  $u_i$  er et feilledd. I denne modellen har jeg anvendt samme metodikk som i den generelle- og kortsiktige modellen. Analysen følger dermed samme oppsett og argumentasjon.

Regresjonsresultatene for 2004 til 2008 er gjengitt i sammendragstatistikken under.

Tabell 6-7 Regresjon 2004-2008 langsiktig modell

Variable		reg2004	reg2005	reg2006	reg2007	reg2008
Levert energi	$\beta$	-0,075	0,002	-0,022	0,030	0,054
	t	-0,82	0,03	-0,22	0,3	0,51
Total antall kunder	$\beta$	0,725	0,627	0,662	0,554	0,506
	t	7,11	6,23	6,02	4,98	4,29
Total areal	$\beta$	0,280	0,303	0,298	0,345	0,401
	t	6,71	7,66	6,76	7,79	8,13
Skog med høy bonitet	$\beta$	0,016	0,017	0,010	0,022	0,042
	t	1,29	1,52	0,75	1,71	2,94
Snø	$\beta$	-0,032	0,021	0,037	0,000	0,038
	t	-0,85	0,61	0,93	0	0,84
Vind	$\beta$	0,024	0,037	0,045	0,032	0,041
	t	2,12	3,4	3,74	2,57	3,03
Konstant	$\beta$	-0,349	-1,068	-1,053	-1,368	-2,270
	t	-0,66	-2,13	-1,91	-2,45	-3,7
	$R^2$	0,961	0,964	0,956	0,953	0,944
	obs	124	124	124	124	124

Som for modellen på kort sikt kan det sies at variablene som er signifikante, holder seg signifikante gjennom perioden og visa versa, med unntak av skog med høy bonitet og konstantleddet. For feilsøking, har jeg også plottet ytelse og påvirkningskraft mot det kvadrerte residualt.

Skalatesten ga F-verdier mellom 1,91 (2008) og 0,02 (2005), og P-verdi mellom 0,169 og 0,878. Beholder derfor hypotesen om konstant skalautbytte. Ramsey reset testen ga F-verdier mellom 2,93 (2008) og 5,16 (2006), og P-verdi mellom 0,036 og 0,002.

Tabell 6-8 presenterer korrelasjonsmatrisen for variablene jeg har inkludert i den langsiktige modellen. Dette er den samme tabellen som for den kortsiktige modellen, men høyspent og nettstasjoner er ekskludert.

Tabell 6-8 Korrelasjon langsiktig modell

	Levert energi	Antall kunder	Areal	Skog med høy b.	Snø
Antall kunder	0,99	1			
Areal	0,82	0,84	1		
Skog med høy b.	0,02	0,03	-0,08	1	
Snø	-0,28	-0,29	-0,01	-0,22	1
Vind	0,01	-0,03	-0,14	0,02	-0,09

Under er de ulike POLS resultatene presentert.

Tabell 6-9 POLS, POLS\_r, POLS-rc, langsiktig modell

Variable		Pols	pols_r	pols_rc
Levert energi	$\beta$	0,001	0,001	0,001
	se	0,043	0,039	0,076
	t	0,03	0,03	0,02
Total antall kunder	$\beta$	0,611	0,611	0,611
	se	0,048	0,045	0,086
	t	12,64	13,72	7,1
Total areal	$\beta$	0,326	0,326	0,326
	se	0,020	0,019	0,038
	t	16,71	16,81	8,7
Skog med høy bonitet	$\beta$	0,022	0,022	0,022
	se	0,006	0,006	0,012
	t	3,82	3,42	1,76
Snø	$\beta$	0,013	0,013	0,013
	se	0,018	0,019	0,040
	t	0,73	0,68	0,33
Vind	$\beta$	0,036	0,036	0,036
	se	0,005	0,006	0,012
	t	6,71	6,29	3,12
Konstant	$\beta$	-1,247	-1,247	-1,247
	se	0,246	0,270	0,544
	t	-5,06	-4,61	-2,29
	$R^2$	0,955	0,955	0,955
	obs	620	620	620

Som for den kortsiktige modellen, kan det generelt nevnes at standardavviket øker og t-verdiene reduseres ved å gå fra pols til pols\_rc.

Wooldridge test for autokorrelasjon i paneldata ga F-verdi lik 2,871 og P-verdi 0,0927, kan dermed ikke forkaste  $H_0$  om ingen førsteordens autokorrelasjon.

AR(1) testen viste at L1 var signifikant gjennom en t-verdi på 21,88 og P-verdi på 0,000. Forkaster derfor  $H_0$  og konkluderer med at det er individuelle effekter også i den langsiktige modellen, ved testing gjennom AR(1).

Regresjonen fra den langsiktige modellen, for RE kan leses i vedlegg 1, mens regresjonen fra FE kan leses i vedlegg 2.

*Breusch and Pagan Lagrange- multiplier* test ga en chi-kvadrert verdi på 642,65 og P-verdi på 0,000. Jeg forkaster derfor  $H_0$  og konkluderer, som over, med at det er individuelle effekter.

Hausmann testen mellom FE og RE ga chi-kvadrert verdi på 15,24 og P-verdi på 0,000. Konkludere dermed med at det er faste effekter.

Autokorrelasjonstesten gjennom å inkludere det laggede feilleddet i FE-modellen, ga en t-verdi til L1 på 0,91 og P-verdi på 0,361. Dette er ikke signifikant, jeg forkaster ikke  $H_0$ , om ingen autokorrelasjon i modellen. En POLS-modell med robuste standardavvik og cluster på residualene vil dermed kunne gi konsistente parameterestimer.

### Test av rammevilkårene

For testingen av rammevilkårene benytter jeg POLS modellen med robuste standardavvik og cluster på residualene for den langsiktige modellen. På samme måte som for den kortsiktige modellen, testet jeg rammevilkårene gjennom en Wald-test.

I tabellen under har jeg presentert testresultatene av rammevilkårene på den langsiktige modellen.

Tabell 6-10 Test av rammevilkår, lang sikt

Variable	F-verdi	P-verdi
Lever energi	0	0,99
Antall kunder	50,46	0
Total areal	75,62	0
Skog med høy bonitet	3,11	0,08
Snø	0,11	0,74
Vind	9,72	0

Fra den kortsiktige modellen har det skjedd endringer i signifikansnivå til variablene. Total areal variabelen er blitt signifikant, dette fordi variabelen høyspent ikke er inkludert. Disse variablene er også høyt korrelert med hverandre. Variabelen skog med høy bonitet har blitt mindre signifikant og kan inkluderes i modellen med signifikansnivå på 8 %

Betydningen av rammevilkårene er dermed noe ulik på kort- og lang sikt.

### Inkludering av høyspent sjøkabel i modellen

Som tillegg til den kortsiktige modellen har jeg valgt å presentere en ekstra analyse, hvor jeg inkludere høyspent sjøkabel i modellen. Det har vært diskusjon rundt høyspent sjøkabel, og om det er en relevant kostnadsdriver. Jeg ønsker derfor å se om høyspent sjøkabel er en signifikant variabel.

Det har også vært diskusjon om selskapene som har høy andel av høyspentnettet som sjøkabel, skal behandles for seg i reguleringen.

Som utgangspunkt bruker jeg POLS modellen med variabelen høyspent sjøkabel inkludert, robuste standardavvik og cluster på residualene. Deretter anvender jeg Wald testen på rammevilkårene. I tabellen under er testresultatene presentert.

**Tabell 6-11 Test av rammevilkår med høyspent sjøkabel, kort sikt**

Variable	F-verdi	P-verdi
Leverte energi	0,13	0,72
Antall kunder	25,3	0
Total areal	0,45	0,5
Høyspent	18,96	0
Nettstasjoner	0,85	0,35
Høyspent sjøkabel	1,54	0,21
Skog med høy bonitet	6,58	0,01
Snø	0,02	0,88
Vind	0,9	0,34

Ved å inkludere variabelen høyspent sjøkabel, går vind variabelen fra å være signifikant til å være ikke signifikant. Det er ikke en signifikant utelatt variabel i form av høyspent sjøkabel, og modellen blir dermed ikke bedre av å inkludere variabelen. Høyspent sjøkabel vil også være en fraksjon av variabelen høyspent.

Majoriteten av nettselskapene har heller ikke sjøkabel som en del av sitt høyspentnett. I tabellen under har jeg presentert antall selskaper med høyspent sjøkabel, og andelen sjøkabel av det totale høyspentnettet.

**Tabell 6-12 Selskaper med høyspent sjøkabel**

Andel sjøkabel av total høyspent	Selskap
Uten sjøkabel	67
mellom 0 og 5 %	50
mellom 5 % og 10 %	10
over 10 %	3
over 30 %	2

Av tabellen over kan det leses at nærmere 90 % av selskapene har en sjøkabelandel, på under 5 % av total høyspent nett. Jeg har derfor valgt å gjøre en siste analyse hvor jeg tar ut de selskapene med en andel av høyspent sjøkabel på over 5 %. Grunnen til dette er for å undersøke om disse selskapene påvirker resultatene for de andre nettselskapene.

Tabell 6-13 Test av rammevilkår, kort sikt UTEN selskaper med høy andel av høyspent sjøkabel

Variable	F-verdi	P-verdi
Lever energi	0	0,98
Antall kunder	26,13	0
Total areal	0,70	0,40
Høyspent	14,69	0
Nettstasjoner	0,58	0,45
Skog med høy bonitet	5,26	0,02
Snø	0,39	0,53
Vind	3,92	0,05

Tabell 6-14 Test av rammevilkår, kort sikt MED selskaper med høy andel av høyspent sjøkabel

Variable	F-verdi	P-verdi
Lever energi	0,02	0,88
Antall kunder	25,5	0
Total areal	0,41	0,52
Høyspent	22,9	0
Nettstasjoner	0,83	0,36
Skog med høy bonitet	7,15	0
Snø	0,13	0,72
Vind	7,61	0

Ved å utelate de selskapene med en andel sjøkabel på over 5 %, blir ikke vindvariabelen lengre signifikant på kort sikt. Dette kan også sees i sammenheng med det som skjedde med vindvariabelen da høyspent sjøkabel ble inkludert i den kortsiktige modellen.

Videre følger sammenlikning av den langsiktige modellen.

Tabell 6-15 Test av rammevilkår, lang sikt UTEN selskaper med høy andel av høyspent sjøkabel

Variable	F-verdi	P-verdi
Lever energi	0,01	0,91
Antall kunder	41,38	0
Total areal	73,73	0
Skog med høy bonitet	2,55	0,11
Snø	0,16	0,69
Vind	2,99	0,09

Tabell 6-16 Test av rammevilkår, lang sikt MED selskaper med høy andel av høyspent sjøkabel

Variable	F-verdi	P-verdi
Lever energi	0	0,99
Antall kunder	50,46	0
Total areal	75,62	0
Skog med høy bonitet	3,11	0,08
Snø	0,11	0,74
Vind	9,72	0

Vind variabelen går fra å være signifikant til å være ikke- signifikant i noe større grad enn fra den kortsiktige modellen. Skog med høy bonitet blir også mindre signifikant. Ved å utelate selskapene med en sjøkabelandel på over 5 %, finner jeg altså at ingen av de geografiske rammevilkårene har signifikant betydning på lang sikt.

### 6.3.Effektivitetsanalyse, kort og lang sikt

Jeg vil avslutte analysen med effektivitetsanalyser på kort og lang sikt. For effektivitetsanalysene er det benyttet SFA.

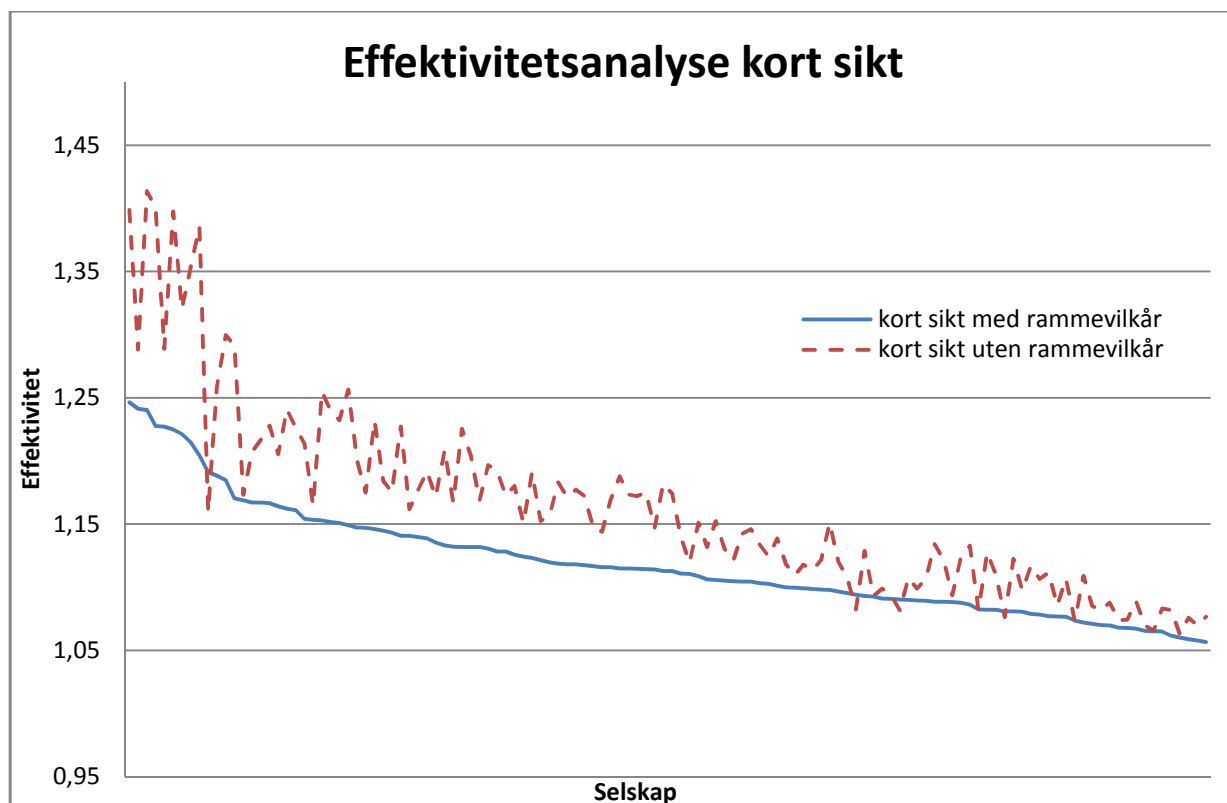
Effektivitetsanalysene er ikke gjort på samme år. På grunn av ML estimerings ulemper, var det ikke mulig å gjennomføre effektivitetsanalyse på alle årene gjennom SFA. Dette har ikke stor betydning for resultatene, siden resultatene er ment illustrerende.



Siden det er kostnadsstruktur og minimering av kostnader som er det aktuelle, er fronten selskapene er målt opp mot, en kostnadsfront. I en kostnadsmodell vil effektivitetsresultatet være større eller lik en, en økning i effektivitetsresultat vil bety at selskapene blir mindre effektive.

### 6.3.1. Effektivitetsanalyse kort sikt

Grafen under viser effektivitetsanalysen på kort sikt, med og uten geografiske rammevilkår. Denne analysen er gjort på data fra 2005.

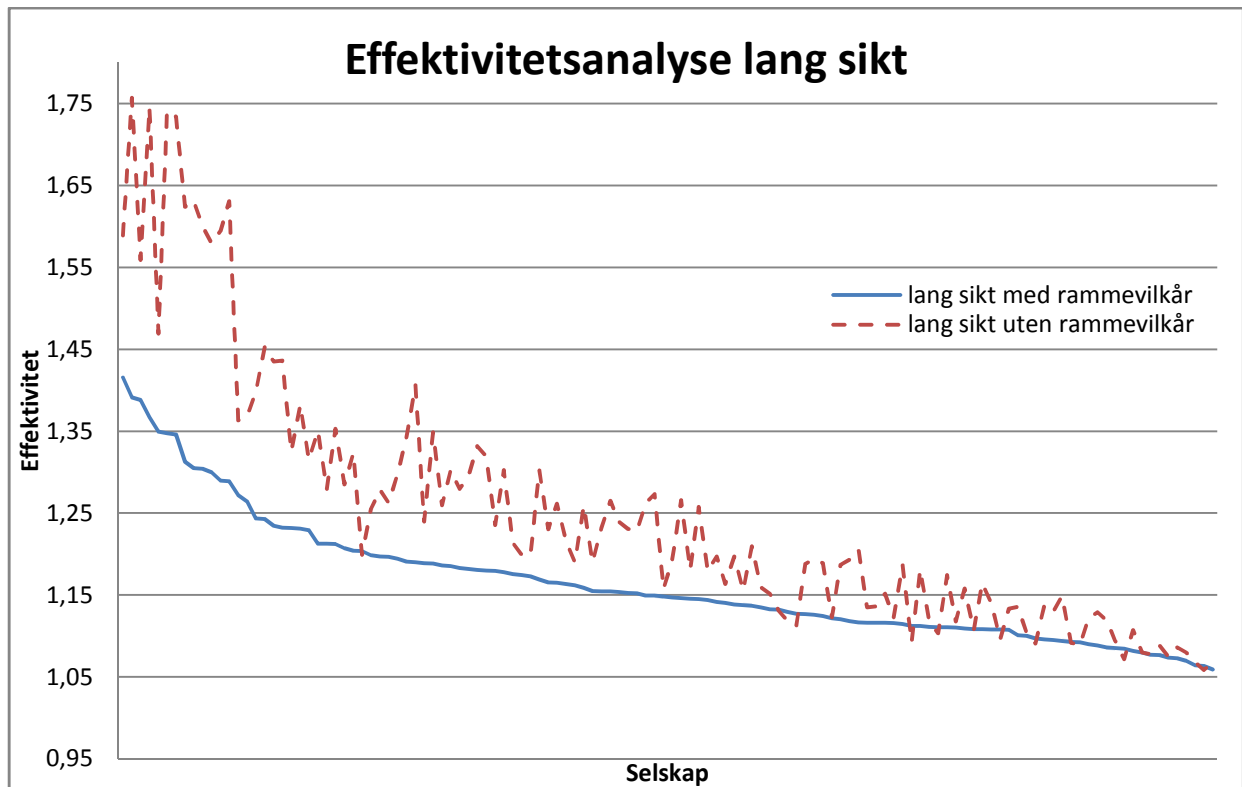


Graf 6-1 Effektivitetsanalyse kort sikt

I graf 6-1 er resultatene fra effektivitetsanalysen med rammevilkår, sortert fra størst til minst. Av grafen kommer det frem at det vil være forskjell i effektivitet, om geografiske rammevilkår inkluderes eller utelates. Det kan allikevel virke som de geografiske rammevilkårene får mindre betydning etter hvert som effektivitetsresultatet forbedres.

### 6.3.2. Effektivitetsanalyse lang sikt

Videre følger grafen fra effektivitetsanalysen for den langsiktige modellen. Analysen er også for den langsiktige modellen gjennomført på data fra 2005.

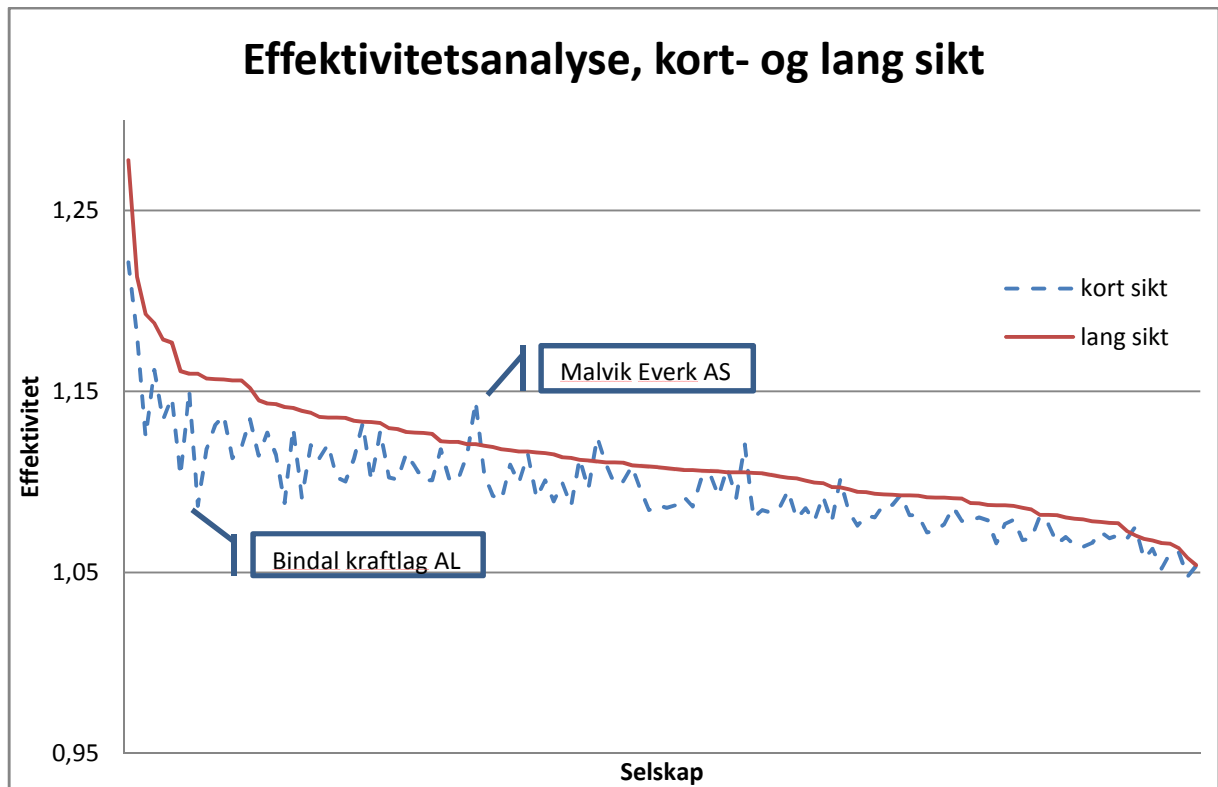


Graf 6-2 Effektivitetsanalyse lang sikt

Som for de kortsiktige resultatene, er resultatene fra den langsiktige analysen med rammevilkår, sortert fra størst til minst. De langsiktige resultatene bekrefter det samme som de kortsiktige resultatene, at effektivitetsresultatene vil bli forskjellig om geografiske rammevilkår inkluderes eller utelates. For den langsiktige modellen er derimot forskjellen i effektivitetsresultat større sammenliknet med den kortsiktige modellen (se forskjell i skala til den vertikale akselen).

### 6.3.3. Sammenlikning av effektivitetsresultat kort og lang sikt

Den siste grafen jeg vil presentere er en graf hvor effektivitetsresultatene fra kort og lang sikt med rammevilkår, er lagt i samme graf. Denne analysen er gjort på data fra 2006.



Graf 6-3 Effektivitetsanalyse kort- og lang sikt

I graf 6-3 er effektivitetsresultatene på lang sikt sortert fra høyeste til laveste verdi. De langsiktige resultatene er den hele linjen, mens de kortsiktige resultatene er den stiplede linjen. Av grafen kommer det frem at selskapene vil få ulike effektivitetsresultater avhengig av om det reguleres etter en kortsiktig eller langsiktig modell. Den største differansen i effektivitetsresultat med utgangspunkt i den langsiktige modellen, hadde Malvik Everk med -2,1 %, og Bindal Kraftlag med 6,3 %. Det kan fra graf 6-3 tyde på at selskapene generelt oppnår et bedre effektivitetsresultat i den kortsiktige modellen, enn i den langsiktige.

## 7. Diskusjon

I dette kapittelet vil jeg diskutere rundt reguleringsmodellen og funnene i analysen. Diskusjonen bygger på en kombinasjon av analyseresultatene og teori. Jeg deler kapittelet inn i ulike underoverskrifter, men oppsettet følger ikke analysen kronologisk.

### 7.1. Generelt om datasettet

Ved plotting av ytelse og påvirkningskraft mot det kvadrerte residualet, kom det frem noen enkle feil i datasettet. Disse feilene vil kunne ha en påvirkning på analysen og estimering av effektivitetsresultatet, og ble dermed rettet opp. Feilene jeg fant var at Narvik energi har feil på fritidsboliger i 2005, Meløy har feil på antall nettstasjoner i 2007 og 2008, Nordkyn kraftlag har også feil på antall nettstasjoner i 2008.

Det er viktig å merke seg at testresultatene fra analysen gjelder hvis NVE regulerer alle nettselskapene etter likebehandlingsregelen.

I utkast 6.6.2006 argumenterer NVE for å bruke en tilfeldigeffekt modell, uten å grunngi dette i noen som helst form for testing. Analysen min taler derimot for, om det skal velges mellom en tilfeldig- eller fasteffekt modell, at det skal velges en fasteffekt modell. Valg av en fasteffekt modell vil derimot skape problemer for analysen, ved at denne typen modell dropper tids konstante variabler. I mitt tilfelle vil det blant annet være alle de geografiske rammevilkårene.

### 7.2. Hensikten med regulering

Effektivitetsmålingen skal ideelt sett fange opp de underliggende samfunnsøkonomiske sammenhengene mellom effektiv kostnadsstruktur og leveranse til nettkundene på kort og lang sikt. Ved å se tilbake på kapittel 6.3 og effektivitetsanalysene, er det tydelig at en regulering som tar høyde for både kort og lang sikt, vil være vanskelig å utforme. I samme kapittel ser vi også viktigheten av å inkludere geografiske rammevilkår. Det effektivitetsanalysene ikke sier noe om, er om de riktige rammevilkårene inkluderes på en riktig måte. Fra kapittel 5 nevner jeg at dette er en viktig forutsetning for at likebehandlingsprinsippet skal holde.

Ved en regulering på kort eller lang sikt vil heller ikke selskapene stå overfor de samme insentivene, siden effektivitetsresultatene ikke er like mellom de to alternativene.

En bedring i effektivitet hos et ineffektivt selskap, vil føre til en økning i resultat, med tilsvarende reduksjon hos andre selskaper. Kostnadsreduksjon hos et effektivt selskap vil føre til en resultatreduksjon hos selskapene som selskapet er referanse for, og en resultatøkning hos selskapene som selskapet ikke er referanse for.

Kostnadsreduksjoner hos andre selskaper medfører dermed reduksjon i inntektsrammen til det aktuelle selskapet. Effektivisering på linje med resten av bransjen er dermed nødvendig for å opprettholde avkastning. Dette har til hensikt å skape en kjedereaksjon i bransjen, med insentiv til effektivisering, som fører til økt effektivisering i bransjen og økt interesse for omstruktureringer. Ved heterogenitet vil allikevel en feilspesifisert modell kunne gi feil insentiver.

### 7.3. DEA eller SFA

Valg av parametriske og ikke-parametriske modeller vil være likegyldig, siden de ulike alternativene gir identiske resultater når modellen er korrekt spesifisert i forhold til den underliggende

virkeligheten. Begge modelltypene vil imidlertid måtte endres over tid. Selskapene må belage seg på betydelige endringer over tid, både som følge av svakheter i modellen som må forbedres, og ny informasjon som tilkommer. All erfaring med nettregulering fra Norge og andre land underbygger dette. Både regulator, nettselskaper og kunder bør være pådrivere for endringer. Det viktige er at regulator gir klare signaler om den langsiktige utviklingen av reguleringen. Hvilke ambisjoner en har for den økonomiske reguleringen, hvilke faktorer skal vektlegges, hvor hyppig skal endringer skje og hva er kriteriene for endringer.

Denne oppgaven tar ikke for seg noen analyse av hvilke av de to alternativene, parametrisk, ikke-parametrisk, som vil være mest hensiktsmessig å bruke i effektivitetsmålingen av norske nettselskaper. Ved korrekt spesifisering skal de uansett gi samme resultat. For den parametriske modellen vil korrekt spesifisering bety at både funksjonsform og parameterverdier er 100 prosent korrekt. For den ikke-parametriske innebærer dette at de delene av fronten som benyttes som benchmark er korrekte. Det krever at det er et tilstrekkelig antall effektive selskaper. Hvor mange effektive selskaper som behøves avhenger av antall dimensjoner og funksjonsform. Vi ser at begge modellene er avhengig av en god funksjonsform. Dette er også grunnen til at jeg testet funksjonsformen i analysen, men et ikke tilfredsstillende resultat på testen for funksjonsform, betyr nødvendigvis ikke at modellen er dårlig.

Dette er et teoretisk resultat som viser at ulike modeller for effektivitetsanalyse skal måle akkurat de samme underliggende tekniske og økonomiske sammenhengene, og at det i en ideell modell ikke er noen forskjeller i insentivvirkningene. Dette teoretiske resultatet er imidlertid også viktig som en referanse for analysen av viktigheten ved inkludering, ekskludering av rammevilkår.

NVE bruker den ikke-parametriske modellen DEA, og en essensiell fordel med en DEA-modell er at insentivene kan begrenses over tid, etter hvert som fronten flytter seg. DEA-modellen har på den måten en innebygd selvkorrigering. DEA-modeller er på sin side sårbare for feil data eller et utilstrekkelig antall observasjoner. En DEA-modell kan for øvrig også inneholde oppgavevariabler, og vil i så fall ha en del svakheter felles med parametriske modeller, men DEA er mindre sårbar overfor feilspesifisering enn for eksempel SFA.

En diskusjon har gått på at enkelte av nettselskapene finner det vanskelig å bruke DEA-modellen som et verktøy til å fatte beslutninger som skal effektivisere driften. Dette er en kritikk jeg vil kunne være enig i. Siden ressursbruk er aggregert til en innsatsfaktorvariabel, er det vanskelig å forklare hva en eventuell ineffektivitet skyldes, bortsett fra hvor mye totalkostnaden kan reduseres. Den sier ikke noe om hva som gjør totalkostnadene høye. Sagt på en annen måte, målingen sier ikke om dette skyldes for eksempel høye kapitalkostnader, drifts- og vedlikeholdskostnader eller personalkostnader. Modellen har allikevel den fordelen at eventuelle feilføringer av kostnader ikke påvirker effektiviteten til det enkelte nettselskap, da alle postene samles i samme sekk. Dette gjør modellen mer robust, men samtidig svekker den et viktig insentiv med modellen, hvordan nettselskapene kan bli mer effektive.

Enkelte selskaper har også ytret at reguleringsmodellen er lite intuitiv og uoversiktlig. Jeg kan være enig i at den tekniske og økonometriske delen kan være lite intuitiv og uoversiktlig. Det er heller ikke hensikten at hvert enkelt nettselskap skal sitte med kompetanse som følger den tekniske delen av reguleringen. Derimot er det kritikkverdigg hvis nettselskapene finner det litte forståelig hvorfor enkelte variabler inkluderes. En mulighet for regulator vil være å holde kurs, som klarerer hvordan

modellen kan brukes som styringsverktøy og hvilke insentivvirkninger modellen gir. Dette taler for bruken av en DEA-modell, siden denne er enklere å forstå, sammenliknet med SFA som er mindre intuitiv og krever mer økonomisk kompetanse.

#### 7.4. Endring av metode

Endringen fra en ett-steps metode til en to-steps metode fører til en endring i effektivitet fra 2009 til 2010 på opptil 35 % for enkelte selskaps effektivitetsresultat, ifølge distriktenes energiforenings(DEF0) medlemsseminar 11.februar 2010. Dette kan tyde på at modellen ikke er robust ovenfor endringer, ei heller gir de ønskede insentivene til effektivisering. En generell kritikk av modellen kan være at mange av de selskapene som kommer ut som effektive, er effektive fordi de er spesielle.

Korrigerende av effektivitetsresultatet i en to-steps metode, vil ikke gi forventningsrette resultater ved bruk av ikke signifikante variabler i trinn to av analysen. Ser vi tilbake til analysen og tar utgangspunkt i DEA modellen NVE foreslår for bruk etter 2010, vil en korrigerende med snø variabelen i trinn to, ikke skape forventningsrett resultater. Ved å korrigerende med ikke signifikante variabler, tilføres det bare mer støy til modellen.

Endring av modellen, uten at regulator har gitt klare signaler om den langsiktige utviklingen av reguleringen, vil kunne skape usikkerhet blant de regulerte selskapene. En slik usikkerhet vil videre kunne lede over i en mistillit til regulatoren. Fra teorien vet vi at tillit mellom regulatoren og det regulerte selskapet er helt avgjørende for at reguleringen skal være effektiv. Dette er også et kriterium for å kunne skape en god modell.

#### 7.5. Skalaegenskaper

I NVE-dokument 4/2004, "Prinsipper for regulering av nettvirksomhetens inntekter"(Karlsen 2004) antydes det at deler av effektivitetspotensialet vil kunne realiseres gjennom stordriftsfordeler. Ved fusjonen mellom Drammen og Buskerud e-verk, nå EB, var også dette et av hovedargumentene for fusjonen.

Derimot trekker DEF0 frem på sitt medlemsseminar 11.februar 2010, at små selskaper er like effektive som store selskaper. Dette innebærer enten at antydningene i overnevnte dokument er feilslått, eller så må spørsmålet stilles om modellen virkelig viser reell effektivitet. Gitt at det tas hensyn til utenforliggende rammebetingelser som ikke innbefatter selskapenes størrelse, har resultatet av effektivitetsmålingene over flere år også vist at små selskaper er like effektive som store selskaper.

I den utvidede modellen på kort og lang sikt, feilet jeg med å forkaste  $H_0$  om CRS. Dette kan underbygge resultatene som viser at små enheter er like effektive som store enheter. Dette kan igjen tyde på at det nødvendigvis ikke er stordriftsfordeler i denne bransjen. For den generelle modellen, uten inkludering av rammevilkår, forkastet jeg alle  $H_0$  om CRS. Dette kan tyde på at inkludering av de geografiske rammevilkårene er med på å motvirke stordriftsfordeler.

Hvis det siste alternativet er gjeldende, medfører det at reguleringen motvirker muligheter til å oppnå stordriftsfordeler gjennom sammenslåinger og fusjoner. En forutsetning for at reguleringen skal gi størst mulig samfunnsøkonomisk gevinst, er at reguleringstilpasningen er et effektivt punkt. Hvis det er skalafordeler ved bygging av nett kan det være samfunnsøkonomisk lønnsomt å investere

i større nett enn hva som på korts sikt er nødvendig. Dette taler derfor for en regulering etter en langsiktig modell.

Det er uklart om de store og små nettselskap er sammenlignbare. Dette begrunnes i at det er mange små selskaper som er referanseselskap for de store selskapene. Hva kjennetegner da de små effektive selskapene? Skyldes effektiviteten variabler som ikke er tatt hensyn til i reguleringsmodellen, eller inkludering av variabler som favoriserer små selskaper? En annen mulig forklaring kan være at store og små selskaper bruker ulik teknologi.

Hvis det viser seg i senere analyser at forskjellen mellom små og store nettselskap er stor, må det vurderes om de skal reguleres etter samme modell. Eller det bør vurderes inkludering av rammevilkår som tar høyde for denne forskjellen.

### **7.6. Rammevilkårene og individuelle forskjeller**

Distribusjonsnettene er preget av mange små selskaper og noen få store. NVE argumenterer samfunnsøkonomisk for et likebehandlingsprinsipp ved regulering av nettselskapene. Mine resultater er entydige i retning av at det er individuelle forskjeller og heterogenitet blant nettselskapene.

Når det gjelder regulering av nettselskapene og heterogenitet, kan ikke reguleringen baseres helt på målestokkregulering. Funnet av individuelle forskjeller kan være en indikasjon på at rammevilkårene har betydning. En mulighet for å ta høyde for heterogeniteten er å dele nettselskapene inn i forholdsvis homogene grupper, men det har vist seg vanskelig å finne klare og objektive klassifiserings kriterier. Mulige klassifiserings kriterier vil kunne være størrelse eller rammevilkår.

I analysen finner jeg at rammevilkårene vil ha forskjellig betydningen om det velges en kortsiktig eller langsiktig modell. Variabelen skog med høy bonitet, blir mindre signifikant på lengre sikt. Dette kan allikevel være et argument for å inkludere variabelen i modellen. Jeg klarer ikke bevise at snø variabelen har signifikant betydning, verken på kort eller lang sikt. Analysen viser også at ved valg av perspektiv, vil selskapene stå ovenfor ulike insentiver, siden de ikke oppnår samme effektivitetsresultat på kort og lang sikt. Wald-testen på den kortsiktige modellen ga resultater som tilsa at høyspent er en signifikant variabel, mens nettstasjoner er en ikke signifikant variabel. Dette er korrelerte endogene variabler og begge bør derfor inkluderes i modellen. Hvis ikke begge variablene inkluderes i modellen, vil dette gi selskapet et insentiv til å substituere bort fra den variabelen som ikke inkluderes i modellen. På samme grunnlag bør også vektingen av de geografiske rammevilkårene vurderes. De vektet i dag med en endogen variabel. Gjennom vekting blir dermed betydningen av de ikke påvirkbare geografiske rammevilkårene, påvirkbar i inntektsrammereguleringen.

Jeg viser i analysen at betydningen av rammevilkårene endres ved å ekskludere selskaper med høy andel av høyspentsjøkabel. Ved å utelate disse selskapene endres vindvariabelen på kort sikt, fra å være signifikant, til å være ikke signifikant. I den langsiktige modellen blir ingen av de geografiske rammevilkårene signifikante (Tabell 6-15). Dette kan tyde på at de geografiske rammevilkårene som inkluderes i modellen ikke har signifikant betydning for selskapene med en høyspent sjøkabel andel på under 5 %. Det kan på bakgrunn av dette diskuteres om likebehandlingsprinsippet holder og hvor godt dagens rammevilkår forklarer de individuelle forskjellene.

NVE har dermed en eventuell mulighet til å fravike likebehandlingsregelen, og behandle disse selskapene separat, på samme måte som med de rene industrinettene. Faren ved å fravike

likebehandlingsregelen, er at andre selskaper vil kunne fremme andre individuelle forskjeller, og kreve særbehandling på bakgrunn av disse. I stedet for å dele nettselskapene inn i forholdsvis homogene grupper, vil det heller være å foretrekke en løsning med å inkludere rammevilkår som tar høyde for og korrigerer de individuelle forskjellene direkte i effektivitetsanalysen.

Selskapenes virksomhet er kompleks og å beskrive dette med et fåtall parametere er en grov forenkling. Mye av det arbeidet som er gjort fram til i dag er å velge ut de parametere som på best mulig måte forklarer kostnadene for selskapenes virksomhet (Langset 2006). For enkelt-selskaper kan valg av parametere og eventuell endring av disse gi stor effekt. Sammenlikningen av effektivitet på kort og lang sikt, og endringen fra en ett-steps, til en to-steps metode er et bevis på det.

Videre er det problemer knyttet til korrigering for ulike rammevilkår og konsekvenser ved å utelate variabler. Hvis det inkluderes et rammevilkår som er signifikant, korrigeres effektivitetsresultatet for selskapene etter det. Hvis det inkluderes et rammevilkår som ikke er signifikant, tilfører dette bare mer støy til modellen. Hva er så konsekvensene av utelatte rammevilkår som har innvirkning på effektivitetsresultatet? Dette vil med en gang gi utslag i modellen. De selskapene som har sterk påvirkning fra den utelatte variabelen, blir relativt sett målt til å være mindre effektive enn selskaper som har lavere grad av påvirkning. Dette er også drøftet i Sand et al. (2006), hvor det blir sett på forskjellig lokalisering i forhold til overliggende nett. Ved å utelate et rammevilkår, vil allikevel det generelle incentivet om effektivisering være tilstede. Men ved ikke å inkludere et signifikant rammevilkår vil prinsippet om likebehandling falle i grus.

At en variabel inkluderes i modellen, innebærer dermed ikke nødvendigvis at den inkluderes på en riktig måte. Om et rammevilkår inkluderes i modellen med gal verdi, vil dette kunne gi gale incentiver overfor selskapene. Virkningene på investeringer avhenger av den underliggende kostnadsfunksjonen. Dersom det utelatte rammevilkåret er en variabel som ikke påvirker kostnadene ved investering, kan incentivene bli riktige. Derimot utelatelse av en variabel som påvirker kostnadene, vil gi gale incentiver overfor selskapene.

Inkludering av feil variabler i reguleringsmodellen, kan føre til at samfunnsøkonomisk lønnsomme tiltak blir bedriftsøkonomisk ulønnsomme. En investering i en høyspent linje som gir økning i levert energi, verdsettes bare gjennom økt linjelengde. En investering i en reservelinje vil derimot i tillegg gi verdi i form av redusert KILE. Dermed kan en samfunnsøkonomisk ulønnsom investering, bli bedriftsøkonomisk lønnsom. Den samme argumentasjonen vil også gjelde for inkludering/ekskludering av rammevilkårene.



## 8. Konklusjon

Hovedpoenget med denne oppgaven har vært å presentere en metode for testing av rammevilkår. Testresultatene skal kunne gi retningslinjer for hvilke geografiske rammevilkår som er reelle kostnadsdrivere. For å kunne ta høyde for heterogenitet og individuelle forskjeller, bør de signifikante geografiske rammevilkårene inkluderes i modellen. Dette for å opprettholde likebehandlingsprinsippet. Oppgaven må også sees på som en presentasjon av hvordan en robust test av rammevilkår utføres på et faktisk datasett.

Det er vanskelig å konkludere med om endringen fra en ett-steps metode til en to-steps metode, fører til en forbedring av reguleringen. Dette er en problemstilling som må testes nøyere enn det denne oppgaven går inn for. Det er allikevel viktig å merke seg kritikken av en to-steps metode og forventningsskjevne resultater (Kim and Schmidt 2008). Ved bruk av en to-steps metode er det derfor viktig å forsikre seg om at resultatene i steg to er forventningsrette. Gjennom dette og bare da, vil en to-steps metode kunne gi bedre resultater enn en ett-steps metode. Et annet moment ved endringen av metode er endringen i effektivitetsresultat for selskapene fra 2009 til 2010. Gir modellen de ønskede insentivene ved skifte av metode, når effektivitetsresultat endres så mye?

Ved en eventuell videreføring av to-steps metoden og en slanking av trinn en i DEA, bør effektiviteten for 2011 sammenliknes med 2010 og 2009. Det kan virke som en slanking av DEA bringer med seg mange positive fordeler. Det løser blant annet en av svakhetene ved DEA, som går utpå at ved økende antall variabler i modellen, vil også antallet selskaper som blir målt som effektive øke. Jeg vil allikevel fraråde NVE å gå videre med en to-steps metode og slanking av DEA-modellen, siden faren for at det oppstår et utelatt variabel- problem er stor.

Det kan generelt sies som en avsluttende kommentar, at faren for forventningsskjevne resultater er større i en to-steps metode enn i en ett-steps metode.

Når det gjelder testing av rammevilkår har jeg vist at testing og analysing av t-verdier gjennom ordinær regresjon ikke gir forventningsrette resultater. Derimot kan dette oppnås gjennom en Wald-test, hvor  $H_0$  tar utgangspunkt i at variabelen ikke har signifikant innvirkning på den avhengige variabelen.

Ved å ignorere ulikheter i rammevilkår og heterogenitet, vil ikke likebehandlingsprinsippet til NVE holde. Uten de geografiske rammevilkårene vil ikke analysen identifisere de riktige selskapene som effektive. Fra effektivitetsanalysene i kapitel 6.3, kan det virke som om de geografiske rammevilkårene har mindre betydning jo mer effektive selskapene blir. Ved økt effektivitet blir marginene mindre og rammevilkårene er av den grunn nødvendigvis ikke mindre viktig. Det er derfor ikke tvil om rammevilkårenes viktighet.

Det kan med sikkerhet sies at rammevilkårene har betydning, og at det er individuelle forskjeller i påvirkning. Diskusjonen bør derfor fokusere på om de riktige rammevilkårene inkluderes på den riktige måten, her bør resultatene fra en Wald test være sentral.

Jeg har vist at rammevilkårene vil ha ulik betydning om det velges en regulering på kort eller lang sikt. NVE må derfor ta et valg med hensyn på hvilke insentivvirkninger de ønsker reguleringen skal gi. De kortsiktige og langsiktige investeringsinsentivene blant nettselskapene bør derfor utbedres bedre. I forbindelse med DEA-modellen bør de endogene variabler vurderes, med tanke på diskusjonen fra

kapittel 7 om inkludering av endogene variabler i modellen. Vekting av de geografiske rammevilkårene bør på samme grunnlag også revurderes, da disse i dag er vektet med den endogene variabel høyspent luft.

Jeg har også vist at ekskludering av selskaper med høy andel sjøkabel, vil endre betydningen av rammevilkårene. Dette er et konkret bevis på individuelle forskjeller og rammevilkårenes betydning. Ved denne ekskluderingen, fant jeg også at ingen av de geografiske rammevilkårene lengre hadde signifikant betydning på lang sikt. NVE bør se på mulighetene for utarbeidelse av nye geografiske rammevilkår som bedre beskriver forskjellene mellom selskapene som har en lav andel- eller ikke høyspent sjøkabel i sitt høyspentnett.

Det kan generelt nevnes at konsekvensene er større ved å unnlate et signifikant rammevilkår, enn ved å inkludere et ikke signifikant rammevilkår, som diskutert i kapittel 7.

Til slutt er det viktig å være klar over at regulering handler om dynamiske insentivvirkninger og ikke millimeternøyaktighet i dagens modell. For nettselskapene vil konsistens og forutsigbarhet være vel så viktige faktorer, enn om de perfekte rammevilkårene inkluderes.

## Referanseliste

Aigner, D. J. and S. F. Chu (1968). "On estimating the industry production function." American Economic Review(58): 826-839.

Aigner, D. J., C. A. K. Lovell, et al. (1977). "Formulation and Estimation of Stochastic Frontier Production Function Models." Journal of Econometrics(6): 21-37.

Andersen, P. and N. Pettersen (1993). "A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis." Management science **39**: 1261-1264.

Averch., H. and L. L. Johnson. (1962). "Behavior of the firm under regulatory constraint." American Economic Review **52**(5): 1052-1069.

Charnes, A., W. Cooper, et al. (1978). "Measuring the efficiency of decision-making units." European Journal of Operational Research **2**: 429-444.

Charnes, A., W. Cooper, et al. (1981). "Evaluating program and managerial efficiency : An application of data envelopment analysis to program follow through." Management science **27**: 668-697.

Coelli, T. J. (1998). "A multistage methodology for the solution of oriented DEA models." Operations research letters **23**: 143-149.

Coelli, T. J., D. S. P. Rao, et al. (2005). An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis, Springer.

Dyson, R. G., R. Allen, et al. (2001). "Pitfalls and Protocols in DEA." European Journal of Operational Research(132): 245-259.

Farrell, M. J. (1957). "The measurement of productive Efficiency." Journal of Royal Statistical Society **120**.

Ferrier, G. D. and C. A. K. Lovell (1990). "Measuring Cost Efficiency in Banking: Econometric and Linear Programming Evidence." Journal of Econometrics(46): 229-245.

Greene, W. H. (1990). "A gamma distributed stochastic frontier model." Journal of Econometrics(46): 141-164.

Karlsen, E. N. (2004). Prinsipper for regulering av nettvirksomhetenes inntekter. Oslo.

Kim, M. and P. Schmidt (2008). "Valid tests of whether technical inefficiency depends on firm characteristics " Journal of Econometrics **144**(2): 409-427.

Langset, T. R. (2006). "Modell for fastsettelse av kostnadsnorm – økonomisk regulering av nettselskapene fra 2007."

Liston, C. (1993). "Price-cap versus rate-of-return regulation " Journal of Regulatory Economics(5): 25-48.

Lovell, C. A. K. and A. P. B. Rouse (2003). "Equivalent Standard DEA Models to Provide Super efficiency: Techniques and Applications." Oxford University Press, New York: 271-287.

Sand, K., D. E. Nordgård, et al. (2006). "Oppgavebasert normmodell for nettregulering." SINTEF Energiforskning.

Stevenson, R. E. (1980). "Likelihood functions for Generalised Stochastic Frontier Estimation." Journal of Econometrics(13): 57-66.

Varian, H. R. (2003). Intermediate Microeconomics, w.w.Norton.

Wang, H. J. and P. Schmidt (2002). "One-step and Two-step estimation of the effects of exogenous variables on technical efficiency levels." journal of productivity analysis(18): 129-144.

Winston, C. B. (1957). "Discussion on Mr Farrell's Paper." Journal of the Royal Statistical Society: 282-284.

Wooldridge, J. M. (2006). Introductory econometrics.

# Vedlegg

## Vedlegg 1

### Tilfeldige effekter Generell modell

Random-effects GLS regression  
 Group variable: **id**

Number of obs = **620**  
 Number of groups = **124**

R-sq: within = **0.0550**  
 between = **0.9579**  
 overall = **0.9483**

Obs per group: min = **5**  
 avg = **5.0**  
 max = **5**

Random effects  $u_i \sim \text{Gaussian}$   
 corr( $u_i, X$ ) = **0** (assumed)

wald chi2(3) = **2808.79**  
 Prob > chi2 = **0.0000**

$\gamma_{dkd}$	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
$\gamma_{le}$	.2291872	.0721341	3.18	0.001	.087807	.3705675
$\gamma_{totab}$	.3878399	.0813032	4.77	0.000	.2284884	.5471913
$\gamma_{totar}$	.2927477	.0364314	8.04	0.000	.2213434	.364152
$\gamma_{cons}$	-1.580104	.4964993	-3.18	0.001	-2.553224	-.6069828
sigma_u	.21541264					
sigma_e	.12156122					
rho	.75846363				(fraction of variance due to $u_i$ )	

### Tilfeldige effekter kortsiktig modell

Random-effects GLS regression  
 Group variable: **id**

Number of obs = **620**  
 Number of groups = **124**

R-sq: within = **0.0753**  
 between = **0.9682**  
 overall = **0.9587**

Obs per group: min = **5**  
 avg = **5.0**  
 max = **5**

Random effects  $u_i \sim \text{Gaussian}$   
 corr( $u_i, X$ ) = **0** (assumed)

wald chi2(8) = **3619.90**  
 Prob > chi2 = **0.0000**

$\gamma_{dkd}$	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
$\gamma_{le}$	.1685826	.0686652	2.46	0.014	.0340012	.303164
$\gamma_{totab}$	.3046025	.0910861	3.34	0.001	.126077	.483128
$\gamma_{totar}$	.0095913	.067211	0.14	0.887	-.12214	.1413225
$\gamma_{hs}$	.5642296	.1020142	5.53	0.000	.3642854	.7641737
$\gamma_{ns}$	-.1226836	.1172255	-1.05	0.295	-.3524413	.1070741
$\gamma_{skog2}$	.0335592	.0108925	3.08	0.002	.0122103	.0549081
$\gamma_{sn}$	.0119895	.0339593	0.35	0.724	-.0545695	.0785484
$\gamma_{vindk}$	.0250462	.0108827	2.31	0.021	.0038256	.0462668
$\gamma_{cons}$	2.481682	.9078889	2.73	0.006	.7022521	4.261111
sigma_u	.18944209					
sigma_e	.12033122					
rho	.71252323				(fraction of variance due to $u_i$ )	

### Tilfeldige effekter langsiktig modell

Random-effects GLS regression  
 Group variable: **id**

Number of obs = **620**  
 Number of groups = **124**

R-sq: within = **0.0513**  
 between = **0.9622**  
 overall = **0.9525**

Obs per group: min = **5**  
 avg = **5.0**  
 max = **5**

Random effects  $u_i \sim \text{Gaussian}$   
 corr( $u_i, X$ ) = **0** (assumed)

wald chi2(6) = **3070.42**  
 Prob > chi2 = **0.0000**

$\gamma_{dkd}$	Coef.	Std. Err.	z	P> z	[95% Conf. Interval]	
$\gamma_{le}$	.1902837	.0714382	2.66	0.008	.0502674	.3302999
$\gamma_{totab}$	.4114965	.0817064	5.04	0.000	.2513548	.5716381
$\gamma_{totar}$	.3230154	.0396021	8.16	0.000	.2453967	.400634
$\gamma_{skog2}$	.0229455	.0116053	1.98	0.048	.0001995	.0456916
$\gamma_{sn}$	.0110721	.0360222	0.31	0.759	-.0595302	.0816744
$\gamma_{vindk}$	.0308194	.0109151	2.82	0.005	.0094261	.0522127
$\gamma_{cons}$	-1.700891	.4836559	-3.52	0.000	-2.64884	-.7529431
sigma_u	.20525467					
sigma_e	.12156122					
rho	.74032664				(fraction of variance due to $u_i$ )	

## Vedlegg 2

### Faste effekter Generell modell

Fixed-effects (within) regression  
 Group variable: **id**

Number of obs = **620**  
 Number of groups = **124**

R-sq: within = **0.0659**  
 between = **0.9241**  
 overall = **0.9150**

Obs per group: min = **5**  
 avg = **5.0**  
 max = **5**

corr(u\_i, xb) = **0.1831**

F(2,494) = **17.43**  
 Prob > F = **0.0000**

l_dkd	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
l_le	<b>.5683438</b>	<b>.1205372</b>	<b>4.72</b>	<b>0.000</b>	<b>.331515</b>	<b>.8051726</b>
l_totab	<b>.1619825</b>	<b>.1835892</b>	<b>0.88</b>	<b>0.378</b>	<b>-.1987294</b>	<b>.5226944</b>
l_totar	<b>(dropped)</b>					
_cons	<b>1.573443</b>	<b>1.585871</b>	<b>0.99</b>	<b>0.322</b>	<b>-1.54244</b>	<b>4.689326</b>
sigma_u	<b>.30507087</b>					
sigma_e	<b>.12156122</b>					
rho	<b>.86297853</b>	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u\_i=0: F(123, 494) = **16.44** Prob > F = **0.0000**

### Faste effekter kortsiktig modell

Fixed-effects (within) regression  
 Group variable: **id**

Number of obs = **620**  
 Number of groups = **124**

R-sq: within = **0.0884**  
 between = **0.9585**  
 overall = **0.9492**

Obs per group: min = **5**  
 avg = **5.0**  
 max = **5**

corr(u\_i, xb) = **-0.7561**

F(4,492) = **11.93**  
 Prob > F = **0.0000**

l_dkd	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
l_le	<b>.512049</b>	<b>.1245123</b>	<b>4.11</b>	<b>0.000</b>	<b>.2674076</b>	<b>.7566905</b>
l_totab	<b>.0372851</b>	<b>.2017616</b>	<b>0.18</b>	<b>0.853</b>	<b>-.3591356</b>	<b>.4337057</b>
l_totar	<b>(dropped)</b>					
l_hs	<b>.6475551</b>	<b>.1892199</b>	<b>3.42</b>	<b>0.001</b>	<b>.2757764</b>	<b>1.019334</b>
l_ns	<b>-.0867294</b>	<b>.2693865</b>	<b>-0.32</b>	<b>0.748</b>	<b>-.6160194</b>	<b>.4425605</b>
l_skog2	<b>(dropped)</b>					
l_sn	<b>(dropped)</b>					
l_vindk	<b>(dropped)</b>					
_cons	<b>.0352637</b>	<b>1.66328</b>	<b>0.02</b>	<b>0.983</b>	<b>-3.232744</b>	<b>3.303271</b>
sigma_u	<b>.33919884</b>					
sigma_e	<b>.12033122</b>					
rho	<b>.888219</b>	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u\_i=0: F(123, 492) = **12.68** Prob > F = **0.0000**

### Faste effekter langsiktig modell

Fixed-effects (within) regression  
 Group variable: **id**

Number of obs = **620**  
 Number of groups = **124**

R-sq: within = **0.0659**  
 between = **0.9241**  
 overall = **0.9150**

Obs per group: min = **5**  
 avg = **5.0**  
 max = **5**

corr(u\_i, xb) = **0.1831**

F(2,494) = **17.43**  
 Prob > F = **0.0000**

l_dkd	Coef.	Std. Err.	t	P> t	[95% Conf. Interval]	
l_le	<b>.5683438</b>	<b>.1205372</b>	<b>4.72</b>	<b>0.000</b>	<b>.331515</b>	<b>.8051726</b>
l_totab	<b>.1619825</b>	<b>.1835892</b>	<b>0.88</b>	<b>0.378</b>	<b>-.1987294</b>	<b>.5226944</b>
l_totar	<b>(dropped)</b>					
l_skog2	<b>(dropped)</b>					
l_sn	<b>(dropped)</b>					
l_vindk	<b>(dropped)</b>					
_cons	<b>1.573443</b>	<b>1.585871</b>	<b>0.99</b>	<b>0.322</b>	<b>-1.54244</b>	<b>4.689326</b>
sigma_u	<b>.30507087</b>					
sigma_e	<b>.12156122</b>					
rho	<b>.86297853</b>	(fraction of variance due to u_i)				

F test that all u\_i=0: F(123, 494) = **14.69** Prob > F = **0.0000**