



# Rammevilkårskorrigerering ved ulike modellspesifiseringer i DEA

*En videre studie av hvordan ulike modellspesifiseringer i DEA påvirker kompensasjon for rammevilkår i reguleringen av norske nettselskap*

Thea Nystad Prøsch og Torunn Ølnes

**Veiledere:** Endre Bjørndal og Mette Bjørndal

Masterutredning i økonomi og administrasjon

Hovedprofil: Finansiell Økonomi og Økonomisk Styring

Norges Handelshøyskole

Dette selvstendige arbeidet er gjennomført som ledd i masterstudiet i økonomi- og administrasjon ved Norges Handelshøyskole og godkjent som sådan. Godkjenningen innebærer ikke at Høyskolen eller sensorer innestår for de metoder som er anvendt, resultater som er fremkommet eller konklusjoner som er trukket i arbeidet.

## Sammendrag

Norges Vassedrags- og Energidirektorat (NVE) regulerer nettselskapene, da disse er naturlige monopolister. Nettselskapene tildeles inntektsrammer som fastsettes ved hjelp av dataomhyllingsanalyse (DEA, engelsk Data Envelopment Analysis). Hensikten er å skape en form for kunstig konkurranse mellom selskapene ved å la selskapenes relative effektivitet være avgjørende for inntektsrammene. DEA tildeler effektivitetsscorer ved at selskapene måles mot en beste praksis som estimeres basert på selskapenes økonomiske data. Deretter justeres det for geografiske og strukturelle forhold nettselskapene står overfor i sin produksjon. Det er interessant å undersøke om andre tilnærminger til rammevilkårskorrigeringsmodell kan være egnede alternativ til dagens reguleringsmodell. Utredningen sammenligner totrinnsmodeller med differanse- og absoluttverdier, reversert DEA og betinget DEA. Modellene håndterer rammevilkårsvariablene på ulike måter, noe som gir utslag i effektivitetsscorene som beregnes for hvert nettselskap. Hensikten er å besvare hvordan ulike modellspesifiseringer vil påvirke kompensasjonen for rammevilkår i den norske reguleringsmodellen.

Utredningen supplerer tidligere forskning av Bjørndal et al. (2018) og Narvestad og Tønnesen (2019) med noen interessante funn. Betinget DEA gir mer stabile resultater når vi beregner båndbreddene til rammevilkårsvariablene ved å estimere den simultane sannsynlighetstetthetsfunksjonen (PDF) til innsatsfaktor og oppgavevariabler, fremfor oppgavevariablene alene. Endringen sørger også for en mer meningsfull tolkning av båndbreddene, da den gjør at disse representerer betydningen av rammevilkårene for produksjonsmulighetsområdet.

Vi finner at modellene korrigerer systematisk ulikt for rammevilkårsvariablene, og at dette gir utslag i form av en omfordeling av inntektsrammen. Modellene er definert slik at den aggregerte inntektsrammen er lik uavhengig av modellspesifisering, men tilnærmingene fører til varierende kompensasjon for rammevilkårene. Totrinnsmodellen med differanser korrigerer mest for geografiske og strukturelle forhold, og selskap med mye kystforhold kompenseres særlig mye. Det er imidlertid sannsynlig at enkelte nettselskap kompenseres for flere effekter enn bare kostnadsulempen ved ufordelaktige operasjonelle forhold, og vi finner at kompensasjonen for flere av rammevilkårene er mindre i de andre tilnærmingene. Reversert DEA og de to variantene av totrinnsmodellen resulterer i relativt like effektivitetsscorer. Dette er naturlig, da alle korrigerer for de samme fem rammevilkårene ved hjelp av regresjoner. Totrinnsmodellen med differanseverdier jevner imidlertid ut effektivitetsscorene i større grad enn de øvrige modellene. Den betingede modellen skiller seg spesielt ut ved at kun tre av de fem rammevilkårsvariablene blir relevante.

# Forord

Utredningen er skrevet som en del av masterstudiet i økonomi og administrasjon ved Norges Handelshøyskole, innenfor hovedprofilene Finansiell Økonomi og Økonomisk Styring. Masterutredningen er skrevet som en del av SNF-prosjektet Elbench, som er et samarbeid mellom flere aktører i nettbransjen, deriblant NVE og Energi Norge. Elbench-prosjektet forsker på effektivitetsanalyser knyttet til regulering av norske nettselskap.

Arbeidet med utredningen har vært både tidkrevende og spennende, og vi har lært utrolig mye om en bransje vi hadde lite kjennskap til på forhånd. Det har vært interessant å kombinere dataanalyse og økonomisk teori i en setting av stor praktisk betydning.

Vi ønsker å rette en stor takk til våre veiledere, Endre Bjørndal og Mette Bjørndal, for gode teams-diskusjoner og konstruktive tilbakemeldinger underveis. Deres kompetanse har vært av stor nytte. Vi ønsker også å rette en takk til Roar Amundsveen og Hilde Marit Elverum Kvile fra NVE for gode innspill.

Oslo, juni 2020

---

Thea Nystad Prøsch

---

Torunn Ølnes

# Innhold

<b>1</b>	<b>Introduksjon</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Teorigrunnlag</b>	<b>4</b>
2.1	Effektivitet . . . . .	4
2.2	DEA . . . . .	6
2.2.1	Tekniske antagelser om produksjonsteknologien . . . . .	7
2.2.2	Måling av effektivitet . . . . .	10
2.3	Rammevilkårskorrigerings . . . . .	11
2.3.1	Totrinnsmodellen . . . . .	12
2.3.2	Reversert DEA . . . . .	13
2.3.3	Betinget DEA . . . . .	14
<b>3</b>	<b>Den norske reguleringsmodellen</b>	<b>16</b>
3.1	Naturlig monopol . . . . .	16
3.2	Dagens reguleringsmodell . . . . .	17
3.2.1	Referanserenten . . . . .	18
3.2.2	Beregning av tillatt inntekt . . . . .	18
3.2.3	Inntektsramme . . . . .	19
3.2.4	Kostnadsgrunnlaget . . . . .	19
3.2.5	Kostnadsnormen . . . . .	20
<b>4</b>	<b>Tidligere forskning</b>	<b>25</b>
<b>5</b>	<b>Datagrunnlaget</b>	<b>28</b>
5.1	Forenkling av dagens reguleringsmodell . . . . .	28
5.2	Datasettet . . . . .	28
5.2.1	Innsatsfaktor og oppgavevariabler . . . . .	29
5.2.2	Rammevilkårsvariabler . . . . .	29
<b>6</b>	<b>Analyse</b>	<b>33</b>
6.1	Totrinnsmodellen . . . . .	33
6.1.1	Differansemodellen og absoluttmodellen . . . . .	35
6.1.2	Totrinnsmodeller med semi-logaritmiske modellspesifiseringer . . . . .	42
6.1.3	Kystforhold i tottrinnsmodellene . . . . .	45
6.2	Reversert DEA . . . . .	48
6.2.1	Kystforhold i reversert DEA . . . . .	54
6.3	Betinget DEA . . . . .	54

6.3.1	Ulike variabelkombinasjoner i betinget DEA . . . . .	61
6.3.2	Kystforhold i betinget DEA . . . . .	64
6.4	Sammenligning av de ulike tilnærmingene . . . . .	66
6.4.1	Effektivitetsscore . . . . .	67
6.4.2	Inntektsramme, avkastning og tariffer . . . . .	70
6.5	Fordeler og ulemper ved de ulike tilnærmingene . . . . .	75
<b>7</b>	<b>Begrensninger og forslag til videre forskning</b>	<b>79</b>
7.1	Begrensninger ved utredningen . . . . .	79
7.2	Forslag til videre forskning . . . . .	79
<b>8</b>	<b>Konklusjon</b>	<b>81</b>
	<b>Referanser</b>	<b>83</b>
	<b>Vedlegg</b>	<b>87</b>
A	Selskap som utelates fra analysen . . . . .	87
B	Referansesett betinget DEA . . . . .	88
C	Effektivitetsscore for selskapene under de ulike tilnærmingene . . . . .	91

## Figurer

2.1.1	Kostnadseffektivitet (Bjørndal et al., 2010) . . . . .	5
2.2.1	Illustrasjon av DEA . . . . .	7
2.2.2	Produksjonsmulighetsområdet ved antagelse om fri avhending (Bjørndal et al., 2010) . . . . .	8
2.2.3	Produksjonsmulighetsområdet ved antagelse om fri avhending og konveksitet (Bjørndal et al., 2010) . . . . .	9
2.2.4	Illustrasjon av fronten ved ulike skalaantagelser (Banker et al., 2011) . . . . .	9
2.2.5	Måling av effektivitet (Bogetoft og Otto, 2010) . . . . .	11
2.3.1	Produksjonsmulighetsområdet i betinget DEA . . . . .	15
3.1.1	Monopoltilpasningen i fravær av regulering . . . . .	16
6.1.1	Effektivitetsscore i differanse- og absoluttmodellen . . . . .	38
6.1.2	Kalibrert effektivitetsscore i differanse- og absoluttmodellen . . . . .	38
6.1.3	Korrigerings på rammevilkårsnivå i differanse- og absoluttmodellen . . . . .	39
6.1.4	Differanse i kalibrert effektivitetsscore mellom differanse- og absoluttmodellen etter z-verdier . . . . .	41
6.1.5	Effektivitetsscore i modellene med semi-logaritmisk og lineær modellspesifisering . . . . .	44
6.1.6	Differanse i kalibrert effektivitetsscore etter ubetinget score . . . . .	44
6.1.7	Differanse i kalibrert effektivitetsscore mellom lineær og semi-logaritmisk modellspesifisering etter z-verdier . . . . .	45
6.1.8	Histogram for geo2 . . . . .	47
6.2.1	Effektivitetsscore i differansemodellen, absoluttmodellen og reversert DEA . . . . .	50
6.2.2	Kalibrert effektivitetsscore i differansemodellen, absoluttmodellen og reversert DEA . . . . .	51
6.2.3	Differanse i kalibrert effektivitetsscore mot ubetinget score . . . . .	52
6.2.4	Differanse i kalibrert effektivitetsscore mellom totrinnsmodellene og den reverserte modellen etter z-verdier . . . . .	53
6.3.1	Antall selskap i referansesettene i den betingede modellen . . . . .	56
6.3.2	Illustrasjon av hvordan andel jordkabler og geo2 begrenser referansesettet til Kragerø Energi AS . . . . .	57
6.3.3	Illustrasjon av hvordan andel luftlinjer i barskog og geo3 begrenser referansesettet til Kragerø Energi AS . . . . .	57
6.3.4	Effektivitetsscore i differansemodellen, absoluttmodellen og betinget DEA . . . . .	58
6.3.5	Kalibrert effektivitetsscore i differansemodellen, absoluttmodellen og betinget DEA . . . . .	59

6.3.6	Differanse i kalibrert effektivitetsscore mellom totrinnsmodellene og den betingede modellen etter z-verdier . . . . .	60
6.3.7	Geo2 og underliggende variabler etter stigende geo2-verdi . . . . .	63
6.4.1	Effektivitetsscore i de ulike modellene . . . . .	67
6.4.2	Selskapenes kompensasjon for rammevilkår i de ulike modellene . . . . .	68
6.4.3	Kalibrert effektivitetsscore i de ulike modellene . . . . .	69
6.4.4	Differanseavkastning sammenlignet med differansemodellen, sortert etter størrelse . . . . .	71
6.4.5	Geografisk illustrasjon av differanseavkastning . . . . .	72
6.4.6	Differansepris sammenlignet med differansemodellen, i NOK . . . . .	74

## Tabeller

3.2.1	Enkeltvariabler som inngår i komposittvariablene . . . . .	22
5.2.1	Deskriptiv statistikk for innsatsfaktor og oppgavevariabler . . . . .	29
5.2.2	Deskriptiv statistikk for rammevilkårsvariablene . . . . .	30
5.2.3	Vekting av variabler som inngår i geo1 . . . . .	30
5.2.4	Vekting av variabler som inngår i geo2 . . . . .	30
5.2.5	Vekting av variabler som inngår i geo3 . . . . .	31
5.2.6	Deskriptiv statistikk for enkeltvariablene som inngår i komposittvariablene	31
5.2.7	Beskrivelse av hvordan z-variablene er utarbeidet (NVE, 2018) . . . . .	32
6.1.1	Deskriptiv statistikk for ubetingede effektivitetsscorer . . . . .	33
6.1.2	Regresjonsresultater fra trinn 2 i totrinnsmodellen . . . . .	34
6.1.3	Referanseselskapenes z-verdier . . . . .	36
6.1.4	Regresjonsresultater i differanse- og absoluttmodellen . . . . .	37
6.1.5	Regresjonsresultater fra de semi-logaritmiske totrinnsmodellene . . . . .	43
6.2.1	Regresjonsresultater i reversert DEA . . . . .	49
6.2.2	Rangkorrelasjoner mellom modellene, ukalibrerte verdier . . . . .	51
6.3.1	Beregnete båndbredder for z-variablene . . . . .	55
6.3.2	Effektivitetsscorenes sensitivitet til endringer i båndbreddene . . . . .	58
6.3.3	Tre ulike resultater ved beregning av båndbredder for alle enkeltvariablene	62
6.3.4	Eksempel på forskjeller i underliggende variabler for to selskap med tilsvarende geo2-verdier . . . . .	64
6.3.5	Ulike resultater ved beregning av båndbredder for en modell med geo2 splittet opp . . . . .	64
6.3.6	Ulike resultater ved beregning av båndbredder for en modell med geo1 og geo3 ekskludert . . . . .	65
6.3.7	Gjennomsnittlig kompensasjon for de 10 selskapene med høyest geo2-verdi sammenlignet med alle selskapene . . . . .	66
6.4.1	Deskriptiv statistikk for effektivitetsscorene i de ulike modellene . . . . .	68
6.4.2	Effektivitetsscorenes rangkorrelasjoner . . . . .	70
A.1	Selskap som utelates fra evaluering i DEA . . . . .	87
A.2	Selskap som evalueres i egen modell . . . . .	87
B.1	Antall selskap i referansesettene i betinget DEA . . . . .	88
C.1	Selskapenes effektivitetsscore i ubetinget DEA, differansemodellen, absoluttmodellen, betinget DEA og reversert DEA . . . . .	92



# 1 Introduksjon

Da Energiloven ble vedtatt i 1990 skjedde det en delvis deregulering av den norske energisektoren. Det ble opprettet et fritt marked for kraftproduksjon og -handel, men distribusjonen av kraft forble regulert. Nettselskapene, som står for kraftdistribusjonen i Norge, er naturlige monopol i hvert sitt geografiske område. Dette innebærer at det ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomt at mer enn ett nettselskap forsyner samme område, og medfører at nettselskapene har betydelig markedsrett dersom de får operere fritt. For å sikre at kraftnettet driftes på en samfunnsøkonomisk effektiv måte er det nødvendig med en økonomisk regulering. Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) sin reguleringsmyndighet for energi er ansvarlig for reguleringen av de norske nettselskapene.

Kraftnettet i Norge er delt inn i tre nivåer: Transmisjonsnettet, regionalnettet og distribusjonsnettet. Transmisjonsnettet er hovedveien i kraftsystemet, og binder sammen produsenter og forbrukere i ulike deler av landet. Regionalnettet er bindeleddet mellom transmisjons- og distribusjonsnettet, og omfatter i tillegg produksjon og forbruk på høyt spenningsnivå. Distribusjonsnettet forsyner sluttbrukerne, deriblant husholdninger, tjenesteyting og industri. Det er distribusjonsnettet som vil være tema for denne utredningen (Olje- og energidepartementet, 2019).

Reguleringen av distribusjonsnettet skjer i henhold til forskrift av 11. mars 1999 nr. 302 om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomhet og tariff (Kontrollforskriften). Kontrollforskriftens formål er å sikre en regulering som gir nettselskapene insentiver til samfunnsøkonomisk effektiv drift og utnyttelse av kraftnettet, og dermed sikre at de ikke utnytter monopolmakten (Forskrift om kontroll av nettvirksomhet, 1999). En sentral del av reguleringen er å fastsette årlige, individuelle inntektsrammer for nettselskapene. Inntektsrammene representerer en maksimal tillatt inntekt, og danner føringer for tariffene nettselskapene setter overfor kundene.

Kontrollforskriften fastsetter at inntektsrammen skal bestå av 40 prosent kostnadsgrunnlag og 60 prosent kostnadsnorm (Forskrift om kontroll av nettvirksomhet, 1999). Dette innebærer at innteksreguleringen av nettselskapene er en kombinasjon av kostnadsdekning og målestokkregulering (Bjørndal, Bjørndal og Fange, 2010). Kostnadsgrunnlaget sørger for at nettselskapene er sikret å få dekket 40 prosent av kostnadene sine. Målestokkreguleringen skal sørge for at de som drifter effektivt belønnes, og baseres på en form for sammenlignende effektivitetsanalyse. Hensikten er at nettselskapenes relative effektivitet skal avgjøre hvor mye av kostnadene som kan overføres til kundene gjennom nettleien. NVE har de siste tiårene benyttet

dataomhyllingsanalyse (DEA, engelsk Data Envelopment Analysis) til dette formålet.

DEA-modellen NVE benytter i reguleringen er utarbeidet for å sammenligne kostnadene til nettselskapene for gitt produksjonsnivå. DEA tilegner høy effektivitetsscore til selskap som har lave kostnader relativt til sitt produksjonsnivå. Effektivitetsscoren til selskapene benyttes i beregningen av kostnadsnormen, og metoden belønner dermed selskapene som opptrer effektivt. Ved å sammenligne nettselskapenes effektivitet, og la avkastningen være avhengig av denne, sørges det for en form for kunstig konkurranse mellom selskapene. Det gis med dette insentiver til operasjonell forbedring og samfunnsøkonomisk lønnsomme investeringer (NVE, 2012).

En rettferdig regulering av nettselskapene krever at reguleringsmyndigheten har fullstendig informasjon om selskapenes produksjonsteknologi og etterspørsel (Bogetoft og Otto, 2010). Dette er imidlertid sjelden realiteten. Reguleringsmyndigheten løser denne problematikken ved å samle inn data om nettselskapenes faktiske atferd og benytter seg av effektivitetsanalyser til å estimere en effektiv front som skal representere beste praksis. Selskapene måles mot denne fronten.

Nettselskapene opererer i ulike miljøer, som innebærer at de står overfor forskjellige geografiske og strukturelle forhold. Slike forhold kan påvirke produksjonsteknologien og være med på å forklare hvorfor det er forskjeller i effektivitet. NVE har siden 2007 tatt hensyn til dette ved å inkludere rammevilkårsvariabler i inntektsreguleringen (Bjørndal et al., 2010). Rammevilkårsvariablene skal fange opp eksterne faktorer som kjennetegner nettselskapenes operasjonelle miljø, og som kan ha betydning for effektiviteten. Slike eksterne faktorer er gjerne utenfor selskapenes kontroll, men påvirker likevel hvordan de presterer.

Rammevilkårsvariablene som inngår i dagens modell er andel jordkabler, andel luftlinjer i barskog, geo1, geo2 og geo3. De tre sistnevnte er ment å fange opp henholdvis fjell-, kyst- og vinterforhold. Modellen, slik den er i dag, har vært gjeldende siden 2016. Tidligere har det vært variasjoner i valg av både metode og hvilke rammevilkårsvariabler som benyttes. NVE benytter i dag en totrinnsmodell, hvor det utføres en effektivitetsanalyse, DEA, på trinn 1, før effektivitetsscorene korrigeres for forskjeller i rammevilkår på trinn 2. Korrigeringens størrelse avgjøres av koeffisienten fra en regresjon og differansen i z-verdi mellom nettselskapet og fronten det sammenlignes med.

En rekke ulike tilnærminger til rammevilkårskorrigerer har vært foreslått i litteraturen. Totrinnsmodeller er mye utbredt, og omtalt av blant annet Coelli, Rao, O'Donnell og Battese (2005) og Simar og Wilson (2007). Totrinnsmodellene som diskuteres i

litteraturen benytter absolutte verdier for rammevilkårsvariablene, i motsetning til NVE sin modell som benytter differanseverdier. Barnum og Gleason (2008) foreslo en modell som reverserer de to trinnene i tradisjonelle tottrinnsmodeller. Metoden ble imidlertid foreslått for en output-orientert modell. Reversert DEA flytter rammevilkårskorrigeringen til trinn 1, og tar dermed hensyn til de geografiske og strukturelle forholdene når effektivitetsscorene beregnes. Saastamoinen, Bjørndal og Bjørndal (2017) tilpasset reversert DEA kostnadssiden og anvendte metoden på reguleringen av norske nettselskap. Daraio og Simar (2005) introduserte betinget DEA som en alternativ metode, og argumenterer for at denne løser sentrale teoretiske problemer i tottrinnsmodellene. Betinget DEA har blitt anvendt på den norske reguleringsmodellen i to publikasjoner, Bjørndal, Bjørndal, Cullmann og Nieswand (2018) og masterutredningen til Narvestad og Tønnesen (2019). Modellen skiller seg ut fordi den korrigerer for rammevilkår ved å begrense effektivitetsanalysen til kun å inneholde selskap med sammenlignbare operasjonelle miljøer.

Håndteringen av rammevilkårene har betydning for effektivitetsscorene selskapene tildeles, som igjen danner grunnlag for selskapenes inntektsramme og avkastning. Valg av metode for rammevilkårskorrigerer er derfor av direkte betydning for selskapene, og påvirker i siste rekke tariffene som settes overfor sluttkundene. Utredningen bygger på eksisterende forskning på tema, og vil besvare følgende problemstilling:

*Hvordan vil ulike modellspesifiseringer påvirke kompensasjonen for rammevilkår i den norske reguleringsmodellen?*

Utredningen er inndelt i åtte kapitler. I kapittel to introduseres teorigrunnlaget. Det redegjøres for DEA, og ulike tilnærminger til rammevilkårskorrigerer blir presentert. Kapittel tre presenterer reguleringsmodellen som benyttes av NVE. Hensikten er å gi en grunnleggende forståelse av hvordan dagens regulering fungerer før alternative tilnærminger anvendes. Det fjerde kapitlet redegjør for tidligere forskning på området. Kapittel 5 fremlegger datagrunnlaget og deskriptiv statistikk, samt utdyper avgrensninger og forenklinger som er gjort i denne utredningen. Analysen presenteres i kapittel seks. Ulike tilnærminger til rammevilkårskorrigerer anvendes på et datasett for fastsettelse av inntektsrammer for 2019. Tilnærmingene analyseres og sammenlignes. Utredningen vil fokusere spesielt på kompensasjonen for kostnadsulemper knyttet til kystforhold, som er en fremtredende faktor i dagens modell. Videre drøftes fordeler og ulemper ved de ulike tilnærmingene. Kapittel syv diskuterer begrensninger ved utredningen og fremlegger forslag til videre forskning. Konklusjonen presenteres avslutningsvis i kapittel åtte.

## 2 Teorigrunnlag

I dette kapitlet vil det teoretiske rammeverket DEA bli presentert. DEA er en ikke-parametrisk metode, og en form for sammenlignende effektivitetsanalyse som måler effektiviteten til beslutningsenheter. At metoden er ikke-parametrisk innebærer at den ikke forutsetter at dataene følger en bestemt statistisk fordeling (Silverman, 1986). NVE tok i bruk metoden på slutten av 1990-tallet og har siden benyttet DEA som en sentral del av reguleringen av de norske nettselskapene (Bjørndal et al., 2010). Kapitlet vil først definere effektivitetsbegrepet. Deretter gis en utdypende presentasjon av DEA, før det drøftes hvordan eksterne faktorer kan tas hensyn til.

### 2.1 Effektivitet

Litteraturen inneholder forskjellige definisjoner av effektivitet. En enhet defineres i denne utredningen som effektiv når den bruker minst mulig innsatsfaktorer til å produsere mest mulig varer og tjenester (Bogetoft og Otto, 2010). Effektivitet blir ofte forvekslet med produktivitet. Fokuset i utredningen er å måle hvor effektivt et selskap er, samtidig som dens produksjon står sentralt. Vi finner det dermed vesentlig å tydeliggjøre skillet mellom de to begrepene.

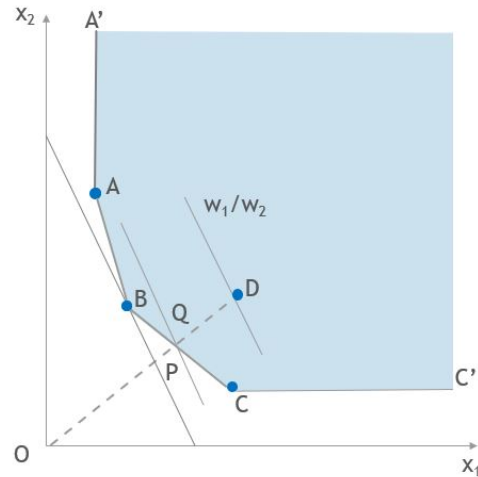
Effektivitet er et relativt mål, og betegner forholdet mellom hva som er faktisk produksjon og optimal produksjon basert på tilgjengelig innsatsfaktorbruk. Tilsvarende kan effektiviteten til en enhet betegnes som forholdet mellom faktisk innsatsfaktorbruk og optimal innsatsfaktorbruk for gitt produksjon. Effektivitet skiller seg fra produktivitet, som er et absolutt mål og betegner forholdet mellom produksjon og innsatsfaktorbruk.

NVE benytter i dagens reguleringsmodell DEA til å måle input-orientert effektivitet, og fokuset er å måle relativ ytelse. Det eksisterer flere metoder for å måle effektivitet, og en av de mest utbredte ble presentert av Farrell i 1957. Farrell (1957) skiller mellom teknisk-, allokativ-, kostnads- og skalaeffektivitet, og argumenterer for at det er spesielt viktig å skille mellom teknisk effektivitet og kostnadseffektivitet.

Teknisk effektivitet (TE) dreier seg om å bruke minst mulig innsatsfaktorer til å produsere mest mulig (Bogetoft og Otto, 2010). Det er med andre ord vesentlig å finne en optimal kombinasjon av innsatsfaktorer for ethvert produksjonsnivå for å unngå sløsing av ressurser. Innsatsfaktorbruk måles gjerne i form av kostnader. Bjørndal et al. (2010) illustrerer hvordan DEA måler både potensialet for reduksjon i total innsatsfaktorbruk og potensialet for kostnadsreduksjon gjennom en reallokering av innsatsfaktorer. Illustrasjonen er gjengitt i figur 2.1.1. Hensikten med illustrasjonen er å

viser hvordan kostnadseffektivitet kan dekomponeres til teknisk- og allokativ effektivitet.

Punktene A, B, C og D illustrerer fire enheter som produserer samme mengde ved hjelp av to innsatsfaktorer,  $x_1$  og  $x_2$ . En enhet vil fremstå mer effektiv hvis den har lavere innsatsfaktorbruk, og dermed ligger nærmere origo. Figuren viser at det er enhetene A, B og C som benytter minst innsatsfaktorer. Disse anses som effektive og danner en front som rammer inn produksjonsmulighetsområdet. Enhet D ligger innenfor fronten, og kostnadseffektivitet kan forklares ved å vurdere enhet D sin tilpasning relativt til fronten utspent av enhetene A, B og C. D møter faktorprisene  $w_1$  og  $w_2$ , for



**Figur 2.1.1: Kostnadseffektivitet**  
(Bjørndal et al., 2010)

henholdsvis  $x_1$  og  $x_2$ . Prisene bestemmer helningen på isokostlinjen, som identifiserer alle mulige kombinasjoner av innsatsfaktorene enhet D kan benytte til samme totale kostnad. For enhet D vil det være optimalt å velge samme innsatsfaktorsammensetning som enhet B, da isokostlinjen med lavest innsatsfaktorbruk tangerer produksjonsmulighetsområdet i B. Den overordnede kostnadseffektiviteten (KE) til D formaliseres som  $\frac{OP}{OD}$ . TE måler avstanden fra punkt D til fronten  $A'ABCC'$ , det vil si  $\frac{OQ}{OD}$ .

Allokativ effektivitet (AE) omhandler evnen til å ha en optimal sammensetning av innsatsfaktorer, og måler den ekstra kostnadsreduksjonen når sammensetningen forbedres for gitte priser. Fra et innsatsfaktorperspektiv handler det om å velge den mest kostnadseffektive ressursmiksen, mens det fra et produksjonsperspektiv handler om å velge den inntekstmaksimerende produksjonsmiksen (Bogetoft og Otto, 2010). Dette kan formaliseres som  $\frac{OP}{OQ}$ . Den overordnede KE kan dermed dekomponeres til TE og AE på følgende måte:

$$KE = TE \times AE = \frac{OQ}{OD} \times \frac{OP}{OQ} \quad (1)$$

Et spesifikt selskap fremstår kostnadseffektivt når det klarer å velge den rette kombinasjonen av innsatsfaktorer, og bruker disse på en teknisk effektiv måte (Bogetoft og Otto, 2010). Det handler med andre ord om å produsere mest mulig til lavest mulig kostnad.

Den siste effektivitetsformen Farrell presenterte er skalaeffektivitet (SE). SE uttrykkes ved avstanden fra en enhet til den optimale skalastørrelsen (Farrell, 1957). Avstanden beregnes som forholdet mellom TE ved konstant skalautbytte og TE ved variabelt skalautbytte, se formel 2. Variabelt skalautbytte innebærer at produksjon per innsatsfaktor varierer med produksjonsnivå, mens konstant skalautbytte forutsetter at dette forholdet er konstant (Coelli et al., 2005). Jo høyere SE er, desto nærmere er enheten sin optimale skala (Bogetoft og Otto, 2010). NVE forutsetter CRS i den norske reguleringsmodellen.

$$SE = \frac{TE_{CRS}}{TE_{VRS}} \quad (2)$$

## 2.2 DEA

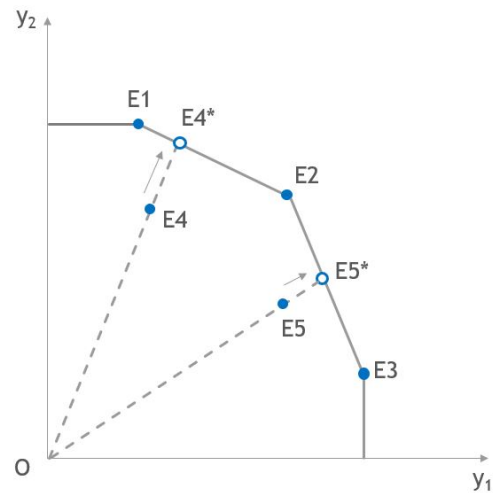
DEA er en av de mest utbredte metodene for sammenlignende effektivitetsanalyse, og er mye brukt til å inkludere eksterne faktorer i analysen når det er ønskelig å ta hensyn til operasjonell heterogenitet. Etter at metoden først ble presentert av Charnes, Cooper og Rhodes (1978), har den blitt omtalt i utallige publikasjoner. Metoden estimerer den ukjente teknologien, produksjonsmulighetene, basert på faktiske observasjoner av enhetenes sammensetning av innsatsfaktorbruk og produksjonsnivå. Observasjonssettet som produksjonsmulighetsområdet baseres på omtales i denne utredningen som referansesett. Ved hjelp av lineær programmering estimeres en front bestående av de mest effektive enhetene. På fronten er det i prinsippet ikke mulig å øke produksjonen uten at innsatsfaktorbruken også vil øke, eller redusere innsatsfaktorene uten at produksjonen også vil bli redusert (Bogetoft og Otto, 2010). Fronten rammer inn de resterende enhetene og setter grensene for produksjonsmulighetsområdet. Enhetene langs den effektive fronten betegnes som referanseenheter (Coelli et al., 2005). De øvrige enhetenes sammensetning av innsatsfaktorbruk og produksjon vil tilegnes en effektivitetsscore basert på avstanden til den effektive fronten. Det er essensielt at analysen baserer seg på mange nok observasjoner, slik at fronten faktisk representerer en effektiv sammensetning av innsatsfaktorbruk og produksjon (Bogetoft og Otto, 2010).

En antagelse om konstant skalautbytte vil gi effektivitetsscorer mellom 0 og 1 for hver enhet, hvor enhetene på fronten oppnår en effektivitetsscore lik 1 (Charnes et al., 1978). Metoden bygger på Farrell (1957) sin publikasjon om teknisk effektivitet. Farrell skiller mellom input-orientert og output-orientert teknisk effektivitet.

NVE (2012) illustrerer hovedprinsippene i DEA grafisk i et eksempel med én innsatsfaktor og to produksjonsmål. Illustrasjonen er forenklet og gjengitt i figur 2.2.1.

Det forutsettes at produksjonsteknologien har konstant skalautbytte, slik at enhetene kan sammenlignes uavhengig av størrelse. E1-E5 er enheter med ulike kombinasjoner av de to produksjonsmålene,  $y_1$  og  $y_2$ . Den effektive fronten dannes av enhetene 1-3 og linjenestykkene mellom disse. Enhetene 1-3 er referanseenheter og de øvrige enhetene måles mot en vektet sammensetning av disse. Utenfor fronten finnes det ingen effektive enheter.

Referanseenheter har ulike kombinasjoner av produksjonsmålene. Enhet 3 har eksempelvis mye av  $y_1$  og lite av  $y_2$ , mens enhet 1 har det motsatte. Referansepunktet for de ineffektive enhetene, 4 og 5, finnes ved å trekke en rett linje fra origo (O), gjennom enheten som måles, og videre til fronten. For enhet 4, vil referansepunktet være 4\*. Dette punktet er en vektet sammensetning av referanseenheterne som omgir det, enhet 1 og 2. På denne måten måles alle enhetene mot det referansepunktet på fronten som er likest seg selv med hensyn til mulige kostnadsdrivere (NVE, 2012). Enhetenes effektivitet beregnes som avstanden til referansepunktet. Eksempelvis vil enhet 4 oppnå en lavere effektivitetsscore enn enhet 5, fordi avstanden til fronten er lenger fra E4 enn fra E5. I NVE sin modell omtales referansepunktet som mønsterselskap.



**Figur 2.2.1: Illustrasjon av DEA**

### 2.2.1 Tekniske antagelser om produksjonsteknologien

I virkeligheten er produksjonsmulighetsområdet sjelden kjent, og DEA løser dette ved å benytte historiske observasjoner. En forutsetning i DEA er derfor at alle historiske observasjoner er sanne. For å estimere produksjonsmulighetsområdet benyttes minimal ekstrapolasjon, som sier at produksjonsmulighetsområdet er det minste settet som inneholder alle observasjonene og tilfredsstiller spesifikke teknologiske antagelser (Bogetoft og Otto, 2010). Produksjonsmulighetsområdet baseres på et gitt antall observasjoner  $i = 1, \dots, n$ , og defineres som:

$$\Psi = \{(x, y) \in \mathbf{R}_+^{p+q} \mid x \text{ kan produsere } y\}, \quad (3)$$

hvor  $x \in \mathbf{R}_+^p$  er en vektor av innsatsfaktorer og  $y \in \mathbf{R}_+^q$  er en vektor av

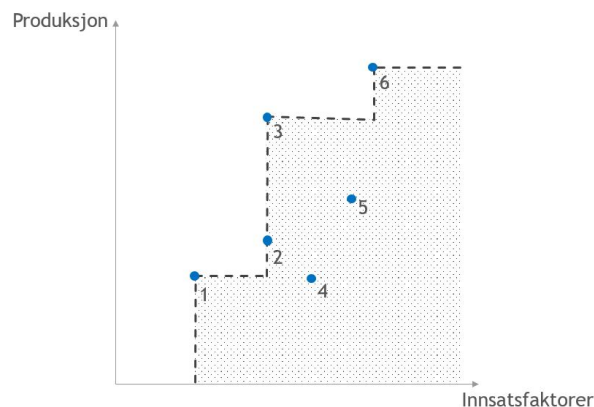
produksjonsmål.  $p$  og  $q$  er dimensjonene til henholdsvis  $x$  og  $y$ . Formen til den effektive fronten bestemmes av den underliggende produksjonsteknologien. Produksjonsteknologien omfatter tekniske antagelser som beskriver transformasjonen av innsatsfaktorbruk til produksjonsmengde, og antagelser som forklarer hvordan teknologien kan utvide eller redusere produksjonsmulighetsområdet (Bogetoft og Otto, 2010). De viktigste tekniske antagelsene er fri avhenging, konveksitet og antagelser om skalautbytte.

### Fri avhenging

Den første antagelsen bygger på ideen om at en enhet som kan produsere en spesifikk mengde gitt et sett av innsatsfaktorer, også kan produsere den samme mengden med flere innsatsfaktorer. Tilsvarende sier antagelsen at dersom en enhet kan produsere en gitt mengde, vil samme innsatsfaktorbruk kunne produsere en mindre mengde. Dette betyr at enheten kan avhende både et overskudd av innsatsfaktorer og et overskudd av produksjon (Bogetoft og Otto, 2010). Antagelsen kan formaliseres ved:

$$(x, y) \in \Psi, x' \geq x, y' \leq y \rightarrow (x', y') \in \Psi \quad (4)$$

Produksjonsmulighetsområdet i figur 2.2.2 er utspent av observasjonene 1-6. Antagelsen om fri avhenging innebærer at produksjonsmulighetsområdet utvides både til høyre for og under observasjonene, illustrert av de striplede linjene. Dette gjør at hele det markerte området inkluderes i produksjonsmulighetsområdet.



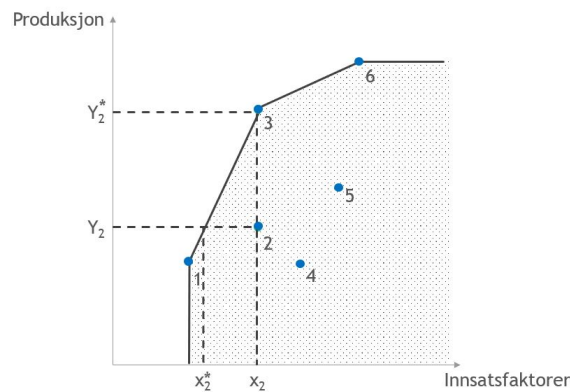
**Figur 2.2.2: Produksjonsmulighetsområdet ved antagelse om fri avhenging (Bjørndal et al., 2010)**

### Konveksitet

I et konvekst produksjonsmulighetsområde vil alle vektete gjennomsnitt av to observasjoner være oppnåelige. Dette gjør det mulig å interpolere fra de observerte



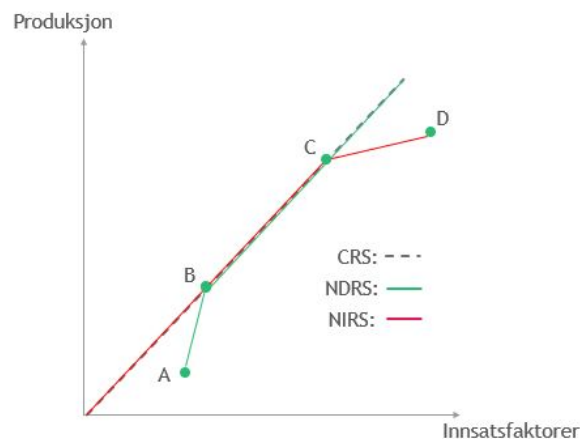
enhetene til alle kombinasjoner av produksjon og innsatsfaktorer mellom observasjonene (Bogetoft og Otto, 2010). Linjestykkene mellom observasjonene inkluderes dermed i produksjonsmulighetsområdet. Antagelsen om konveksitet gjør at produksjonsmulighetsområdet utvides, og tillater en front bestående av færre enheter. Det utvidede produksjonsmulighetsområdet er illustrert i figur 2.2.3. Antagelsen gjør at alle tilpasninger innenfor linjestykket mellom 1 og 3, og 3 og 6, inkluderes i produksjonsmulighetsområdet. Dette fører til at enhet 2 ikke lenger ligger på fronten.



**Figur 2.2.3: Produksjonsmulighetsområdet ved antagelse om fri avhending og konveksitet (Bjørndal et al., 2010)**

### Skalaforutsetninger

Skalaantagelser baseres på at det er mulig å skalere opp eller ned enhver produksjons sammensetning ved bruk av mer eller mindre innsatsfaktorer. Figur 2.2.4 illustrerer fronten under ulike skalaantagelser: konstant skalausbytte (CRS), avtakende skalausbytte (NIRS) og økende skalausbytte (NDRS) (Bogetoft og Otto, 2010).



**Figur 2.2.4: Illustrasjon av fronten ved ulike skalaantagelser (Banker et al., 2011)**

Under en antagelse om CRS vil endringen i innsatsfaktorbruken gi en proporsjonal økning i produksjonen. Ved NIRS vil en økning i innsatsfaktorbruken resultere i en mindre økning i produksjonen. Dersom økningen i innsatsfaktorene resulterer i en større økning i produksjonen vil det være NDRS (Coelli et al., 2005). NVE benytter CRS i den norske reguleringsmodellen, og denne antagelsen vil bli lagt til grunn videre i utredningen. Charnes et al. (1978) definerer et produksjonsmulighetsområde med CRS som:

$$\Psi_{CRS} = \{(x, y) \in \mathbf{R}_+^{p+q} | y \leq \sum_{i=1}^n \lambda_i y_i, x \geq \sum_{i=1}^n \lambda_i x_i, \text{ og } \lambda_i \geq 0 \text{ for } i = 1, \dots, n\}, \quad (5)$$

der  $\lambda_i$  betegner vekten til referanseselskap  $i$ , representert ved innsatsfaktorer og produksjon.

### 2.2.2 Måling av effektivitet

Når produksjonsmulighetsområdet er estimert, er formålet med DEA å måle effektiviteten til enhetene.

#### Input-orientert effektivitet

Input-orientert effektivitet måler hvor mye en enhet kan redusere sin innsatsfaktorbruk og samtidig produsere samme mengde (Bogetoft og Otto, 2010). Input-orientert effektivitet for en observasjon  $(x, y)$  relativt til produksjonsmulighetsområdet,  $\Psi$ , kan defineres som:

$$E = \min\{E > 0 \mid (Ex, y) \in \Psi\} \quad (6)$$

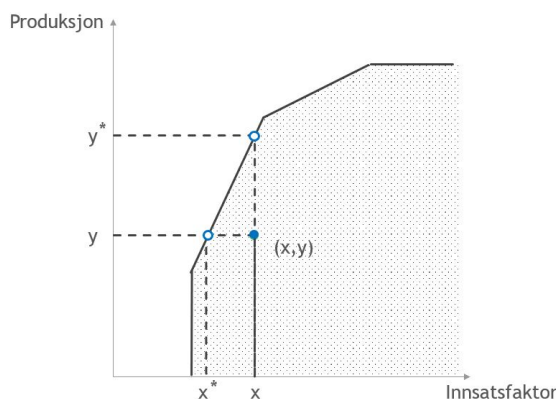
$E$  er maksimal proporsjonal reduksjon av alle innsatsfaktorene  $x$  som tillater produksjon av  $y$ . Dette betyr at en effektivitetsscore på  $E = 0,6$  indikerer at enheten kan redusere innsatsfaktorbruken med 40 prosent og samtidig produsere samme mengde (Bogetoft og Otto, 2010). En slik reduksjon ville resultert i at effektivitetsscoren økte til  $E = 1$ . Enheten ville da hatt innsatsfaktorbruk lik optimal innsatsfaktorbruk og blitt betraktet som teknisk effektiv.

#### Output-orientert effektivitet

Output-orientert effektivitet måler hvor mye en enhet kan øke sin produksjon gitt sin innsatsfaktorbruk, og er definert som:

$$F = \max\{F > 0 \mid (x, Fy) \in \Psi\} \quad (7)$$

$F$  representerer den maksimale, proporsjonale økningen av all produksjon  $y$  som er oppnåelig med et gitt sett av innsatsfaktorer  $x$  (Bogetoft og Otto, 2010). Eksempelvis vil en  $F$ -verdi = 1,2 signalisere at det er mulig å øke produksjonen med 20 prosent uten å benytte mer ressurser.



**Figur 2.2.5: Måling av effektivitet (Bogetoft og Otto, 2010)**

Figur 2.2.5 illustrerer et stilisert eksempel hvor en enhet har én innsatsfaktor og ett produksjonsmål. Enheten produserer  $(x, y)$ , ligger innenfor produksjonsmulighetsområdet, og kan redusere innsatsfaktorbruken fra  $x$  til  $x^*$  uten at produksjonsmengden reduseres. Input-orientert effektivitetsscore beregnes ved å dele optimal innsatsfaktorbruk,  $x^*$ , på faktisk innsatsfaktorbruk,  $x$ :

$$E = \frac{x^*}{x} \quad (8)$$

Alternativt kan enheten øke produksjonen fra  $y$  til  $y^*$  uten at innsatsfaktorbruken øker. Output-orientert effektivitetsscore beregnes ved å dele optimal produksjon,  $y^*$ , på faktisk produksjon,  $y$ :

$$F = \frac{y^*}{y} \quad (9)$$

Den norske reguleringsmodellen er input-orientert og vil bli utdypet i kapittel 3.

## 2.3 Rammevilkårskorrigerings

Produksjonsprosessen påvirkes ikke nødvendigvis bare av innsatsfaktorer og produksjon, men også av andre, eksterne faktorer. Slike faktorer er karakteristikk ved enhetenes operasjonelle miljø som påvirker produksjonsmulighetene eller prestasjonen, men som er utenfor enhetenes beslutningsrom. Litteraturen foreslår en rekke tilnærminger til

håndtering av slike eksterne faktorer i DEA. En oversikt over de viktigste modellvariantene er gitt av Coelli et al. (2005). Variablene som fanger opp eksterne forhold omtales i denne utredningen som z-variabler eller rammevilkårsvariabler.

Først ute med å omtale betydningen av eksterne faktorer i DEA var Banker og Morey (1986). De første publikasjonene foreslo å behandle z-variablene som fritt disponerte innsatsfaktorer eller produksjon, som kunne bidra til å definere referansesettet, men som ikke var aktive i beregningen av effektivitetsscorene (Simar og Wilson, 2011). Senere har imidlertid en rekke alternative og mer sofistikerte modeller blitt foreslått for å ta hensyn til eksterne faktorer. Totrinnsmodeller, reversert DEA og betinget DEA er eksempler på slike, og disse vil bli utdypet i avsnittene som følger.

### 2.3.1 Totrinnsmodellen

En metode som er svært utbredt, både i litteraturen og i praksis, er totrinnsmodellen. Metoden går ut på å estimere den effektive fronten og enhetenes effektivitetsscorer i DEA, for deretter å korrigere effektivitetsscorene for å ta hensyn til operasjonell heterogenitet. Korrigeringen av effektivitetsscorene gjøres på trinn 2, ved hjelp av regresjoner. Effektivitetsscorene regreseres på z-variablene, som skal fange opp forskjeller i enhetenes operasjonelle miljø. I en lineær OLS-modell vil regresjonen ha følgende formel (Johnson og Kuosmanen, 2012):

$$E = \alpha + \sum_{j=1} z_j \beta_j + u, \quad (10)$$

der  $z_j$  er verdien for rammevilkår  $j$  og  $\beta_j$  er koeffisienten til rammevilkår  $j$ . Effektivitetsscorene justeres opp eller ned, avhengig av verdien på koeffisientene og z-variablene. For at totrinnsmodellen skal gi korrekte resultater, forutsettes det separabilitet mellom produksjonsmulighetsområdet og z-variablene. Dette innebærer at z-variablene verken kan påvirke formen eller nivået på fronten til produksjonsmulighetsområdet, kun fordelingen av ineffektivitet.

Reguleringsmodellen NVE benytter i dag er en form for totrinnsmodell (NVE, 2012). På første trinn estimeres den effektive fronten, og nettselskapene tildeles en effektivitetsscore. På trinn 2 benyttes en OLS-regresjon for å korrigere for forskjeller i rammevilkår, men i stedet for å regresere effektivitetsscorene på z-variablene benyttes differansen til mønsterselskapet. Modellspesifiseringen i regresjonen er den samme som i formel 10, men  $z_j$  erstattes med differansen. Denne modellen vil bli forklart i detalj i kapittel 3.

Regresjonen kan benytte andre modellformer enn lineær OLS. Et alternativ er å spesifisere regresjonen som en semi-logaritmisk modell. Dette innebærer at effektivitetsscoren log-transformeres før den regreseres på z-variablene. En semi-logaritmisk modellspesifisering kan formuleres som følger:

$$\ln(E) = \alpha + \sum_{j=1} z_j \beta_j + u \quad (11)$$

som medfører at

$$E = e^{\alpha + \sum_{j=1} z_j \beta_j + u} \quad (12)$$

En økning i verdien på rammevilkår  $z_j$  medfører en marginal økning i effektivitetsscoren tilsvarende  $E \times \beta_j$ . En enhet som i utgangspunktet har høy effektivitetsscore vil dermed få en større oppjustering per enhet av rammevilkåret enn enheter med lav effektivitetsscore. Dette skiller seg fra den lineære modellen, der korrigeringen per enhet av rammevilkåret er den samme for alle effektivitetsnivåer.

### 2.3.2 Reversert DEA

En annen tilnærming som tar hensyn til eksterne faktorer er reversert DEA. Metoden ble utarbeidet av Barnum og Gleason (2008), og reverserer rekkefølgen på trinnene i tottrinnsmodellen. Modellen er fortsatt sekvensiell, og kravet om separabilitet foreligger derfor fremdeles. Den skiller seg imidlertid fra tottrinnsmodellen ved at det korrigeres for eksterne faktorer før DEA utføres. Ved at korrigeringen skjer før DEA, vil både fronten og effektivitetsscorene påvirkes.

Barnum og Gleason (2008) beskriver trinnene i reversert DEA på følgende måte: Først regreseres hvert produksjonsmål på innsatsfaktorer og rammevilkårsvariabler. Deretter justeres produksjonen ved at de estimerte effektene av z-variablene fjernes. Avslutningsvis brukes innsatsfaktorer og justert produksjon i DEA.

I en input-orientert modell, som den norske reguleringsmodellen, tilpasses justeringene av z-variablene til innsatsfaktorsiden. Saastamoinen, Bjørndal og Bjørndal (2017) spesifiserer en partiell-lineær modell for rammevilkårskorrigeringen på trinn 1, og benytter en Cobb-Douglas-funksjon med konstant skalaelastisitet. Metoden følger Barnum og Gleason sin prosedyre. Logaritmen av innsatsfaktorene regreseres på z-variablene og logaritmen av produksjon på følgende måte:

$$\ln x_i = \alpha + \hat{y}_i' \theta + z_i' \delta + \omega_i \quad (13)$$

Vektor  $\hat{y}_i$  representerer produksjonsmålenes logaritmiske verdier for enhet  $i$ . Vektor  $z$  er  $z$ -variablene med assosierte koeffisienter,  $\delta$ , som identifiserer effekten av variablene på logaritmen av innsatsfaktor. Innsatsfaktoren justeres på følgende måte før den benyttes i DEA med de originale produksjonsvariablene:

$$\tilde{x}_i = e^{(\ln(x_i) - z_i' \delta)} = x_i e^{(-z_i' \delta)}, \quad (14)$$

der  $\tilde{x}_i$  er den justerte innsatsfaktoren til selskap  $i$ .

### 2.3.3 Betinget DEA

Daraio og Simar (2005) introduserte en alternativ tilnærming til rammevilkårskorrigerings, som fikk navnet Conditional DEA, oversatt til betinget DEA. Betinget DEA tar hensyn til at produksjonsteknologien er betinget av eksterne faktorer og sørger for at bare enheter med lignende operasjonelle forhold måles mot hverandre. For å avgjøre hvilke enheter som kan sammenlignes, beregnes båndbredder for  $z$ -variablene. Båndbreddene avgrensner referansesettene til kun å inneholde enheter med lignende eksterne forhold. Modellen korrigerer for eksterne faktorer direkte i DEA og unngår at dette må gjøres sekvensielt. Betinget DEA bygger dermed ikke på forutsetningen om separabilitet.

Beregning av optimale båndbredder forutsetter at sannsynlighetstetthetsfunksjonen (PDF, engelsk Probability Density Function) til  $(X, Y)$  estimeres. Daraio og Simar (2005) foreslår en metode for å estimere denne betinget av spesifikke nivåer på  $z$ -variablene. Den betingede PDF gir sannsynligheten for at en enhet på et konkret nivå,  $(x, y)$ , domineres av andre enheter med tilsvarende eksterne forhold,  $Z$ , det vil si tilsvarende nivåer på  $z$ -variablene. Estimering av PDF krever en utjevningsteknikk, og i henhold til Daraio og Simar (2005) og (2007) benyttes en Epanechnikov kernel-estimator. Kernel-estimatoren,  $K_h$ , defineres som:

$$K_h = K((z_i - z_j)/h), \quad (15)$$

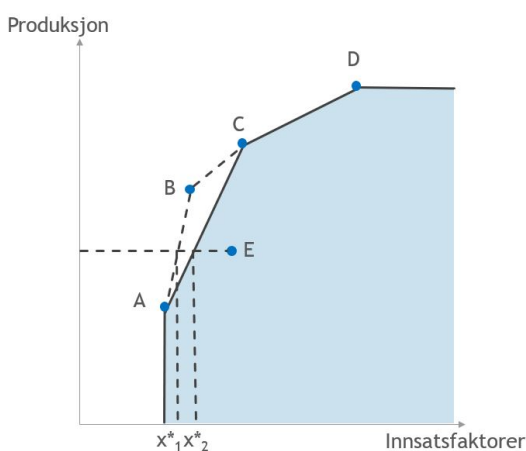
hvor  $z_i$  og  $z_j$  er vektorer av  $z$ -variablene for henholdsvis enhet  $i$  og dets referansepunkt  $j$ , og  $h$  er en vektor av valgte båndbredder. Båndbreddene beregnes ved minste kvadrats kryssvalidering, som deler datasettet tilfeldig inn i test- og treningssett (Li og Racine, 2008). Båndbreddene bestemmer hvor mange nærliggende datapunkter det tas hensyn til når PDF estimeres, og hvor mye vekt som tildeles hver observasjon. Enheter som har  $z$ -verdier i nærheten av enhet  $i$ , tildeles høyest vekter, mens lave kernel-vektorer gis til enheter som opererer under veldig ulike forhold. Størrelsen på båndbreddene inneholder

informasjon om påvirkningen z-variablene har på produksjonen (Hall, Racine og Li, 2004). Z-variabler som er irrelevante tildeles høye båndbredder, mens variabler som er relevante for å forklare produksjonen tildeles lave båndbredder. Referansesettet til enheten avgrenses til kun å inneholde andre enheter med positive kernel-vektorer. På denne måten begrenses referansesettene av z-verdiene før DEA gjennomføres. Metoden sørger for at bare enheter med sammenlignbare forhold måles mot hverandre i DEA (Bjørndal et al., 2018). Simar, Vanhems og Keilegom (2016) argumenterer for at egenskapene til estimatoren for de betingede effektivitetsscorene kan forbedres ved at båndbreddene beregnes ved å estimere den simultane PDF til x og y, betinget av bare z.

Daraio og Simar (2007) presenterer følgende formel for estimering av betinget effektivitetsscore for enhet  $i$  under forutsetning om konstant skalautbytte:

$$\hat{\theta}_i^c = \min\{\theta \mid \theta x_i \geq \sum_{j|z_i-h \leq z_j \leq z_i+h}^n \lambda_j x_j, \quad y_i \geq \sum_{j|z_i-h \leq z_j \leq z_i+h}^n \lambda_j y_j, \quad \text{og } \lambda_j \geq 0 \text{ for } j = 1, \dots, n\} \quad (16)$$

Figur 2.3.1 viser et eksempel på hvordan betinget DEA tar hensyn til eksterne faktorer. Enhetene A-B-C-D utgjør fronten ved ubetinget DEA. Optimal innsatsfaktorbruk for enhet E vil være  $x_1^*$ . Vi antar at enhet B opererer under svært ulike forhold fra enhet E, som innebærer at minst én av z-variablene har en differanse som er større enn båndbredden. Når referansesettet betinges av z-variablene vil derfor enhet B utelukkes fra referansesettet til E. Fronten begrenses dermed til A-C-D, og avstanden fra E til fronten reduseres. Den optimale innsatsfaktorbruken til E øker til  $x_2^*$ , og E vil oppnå en høyere effektivitetsscore enn i den ubetingede modellen.



**Figur 2.3.1: Produksjonsmulighetsområdet i betinget DEA**

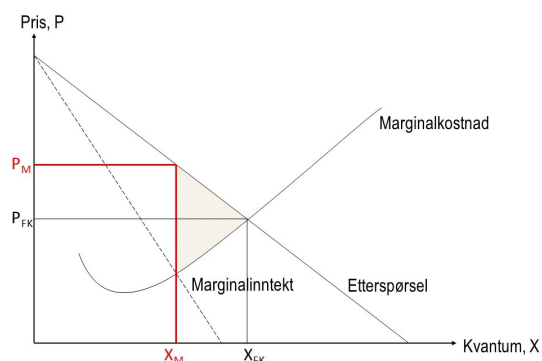
### 3 Den norske reguleringsmodellen

Nettselskapene i Norge er naturlige monopol, og en økonomisk regulering er nødvendig for å sikre samfunnsøkonomisk effektiv drift. NVEs reguleringsmyndighet for energi fastsetter derfor en årlig tillatt inntekt som nettselskapene må forholde seg til når de setter sine tariffer overfor kundene (NVE, n.d. b). I dette kapittelet presenteres modellen for regulering av de norske nettselskapene slik den er i dag.

#### 3.1 Naturlig monopol

Naturlig monopol er en form for markedssvikt som skyldes at kostnadsforholdene er slik at det ikke er samfunnsøkonomisk effektivt med mer enn én aktør i markedet. Naturlige monopol oppstår når investeringskostnader eller faste kostnader gjør det umulig for flere bedrifter å være lønnsomme i samme marked (Sharkey, 1983). Kraftnettmarkedet er av slik natur. Det er store kostnader knyttet til utbygging og vedlikehold av kraftnettet relativt til variable kostnader. Kostnadsstrukturen gjør det lite hensiktsmessig at flere nettselskap etablerer kraftnett i parallell, og aktørene møter derfor ingen rivalisering fra konkurrerende nett (Olje- og energidepartementet, 2019).

I et uregulert marked besitter nettselskapene betydelig markedsrett. I fravær av regulering vil de ønske å tilpasse seg som monopolister i sitt geografiske område. Profitten til en monopolist maksimeres når pris og volum settes slik at marginalinntekt er lik marginalkostnad, som illustrert på figur 3.1.1. En monopolist vil sette en pris  $P_M$  som er høyere, og et volum  $X_M$  som er lavere, enn ved likevekt i et marked med fri konkurranse,  $(X_{FK}, P_{FK})$  (Sharkey, 1983). Tilpasningen som maksimerer nettselskapenes profitt vil medføre et samfunnsøkonomisk tap vist ved det fargede arealet på figuren. Samtidig gjør fravær av konkurranse at selskapenes insentiver til å redusere kostnader eller øke kvalitet bortfaller. Som monopolister vil nettselskapene dermed overføre ekstra kostnader til kunden (NVE, 2012).



**Figur 3.1.1: Monopoltilpasningen i fravær av regulering**

For å hindre at de norske nettselskapene utnytter sin monopolmakt reguleres bransjen av reguleringsmyndigheten for energi. Reguleringen gjøres i henhold til Kontrollforskriften



(NVE, 2012). Kontrollforskriftens formålsparagraf 1-1 lyder som følger:

*«Denne forskriften skal legge grunnlag for et effektivt kraftmarked og kontroll av nettvirksomheten som et naturlig monopol. Forskriften skal sikre at kraft overføres til riktig leveringskvalitet og pris, at nettet utnyttes og utbygges på en sikker og samfunnsmessig rasjonell måte. Herunder skal det tas hensyn til allmenne og private interesser som blir berørt.»* (Forskrift om kontroll av nettvirksomhet, 1999)

Formålet med den økonomiske reguleringen er å gi nettselskapene insentiver til effektiv drift og utnyttelse av kraftnettet gjennom å sørge for at bedriftsøkonomisk lønnsomhet sammenfaller med samfunnsøkonomisk effektivitet. Aktørene i bransjen skal samtidig sikres en *rimelig* avkastning på investert kapital, og reguleringen skal sørge for at bransjen som helhet over tid får dekket sine kostnader (Forskrift om kontroll av nettvirksomhet, 1999). Det er ønskelig at reguleringen sørger for stabile og forutsigbare inntektsrammer. Samtidig vektlegges det at reguleringen skal være dynamisk, slik at den også virker godt over tid. En viktig forutsetning er at reguleringsmodellen utformes på en måte som hindrer at den står i veien for hensiktsmessige strukturendringer i bransjen. NVE foretar både en indirekte og en direkte form for regulering av nettvirksomheten i Norge. Den indirekte reguleringen, som innebærer fastsettelse av et inntektstak for nettselskapene, vil være fokus i denne utredningen (NVE, 2012).

Gjennom den indirekte reguleringen bestemmer NVE årlig en maksimal tillatt inntekt for hvert av nettselskapene i henhold til Kontrollforskriften. Hovedkomponenten i selskapenes tillatte inntekt er en inntektsramme som tildeles basert på sammenlignende effektivitetsanalyser og selskapets historiske kostnader. Nettselskapene fastsetter i stor grad nettleien strømkundene betaler, men må ta hensyn til den tillatte inntekten når tariffene bestemmes. Innteksreguleringen fungerer som en indirekte prisregulering som skal sikre at inntektene over tid ikke overstiger tillatt inntekt (Reiten, Sørgard og Bjella, 2014).

I tillegg til innteksreguleringen, pålegges nettselskapene spesifikke plikter og kvalitetskrav som sørger for at det foretas nødvendige investeringer. Denne direkte reguleringen skal sikre tilstrekkelig kapasitet og kvalitet, at forsyningssikkerheten opprettholdes og at alle de som ønsker det får tilgang til kraftnettet (Olje- og energidepartementet, 2019).

### **3.2 Dagens reguleringsmodell**

Siden slutten av 1990-tallet har NVE benyttet DEA som et sentralt ledd i fastsettelsen av tillatt inntekt. Hensikten med å benytte sammenlignende effektivitetsanalyser er å skape en form for kunstig konkurranse mellom de naturlige monopolene. Sammenligning

av effektivitet gir selskapene insentiver til å opptre effektivt relativt til de andre, selv om de i realiteten ikke konkurrerer i markedet (NVE, 2012).

### 3.2.1 Referanserenten

I beregningen av tillatt inntekt benytter NVE en referanserente. Referanserenten skal representere en *rimelig* avkastning og hensikten er at den samlede avkastningen til nettselskapene over tid skal tilsvare referanserenten. Modellen for fastsettelse av referanserenten er nedfelt i Kontrollforskriftens §8-3, og følger følgende formel (NVE, 2020):

$$r = (1 - G) \times (Rf + Infl + \beta_e \times MP) / (1 - s) + G \times (Swap + KP) \quad (17)$$

$G$  er en gjeldsandel fastsatt til 60 prosent,  $Rf$  er en fastsatt nøytral realrente på 1,5 prosent,  $\beta$  er en egenkapitalbeta på 0,875,  $MP$  betegner en markedspremie som er fastsatt til fem prosent og  $s$  er skattesatsen som til enhver tid gjelder for nettselskapene. I tillegg inngår tre variable parametre:  $Infl$ ,  $Swap$  og  $KP$ .  $Infl$  er en årlig inflasjonsjustering. Denne beregnes som gjennomsnittet av de siste to årenes faktiske inflasjon og de neste to årenes anslåtte inflasjon.  $Swap$  er det årlige gjennomsnittet av den femårige swaprenten og  $KP$  er en bransjespesifikk kredittrisikopremie. Referanserenten for 2019 er fastsatt til 5,69 prosent, mens referanserenten for 2020 er estimert til 5,47 prosent (NVE, 2020).

### 3.2.2 Beregning av tillatt inntekt

Tillatt inntekt fungerer som nettselskapenes tariffgrunnlag, og legger føringer for hva selskapene kan kreve av kundene sine i nettleie (NVE, n.d.b). Tillatt inntekt består i hovedsak av en inntektsramme, som NVE beregner ved hjelp av DEA og selskapets historiske kostnader. Inntektsrammen justeres deretter for andre størrelser etter følgende formel:

$$TI_t = IR_t + E_t + KON_t + FoU_t - KILE_t + TE_t \quad (18)$$

Utover inntektsrammen får nettselskapene dekket sine kostnader til eiendomsskatt,  $E_t$ , og til overliggende strømmnett,  $KON_t$ . I tillegg kan kostnader til forskning og utvikling,  $FoU_t$ , dekkes med inntil 0,3 prosent av selskapets avkastningsgrunnlag. Avkastningsgrunnlaget er selskapenes bokførte verdier, tillagt én prosent arbeidskapital. Inntektsrammen justeres også for tidsetterslep på investeringer ( $TE_t$ ) som påløper fordi det benyttes to år gamle regnskapstall. Det vil si at inntektsrammen for 2019 beregnes med utgangspunkt i regnskapstall fra 2017. Kostnader ved ikke-levert energi ( $KILE$ )

blir trukket fra inntektsrammen (NVE, n.d.b). KILE-leddet sørger for at de samfunnsøkonomiske konsekvensene av avbrudd tas med i beregningen, og at nettselskapene gis incentiver til å unngå avbrudd så langt det er samfunnsøkonomisk lønnsomt (Amundsveen og Kvile, 2015).

### **Mer-/mindreinntekt**

Årlig blir tillatt inntekt sammenlignet med nettselskapenes faktiske inntekt. Dersom generert inntekt for et år overskrider tillatt inntekt, skal kundene kompenseres ved at fremtidige tariffer reduseres tilsvarende merinntekten inkludert rente. Tilsvarende kan mindreinntekt hentes inn gjennom økte tariffer, slik at differansen mellom tillatt inntekt og faktisk inntekt for hvert nettselskap over tid går mot null (Forskrift om kontroll av nettvirksomhet, 1999).

### **3.2.3 Inntektsramme**

Inntektsrammen som tildeles et spesifikt nettselskap er en vekting mellom selskapets historiske kostnader og en kostnadsnorm som fastsettes ved hjelp av DEA. Kostnadsnormen skal reflektere kostnadene til et virtuelt selskap som med gjennomsnittlig effektivitet utfører de samme oppgavene som det aktuelle nettselskapet (NVE, 2012). Inntektsrammene bestemmes av følgende formel:

$$IR_i = (1 - p) \times K_i + p \times K_i^*, \quad (19)$$

der  $K_i$  er kostnadsgrunnlaget og  $K^*$  er kostnadsnormen.  $p$  er en faktor som avgjør vektningen mellom kostnadsgrunnlaget og kostnadsnormen. Per i dag er  $p = 0,6$ . Dette innebærer at kostnadsgrunnlaget vektes med 40 prosent, og kostnadsnormen med 60 prosent, i fastsettelsen av inntektsrammene (NVE, n.d.b).

### **3.2.4 Kostnadsgrunnlaget**

Kostnadsgrunnlaget representerer nettselskapenes faktiske kostnader, og baseres på to år gamle regnskapsdata. Det betyr at kostnadsgrunnlaget for år  $t$  består av regnskapsdata fra år  $t - 2$  (NVE, n.d.b).

Følgende kostnader inngår i kostnadsgrunnlaget:

- Drifts- og vedlikeholdskostnader
- KILE-kostnader
- Nettap

- Avskrivning på egenfinansiert kapital
- Kapitalkostnader for egenfinansierte anlegg

Kostnadsgrunnlaget for selskap  $i$  beregnes med følgende formel:

$$K_t = (DV_{t-2}) \times \frac{KPII_t}{KPII_{t-2}} + (KILE_{t-2}) \times \frac{KPI_t}{KPI_{t-2}} + NT_{t-2} \times P_t + AVS_{t-2} + AKG_{t-2} \times r_{NVE} \quad (20)$$

Drifts- og vedlikeholdskostnader,  $DV$ , inflasjonsjusteres i tråd med konsumprisindeksen for tjenester hvor arbeidskraft dominerer (Statistisk Sentralbyrå, 2020a). KILE-kostnadene inflasjonsjusteres etter totalindeksen (Statistisk Sentralbyrå, 2020b). Nettapet,  $NT$ , måles i MWh og multipliseres med årets gjennomsnittlige områdepris for strøm,  $P$ , for å reflektere verdien av nettapet i NOK. I tillegg inngår avskrivninger på egenfinansiert kapital,  $AVS$ . Avslutningsvis inkluderes en kapitalkostnad, beregnet ved å multiplisere avkastningsgrunnlag for egenfinansierte anlegg,  $AKG$ , med referansesrenten,  $r$ .  $AKG$  inkluderer én prosent arbeidskapital. For alle bokførte verdier benyttes tall fra to år tilbake i tid,  $t - 2$ . Det benyttes imidlertid områdepriser og referanserente for inneværende år,  $t$  (NVE, n.d.b).

### 3.2.5 Kostnadsnormen

I motsetning til kostnadsgrunnlaget, er kostnadsnormen i prinsippet uavhengig av selskapets faktiske kostnader. Kostnadsnormen utarbeides gjennom tre trinn. Først benyttes DEA til å beregne en effektivitetsscore for hvert av nettselskapene. Deretter justeres effektivitetsscoren for å ta hensyn til at nettselskapene står overfor ulike rammevilkår. Avslutningsvis beregnes og kalibreres kostnadsnormen for å sikre at bransjen som helhet oppnår en avkastning lik referanserenten (NVE, 2019).

#### Trinn 1: DEA

Nettselskapenes effektivitetsscore bestemmes ved hjelp av en DEA-modell som inkluderer én innsatsfaktor og tre oppgavevariabler (produksjonsmål). Som innsatsfaktor i modellen benyttes totale kostnader. Totale kostnader består av de samme bokførte kostnadselementene som i kostnadsgrunnlaget, men kapitalkostnader for bidragsfinansiert kapital inkluderes også. De tre oppgavevariablene skal representere sentrale kostnadsdrivende aktiviteter for bransjen, og best mulig reflektere oppgaven nettselskapene står overfor. NVE (2012) fastslår at nettselskapenes oppgave er å frakte strøm fra innmatingspunkter til uttakspunkter, og benytter i dagens modell følgende tre oppgavevariabler:

- Antall kilometer høyspent nett
- Antall nettstasjoner
- Antall abonnementer

For nettselskapene anses produksjonen som eksogent gitt, og DEA-modellen NVE benytter er derfor input-orientert. Dette innebærer at selskapenes effektivitetsscore bestemmes av deres evne til å minimere bruken av innsatsfaktoren, totale kostnader, for et gitt produksjonsnivå, antall abonnenter, nettstasjoner og kilometer høyspentnett (Bogetoft og Otto, 2010). DEA identifiserer en effektiv front som selskapene måles mot. Denne defineres av selskapene som har det mest effektive forholdet mellom kostnad og produksjon. Fronten består dermed av de selskapene som benytter lavest kostnader relativt til antall kunder, nettstasjoner og kilometer høyspentnett. Selskapene som utgjør den effektive fronten omtales som referanseselskap. Referanseselskapene vektet sammen til en “konstruert” enhet, et mønsterselskap, som har minst like store oppgaver som det nettselskapet som evalueres. For hvert selskap beregnes effektivitetsscoren som avstanden til de respektive mønsterselskapene (NVE, 2012).

Når den effektive fronten estimeres, benyttes femårige gjennomsnittsdata for kostnader og oppgavevariabler. Bruk av femårige gjennomsnitt bidrar til å gjøre fronten, og dermed kostnadsnormene, mer stabil. For selskapet som måles mot fronten benyttes imidlertid årlige, historiske data, uavhengig av om selskapet er en del av fronten eller ikke. Dette åpner for at det er mulig å oppnå supereffektivitet, det vil si en effektivitetsscore over 1, og sørger for at også selskapene som utgjør fronten har insentiver til å forbedre sin effektivitet (Amundsveen et al., 2015). Disse insentivene er imidlertid begrensede, fordi en kostnadsreduksjon kun gir midlertidig supereffektivitet. Hvis et referanseselskap reduserer kostnadene, vil reduksjonen over tid inngå i den femårige gjennomsnittsberegningen og på sikt slå ut i redusert effektivitetsscore for selskapet. Dermed vil supereffektiviteten kun opprettholdes ved en vedvarende kostnadsreduksjon.

## **Trinn 2: Korrigering av effektivitetsscore**

Kontrollforskriftens §8-2 fastslår at kostnadsnormen skal “...fastsettes på bakgrunn av sammenlignende effektivitetsanalyser som skal ta hensyn til relevante forskjeller i selskapenes rammebetingelser.” (Forskrift om kontroll av nettvirksomhet, 1999). De norske nettselskapene står overfor svært ulike rammevilkår grunnet forskjeller i de geografiske og strukturelle forholdene de opererer under. Eksempelvis vil selskap langs kysten oppleve høyt saltinnhold i luften som kan føre til saltavsetninger på anleggene. Da salt er strømførende, kan saltavsetningene resultere i kortslutninger og feil. Dette vil kreve hyppigere rengjøring av anleggene, sammenlignet med selskap i områder hvor salt

i luften ikke er et problem. Et annet eksempel er at selskap som står overfor skog med høy veksthastighet må bruke mye ressurser på skogrydding. Slike forhold er utenfor selskapenes kontroll, men kan ha stor innvirkning på kostnadsnivå og dermed effektivitetsscorene.

Ved å korrigere effektivitetsscorene fra trinn 1, tas det hensyn til forskjeller i bestemte rammevilkårsvariabler ved hjelp av en regresjonsmodell. Rammevilkårsvariablene fungerer som proxyer for ulike geografiske og strukturelle forhold, og er valgt på bakgrunn av sin signifikante samvariasjon med selskapenes effektivitetsscore. Korrigeringen bestemmes ut fra hvor mye selskapets rammevilkår avviker fra mønsterselskapets, basert på differanseverdiene for de valgte z-variablene. Mønsterselskapets verdier for rammevilkårsvariablene beregnes ved å multiplisere referanseselskapenes z-verdier med deres respektive vekt (NVE, n.d.a). Et selskap som står overfor vanskeligere driftsforhold enn sitt mønsterselskap vil få effektivitetsscoren oppjustert på trinn 2. Har selskapet derimot lavere verdier for z-variablene enn mønsterselskapet, blir effektivitetsscoren justert ned. Korrigeringen sørger for at selskapene kompenseres for kostnadsulempet som skyldes operasjonell heterogenitet (Amundsveen og Kvile, 2015).

NVE benytter i dag fem rammevilkårsvariabler i korrigeringen. Variablene andel jordkabler av høyspentnettet (heretter andel jordkabler) og andel luftlinjer i barskog med høy og særs høy bonitet (heretter andel luftlinjer i barskog) inngår direkte. I tillegg benyttes tre komposittvariabler som er utarbeidet ved hjelp av *Principal Component Analysis* (PCA), en form for faktoranalyse. PCA kombinerer flere korrelerte variabler til én faktor som maksimalt utnytter variasjonen i de underliggende enkeltvariablene. Dette gjøres fordi sterkt samvarierende variabler skaper multikolinearitet i regresjonen. De tre komposittvariablene, geo1, geo2, geo3, skal reflektere rammevilkår som skyldes henholdsvis fjellforhold, kystklima og vinterforhold. Variablene som inngår i de tre komposittvariablene er gjengitt i tabell 3.2.1. En fullstendig definisjon av hvordan variablene er beregnet fremlegges i kapittel 5.

**Tabell 3.2.1: Enkeltvariabler som inngår i komposittvariablene**

<b>Geo1</b>	<b>Geo2</b>	<b>Geo3</b>
Terrenghelning	Vindstyrke (referansevind/kystavstand)	Snømengde
Småkraft	Antall øyer	Breddegrad
Andel luftlinjer i løvskog	Andel sjøkabel	Islast
		Temperatur

Størrelsen på justeringene bestemmes av regresjonsanalysen, der effektivitetsscoren fra trinn 1 inngår som avhengig variabel. Som uavhengige variabler benyttes differansen i  $z$ -verdier sammenlignet med mønsterselskapet. Dette innebærer at mønsterselskapets verdi for hvert rammevilkår trekkes fra selskapets verdier. Koeffisienten fra regresjonen kan forstås som en enhetspris for rammevilkåret, det vil si et estimat på kostnadsulempen ved én enhets økning i verdien på  $z$ -variabelen. Korrigeringen for det spesifikke rammevilkåret tilsvarer koeffisienten multiplisert med verdidifferansen mellom selskapet og mønsterselskapet. Den samlede korrigeringen,  $rvk_i$ , for selskap  $i$  bestemmes til slutt som summen av alle produktene:

$$rvk_i = \sum_j \beta_j (z_{i,j} - z_{i,j}^M), \quad (21)$$

hvor  $z_{i,j}$  er selskap  $i$  sin verdi for rammevilkår  $j$ ,  $z_{i,j}^M$  er verdien for selskap  $i$  sitt mønsterselskap og  $\beta_j$  er koeffisienten til rammevilkår  $j$ , som bestemmes i regresjonen (NVE, 2012).

### Trinn 3: Beregning og kalibrering av kostnadsnormen

For hvert selskap multipliseres den rammevilkårskorrigerte effektivitetsscoren med kostnadsgrunnlaget for å beregne kostnadsnormen:

$$K_i^{corr} = K_i \times \theta_i^{corr}, \quad (22)$$

der  $\theta_i^{corr} = \theta_i + rvk_i$  er effektivitetsscoren til selskap  $i$  etter korrigering.

Kostnadsnormen kalibreres slik at summen av alle selskaperes kostnadsnorm tilsvarer bransjens samlede, faktiske kostnader. Dette innebærer at differansen mellom det samlede kostnadsgrunnlaget og bransjens totale kostnadsnorm fordeles på nettselskapene ved hjelp av en fordelingsnøkkel. Som fordelingsnøkkel benytter NVE selskaperes avkastningsgrunnlag (NVE, 2015). Det vil si at hvert selskap mottar en del av kalibreringspotten lik sin andel av det totale avkastningsgrunnlaget i bransjen. Kalibreringen “løfter” kostnadsnormene slik at et gjennomsnittlig effektivt selskap etter kalibreringen oppnår en effektivitet på 100 prosent, og dermed en avkastning lik referanserenten (NVE, 2015). Et selskap som er over gjennomsnittlig effektivt vil oppnå en avkastning som er høyere enn referanserenten, og et selskap som er under gjennomsnittlig effektivt vil tilsvarende oppnå en avkastning som er lavere enn referanserenten .

Kalibrering av kostnadsnormen tjener to formål. Det første er å sørge for at bransjen som helhet oppnår en rimelig avkastning over tid, definert som referanserenten. Det andre

er å justere for en alderseffekt som oppstår på trinn 1, slik at selskapenes insentiver til å investere i nytt nett styrkes. Avskrivninger inngår i totale kostnader, og medfører at alder på selskapenes nett kan påvirke DEA-resultatet. Nyere nett har høyere bokført verdi, og dermed avskrivninger. Dermed vil et selskap med gammelt nett kunne oppnå høyere DEA-resultat enn et selskap med nytt nett, selv om de har identisk anleggsmasse, drifts- og vedlikeholdskostnader (NVE, 2011). Et selskap med nytt nett vil imidlertid ha høyere avkastningsgrunnlag enn et identisk selskap med gammelt nett, fordi investering i nytt nett øker bokført verdi. Selskap med nytt nett vil dermed få en større del av kalibreringspotten. Kalibreringen sørger for at de som har nytt nett, og dermed en ulempe på trinn 1 i modellen, kompenseres på trinn 3 (NVE, 2012).



## 4 Tidligere forskning

Siden NVE innførte DEA som verktøy i reguleringen har det blitt publisert flere studier som omhandler hvordan det best kan tas hensyn til de norske nettselskapens operasjonelle heterogenitet i reguleringen. Bjørndal og Bjørndal (2016) sammenlignet ulike varianter av totrinnsmodellen. Saastamoinen et al. (2017) tilpasset reversert DEA til det norske kraftnettmarkedet og Bjørndal et al. (2018) argumenterte for at betinget DEA kunne være en bedre tilnærming. Reversert DEA og betinget DEA ble videre anvendt i masterutredningen til Narvestad og Tønnesen (2019).

Bjørndal og Bjørndal (2016) sammenligner NVE sin reguleringsmodell med totrinnsmodeller med alternative spesifiseringer av regresjonsmodellen på trinn 2. De finner at det gir relativt lite utslag i inntektsrammen om en benytter en lineær eller en semi-logaritmisk regresjonsmodell. Utslaget ved å benytte absolutte z-verdier fremfor differansen til mønsterselskapet er heller ikke særlig stort etter kalibreringssteget. Sammenligningen er imidlertid gjort på annet sett med z-variabler enn de som benyttes i dagens reguleringsmodell. Bjørndal og Bjørndal benytter et datasett med følgende z-variabler: Gjennomsnittlig avstand til vei, andel jordkabler, andel skog, geo1 og geo3.

I nyere litteratur er totrinnsmodellen blitt kritisert. En utfordring knytter seg til at effektivitetsscorene som estimeres i totrinnsmodellen er autokorrelerte, noe som medfører at inferens ikke er gyldig. Problemet oppstår fordi endringer i observasjoner som ligger på den estimerte fronten vil endre effektivitetsscoren til enhetene som måles mot fronten (Simar og Wilson, 2007). Øvrig kritikk mot totrinnsmodellen baserer seg på at en utfører en regresjon på effektivitetsscorer en vet er forventningsskjeve (Daraio og Simar, 2007). Johnson og Kuosmanen (2012) argumenterer for at effekten av z-variabler kun kan estimeres korrekt og effektivt dersom den effektive fronten og koeffisientene til z-variablene estimeres simultant. I litteraturen foreslås imidlertid bootstrap-teknikker som sørger for at mer nøyaktig inferens kan tillates. Se for eksempel Bădin og Simar (2009). Slike teknikker ble implementert i den norske reguleringsmodellen i 2013 (NVE, 2012).

Den største utfordringen er likevel at totrinnsmodeller bygger på en streng antagelse om separabilitet, som i mange tilfeller ikke er oppfylt. Simar og Wilson (2007) viser at totrinnsmodellen kun er meningsfull dersom det er separabilitet mellom z-variablene og produksjonsmulighetsområdet. Dette innebærer at selskapenes produksjonsteknologi må være upåvirket av de eksterne faktorene for at metoden skal være korrekt. Z-variablene kan kun påvirke fordelingen av ineffektivitet, det vil si sannsynligheten for at et selskap

er effektivt. Ved brudd på separabilitetskriteriet kan effektivitetsscorene vanskelig tolkes, og de vil være økonomisk meningsløse fordi de beregnes som avstanden til en front som kan være uopnåelig. I fravær av separabilitet er totrinnsmodellen nesten garantert å gi uriktige resultater og ugyldig inferens om effekten av z-variablene på produksjonsprosessen. Dette gjelder uavhengig av hvordan totrinnsmodellen er spesifisert (Simar og Wilson, 2011). Bjørndal et al. (2018) argumenterer for at totrinnsmodeller har problemer med å skille ulike effekter fra hverandre. Dette fører sannsynligvis til at kostnadsnormer under- eller overestimeres, og at selskapene ikke bare kompenseres for de eksterne forholdene, men også for ineffektivitet.

Saastamoinen et al. (2017) argumenterer for at reversert DEA kan være en mer korrekt tilnærming. Reversert DEA er også en sekvensiell modell som forutsetter separabilitet, men Saastamoinen et al. argumenterer for at det er mer sannsynlig at antagelsen holder når det korrigeres for de eksterne faktorene før DEA. De benyttet imidlertid z-variablene: Avstand til vei, andel jordkabler, andel skog, geo1 og geo2. Narvestad og Tønnesen (2019) tester den reverserte modellen med dagens z-variabler, og finner at det gir relativt lite utslag om korrigeringen gjøres på trinn 1. Resultatene fra den reverserte modellen er relativt like resultatene fra en forenklet versjon av totrinnsmodellen.

Bjørndal et al. (2018) utforsker betinget DEA i reguleringen av de norske nettselskapene. Det argumenteres for at denne metoden kan gi en mer rettferdig regulering. De oppnår imidlertid ikke stabile båndbredder for komposittvariablene, og metoden korrigerer derfor kun for tre z-variabler: Gjennomsnittlig avstand til vei, andel jordkabler og andel skog. Narvestad og Tønnesen (2019) anvender metoden på de samme variablene som inngår i den norske reguleringsmodellen i dag. De finner at bare andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog begrenser referansesettene og gir selskapene en kompensasjon. Videre finner utredningen at totrinnsmodellen kompenserer selskap mer enn den reverserte og den betingede modellen på aggregert nivå, men at effekten blir relativt liten sammenlignet med bransjens gjennomsnitt. Bjørndal et al. (2018) kunne ikke oppnå stabile båndbredder for komposittvariablene geo1, geo2 og geo3. En hypotese er at komposittvariablene, som er utarbeidet med PCA, skapte problemer i betinget DEA. Bădin, Daraio og Simar (2019) argumenterer imidlertid for at modeller med mange innsatsfaktorer, oppgavevariabler og eksterne faktorer krever store datasett og at PCA med fordel kan brukes til å redusere dimensjonaliteten til z når variablene er korrelerte, og verken inngår som innsatsfaktorer eller oppgavevariabler. Et mindre antall z-variabler i modellen vil kunne gi mer stabile båndbredder.

Formålet med rammevilkårskorrigeringen er å justere for kostnadsdrivende, eksterne faktorer som har signifikant betydning for selskapenes produksjonsmuligheter. Både

Bjørndal et al. (2018) og Narvestad og Tønnesen (2019) beregner båndbreddene basert på  $z$ -variablenes påvirkning på fordelingen til  $y$ , oppgavevariablene. Med denne tilnærmingen vil imidlertid båndbreddene reflektere  $z$ -variablenes betydning for antall kunder, nettstasjoner og km høyspent, og ikke ta hensyn til påvirkningen på kostnadene. En alternativ beregning av båndbreddene, som kan være mer hensiktsmessig, er å estimere den simultane PDF til  $x$  (totale kostnader) og  $y$  (antall kunder, nettstasjoner og kilometer høyspentnett), betinget av  $z$ -variablene. Under denne metoden vil båndbreddene reflektere  $z$ -variablenes betydning for produksjonsmulighetene utspent av  $x$  og  $y$ , heller enn oppgavevariablene alene. Simar et al. (2016) argumenterer for en slik tilnærming. Også Bădin et al. (2019) fremlegger at estimeringen av de betingede effektivitetsscorene vil kunne forbedres ved å beregne båndbreddene basert på den simultane fordelingen.

Vi ønsker å bygge videre på tidligere forskning, og arbeidet som presenteres er en forlengelse av utredningen til Narvestad og Tønnesen (2019). Vi vil sammenligne de samme tre modellene som i utredningen: Totrinnsmodellen, reversert DEA og betinget DEA. Vi vil imidlertid vurdere ulike modellspesifiseringer og forsøke å gi en dypere vurdering av hvordan modellene korrigerer for rammevilkår. Den betingede modellen vil bli spesielt vektlagt, og en betydelig endring er at vi beregner båndbreddene basert på den simultane PDF til  $x$  og  $y$ , som presentert av Simar et al. (2016).

## 5 Datagrunnlaget

I utredningen vurderes ulike metoder for rammevilkårskorrigerings basert på en forenklet versjon av den norske reguleringsmodellen. I dette kapittelet vil datagrunnlaget som benyttes bli gjort rede for og deskriptiv statistikk blir presentert.

### 5.1 Forenkling av dagens reguleringsmodell

Vi har valgt å gjøre en rekke forenklinger av dagens reguleringsmodell. Forenklingene er de samme som i Narvestad og Tønnesen (2019). Disse er gjort for å begrense omfanget av analysen, samt gjøre den enklere og mer prinsipiell. Dette gjør at modellen ikke er fullstendig representativ for NVE sin reguleringsmodell.

Denne utredningen vil kun vurdere reguleringsmodellen for distribusjonsnettselskapene. En lignende modell eksisterer for regionalnettet, men denne vil ikke bli drøftet i analysen. NVE benytter årsspesifikke kostnader både for kostnadsgrunnlaget og i kalibreringen. Vi har imidlertid gjort en forenkling som innebærer å bruke femårige gjennomsnitt for totale kostnader. Inntektsrammen for 2019 baseres på kostnader fra 2017, og vi benytter derfor gjennomsnittet for femårsperioden 2013-2017. På bakgrunn av denne forenklingen vil vi i utredningen ikke oppnå identiske effektivitetsscorer som NVE faktisk beregnet. Denne forenklingen gjør at det ikke er mulig å oppnå supereffektivitet i vår modell.

Dagens reguleringsmodell benytter også bootstrapping i DEA for å korrigere for utvalgsfeil. Korrigeringen gjøres fordi resultatene fra DEA overpredikerer den faktiske effektiviteten i områder av fronten hvor det er få observasjoner (NVE, 2012). Det er i denne utredningen ikke benyttet bootstrapping, noe som fører til at vi oppnår effektivitetsscorer som er positivt forventningsskjeve.

### 5.2 Datasettet

Datasettet som benyttes er hentet fra NVE sin database. Dette inneholder historiske data om norske nettselskap for perioden 2013-2017, og danner grunnlaget for videre analyser. I dagens reguleringsmodell er noen selskap utelatt fra DEA. Disse utelates enten helt, eller analyseres i en egen modell. Nettselskap med 0 i definert oppgavemengde, eller store årlige variasjoner i data, utelates fra DEA. Nettselskap som har færre enn 500 abonnemeter, eller mindre enn 100 kilometer høyspentnett, anses som særegne, og måles mot sin egen historiske prestasjon i en egen modell (NVE, 2018). En fullstendig liste over selskap som enten utelates eller analyseres i egen modell er å finne i vedlegg A. Etter at disse avgrensningene er gjort, består datasettet av 106 distribusjonsnettselskap. Disse vil alle inngå i analysen uavhengig av modellvalg, slik at

nettselskapenes prestasjon kan sammenlignes på tvers av modellene.

### 5.2.1 Innsatsfaktor og oppgavevariabler

Det er beregnet femårige historiske gjennomsnitt for både innsatsfaktoren og oppgavevariablene. For innsatsfaktoren, totale kostnader, er kapitalkostnader beregnet med utgangspunkt i referanserenten for 2017. Denne var på 6,12 prosent. Grunlaget for nettsapskostnader er NVE sin systempris på kraft for 2017, fastsatt til 289,54 kr/MWh. Drifts-, vedlikeholds-, og KILE-kostnader prisjusteres med 2017 som utgangspunkt, slik at inntektsrammene måles i 2019-kroner (NVE, 2018). Antall abonnementer, antall km høyspentnett og antall nettstasjoner benyttes som oppgavevariabler. Det har ikke blitt gjort noen endringer i oppgavevariablene.

Tabell 5.2.1 viser deskriptiv statistikk for innsatsfaktoren og oppgavevariablene som inngår i modellene. Det er store variasjoner i størrelsen på selskapene. Maksverdiene for alle variablene er svært høye relativt til medianen og tredje kvartil. En interessant observasjon er at variablene faktisk har høyere gjennomsnitt enn verdi for tredje kvartil. Dette skyldes i stor grad at Hafslund Nett AS skiller seg ut. Selskapet innehar maksverdien for alle variablene, og har eksempelvis nesten 700 000 abonnementer, mot 200 000 for selskapet med nest høyest verdi. Hafslund Nett AS har også omtrent dobbelt så høyt femårig gjennomsnitt for totale kostnader som nest største selskap. Totale kostnader i tabellen er vist i tusen norske kroner.

**Tabell 5.2.1: Deskriptiv statistikk for innsatsfaktor og oppgavevariabler**

Variabel	Min	1.kvartil	Median	Gj.snitt	3.kvartil	Maks
Totale kostnader	10 604	28 085	49 369	135 563	95 535	2 138 250
Antall abonnementer	1 053	3 767	7 126	28 070	14 081	690 020
Antall km høyspent	59	225	348	955	910	11 714
Antall nettstasjoner	62	231	388	1 204	941	17 745

### 5.2.2 Rammevilkårsvariabler

Datasettet inneholder fem rammevilkårsvariabler som skal fange opp eksterne faktorer som karakteriserer nettselskapenes operasjonelle miljø. De fem z-variablene er: Andel jordkabler, andel luftlinjer i barskog, geo1, geo2 og geo3. Geo1, geo2 og geo3 er kompositivariabler utarbeidet ved hjelp av PCA (NVE, 2017). Geo-variablene er dermed en vektet sammensetning av flere enkeltvariabler. NVE vekter variablene i hver

komposittvariabel med koeffisientene som vises i tabell 5.2.3, 5.2.4 og 5.2.5. Deskriptiv statistikk for de fem z-variablene er vist i tabell 5.2.2.

**Tabell 5.2.2: Deskriptiv statistikk for rammevilkårsvariablene**

Variabel	Min	1.kvartil	Median	Gj.snitt	3.kvartil	Maks
Andel jordkabler	0,0775	0,2305	0,3526	0,3725	0,4709	0,8973
Andel luftlinjer i barskog	0,0000	0,0194	0,1195	0,1194	0,1954	0,3916
Geo1	-2,0742	-1,0487	-0,5258	0,0000	0,7770	3,8796
Geo2	-0,7059	-0,6915	-0,4655	0,0000	-0,0323	11,9110
Geo3	-2,5367	-1,1115	-0,2170	0,0000	0,8478	6,1759

Andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog er andeler, og har verdier mellom 0 og 1. Alle selskapene har deler av høyspentnettet lagt under jorden, og for gjennomsnittsselskapet tilsvarer andelen 37 prosent. Det er ikke alle selskapene som har luftlinjer i barskog, men til tross for dette er det mindre spredning i variabelen. Komposittvariablene er konstruert slik at de er fordelt rundt et gjennomsnitt på 0. Alle disse har en median som er lavere enn gjennomsnittet, noe som indikerer at verdiene er skjevfordelt mot venstre. Geo2 er spesielt skjevfordelt og har en veldig høy maksverdi relativt til medianen og tredje kvartil. Dette skyldes at selskapet Sandøy Energi AS skiller seg ut. Det vil imidlertid påvirke analysen svært lite om dette selskapet utelates.

**Tabell 5.2.3: Vekting av variabler som inngår i geo1**

Geo1 Fjellbekk"	Koeffisient
Terrenghelning	0,167
Andel luftlinjer i løvskog	6,495
Småkraft	1 171,993
(Konstant)	-2,605

**Tabell 5.2.4: Vekting av variabler som inngår i geo2**

Geo2 "ØyVind"	Koeffisient
Vindstyrke	0,848
Antall øyer	3 760,412
Andel sjøkabel	12,265
(Konstant)	-0,653

**Tabell 5.2.5: Vekting av variabler som inngår i geo3**

Geo3 Frost"	Koeffisient
Snømengde	0,004
Breddegrad	0,399
Islast	0,018
Temperatur	0,256
(Konstant)	-27,307

For den videre analysen er det også interessant å se på alle enkeltvariablene som utgjør komposittvariablene. Deskriptiv statistikk for disse er gjengitt i tabell 5.2.6.

**Tabell 5.2.6: Deskriptiv statistikk for enkeltvariablene som inngår i komposittvariablene**

Variabel	Min	1.kvartil	Median	Gj.snitt	3.kvartil	Maks
Terrenghelning	2,9707	7,9663	9,9615	10,2752	12,1873	22,2152
Småkraft	0,0000	0,0053	0,0258	0,0761	0,1337	0,3054
Andel luftlinjer i løvskog	0,0000	0,0001	0,0002	0,0004	0,0005	0,0028
Vindstyrke	0,0025	0,0060	0,0194	0,2495	0,0687	4,7445
Antall øyer	0,0000	0,0000	0,0000	4,934E-05	4,167E-05	0,0010
Andel sjøkabel	0,0000	0,0000	0,0095	0,0213	0,0281	0,3333
Snømengde	54,087	185,595	269,871	274,018	339,896	649,503
Breddegrad	65,900	65,900	65,900	66,356	65,900	70,346
Islast	9,6828	25,8745	38,2682	47,0543	59,6643	168,8192
Temperatur	-7,9585	-6,0863	-4,4976	-4,4833	-3,0282	-0,4373

Alle variablene er størrelsesuavhengige, enten av natur eller fordi de er beregnet med en skaleringsfaktor. Variablene er også konstruert slik at en økning i verdi skal representere en ulempe. Derfor har temperaturvariabelen negative verdier, slik at lavere temperatur reflekteres i én enhets økning i variabelen.

En del av variablene er svært skjevfordelte. Dette gjelder særlig de tre variablene som inngår i geo2. Disse har maksverdier som skiller seg betraktelig fra medianen. Vindvariabelen inneholder et kvadratisk ledd, som gjør at noen verdier blir svært høye relativt til resten. Øyvariabelen innehar verdier som alle er sentrert svært nær 0.

Breddegrad er inkludert for å fange opp selskapene som opplever mørketid. Verdien er satt til 65,9 for alle selskap sør for denne breddegraden, slik at bare selskap nord for grensen skilles ut. De fleste selskapene ligger imidlertid sør for breddegrad 65,9. For å forstå de underliggende variablene er det nødvendig å kjenne til hvordan disse er utarbeidet. En oversikt med informasjon om alle z-variablene er derfor presentert i tabell 5.2.7.

**Tabell 5.2.7: Beskrivelse av hvordan z-variablene er utarbeidet (NVE, 2018)**

Rammevilkår	Inngår	Beskrivelse
Terrenghelning	Geo1	Måles som gjennomsnittlig helning (i grader) i de kartrutene hvor selskapet har nettverkskomponenter.
Småkraft		Beregnet som størrelsesuavhengig mål på installert småkraftytelse i konsesjonsområdet.
Andel luftlinjer i løvskog		Et mål på mengde løvskog.
Vindstyrke	Geo2	Kvadert verdi for vind delt på avstand til kyst.
Antall øyer		Antall forsynte øyer lenger enn 1 km fra fastland, eller fra nærmeste forsynte øy. Skalert for størrelse.
Andel sjøkabel		Andel sjøkabel i høyspent distribusjonsnett.
Snømengde	Geo3	Regnet som nedbørsmengde når årsmiddeltemperaturen er lavere enn 0,5 grader. Det benyttes et snitt av årene 1986-2016.
Breddegrad		Et mål på mørketid fra breddegrad >65,9. Datasettet angir nærmeste hele breddegrad.
Islast		Et mål på islast. Det brukes et historisk gjennomsnitt.
Temperatur		Gjennomsnittlig årsmiddeltemperatur, ganget med -1. Det benyttes et snitt av årene 1986-2016.



## 6 Analyse

I dette kapittelet analyserer vi resultatene fra den forenklede totrinnsmodellen, alternative totrinnsmodeller, reversert DEA og betinget DEA. Fokuset er å vurdere hvordan de ulike modellene korrigerer for rammevilkårene og å drøfte hvordan valg av modellspesifisering påvirker korrigeringen. Vi vil innledningsvis presentere resultatene fra den forenklede totrinnsmodellen, og drøfte alternative modellspesifiseringer i regresjonsmodellen på trinn 2. Videre vil resultatene fra reversert DEA og betinget DEA bli presentert, før vi avslutningsvis vurderer modellene opp mot hverandre. Modellenes håndtering av rammevilkårene vil påvirke effektivitetsscorene. Endrede effektivitetsscorer har direkte betydning for selskapenes kostnadsnorm, som videre påvirker deres inntektsramme og avkastning. I siste rekke vil en endring i effektivitetsscore slå ut i økte eller reduserte tariffer for sluttkunden. Totrinnsmodellen vi benytter i de videre analysene er en forenkling av dagens reguleringsmodell, slik som presentert i kapittel 5.1.

### 6.1 Totrinnsmodellen

Tabell 6.1.1 viser en sammenfatning av resultatene fra DEA, utført på trinn 1. Selskapene oppnår en gjennomsnittlig effektivitetsscore på 0,7131 før rammevilkårene er tatt hensyn til. Det minst effektive selskapet er Fitjar Kraftlag SA, med en score på 0,4503. Fire selskap utgjør den effektive fronten og oppnår en effektivitetsscore på 1. Disse selskapene omtales som referanseselskap, og vektet sammen til et mønsterselskap for hvert nettselskap. De øvrige selskapenes effektivitetsscore er beregnet ved å måle avstanden til de respektive mønsterselskapene. De fire referanseselskapene er Hafslund Nett AS, Nord-Salten Kraft AS, Trøgstad Elverk AS og Eidefoss AS. Gjennomsnittlig effektivitetsscore vektet etter avkastningsgrunnlag er betydelig høyere enn det uvektede gjennomsnittet. Dette skyldes i stor grad at Hafslund Nett AS er det desidert største selskapet og samtidig oppnår en effektivitetsscore på 1. Selskapet trekker derfor snittet opp betraktelig når det tas hensyn til størrelsen.

**Tabell 6.1.1: Deskriptiv statistikk for ubetingede effektivitetsscorer**

Min	1. kvartil	Median	Gjennomsnitt	3. kvartil	Maks	Vektet gjennomsnitt
0,4503	0,6031	0,6982	0,7131	0,8142	1,0000	0,8104

Resultatene fra regresjonen på trinn 2 i totrinnsmodellen er presentert i tabell 6.1.2. Effektivitetsscorene fra DEA justeres for forskjeller i rammevilkår ved hjelp av z-variablenes respektive koeffisienter. Koeffisienten kan tolkes som en slags enhetspris for rammevilkåret, og skal representere den økte kostnaden ved én enhets økning i z-verdi relativt til mønsterselskapet. Samtlige av rammevilkårsvariablene har negative koeffisienter. Dette er i tråd med bakgrunnen for korrigeringen, som er at de geografiske forholdene z-variablene fanger opp skal representere kostnadsulemper. Rammevilkårskorrigeringen er formulert slik at produktet av koeffisienten og differanseverdien for alle z-variablene trekkes fra effektivitetsscoren. Dette innebærer at negative koeffisienter gir en oppjustering av effektivitetsscoren når selskapet har mer av et rammevilkår enn mønsterselskapet sitt, og en nedjustering når differansen er negativ. Variabelen andel jordkabler har eksempelvis en koeffisient på -0,215. Dette innebærer at et selskap som har 10 prosent høyere andel jordkabler enn sitt mønsterselskap vil få en korrigering på  $-(0,1 \times -0,215) = 0,0215$ , og dermed få oppjustert effektivitetsscoren på bakgrunn av sin andel jordkabler. Tilsvarende justering gjøres for de øvrige fire variablene, og for alle selskapene.

**Tabell 6.1.2: Regresjonsresultater fra trinn 2 i totrinnsmodellen**

(Konstant)	0,8121*** (0,01)
Andel jordkabler	-0,2146** (0,08)
Andel luftlinjer i barskog	-0,4794*** (0,12)
Geo1	-0,0412*** (0,01)
Geo2	-0,0514*** (0,01)
Geo3	-0,0186* (0,01)
R <sup>2</sup>	0,49
Justert R <sup>2</sup>	0,47
Antall obs.	106

\*\*\*  $p < 0,001$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*  $p < 0,05$ ,  $p < 0,1$

Bruk av differanse fra mønsterselskapet i beregningen av rammevilkårskorrigeringen, slik det er beskrevet i kapittel 3, ble innført av NVE i 2013. Tidligere ble selskapenes z-verdier, det vil si absoluttverdier, benyttet som uavhengige variabler i stedet for differansene. NVE begrunnet endringen med ønsket om å oppnå en mer målrettet korrigerings for rammevilkår. Samtidig endret NVE spesifiseringen av regresjonsmodellen fra semi-logaritmisk til lineær. I den semi-logaritmiske modellen inngikk logaritmen av DEA-resultatet som avhengig variabel, mens de uavhengige z-variablene hadde lineære verdier (NVE, 2012).

### 6.1.1 Differansemodellen og absoluttmodellen

I det videre vil totrinnsmodellen som benytter differanse fra mønsterselskapet som uavhengige variabler i regresjonen omtales som differansemodellen. Denne er en forenkling av tilnærmingen NVE benytter i dag. Totrinnsmodellen som i stedet benytter absolutte z-verdier vil bli omtalt som absoluttmodellen. I absoluttmodellen inngår selskapenes absolutte verdier som uavhengige variabler i regresjonen, og koeffisienten ganges med absoluttverdien for hvert rammevilkår når effektivitetsscoren justeres.

Dersom både mønsterselskapet og det spesifikke nettselskapet er utsatt for de samme rammevilkårene, er det ingen skjevhet i effektivitetsscoren fra trinn 1. NVE (2012) argumenterer for at det i slike tilfeller ikke blir korrekt å justere opp effektivitetsscoren på grunn av rammevilkårene, da merkostnadene allerede er reflektert i referanseselskapenes kostnader. Det eksisterer også eksempler på nettselskap som, ved bruk av absolutte verdier, får effektivitetsscoren oppjustert på bakgrunn av rammevilkår som de har mindre av enn sitt mønsterselskap. NVE hevder derfor at modellen med absolutte verdier kun blir korrekt dersom ingen av referanseselskapene har noen av rammevilkårene, noe som ikke er tilfelle. Vi har imidlertid ikke lyktes med å finne eksempler i litteraturen på at totrinnsmodeller med differanse fra mønsterselskapet er benyttet av andre enn NVE. Det mangler dermed teoretisk grunnlag for deler av denne tilnærmingen. Totrinnsmodeller med absolutte verdier er på sin side svært utbredt i litteraturen. Det er derfor interessant å undersøke hvordan valget påvirker rammevilkårskorrigeringen og kompensasjonen.

Mønsterselskapet er konstruert ved å vekte referanseselskapene, og vil derfor i alle tilfeller ha z-verdier som er en vektet sammensetning av de fire referanseselskapenes. Når vi sammenligner differansemodellen og absoluttmodellen kan det derfor være nyttig å ha referanseselskapenes z-verdier i bakhodet. Tabell 6.1.3 viser disse, i tillegg til medianen for alle de 106 selskapene i datasettet.

**Tabell 6.1.3: Referanseselskapenes z-verdier**

	Andel jordkabel	Andel luftlinjer i barskog	Geo1	Geo2	Geo3
Hafslund Nett AS	0,7176	0,1960	-1,6931	-0,6547	-1,1596
Nord-Salten Kraft AS	0,1347	0,0187	-0,1930	0,2501	0,8608
Trøgstad Elverk AS	0,2408	0,2057	-1,9234	-0,7000	-1,1219
Eidefoss AS	0,2218	0,0161	-0,6267	-0,7045	0,5850
Median	0,3526	0,1195	-0,5258	-0,4655	-0,2170

Hafslund Nett AS skiller seg ut med svært høy andel jordkabler. De øvrige referanseselskapene har verdier litt under medianen. Hafslund Nett AS og Trøgstad Elverk AS har en større andel luftlinjer i barskog enn medianselskapet, mens Nord-Salten Kraft AS og Eidefoss AS har svært lite luftlinjer i barskog. Samtlige av referanseselskapene har negative verdier for geo1. Dette gjør at denne variabelen gir differanseverdier som er høyere enn de absolutte verdiene for alle selskapene. Hafslund Nett AS og Trøgstad Elverk AS har særlig lave geo1-verdier. Med unntak av Nord-Salten Kraft AS, har alle referanseselskapene geo2-verdier under medianen. For geo3 har Hafslund Nett AS og Trøgstad Elverk AS lave verdier, mens Nord-Salten Kraft AS og Eidefoss AS har relativt høye verdier.

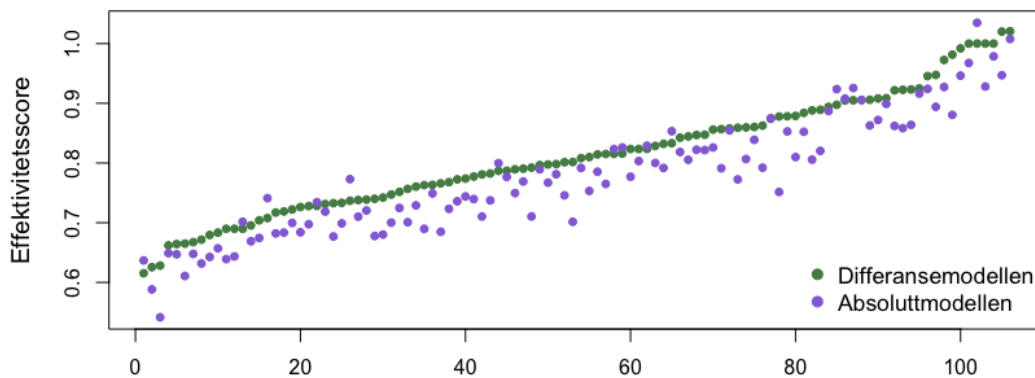
Tabell 6.1.4 viser koeffisientene for hver av rammevilkårsvariablene fra en lineær regresjon med den ubetingede effektivitetsscoren som avhengig variabel og henholdsvis absoluttverdien og differansen til mønsterselskapet som uavhengige variabler. Koeffisientene til komposittvariablene er relativt like i de to modellene. Andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog får imidlertid koeffisienter som er betydelig større, i absolutte verdier, i differansemodellen enn i absoluttmodellen. Tolkningen av koeffisientene avhenger av modellspesifiseringen, så koeffisientene er ikke direkte sammenlignbare. Eksempelvis vil et selskap med geo1-verdi på 1 få effektivitetsscoren oppjustert med 0,050 i absoluttmodellen. Har det samme selskapet en *differanse* på 1, vil det i differansemodellen få oppjustert scoren med 0,041. Da samtlige referanseselskap har negative verdier for geo1 vil imidlertid differansen i realiteten være større enn absoluttverdien. Vi observerer at enkelte av variablene som er signifikante i differansemodellen mister sin signifikans når det benyttes absolutte verdier. Andel jordkabler er ikke-signifikant i absoluttmodellen. I tillegg er andel luftlinjer i barskog kun signifikant på ti prosent nivå. Geo3 er generelt lite signifikant i begge modellene.

**Tabell 6.1.4: Regresjonsresultater i differanse- og absoluttmodellen**

	Absoluttmodellen	Differansemodellen
(Konstant)	0,7788*** (0,03)	0,8121*** (0,01)
Andel jordkabler	-0,0841 (0,06)	-0,2146** (0,08)
Andel luftlinjer i barskog	-0,2882* (0,12)	-0,4794*** (0,12)
Geo1	-0,0503*** (0,01)	-0,0412*** (0,01)
Geo2	-0,0493*** (0,01)	-0,0514*** (0,01)
Geo3	-0,0179* (0,01)	-0,0186* (0,01)
R <sup>2</sup>	0,47	0,49
Justert R <sup>2</sup>	0,44	0,47
Antall obs.	106	106

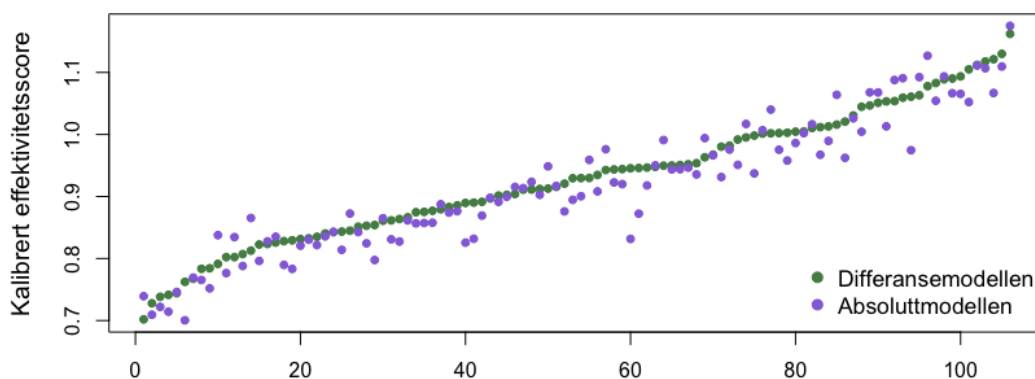
\*\*\*  $p < 0,001$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*  $p < 0,05$ ,  $p < 0,1$

Gjennomsnittlig effektivitetsscore etter korrigering for rammevilkår er 0,7788 i absoluttmodellen og 0,8121 i differansemodellen. Differansemodellen gir generelt høyere effektivitetsscorer enn absoluttmodellen, noe som også er synlig på figur 6.1.1. Denne viser alle selskapenes effektivitetsscore etter rammevilkårskorrigering i de to modellene. Før kalibreringen oppnår 90 av 106 selskap en høyere effektivitetsscore i differansemodellen enn i absoluttmodellen. Nivåforskjellen vil imidlertid bli utlignet av kalibreringen, som sørger for at den samlede avkastningen er lik uavhengig av modellvalg. Til tross for dette, er nivåforskjellen likevel av betydning, da den kan påvirke fordelingen av inntektsrammene gjennom kalibreringen. Lavere samlede effektivitetsscore øker størrelsen på kalibreringspotten. Fordi kalibreringspotten fordeles etter avkastningsgrunnlag, vil dette favorisere selskapene med store balanseverdier.



**Figur 6.1.1: Effektivitetsscore i differanse- og absoluttmodellen**

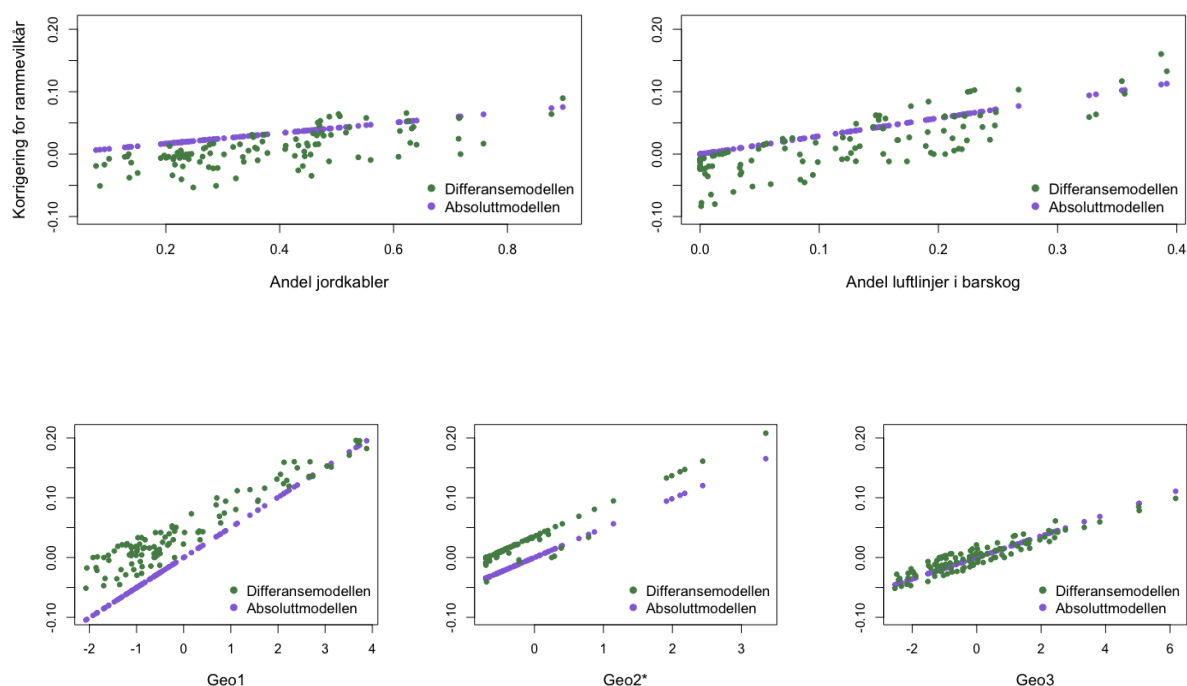
Det mest interessante er imidlertid ikke den aggregerte korrigeringen, men fordelingen mellom selskapene. Fordi modellene korrigerer noe ulikt for z-variablene vil det skje en omfordeling av kostnadsnormen dersom modellspesifiseringen endres. Figur 6.1.2 viser de kalibrerte effektivitetsscorene. Som forventet utligner kalibreringen nivåforskjellen mellom modellene. Figuren viser at modellene følger hverandre relativt tett, noe som underbygges av en rangkorrelasjon på 0,9575 etter kalibrering. Det er likevel en del selskap som presterer ulikt i de to modellene og det er relevant å undersøke om dette skyldes at modellene korrigerer forskjellig for rammevilkårene på variabelnivå.



**Figur 6.1.2: Kalibrert effektivitetsscore i differanse- og absoluttmodellen**

## Korrigerer på variabelnivå

Figur 6.1.3 viser hvor mye de to modellene korrigerer de forskjellige selskapene for hvert av rammevilkårene. Selskapenes verdi for hver av z-variablene vises på x-aksene. På y-aksene vises ned- eller oppjusteringen selskapet får på bakgrunn av denne variabelen. I absoluttmodellen er det, nødvendigvis, en lineær sammenheng mellom z-verdi og korrigerer, med stigningstall lik koeffisientene i tabell 6.1.4. I differansemodellen er korrigeringen avhengig av verdiene til mønsterselskapet, og sammenhengen fremstår derfor ikke som en rett linje når selskapene sorteres etter z-verdier.



**Figur 6.1.3: Korrigerer på rammevilkårsnivå i differanse- og absoluttmodellen**

\* På graf fire er Sandøy Energi AS, Fitjar Kraftlag SA og Austevoll Kraftlag SA utelatt. Disse selskapene har så høye geo2-verdier at det er vanskelig å se trenden i de øvrige observasjonene. Selskapene er likevel inkludert i analysen som ligger til grunn for grafen.

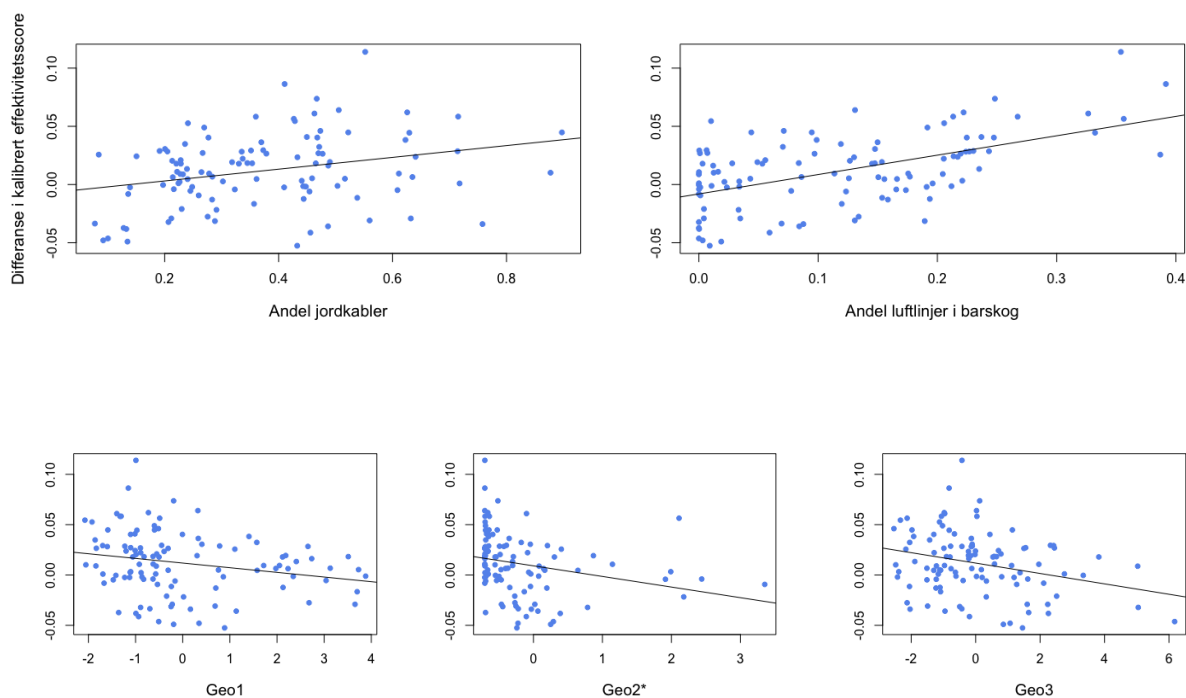
Til tross for lavere koeffisienter for andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog, korrigerer absoluttmodellen mer for disse to variablene. Dette skyldes i hovedsak at det i absoluttmodellen ikke er mulig å oppnå en nedjustering for andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog, da variablene er andeler som ikke kan ha negative verdier. I differansemodellen får tilnærmet halvparten av selskapene effektivitetsscoren nedjustert på bakgrunn av disse, da de har lavere verdier på de to z-variablene enn sine respektive mønsterselskap. Det er imidlertid en tendens til at differansemodellen korrigerer mer for andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog for selskap som har mye av disse variablene, men mindre for selskap som har lave verdier. Dette er naturlig når variablene har større

koeffisienter, i absolutte tall, i differansemodellen enn i absoluttmodellen.

Det motsatte er synlig for variablene *geo1* og *geo2*. Til tross for at koeffisientene er relativt like, er korrigeringen for disse variablene betydelig større (mer positiv eller mindre negativ) i differansemodellen enn i absoluttmodellen. Da *geo*-variablene per definisjon har et gjennomsnitt på 0, har mange selskap negative verdier. Disse vil få en nedjustering av effektivitetsscoren i absoluttmodellen. Det er imidlertid svært få selskap som har lavere *geo1*- og *geo2*-verdier enn sitt mønsterselskap. Dermed oppnår de aller fleste selskapene en oppjustering av effektivitetsscoren på bakgrunn av disse variablene i differansemodellen. Korrigeringen for *geo3* er relativt lik i de to modellene. Dette er naturlig, da omkring halvparten av selskapene har mindre av rammevilkåret enn mønsterselskapet sitt og koeffisienten er ganske lik i de to modellene.

Figur 6.1.3 viser at modellene vektlegger rammevilkårene ulikt, og det er derfor interessant å undersøke om selskap med mye eller lite av et rammevilkår kommer systematisk bedre ut i én av modellene, også etter kalibreringen. På grafene i figur 6.1.4 er forskjellen i kalibrert effektivitetsscore mellom differansemodellen og absoluttmodellen plottet mot selskapenes *z*-verdier. Verdiene på *y*-aksen er beregnet ved å trekke den kalibrerte effektivitetsscoren i absoluttmodellen fra den kalibrerte effektivitetsscoren i differansemodellen. En positiv verdi betyr dermed at selskapet kommer bedre ut i differansemodellen enn i absoluttmodellen, og motsatt ved negativ differanse.





**Figur 6.1.4: Differanse i kalibrert effektivitetsscore mellom differanse- og absoluttmodellen etter z-verdier**

\* På graf fire er Sandøy Energi AS, Fitjar Kraftlag SA og Austevoll Kraftlag SA utelatt. Disse selskapene har så høye geo2-verdier at det er vanskelig å se trenden i de øvrige observasjonene. Selskapene er likevel inkludert i analysen som ligger til grunn for grafen.

Diagrammene viser en svak positiv trend for andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog. Dette tilsier at selskap med høye verdier for de to variablene generelt kommer bedre ut i differansemodellen enn i absoluttmodellen, til tross for at absoluttmodellen totalt sett korrigerer mer for både andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog. Blant de 14 selskapene med over 60 prosent jordkabler kommer kun Lyse Elnett AS, Odda Energi AS og Norgesnett AS bedre ut i absoluttmodellen. Det er imidlertid stor spredning i differansene. Selskap med høy andel luftlinjer i barskog kommer bedre ut i differansemodellen. De 22 selskapene med høyest verdi oppnår en høyere kalibrert effektivitetsscore i differansemodellen enn i absoluttmodellen. For komposittvariablene er det derimot en svak negativ trend. Dette indikerer at selskap med høye verdier for disse variablene jevnt over kompenseres mer i absoluttmodellen.

Vi finner en større forskjell mellom de to modellene enn forventet. Selv om modellene følger hverandre relativt tett, korrigerer de systematisk forskjellig for rammevilkårene. Nivåforskjellen gjør at kalibreringen får større betydning i absoluttmodellen, noe som gagnar selskap med store balanseverdier.

### 6.1.2 Totrinnsmodeller med semi-logaritmiske modellspesifiseringer

NVE benyttet frem til 2013 semi-logaritmisk spesifisering i regresjonen. Det er interessant å sammenligne differansemodellen og absoluttmodellen med semi-logaritmiske varianter av disse, selv om dette ikke benyttes i dagens reguleringsmodell. En semi-logaritmisk modellspesifisering innebærer at effektivitetsscorene log-transformeres slik at avhengig variabel er logaritmen av effektivitetsscoren. Den semi-logaritmiske differansemodellen vil bli sammenlignet med den lineære differansemodellen og den semi-logaritmiske absoluttmodellen sammenlignes med den lineære absoluttmodellen.

Tabell 6.1.5 viser resultatene fra de semi-logaritmiske regresjonene. Samtlige variabler har negative koeffisienter, også i de semi-logaritmiske modellene. Signifikansnivået til koeffisientene er sammenfallende med de lineære motpartene, med unntak av at `geo3` er ikke-signifikant i den semi-logaritmiske absoluttmodellen. En implikasjon av at avhengig variabel log-transformeres, er at effekten av rammevilkårene vil variere med nivået på effektivitetsscorene. Den marginale korrigeringen for rammevilkårene vil være lik koeffisienten ganget med effektivitetsscoren. Selskap som i utgangspunktet har høy effektivitetsscore vil dermed få en større oppjustering per enhet av rammevilkåret enn selskap med lav effektivitetsscore. Dette skiller seg fra en lineær spesifisering, som gir samme marginale kompensasjon per enhet av rammevilkåret uavhengig av nivå. Eksempelvis innebærer dette at et selskap med ubetinget effektivitetsscore på 0,9 vil oppnå større oppjustering enn et selskap med effektivitetsscore på 0,6 når de to har like z-verdier og differanser fra mønsterselskapet. Dersom selskapet som har en ubetinget score på 0,9 har 10 prosent jordkabler og alle andre z-verdier lik null, vil den rammevilkårsjusterte effektivitetsscoren være  $0,9 \times e^{(-0.1 \times -0,1022)} = 0,9092$ , som innebærer en oppjustering på 0,0092. Selskapet som har en ubetinget score på 0,6 vil, med de samme verdiene, få en justert score lik  $0,6 \times e^{(-0.1 \times -0,1022)} = 0,6062$ , som er en oppjustering på 0,0062.

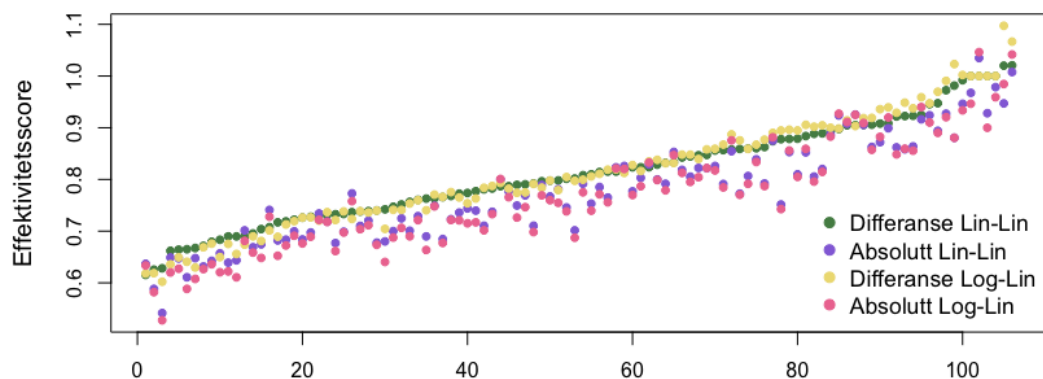
**Tabell 6.1.5: Regresjonsresultater fra de semi-logaritmiske totrinnsmodellene**

	Log-Lin Absoluttmodellen	Log-Lin Differansemodellen
(Konstant)	-0,2708*** (0,04)	-0,2157*** (0,02)
Andel jordkabler	-0,1022 (0,09)	-0,2919** (0,11)
Andel luftlinjer i barskog	-0,3988* (0,17)	-0,6654*** (0,16)
Geo1	-0,0702*** (0,01)	-0,0572*** (0,01)
Geo2	-0,0751*** (0,01)	-0,0776*** (0,01)
Geo3	-0,0218 (0,01)	-0,0229* (0,01)
R <sup>2</sup>	0,50	0,52
Justert R <sup>2</sup>	0,47	0,47
Antall obs.	106	106

\*\*\*  $p < 0,001$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*  $p < 0,05$ ,  $p < 0,1$

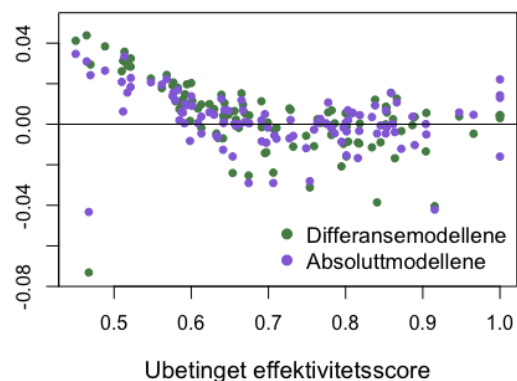
Effektivitetsscorene i de semi-logaritmiske og de lineære modellene er vist i figur 6.1.5. De to modellene med absolutte z-verdier gir generelt lavere effektivitetsscorer enn differansemodellene før kalibrering, slik som forklart over. Effektivitetsscorene til de semi-logaritmiske modellene følger imidlertid sine lineære motparter tett, noe rangkorrelasjonene på henholdsvis 0,9935 for differansemodellene og 0,9944 for absoluttmodellene tydeliggjør. Dette er å forvente, tatt i betraktning at effektivitetsscorene er størrelsesuavhengige og generelt ikke avviker så mye fra 1. Derfor er ikke forskjellen på en semi-logaritmisk og en lineær modellspesifisering så stor. De semilogaritmiske modellene er likevel, som forventet, å foretrekke for selskap med høye effektivitetsscorer. Dette er synlig ved at de semi-logaritmiske modellene ligger over sine lineære motparter ved høye effektivitetsscorer, og under ved lave effektivitetsscorer. Det kan virke urimelig at selskapene med høyest effektivitetsscore skal kompenseres mest for rammevilkårene, tatt i betraktning at z-variablene skal representere kostnadsdrivende faktorer. Selskap som opererer under vanskelige rammevilkår bør under denne forutsetningen generelt oppnå en lavere ubetinget score enn selskap med mindre

utfordrende rammevilkår. Det fremstår urimelig at selskap med mindre utfordrende rammevilkår skal kompenseres mest for z-variablene, og det stilles derfor spørsmål ved den semi-logaritmiske modellspesifiseringen til dette formålet.



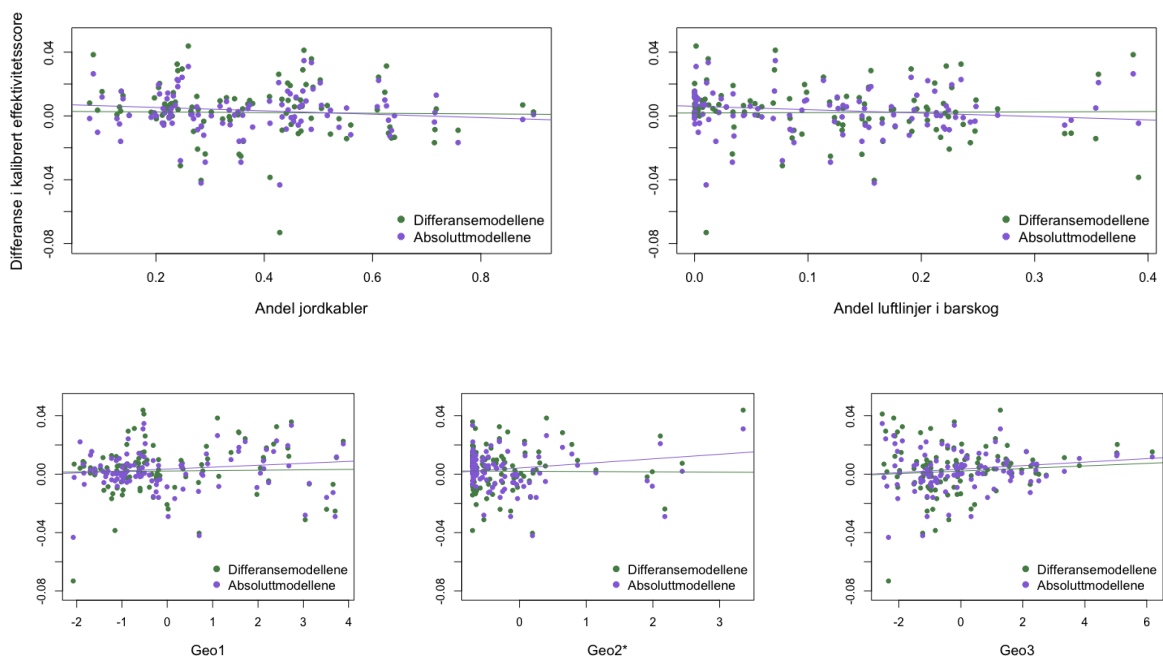
**Figur 6.1.5: Effektivitetsscore i modellene med semi-logaritmisk og lineær modellspesifisering**

Dette kan ytterligere illustreres ved å beregne differansen mellom lineær og semilogaritmisk effektivitetsscore. Y-aksen på figur 6.1.6 viser differansen i kalibrert effektivitetsscore mellom lineær og semi-logaritmisk modellspesifisering for henholdshvis differansemodellen og absoluttmodellen. Den semi-logaritmiske differansemodellen er trukket fra den lineære differansemodellen, og tilsvarende for absoluttmodellene. Differansene er plottet etter selskapenes ubetingede effektivitetsscore. Grafen viser at selskapene med lav ubetinget effektivitetsscore kommer systematisk bedre ut i de lineære modellene enn i de semi-logaritmiske. Dette er i tråd med forventningen, da effekten på korrigeringen ved en enhets økning i rammevilkåret stiger med effektivitetsscoren i de semi-logaritmiske modellene. For selskap med ubetingede effektivitetsscorer nærmere 1 er det ingen systematisk trend.



**Figur 6.1.6: Differanse i kalibrert effektivitetsscore etter ubetinget score**

I figur 6.1.7 er differansene i stedet vist etter verdien for hvert av rammevilkårene. Vi kan dermed undersøke om selskap med mye av et rammevilkår kommer systematisk bedre eller dårligere ut når modellspesifikasjonen endres. Grafene viser imidlertid ingen klare trender. Dette indikerer at modellene korrigerer relativt jevnt for de ulike z-variablene. Det er med andre ord ingen rammevilkårsvariabler som det korrigeres systematisk mer for i de semi-logaritmiske modellene enn i de lineære. Dette indikerer at omfordelingen fra de med lav til høy ubetinget effektivitetsscore ikke systematisk påvirker selskap med mye av et spesifikt rammevilkår.



**Figur 6.1.7: Differanse i kalibrert effektivitetsscore mellom lineær og semi-logaritmisk modellspesifisering etter z-verdier**

Vi finner at det er lite som skiller resultatene om effektivitetsscorene log-transformeres i regresjonen. Dette gjelder uavhengig av om det benyttes absolutte verdier eller differanseverdier. Semi-logaritmisk modellspesifisering favoriserer selskap med høy effektivitetsscore, noe som kan fremstå urimelig. På bakgrunn av at modellene er så sammenfallende, vil kun de lineære variantene drøftes i videre sammenligning. En lineær modellspesifisering fremstår i tillegg mer intuitiv og enkel.

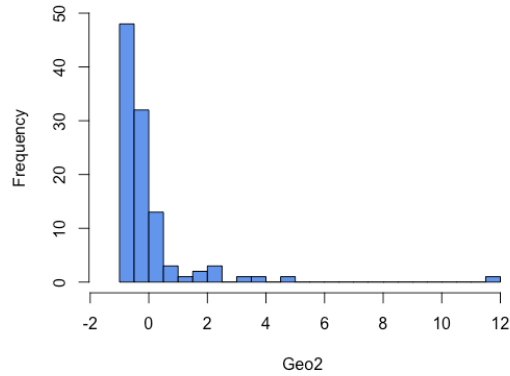
### 6.1.3 Kystforhold i tottrinnsmodellene

I differansemodellen gis enkelt-selskap svært stor kompensasjon for geo2-variabelen. Fire selskap korrigeres mer enn 20 prosent for kostnadsulemper som skyldes kystforhold, mens ingen oppjusteres like mye for de andre komposittvariablene. Dette skyldes at

enkelte selskap har veldig høye verdier for geo2, mens de aller fleste har veldig lave verdier. Kompensasjonen for geo2 er derfor mye mindre jevnt fordelt enn kompensasjonen for geo1 og geo3. Bjørndal et al. (2018) påpeker at totrinnsmodeller, ved brudd på separabilitetskriteriet, sannsynligvis vil kompensere for flere effekter enn de z-variablene er ment å fange opp. Det mistenkes at metoden ikke bare kompenserer selskapene for kostnadsulempes som skyldes kystforhold, men også for ineffektivitet. Det at selskap som står overfor kystrelaterte kostnadsdrivere kompenseres i så stor grad kan fremstå problematisk for selskapene som ikke opplever lignende forhold. Stokastiske grenseanalyser (SFA) ble gjort i forbindelse med utvelgelsen av z-variablene, og viser at variablene som kjennetegner kystnærhet har en større forklaringskraft på totalkostnaden enn de øvrige geografiske kostnadsdriverne i datasettet (NVE, 2012). På bakgrunn av dette er det relevant å gjøre en grundigere analyse av kompensasjonen for geo2.

Komposittvariabelen geo2 skal fange opp kostnadsulempes som skyldes kystforhold, og består av tre variabler: Vindstyrke, antall øyer og andel sjøkabel. Det er flere aspekter ved kystforhold som kan medføre kostnadsulempes for nettselskapene. Eksempelvis kan et selskap som er preget av mye vind oppleve merkostnader knyttet til å motvirke at ekstreme vindforhold forårsaker feil og slitasje på anleggene. Det er også sannsynlig at de opplever hyppigere behov for utskiftning (NVE, 2006b). Det er naturlig å tenke seg at selskap som forsyner øyer uten fastlandsforbindelse benytter mer ressurser enn andre. Disse kan eksempelvis oppleve salt på anlegg, som kan føre til kortslutninger og avbrudd. NVE har ikke funnet signifikante endringer i resultatene ved å inkludere andel sjøkabel, men til tross for dette mener nettselskap at variabelen bør være med, da den fanger opp aktiviteter som er kostnadsdrivende ved forsyning av øyer (NVE, 2006b). Vi finner at selskap med høye geo2-verdier er overrepresentert blant selskap med lav ubetinget effektivitetsscore. Dette indikerer at selskap som opererer under kystforhold presterer dårlige sammenlignet med selskap under andre geografiske forhold, noe som styrker antagelsen om at kystforhold medfører store kostnadsulempes. Det kan også diskuteres om kompensasjonen gjør at kystselskapene har få insentiver til effektivisering. De vil med dagens ordning oppnå en relativt høy effektivitetsscore nesten uansett hva de foretar seg.

Hovedårsaken til det store spriket i kompensasjonen for geo2-variabelen er at verdiene er veldig skjevfordelte. Komposittvariablene er, per definisjon, fordelt rundt et gjennomsnitt på 0, noe som gjør det mulig å sammenligne fordelingen til de tre variablene ved å se på den deskriptive statistikken i tabell 5.2.2 i kapittel 5. Sammenligner vi tredje kvartil for de tre komposittvariablene, ser vi at geo2 har desidert lavest verdi. 75



**Figur 6.1.8: Histogram for geo2**

prosent av selskapene har lavere geo2-verdi enn  $-0,0323$ , mot henholdsvis  $0,7770$  og  $0,8478$  for geo1 og geo3. Dette viser at geo2 er skjevfordelt sammenlignet med geo1 og geo3, noe som skyldes at noen få selskap har veldig høye verdier, mens de fleste selskapene har svært lave verdier. Differansen mellom selskapene som har høye geo2-verdier og mønsterselskapene til disse kan derfor bli veldig stor. Et histogram over geo2-variabelen viser tydelig denne skjevfordelingen, se figur 6.1.8.

Vindstyrke er den eneste av z-variablene som har en ikke-lineær struktur. Dette kommer av at variabelen beregnes ved å kvadrere vindstyrken, for deretter å dele på avstand til kyst (NVE, 2006a). En slik beregning kan resultere i en svært skjev fordeling, fordi det øker avstanden mellom høye og lave verdier. Kvadrerte ledd kan gi ekstreme utslag, særlig når avstanden til kyst er veldig kort. NVE (2012) argumenterer for at vindbelastningen er kvadrert for bedre å kunne fange opp driftsvilkårene langs kysten.

Geo2-koeffisienten har i tillegg størst absoluttverdi av komposittvariablene. Dette innebærer at en differanseverdi på eksempelvis 1 for alle tre variablene vil gi en større oppjustering for geo2 enn for geo1 og geo3. Det er også av betydning at det benyttes en lineær regresjonsmodell. Dette innebærer at den marginale kostnadsulempen estimeres likt uavhengig av nivå. Sandøy Energi AS, som har en geo2-differanse på 12,6 sammenlignet med sitt mønsterselskap, vil dermed kompenseres over 12 ganger så mye som Helgeland Kraft AS, som har en differanseverdi på 1. Den ekstremt høye verdien til Sandøy Energi AS gjør at selskapet, i differansemodellen, i realiteten kan ha mer enn dobbelt så høye kostnader som sitt mønsterselskap og fortsatt oppnå høyere effektivitet. Det er vanskelig å avgjøre om korrigeringen samsvarer med den reelle kostnadsulempen, men det kan virke lite sannsynlig at det er dobbelt så dyrt for Sandøy Energi AS å forsyne sine kunder som for et tilsvarende selskap uten kyst.

## 6.2 Reversert DEA

Det er mer sannsynlig at separabilitetskriteriet holder om rammevilkårskorrigeringen gjøres før DEA (Saastamoinen et al., 2017). Reversert DEA er derfor et relevant alternativ, som også har blitt støttet av flere nettselskap. I totrinnsmodellene gjøres regresjonen på trinn 2 på effektivitetsscorer en vet er forventningsskjeve, da selskapene tildeles en score basert på avstanden til en beregnet front som kan være uoppnåelig. Hadde effektivitetsscorene som benyttes i regresjonen reflektert virkeligheten, ville det ikke vært behov for korrigering. Det er sannsynlig at de estimerte effektivitetsscorene blir mer korrekte når  $z$ -variablene tas hensyn til på trinn 1, slik at kostnadsulempene er reflektert i innsatsfaktoren i DEA. Dette vil sannsynligvis gjøre den estimerte fronten mer reell, selv om det fortsatt er usikkert om denne faktisk er oppnåelig for selskapene som måles mot den. Formålet med regresjonen på trinn 1 er å estimere koeffisienter som kan benyttes som estimer på kostnadene som er forbundet med hvert av rammevilkårene. Selskapene får en ned- eller oppjustering av sine totale kostnader som skal reflektere den kostnadsulempen eller -fordelen rammevilkåret medfører. Det vil si at det er kostnadene som justeres og ikke effektivitetsscorene. Resultatene fra regresjonsmodellen er gjengitt i tabell 6.2.1.



**Tabell 6.2.1: Regresjonsresultater i reversert DEA**

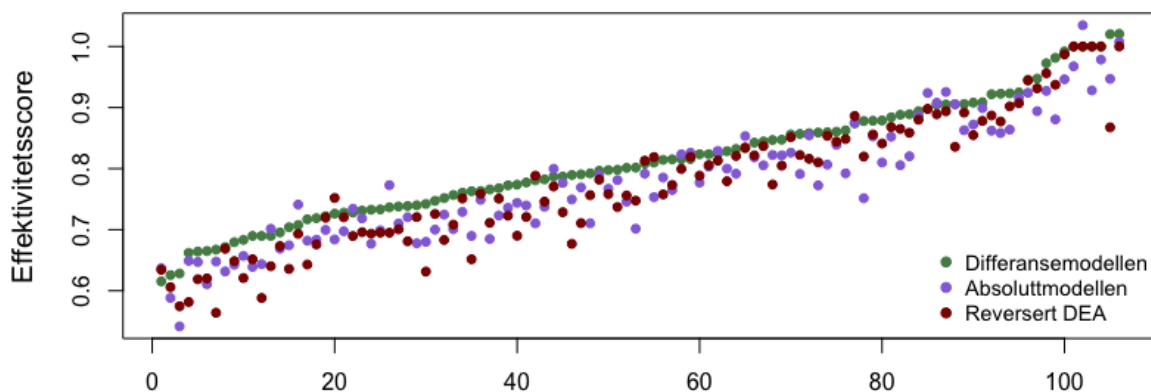
	Estimat
(Konstant)	3,6587*** (0,13)
Antall abonnementer	0,4713*** (0,06)
Antall km høyspent	0,5125*** (0,08)
Antall nettstasjoner	-0,0334 (0,09)
Andel jordkabler	0,2474* (0,10)
Andel luftlinjer i barskog	0,4162* (0,16)
Geo1	-0,0474*** (0,01)
Geo2	0,0561*** (0,01)
Geo3	0,0137 (0,01)
R <sup>2</sup>	0,9883
Justert R <sup>2</sup>	0,9874
Antall obs.	106

\*\*\*  $p < 0,001$ , \*\*  $p < 0,01$ , \*  $p < 0,05$ ,  $p < 0,1$

I reversert DEA er totale kostnader log-transformert i regresjonen, og koeffisientene betegner en prosentvis endring i kostnader ved en absolutt endring i z-verdier. Rammevilkårskorrigeringen vil dermed gi selskapene en ned- eller oppjustering som tilsvarer en prosentandel av de opprinnelige kostnadene. Eksempelvis vil koeffisienten for andel jordkabler, på 0,2474, medføre at en andel på ti prosent resulterer i en nedjustering av kostnadene på 2,474 prosent. Lavere kostnader vil gi selskapet en økning i effektivitetsscoren.

Regresjonsresultatene viser at  $geo1$ , som eneste  $z$ -variabel, får en negativ koeffisient. Med en koeffisient på  $-0,0474$ , vil en  $geo1$ -verdi på 1 resultere i en oppjustering av kostnadene tilsvarende 4,74 prosent. Dette indikerer at rammevilkåret representerer en kostnadsfordel. Hensikten med rammevilkårskorrigeringen er å kompensere selskapene for kostnadsdrivende faktorer, og  $z$ -variablene er valgt fordi de vurderes som signifikante kostnadsdrivere. Det er derfor en interessant observasjon at en av variablene har motsatt effekt i den reverserte modellen.

Som et resultat av at rammevilkårskorrigeringen gjøres før DEA, blir ytterligere ett selskap en del av fronten. Nordvest Nett AS inngår ikke som referanseselskap i totrinnsmodellene, da selskapet ikke anses som effektivt i ubetinget DEA. Når korrigeringen skjer før DEA får imidlertid selskapet justert kostnadene, slik at det anses å ha et optimalt forhold mellom kostnader og oppgaver. I den reverserte modellen er dermed selskapet en del av fronten og opptrer som referanseselskap. Med ett ekstra referanseselskap vil mønsterselskapene kunne ha andre verdier i den reverserte modellen enn i totrinnsmodellene, noe som vil påvirke effektivitetsscorene.



**Figur 6.2.1: Effektivitetsscore i differansemodellen, absoluttmodellen og reversert DEA**

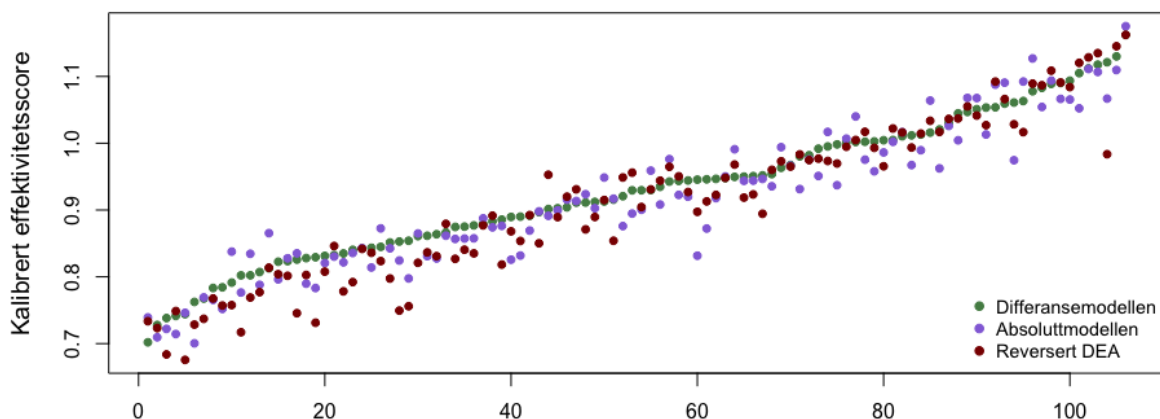
Figur 6.2.1 viser effektivitetsscorene før kalibrering i differansemodellen, absoluttmodellen og den reverserte modellen. Også den reverserte modellen gir jevnt over lavere effektivitetsscore enn differansemodellen. Den reverserte modellen og absoluttmodellen er tilsynelatende likere. Rangkorrelasjonene viser imidlertid at den reverserte modellen er sterkere korrelert med differansemodellen, se tabell 6.2.2. Den reverserte modellen tildeler med andre ord effektivitetsscorer som er likere

differansemodellen enn absoluttmodellen. Dette er noe uventet, tatt i betraktning at den reverserte modellen, i likhet med absoluttmodellen, benytter absolutte z-verdier. Med rangkorrelasjoner på godt over 0,9 er det imidlertid tydelig at modellene gir ganske like resultater.

**Tabell 6.2.2: Rangkorrelasjoner mellom modellene, ukalibrerte verdier**

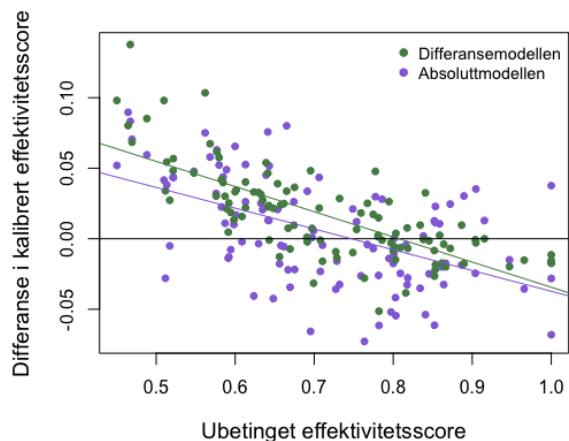
	Differansemodellen	Absoluttmodellen	Reversert DEA
<b>Differansemodellen</b>	1,000	0,9504	0,9589
<b>Absoluttmodellen</b>	0,9594	1,0000	0,9367
<b>Reversert DEA</b>	0,9589	0,9367	1,0000

Igjen vil nivåforskjellen mellom modellene utlignes av kalibreringen, og det kan derfor være mer interessant å sammenligne de kalibrerte effektivitetsscorene. Når effektivitetsscorene kalibreres blir den reverserte modellen enda likere differansemodellen. Rangkorrelasjoner for de kalibrerte effektivitetsscorene viser at differansemodellen faktisk er likere reversert DEA enn absoluttmodellen etter kalibrering, med korrelasjoner på henholdsvis 0,9647 og 0,9575. Figur 6.2.2 indikerer at den reverserte modellen jevner ut effektivitetsscorene i noe mindre grad. Dette er synlig ved at reversert DEA har en noe brattere kurve enn totrinnsmodellene. De fleste selskapene som får lav effektivitetsscore kommer dårligere ut i den reverserte modellen enn i totrinnsmodellene, mens flere av de som oppnår høy effektivitetsscore kommer bedre ut.



**Figur 6.2.2: Kalibrert effektivitetsscore i differansemodellen, absoluttmodellen og reversert DEA**

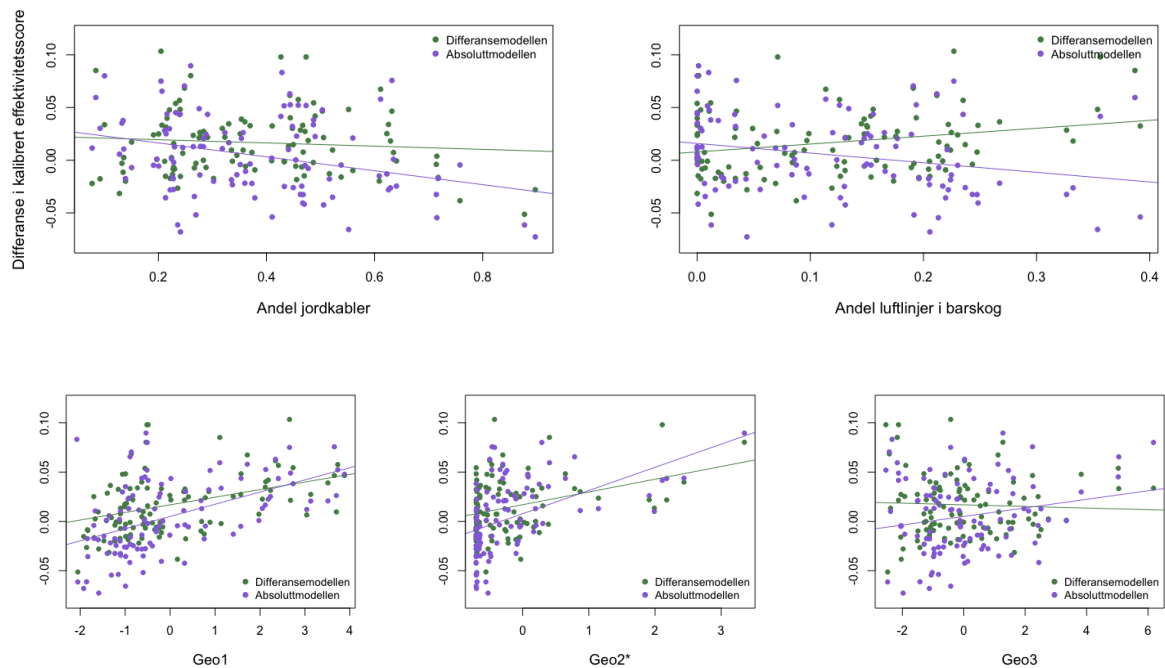
At den reverserte modellen i mindre grad jevner ut effektivitetsscorene gjennom rammevilkårskorrigeringen kommer tydeligere frem når differansen mellom modellene vises mot selskapenes ubetingede effektivitetsscore. Figur 6.2.3 viser differanse i kalibrert effektivitetsscore mellom totrinnsmodellene og den reverserte modellen. Selskapenes kalibrerte effektivitetsscore i den reverserte modellen er trukket fra tilsvarende verdi i henholdsvis differanse- og absoluttmodellen, og differansen er plottet



**Figur 6.2.3: Differanse i kalibrert effektivitetsscore mot ubetinget score**

mot selskapenes ubetingede effektivitetsscore. Grafen viser en negativ trend i begge tilfellene, noe som indikerer at selskap som gjør det dårlig i ubetinget DEA kommer systematisk bedre ut i totrinnsmodellene enn i den reverserte modellen, og motsatt. Selskapene som i fravær av rammevilkårskorrigering fremstår som minst effektive vil, med andre ord, prestere dårligere om regresjonen flyttes til trinn 1. Tilsvarende vil selskap som i utgangspunktet er relativt effektive generelt være tjent med at rammevilkårskorrigeringen skjer før DEA. Dette innebærer at totrinnsmodellene sørger for jevnere resultater enn den reverserte modellen og indikerer at totrinnsmodellene i større grad kompenserer for ufordelaktige rammevilkår. Trenden er imidlertid tydeligere for differansemodellen enn for absoluttmodellen.

Det er igjen interessant å undersøke om forskjellene i effektivitetsscore gjør at selskap med høye verdier for spesifikke z-variabler kommer systematisk bedre eller dårligere ut i den reverserte modellen. I figur 6.2.4 er differansen mellom de kalibrerte effektivitetsscorene plottet mot hvert av de fem rammevilkårene.



**Figur 6.2.4: Differanse i kalibrert effektivitetsscore mellom totrinnsmodellene og den reverserte modellen etter z-verdier**

\* På graf fire er Sandøy Energi AS, Fitjar Kraftlag SA og Austevoll Kraftlag SA utelatt. Disse selskapene har så høye geo2-verdier at det er vanskelig å se trenden i de øvrige observasjonene. Selskapene er likevel inkludert i analysen som ligger til grunn for grafen.

De to øverste diagrammene viser at det ikke foreligger noen tydelig trend i differanseverdiene når disse plottes mot andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog. Differansene fra absoluttmodellen indikerer tilsynelatende en svak negativ trend, mens disse i differansemodellen ser ut til å variere vilkårlig rundt null. Når differanseverdiene vises mot geo1 ser vi en tendens til positiv trend, spesielt tydelig for absoluttmodellen. Grafen med geo2 på x-aksen viser stor spredning i differansene for lave geo2-verdier. Majoriteten av selskapene med høye geo2-verdier får imidlertid en positiv differanse. Dette indikerer at den reverserte modellen kompenserer mindre for høye geo2-verdier enn totrinnsmodellene gjør, noe som styrker mistanken om at totrinnsmodellene overkompenserer for kystforhold. Når differanseverdien vises mot geo3 finner vi ingen klar positiv eller negativ trend, men det er imidlertid en tendens til at grafen smaler inn mot høyre. Det er stor variasjon i differansen blant selskap med lave geo3-verdier. Differansene er mer konsentrert for høye verdier og selskap med de høyeste geo3-verdiene får en positiv differanse.

Modellformuleringen som benyttes i regresjonen i den reverserte modellen er relativt enkel. Regresjonsmodeller krever en spesifisering av den funksjonelle formen. Den funksjonelle formen som benyttes for kostnadsfunksjonen i vår reverserte modell legger til grunn noen antagelser om sammenhengen mellom kostnadene, oppgavevariablene og

z-variablene som ikke nødvendigvis er rimelige. Det ikke er sikkert at den partiell-lineære modellspesifiseringen gir et realistisk bilde av forholdet mellom variablene, og det er ikke gjort noen grundig diagnostisering av denne eller alternative spesifiseringer. Barnum og Gleason (2008) argumenterer for at andre typer regresjoner kan være mer passende dersom det i realiteten ikke er et lineært forhold mellom variablene, eller dette ikke kan transformeres til å bli lineært. Det er tenkelig at en mer sofistikert og fleksibel modellspesifisering kunne gitt mer korrekte resultater. Et alternativ kan eksempelvis være å inkludere trans-logaritmiske ledd i kostnadsfunksjonen. Denne problematikken gjelder imidlertid også for totrinnsmodeller. Implementering av andre modellspesifiseringer er imidlertid utenfor omfanget av utredningen.

Reversert DEA gir relativt like resultater som totrinnsmodellene, men ved å flytte rammevilkårskorrigeringen til trinn 1 oppstår enkelte systematiske utslag. Selskap med lav ubetinget effektivitetsscore kommer generelt dårligere ut når trinnene reverseres. Dette tyder på at den reverserte modellen jevner ut effektivitetsscorene i mindre grad enn begge totrinnsmodellene. Forskjellen er tydeligst når reversert DEA sammenlignes med differansemodellen, som korrigerer mest for rammevilkår. Antydningen til at selskap med høye verdier for komposittvariablene kommer bedre ut i totrinnsmodellene enn i den reverserte modellen underbygger observasjonen om at totrinnsmodellene i større grad korrigerer for ufordelaktige rammevilkår.

### **6.2.1 Kystforhold i reversert DEA**

Som vist i figur 6.2.4 er det en tendens til at den reverserte modellen kompenserer mindre for høye geo2-verdier enn totrinnsmodellene. Alle selskap med geo2-verdi over 1 kommer bedre ut i totrinnsmodellene enn i den reverserte modellen. Dette kan sees i sammenheng med at selskapene med svært høye geo2-verdier generelt har lav ubetinget effektivitetsscore, og at selskapene med lave ubetingede effektivitetsscore presterer dårligere i den reverserte modellen enn i totrinnsmodellene, se figur 6.2.3. Selskap som er mest preget av kystforhold blir imidlertid fortsatt kompensert i svært stor grad.

## **6.3 Betinget DEA**

Betinget DEA har blitt testet på den norske nettbransjen ved minst to tidligere publikasjoner, Bjørndal et al. (2018) og Narvestad og Tønnesen (2019). Metoden skiller seg fra de to overnevnte modellvariantene ved at det kun er selskap med lignende geografiske forhold som måles mot hverandre i DEA. Rammevilkårskorrigeringen gjøres direkte i DEA, og det er derfor ikke behov for justering verken før eller etter effektivitetsanalysen.

Hensikten med rammevilkårene er å korrigere for geografiske og strukturelle forhold som er kostnadsdrivende for nettselskapene. Vi beregner båndbreddene ved å estimere den simultane PDF til  $x$  og  $y$  betinget av  $z$ -variablene, slik at båndbreddene reflekterer  $z$ -variablenes betydning for produksjonsmulighetene utspent av  $x$  og  $y$ . Fra tidligere forskning vet vi det har vært problematisk å beregne stabile båndbredder for komposittvariablene (Bjørndal et al., 2018). Med denne metoden oppnår vi svært stabile båndbredder for alle de fem variablene NVE benytter i dag. Stabile båndbredder er en viktig forutsetning for at betinget DEA skal være et troverdig alternativ til de andre modellene.

### Modell med komposittvariabler

Tabell 6.3.1 viser de beregnede båndbreddene<sup>1</sup> for de fem  $z$ -variablene: *Andel jordkabler, andel luftlinjer i barskog, geo1, geo2 og geo3*. Andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog begrenser referansesettene, med verdier på henholdsvis 0,2618 og 0,1488. Dette er i tråd med hva Bjørndal et al. (2018) og Narvestad og Tønnesen (2019) fant i sine publikasjoner. Vi finner imidlertid at også *geo2* er svakt begrensende, med en båndbredde på 6,6682. I realiteten vil båndbredden kun sørge for at selskap med helt ekstreme verdier utelukkes fra referansesettene til de øvrige selskapene, og motsatt. Dette er likevel et interessant funn, da det er mer i tråd med forventningene om at variabelen skal være signifikant, og at kystforhold er av stor betydning. *Geo1* og *geo3* får svært høye båndbredder og begrenser ikke referansesettene. Verdien på båndbreddene til disse variablene varierer noe ved gjentatte beregninger, men er stabilt svært høye. Dette indikerer at de er av ikke-signifikant betydning for produksjonsprosessen, noe som innebærer at *geo1* og *geo3* ikke vil påvirke referansesettene i betinget DEA.

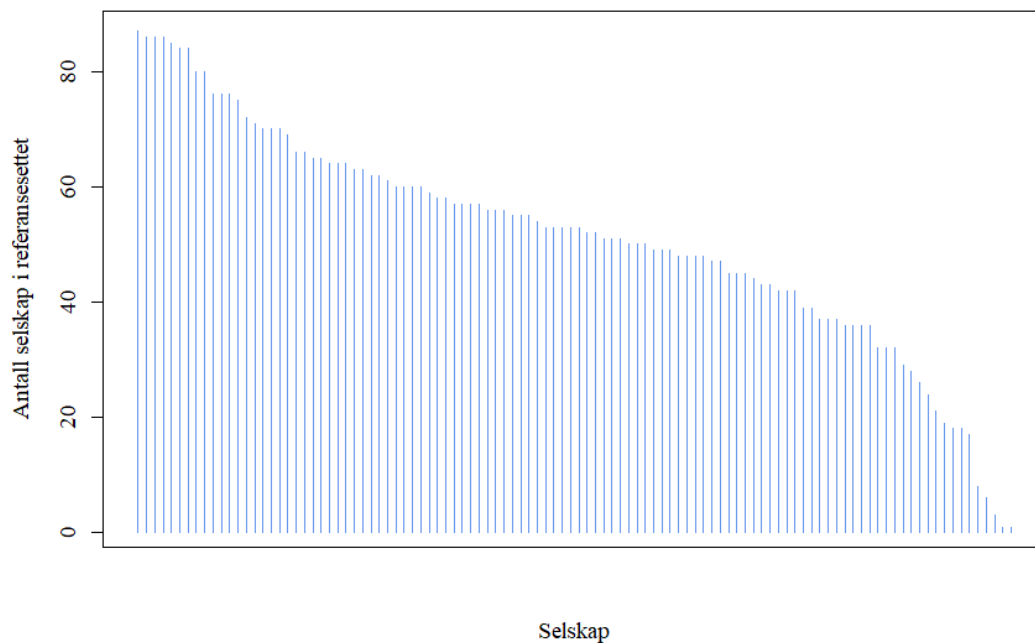
**Tabell 6.3.1: Beregnede båndbredder for  $z$ -variablene**

Variabel	Båndbredde
Andel jordkabler	0,2618
Andel luftlinjer i barskog	0,1488
Geo1	25 125 955,05400
Geo2	6,6682
Geo3	17 456 142,35

Andel jordkabler, andel luftlinjer i barskog og *geo2* begrenser referansesettene i den betingede modellen. Referansesettene skiller seg dermed fra tottrinnsmodellene og

<sup>1</sup>De presenterte båndbreddene er skalert med en skaleringsfaktor på  $\sqrt{5}$ , som gjelder for Epanechnikov kernel-estimatorer.

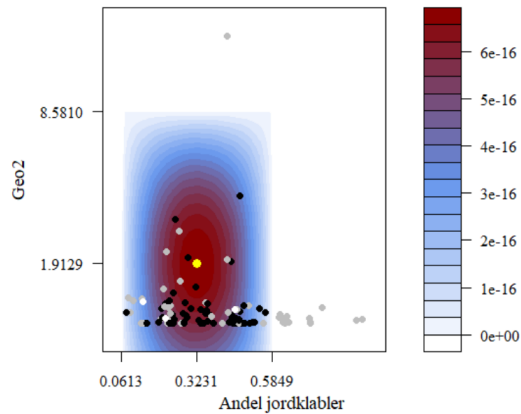
reversert DEA, der samtlige selskap har alle 106 selskapene i sine referansesett. På bakgrunn av dette opptrer flere selskap som referanseselskap minst én gang, noe som videre bidrar til at flere selskap er representert i vektingen. Dette er et resultat av at det, når referansesettene begrenses, hender at selskap som er referanseselskap i ubetinget DEA utelukkes fra referansesettet på grunn av avvikende z-verdier. Dette gjør at andre selskap utgjør fronten, og at det er flere selskap som totalt sett er referanseselskap for minst ett selskap. Mange av disse opptrer kun som referanseselskap for ett eller noen få selskap, og bidrar derfor med en svært liten vekt i den totale kostnadsnormen. Tysnes Kraftlag AS og Sandøy Energi AS skiller seg ut ved at det ikke finnes andre selskap med sammenlignbare geografiske forhold, definert av båndbreddene. Disse har kun ett selskap i referansesettet sitt, noe som innebærer at selskapene i realiteten kun måles mot seg selv. Selskapene oppnår dermed en effektivitetsscore på 1 uavhengig av sitt kostnadsnivå. Tre selskap har referansesett bestående av færre enn fem selskap, og ytterligere to selskap har referansesett bestående av færre enn ti selskap. Figur 6.3.1 viser hvor mange selskap som inngår i hvert referansesett. 62 selskap har referansesett bestående av mer enn 50 selskap. En fullstendig oversikt over antall selskap som inngår i referansesettene er å finne i vedlegg B.



**Figur 6.3.1: Antall selskap i referansesettene i den betingede modellen**

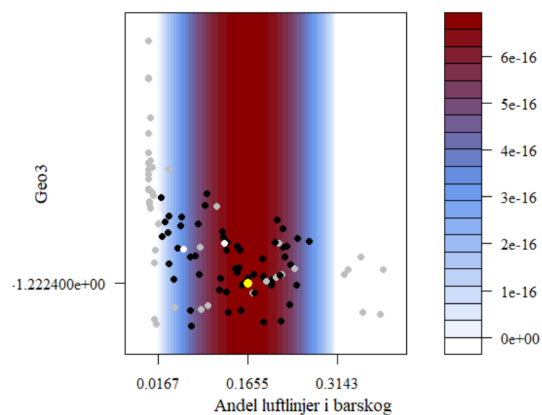


Figur 6.3.2 viser hvordan båndbreddene for andel jordkabler og geo2 begrenser referansesettet til et tilfeldig valgt nettselskap, her Kragerø Energi AS. Kragerø Energi AS er markert som den gule prikken på grafen. Det røde og blå feltet viser de z-verdiene som ligger innenfor en båndbreddes avstand fra Kragerø sin verdi for de to variablene. De sorte prikkene som omgir Kragerø Energi AS er selskap som inngår i deres referansesett. De grå prikkene markerer selskap som er utelukket fra referansesettet. Dette skjer fordi verdien for én eller flere av z-variablene avviker fra Kragerø Energi AS med mer enn størrelsen på båndbredden. Dette indikerer at selskapene står overfor rammevilkår som er så ulike fra Kragerø Energi AS at det ikke egner seg å sammenligne dem. De grå prikkene som ligger innenfor det fargede feltet er ikke utelukket på bakgrunn av disse to variablene, men begrenses av en annen faktor. I dette tilfellet utelukkes selskapene av andel luftlinjer i barskog.



**Figur 6.3.2: Illustrasjon av hvordan andel jordkabler og geo2 begrenser referansesettet til Kragerø Energi AS**

Den siste variabelen som begrenser referansesettet er andel luftlinjer i barskog, vist på x-aksen i figur 6.3.3. På grunn av sin høye båndbredde begrenser ikke geo3 referansesettet, noe som illustreres i figuren. Denne viser at hele verdispennet i geo3 ligger innenfor båndbredden, området av y-aksen utspent av det røde og blå feltet. Det samme vil være gjeldende for geo1.



**Figur 6.3.3: Illustrasjon av hvordan andel luftlinjer i barskog og geo3 begrenser referansesettet til Kragerø Energi AS**

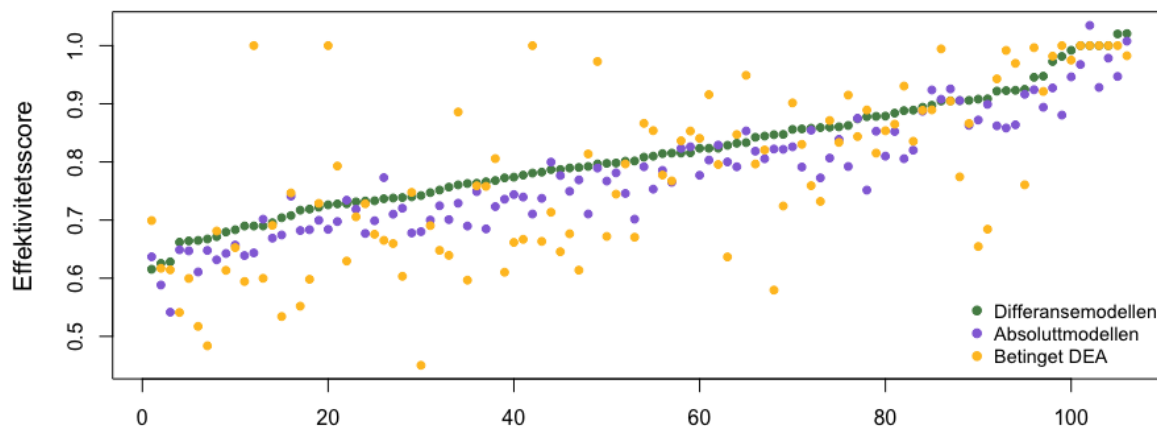
### Effektivitetsscorene sin sensitivitet til endringer i båndbredder

Størrelsen på båndbreddene kan ha stor betydning for resultatene i betinget DEA. Derfor er det interessant å undersøke sensitiviteten til effektivitetsscorene ved mindre endringer i båndbreddene. Vi ser fra tabell 6.3.2 at endringer i båndbreddene påvirker effektivitetsscorene. Mindre båndbredder begrenser referansesettene i større grad, og gir dermed høyere effektivitetsscorer. Det er imidlertid ikke veldig store utslag når båndbreddene reduseres med inntil 30 prosent. En økning i båndbreddene gir tilsvarende noe lavere effektivitetsscorer, men heller ikke dette utslaget er veldig stort ved moderate endringer.

Tabell 6.3.2: Effektivitetsscorenes sensitivitet til endringer i båndbreddene

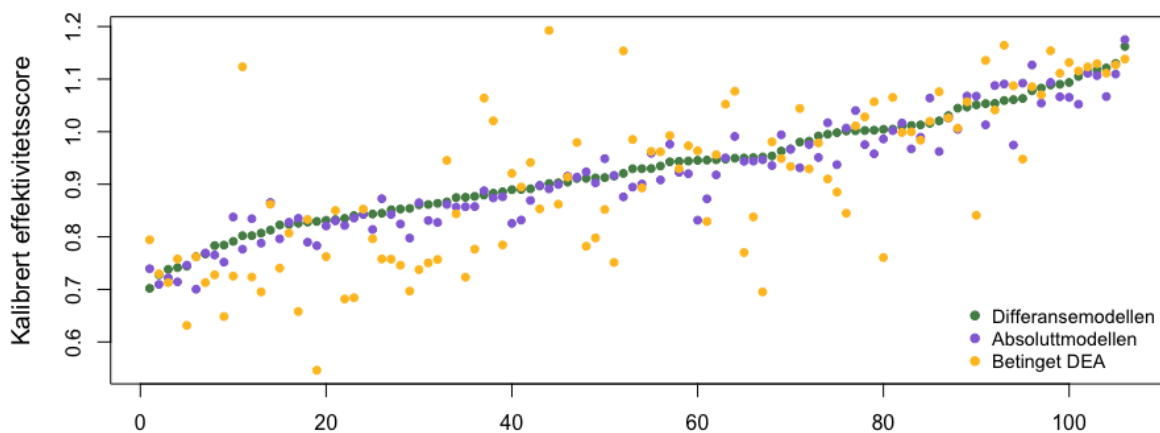
	70%	85%	100%	115%	130%
Min	0,53	0,48	0,45	0,45	0,45
Median	0,80	0,79	0,77	0,75	0,74
Gjennomsnitt	0,82	0,80	0,78	0,76	0,75
Maks	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00

Figur 6.3.4 viser at de fleste selskapene oppnår en lavere effektivitetsscore i betinget DEA enn i differansemodellen. Det er større spredning i de betingede effektivitetsscorene enn det er i totrinnsmodellene. Modellene som er presentert hittil har fulgt et relativt likt mønster. Den betingede modellen skiller seg imidlertid ut, og gir relativt store avvik fra både differansemodellen og absoluttmodellen.



Figur 6.3.4: Effektivitetsscore i differansemodellen, absoluttmodellen og betinget DEA

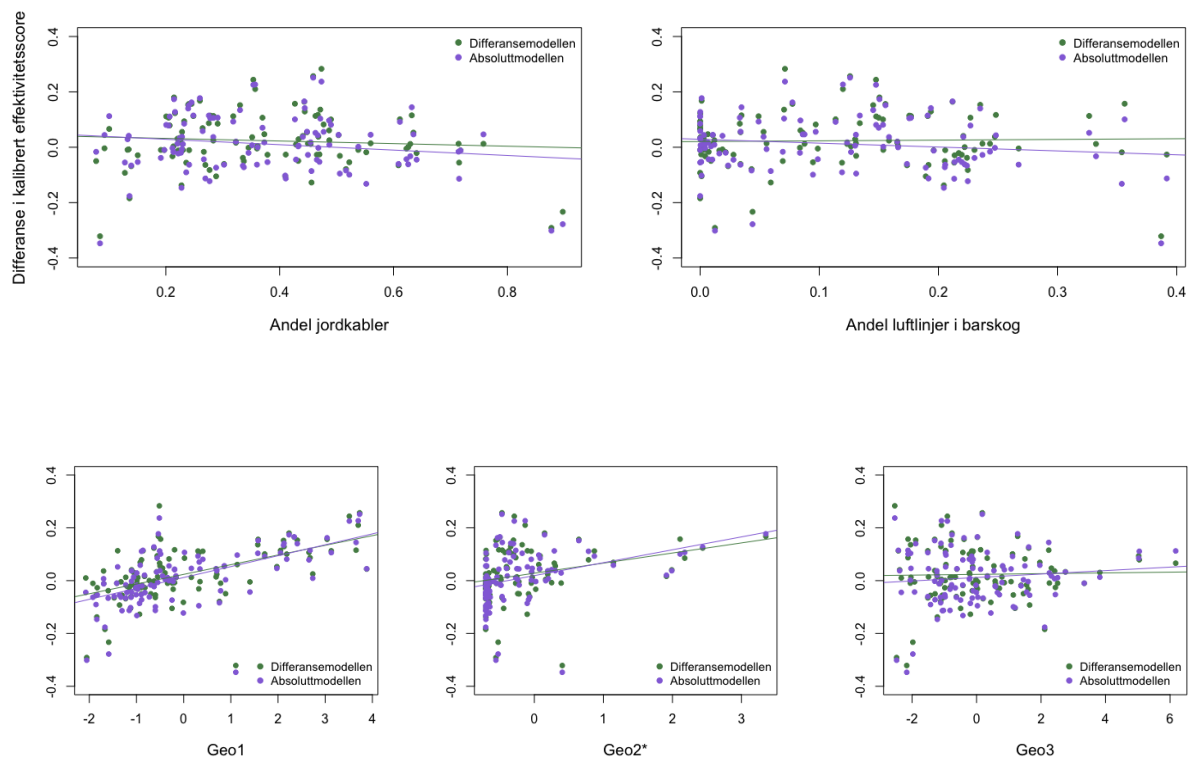
Dette gjør at enkelte selskap opplever veldig store endringer i effektivitetsscore, noe som også er synlig i de kalibrerte resultatene vist i figur 6.3.5. Sammenligner vi den betingede modellen med differansemodellen finner vi at to selskap får en økning i sin kalibrerte effektivitetsscore på over 0,15, mens hele ni selskap får en reduksjon på 0,20 eller mer. Sandøy Energi AS og Fitjar Kraftlag SA er selskapene som får størst reduksjon, på henholdsvis 0,45 og 0,30. Når vi sammenligner den betingede modellen med absoluttmodellen, finner vi at tre selskap får en økning på minst 0,15. Vi ser igjen at Sandøy Energi AS og Fitjar Kraftlag SA er selskapene som får størst reduksjon i effektivitetsscore ved sammenligningen, henholdsvis 0,42 og 0,26. Disse to selskapene får veldig stor kompensasjon for rammevilkårene i tottrinnsmodellene, særlig fordi de har svært høye geo2-verdier. Absoluttmodellen korrigerer noe mindre for rammevilkår enn differansemodellen. Det er derfor naturlig at de største avvikene er noe mindre når den betingede modellen sammenlignes med absoluttmodellen. Den betingede modellen korrigerer i hovedsak for andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog. Dette kan være noe av årsaken til at det er så stor spredning, og det er interessant undersøke differansene mot z-variablene.



**Figur 6.3.5: Kalibrert effektivitetsscore i differansemodellen, absoluttmodellen og betinget DEA**

På figur 6.3.6 er differanse i kalibrert effektivitetsscore mellom tottrinnsmodellene og den betingede modellen plottet mot z-variablene. På grafene med andel jordkabler og andel luftlinjer i barskog på x-aksen, viser differansene ingen klar trend. Dette indikerer at selskapene med mye av disse to rammevilkårene ikke systematisk kompenseres mer eller mindre i den betingede modellen. Dette er naturlig, ettersom det er disse variablene som i

hovedsak begrenser referansesettene i betinget DEA. Selskapene blir dermed kompensert for kostnadsulemper som skyldes disse forholdene i alle de tre modellene. Dette betyr imidlertid ikke at alle selskapene kompenseres likt. Det foreligger fortsatt variasjoner, men variasjonene er ikke systematiske. Det er heller ingen klar trend når differansene vises mot geo3. Det er imidlertid en tendens til at effektivitetsscorene avviker mer for lave verdier enn for høye verdier for denne variabelen. Dette henger sammen med at både differanse- og absoluttmodellen korrigerer lite for geo3, og at denne ikke er begrensende i den betingede modellen.



**Figur 6.3.6: Differanse i kalibrert effektivitetsscore mellom totrinnsmodellene og den betingede modellen etter z-verdier**

\* På graf fire er Sandøy Energi AS, Fitjar Kraftlag SA og Austevoll Kraftlag SA utelatt. Disse selskapene har så høye geo2-verdier at det er vanskelig å se trenden i de øvrige observasjonene. Selskapene er likevel inkludert i analysen som ligger til grunn for grafen.

Det er en klar trend til at høyere geo1-verdi er assosiert med høyere differanseverdier. Selskap med høye geo1-verdier kommer dermed bedre ut i totrinnsmodellene enn i betinget DEA. Dette skyldes at geo1 ikke er begrensende i den betingede modellen. Betinget DEA vil derfor ikke direkte korrigere for kostnadsulemper som skyldes dette rammevilkåret, mens både differanse- og absoluttmodellen kompenserer selskap med høye verdier for denne variabelen. Også selskap med høye geo2-verdier kommer bedre ut i totrinnsmodellene enn i betinget DEA. Selskap med lave geo2-verdier kommer

imidlertid ikke utelukkende bedre ut i den betingede modellen enn i differanse- og absoluttmodellen. I betinget DEA er geo2 bare svakt begrensende, og vil derfor i liten grad påvirke effektivitetsscorene. De fleste selskapene har lave geo2-verdier, og vil derfor heller ikke bli særlig oppjustert på bakgrunn av kystforhold i totrinnsmodellene. Derfor er det ingen klar trend i differansen for lave z-verdier. For de få selskapene med høye verdier vil imidlertid totrinnsmodellene gi betydelig høyere effektivitetsscore enn den betingede modellen.

### **6.3.1 Ulike variabelkombinasjoner i betinget DEA**

#### **Modell med variablene enkeltvis**

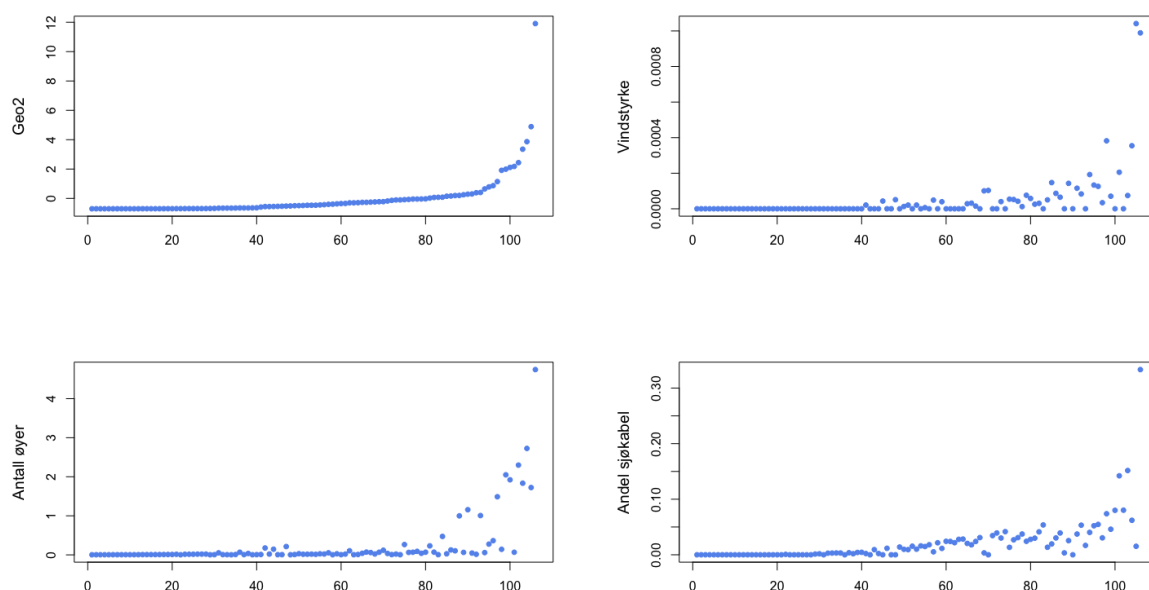
NVE sitt hovedargumentet for å bruke komposittvariabler til å beskrive geografiske forhold, er at variabler som er sterk korrelerte skaper et multikollinearitetsproblem i regresjonen på trinn 2. I den betingede modellen er imidlertid ikke dette et problem, da rammevilkårskorrigeringen forekommer i DEA og ikke ved hjelp av regresjon. Dette gjør at det er mulig å splitte opp komposittvariablene til enkeltvariabler og benytte disse i den betingede modellen. Båndbredder for alle de tolv variablene beregnes med samme metode.

Vi opplever imidlertid at det ikke er mulig å oppnå stabile båndbredder når alle tolv variablene er inkludert i modellen. Hvilke variabler som begrenser referansesettet varierer mellom beregningene. Dette kan skyldes at dimensjonaliteten til modellen øker betraktelig når komposittvariablene splittes opp. Til tross for at Betinget DEA ikke krever at z-variablene er ukorrelerte, er det vanskelig å avgjøre om den høye korrelasjonen mellom enkeltvariablene gjør det utfordrende å fastsette stabile båndbredder. En annen mulig forklaring er at beregningene påvirkes av ekstreme observasjoner på noen av variablene. Ekstremverdier kan medføre at båndbreddene blir veldig avhengige av hvordan observasjonene fordeles på trenings- og testsett i kryssvalideringen. Noen av variasjonene er imidlertid så store at det er lite sannsynlig at dette alene er årsaken. Et utvalg av de hyppigst oppnådde båndbreddene er presentert i tabell 6.3.3. Ustabiliteten gjør det lite hensiktsmessig å rapportere ytterligere resultater for modellen.

**Tabell 6.3.3: Tre ulike resultater ved beregning av båndbredder for alle enkeltvariablene**

Variabel	Resultat 1	Resultat 2	Resultat 3
Andel jordkabler	0,1816	1,3574	0,3539
Andel luftlinjer i barskog	0,1521	76 583,8262	0,1410
Terrenghelning	112 032 830,7795	25 806 489,8079	6 280 506,7645
Småkraft	471 964,0453	0,0739	0,0739
Andel luftlinjer i løvskog	0,0017	381,9387	0,009
Vindstyrke	14 814, 2387	0,0136	0,0073
Antall øyer	1,4462E-06	2,3634E-07	3,7756E-06
Andel sjøkabel	0,00381	0,0122	0,005602
Snømengde	161,9253	157 200 546,6111	1 130 752 699,6990
Mørketid	0,3614	0,9244	0,0887
Islast	22,8989	1 546 927 704,8231	117,0090
Temperatur	0,08172	5 107 337,1752	5 397 188,8698

Et alternativ er å inkludere bare enkelte av variablene komposittvariablene består av, for å redusere dimensjonaliteten. Det er imidlertid flere svakheter ved dette. For det første er variablene valgt ut som proxy-variabler for faktorer som beskriver ulike aspekter ved et operasjonelt forhold. Eksempelvis er både antall øyer og andel sjøkabel ment å fange opp kostnadsulemper for selskap som opererer under kystforhold, men alle kystselskap har ikke nødvendigvis mye av begge. En modell som kun inneholder én av disse variablene vil derfor mangle en del informasjon og det er sannsynlig at dette vil gi en mindre rettferdig fordeling. Variablene er derfor bedre egnet til å belyse kostnadsulempen samlet sett enn enkeltvis. I tillegg gjør komposittvariablene det mulig å sammenligne selskap som totalt sett står overfor lignende forhold, selv om disse ikke har tilsvarende verdier for alle de underliggende variablene. Modellen med komposittvariabler er derfor mer konservativ enn en modell bestående av variablene enkeltvis. Dette innebærer at den vil kompensere mindre for z-variablene fordi referansesettene i mindre grad begrenses. Effekten av dette er imidlertid vanskelig å fastslå uten å oppnå stabile båndbredder for enkeltvariablene og diskusjonen blir derfor svært hypotetisk. Bakgrunnen for at bruk av komposittvariabler isolert sett gir mer konservative resultater kan illustreres med et eksempel, og vi vil ta utgangspunkt i geo2-verdiene for å vise dette. Den første grafen i figur 6.3.7 viser geo2 plottet etter stigende verdi. De tre øvrige diagrammene viser henholdsvis vindstyrke, antall øyer og andel sjøkabel i samme rekkefølge som den første grafen.



**Figur 6.3.7: Geo2 og underliggende variabler etter stigende geo2-verdi**

Grafene viser at selskap med høye geo2-verdier ikke nødvendigvis har høye verdier for samtlige av enkeltvariablene geo2 består av. Dette resulterer i at selskap vil kunne fremstå sammenlignbare basert på komposittvariabelen, men svært ulike på variablene enkeltvis. Det understrekes at dette er en isolert effekt av å bruke komposittvariabler fremfor enkeltvariablene som utgjør disse. Det er sannsynlig at båndbreddene ville vært forholdsmessig ulike om de tre variablene ble inkludert enkeltvis og det er derfor ikke sikkert at modellen totalt sett ville gitt mer konservative resultater. Et eksempel kan likevel illustrere poenget. Som vist i tabell 6.3.4 har Finnås Kraftlag AS og Kragerø Energi AS ganske tilsvarende og relativt høye verdier for geo2. Dette betyr at båndbredden til geo2 må være svært lav for at de to skal utelukkes fra hverandres referansesett. Verdiene på enkeltvariablene som er inkludert i komposittvariabelen viser imidlertid at det er ulike drivere til verdiene. Finnås Kraftlag AS er svært vindutsatt, men forsyner forholdsmessig få øyer. For Kragerø Energi AS er det motsatt, da det er selskapet som forsyner tredje flest øyer relativt til størrelsen og er lite vindutsatt. Dersom de to variablene inkluderes enkeltvis er det sannsynlig at selskapene vil bli utelukket fra hverandres referansesett på bakgrunn av verdiene på variablene vindstyrke og antall øyer, avhengig av hvordan båndbreddene ville sett ut i dette tilfellet. Referansesettene vil med andre ord begrenses i større grad dersom variablene ikke kombineres i en komposittvariabel og resultere i lavere effektivitetsscore.

**Tabell 6.3.4: Eksempel på forskjeller i underliggende variabler for to selskap med tilsvarende geo2-verdier**

Selskap	Id	Geo2	Vindstyrke	Antall øyer	Andel sjøkabel
Finnås Kraftlag SA	43	1,9903	2,0497	7,10E-05	0,0460
Kragerø Energi AS	93	1,9129	0,1426	3,82E-04	0,0738

### 6.3.2 Kystforhold i betinget DEA

Det er et interessant funn at betinget DEA kompenserer så lite for kystforhold sammenlignet med totrinnsmodellen. Variablene som inngår i geo2 blir imidlertid begrensende i alle beregninger hvor komposittvariablene splittes opp, selv om størrelsen på båndbreddene varierer og resultatene er ustabile. På bakgrunn av dette kan det være interessant å teste om en modell som splitter geo2, men inkluderer geo1 og geo3 som komposittvariabler, kan oppnå stabile båndbredder og gi en bedre forståelse av hvordan den betingede modellen håndterer geo2. Modellen blir dermed bestående av variablene: *Andel jordkabler*, *andel luftlinjer i barskog*, *geo1*, *vindstyrke*, *antall øyer*, *andel sjøkabel* og *geo3*, se tabell 6.3.5.

**Tabell 6.3.5: Ulike resultater ved beregning av båndbredder for en modell med geo2 splittet opp**

Variabel	Resultat 1	Resultat 2
Andel jordkabler	275 531,8565	0,3817
Andel luftlinjer i barskog	0,1384	0,1221
Geo1	1,6361	2,3315
Vindstyrke	0,0090	0,0077
Antall øyer	5,3434E-05	4,2086E-06
Antall sjøkabel	0,0030	0,0049
Geo3	2,9668	1,8284

Denne modellen gir noe mer stabile båndbredder enn modellen med alle variablene inkludert enkeltvis. Det varierer likevel om variabelen andel jordkabler er begrensende eller ikke. Modellen er dermed mindre stabil enn modellen med alle komposittvariablene. Bakgrunnen for at det ikke er mulig å oppnå stabile båndbredder kan skyldes at dimensjonaliteten øker, selv om det benyttes betydelig færre variabler enn i modellen med alle de tolv z-variablene. Det benyttes tre variabler som er sterkt korrelerte. Det er



tenkelig at vi ikke har nok informasjon til at avhengigheten mellom z-variablene og effekten på produksjonsmulighetene kan estimeres, og at dette resulterer i at det varierer om andel jordkabler er begrensende fra beregning til beregning. Både Bjørndal et al. (2018), Narvestad og Tønnessen (2019), samt våre tidligere beregninger, finner at denne variabelen er begrensende. Det virker derfor lite sannsynlig at denne ikke skal være av betydning. Vi får samtidig begrensende båndbredder for variablene geo1 og geo3, noe som skiller seg fra tidligere resultater. Da modellen oppleves ustabil er dette resultater en ikke kan ha fullstendig tiltro til, og det fremstår lite hensiktsmessig å benytte modellen i DEA. Det kan dog være interessant å utforske om ustabiliteten skyldes dimensjonaliteten alene. Vi lar variablene som var begrensende i den opprinnelige modellen være, og utelater komposittvariablene geo1 og geo3. Vi står da igjen med fem variabler, som er et tilsvarende antall som i dagens reguleringsmodell, se tabell 6.3.6.

**Tabell 6.3.6: Ulike resultater ved beregning av båndbredder for en modell med geo1 og geo3 ekskludert**

Variabel	Resultat 1	Resultat 2
Andel jordkabler	0,3412	0,3098
Andel luftlinjer i barskog	1 225 179,5024	0,1503
Vindstyrke	0,0841	2,1170
Antall øyer	0,0002	0,0001
Antall sjøkabel	0,0672	0,0473

Heller ikke denne modellen gir stabile båndbredder. Dette indikerer at ustabiliteten ikke utelukkende er forårsaket av for høy dimensjonalitet. Dette styrker antagelsen om at det kan være andre karakteristikk ved datene som gjør det problematisk å beregne båndbreddene. Det er imidlertid vanskelig å avgjøre om dette skyldes at variablene er korrelerte, om ekstremverdier medfører store variasjoner eller om det er andre årsaker. Vi observerer at andel jordkabler nå er konsekvent begrensende ved flere beregninger, noe som samsvarer med tidligere modeller.

Variablene som inngår i geo2 har noe spesielle verdier, og det er mulig at dette skaper numeriske problemer i beregningene. Eksempelvis har antall øyer ekstremt lave verdier, som spenner mellom 0,0000 og 0,0010. Når mange av verdiene sentreres rundt null kan det oppstå numeriske problemer. Det er også tenkelig at variabelenes skjevfordeling gjør det vanskelig å beregne optimale båndbredder.

I modellen med variablene som benyttes i dagens regulering fant vi at geo2-variabelen til

en viss grad begrenser referansesettene, men at båndbredden er såpass høy at dette har liten innvirkning på resultatene. I realiteten vil båndbredden kun sørge for at selskap med helt ekstreme verdier utelukkes fra referansesettene til de øvrige selskapene, og motsatt. Selskap med høye geo2-verdier kompenseres betydelig mindre i den betingede modellen enn i totrinnsmodellene og reversert DEA, som tabell 6.3.7 indikerer. De ti selskapene med høyest geo2-verdier får en snittkompensasjon på 0,0934, mot 0,0545 for alle selskap. Dersom Sandøy Energi AS utelukkes, kompenseres de ti faktisk mindre enn gjennomsnittet for alle selskapene. I de øvrige modellene kompenseres selskap med høye geo2-verdier betydelig mer enn gjennomsnittsselskapet.

**Tabell 6.3.7: Gjennomsnittlig kompensasjon for de 10 selskapene med høyest geo2-verdi sammenlignet med alle selskapene**

	De 10 med høyest geo2-verdi	Alle selskap
<b>Differansemodellen</b>	0,2147	0,0990
<b>Absoluttmodellen</b>	0,1810	0,0657
<b>Reversert DEA</b>	0,1378	0,0651
<b>Betinget DEA</b>	0,0934	0,0545

Resultatene fra den betingede modellen indikerer at geo2 er av relativt liten betydning for produksjonsprosessen. Da vi splittet opp geo2-variabelen tydet det imidlertid på noe annet. Ved beregning av båndbredder for modeller med oppsplittede komposittvariabler opplevde vi at variablene i geo2, vindstyrke, antall øyer og andel sjøkabel, ble begrensende i flertallet av beregningene. Dette taler for at kystforhold kan være av større betydning enn det som kommer frem i den betingede modellen med komposittvariablene. Da vi ikke oppnår stabile båndbredder, er dette imidlertid vanskelig å fastslå.

## 6.4 Sammenligning av de ulike tilnærmingene

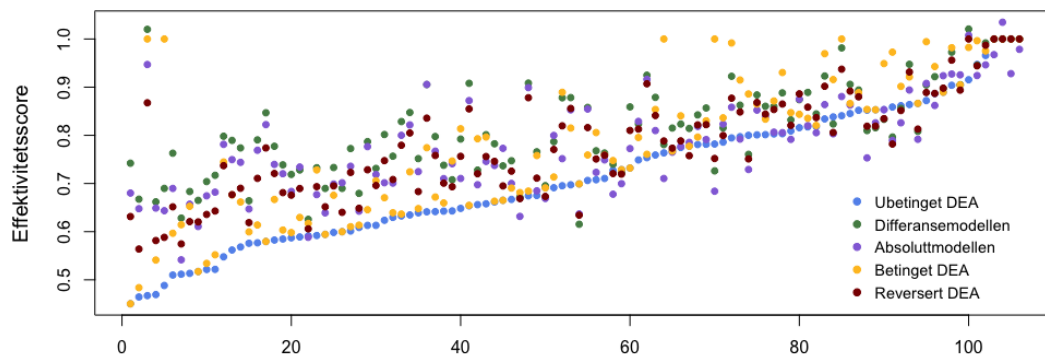
Etter å ha analysert ulike metoder for rammevilkårskorrigerings, er det interessant å gi en mer overordnet sammenligning av de tre hovedmetodene: Totrinnsmodeller, betinget DEA og reversert DEA. Betinget DEA, med variablene som inngår i dagens reguleringsmodell, sammenlignes med totrinnsmodellene med differanse- og absoluttverdier, og den reverserte modellen basert på logaritmiske verdier av innsatsfaktor og oppgavevariabler. Det vil med andre ord være de samme variablene som sammenlignes i de ulike modellene, slik at det gis en mest mulig verdifull sammenligning.

Vi vil først sammenligne effektivitetsscorene fra modellene og hvordan disse kompenserer selskapene for rammevilkårene. Videre vil vi kommentere hvordan forskjellene i

effektivitetsscore slår ut i inntektsrammene, og til slutt på estimerer for selskapenes avkastning og tariffer. Avslutningsvis vil sammenligningen inneholde en diskusjon om fordeler og ulemper ved de ulike tilnærmingene.

#### 6.4.1 Effektivitetsscore

Figur 6.4.1 viser effektivitetsscore per selskap i modellene. De ubetingede effektivitetsscorene er også inkludert. Disse utgjør scorene til selskapene når z-variablene ikke er tatt hensyn til. I den betingede modellen får samtlige selskap en effektivitetsscore som er større eller lik den ubetingede effektivitetsscoren. I de tre øvrige modellene er det imidlertid eksempler på selskap som får effektivitetsscoren nedjustert på bakgrunn av rammevilkårene. Figuren tydeliggjør de samme observasjonene som er gjort i tidligere analyser. Betinget DEA ligger nærmere ubetinget DEA enn de andre modellene på lave effektivitetsnivåer. Dette indikerer at modellen korrigerer minst for rammevilkår. Som vi har sett tidligere, følger totrinnsmodellene og reversert DEA hverandre tettere enn betinget DEA. Disse har også slakere kurver, som tilsier at de i større grad enn betinget DEA jevner ut effektivitetsscorene. En fullstendig oversikt over effektivitetsscorene i alle modellene er gjengitt i vedlegg C.



Figur 6.4.1: Effektivitetsscore i de ulike modellene

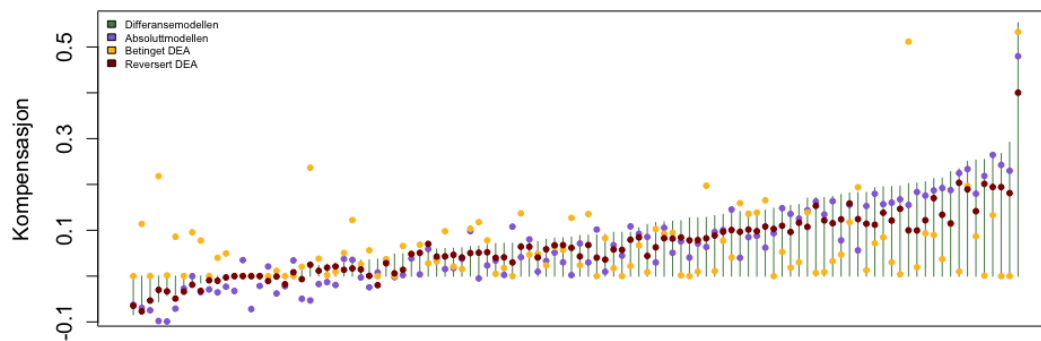
Tabell 6.4.1 viser deskriptiv statistikk for effektivitetsscorene. Både medianen og gjennomsnittet for de fire modellene er betydelig høyere enn for den ubetingede. Differansemodellen gir høyere gjennomsnittlig effektivitetsscore enn de tre øvrige modellene, som alle har relativt lik median og gjennomsnitt. Alle modellene har et vektet gjennomsnitt som er høyere enn det uvektede. Igjen er det sannsynlig at dette i stor grad skyldes at Hafslund Nett AS oppnår en høy effektivitetsscore i alle modellene. Sett bort fra totrinnsmodellene, har effektivitetsscorene, per definisjon, en maksverdi på

én. Dette skyldes forenklingen med femårige gjennomsnitt, og at DEA utføres som siste eller eneste trinn. Minimumsverdien til den betingede modellen er like lav som den ubetingede. Dette viser at selskapet med aller lavest ubetinget effektivitetsscore ikke korrigeres i betinget DEA.

**Tabell 6.4.1: Deskriptiv statistikk for effektivitetsscorene i de ulike modellene**

	Min	1. kvartil	Median	Gj.snitt	3. kvartil	Maks	Vektet gj.snitt
Ubetinget DEA	0,4503	0,6031	0,6982	0,7131	0,8142	1,0000	0,8104
Differansemodellen	0,6154	0,7381	0,8045	0,8121	0,8787	1,0207	0,8703
Absoluttmodellen	0,5416	0,7010	0,7748	0,7788	0,8527	1,0348	0,8641
Betinget DEA	0,4503	0,6601	0,7708	0,7697	0,8822	1,0000	0,8589
Reversert DEA	0,5640	0,6950	0,7736	0,7782	0,8546	1,0000	0,8514

Det er interessant å se på kompensasjonsfordelingen til selskapene under de ulike modellene. Figur 6.4.2 viser kompensasjonen per selskap i de fire modellene, beregnet som differansen mellom den endelige effektivitetsscoren før kalibrering og den ubetingede effektivitetsscoren.

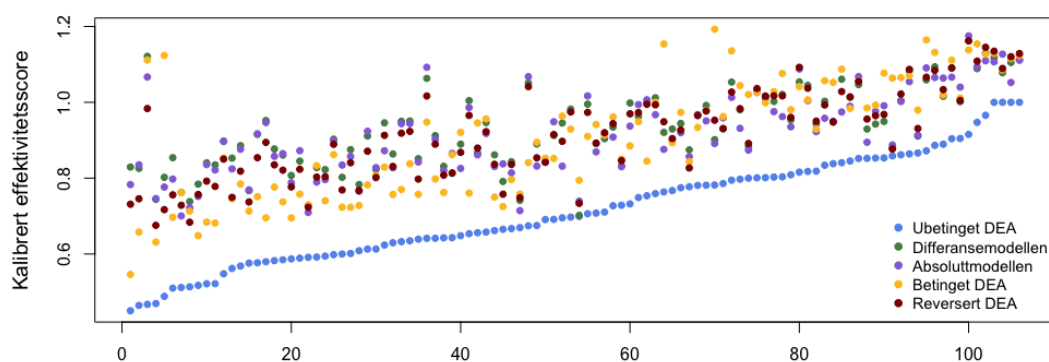


**Figur 6.4.2: Selskapenes kompensasjon for rammevilkår i de ulike modellene**

Differansemodellen og den reverserte modellen følger hverandre i relativt stor grad, men differansemodellen korrigerer totalt sett mer. De selskapene differansemodellen kompenseres mest, kompenseres klart mindre i den reverserte modellen. Kompensasjonen i reversert DEA er mindre for de selskapene differansemodellen justerer ned. Absoluttmodellen har de største nedjusteringene, og justerer i tillegg mindre de

selskapene som justeres mest i differansemodellen. Den kompenserer imidlertid noe mer enn den reverserte modellen for selskapene med størst kompensasjon. Den betingede modellen skiller seg fra de andre, da kompensasjonen viser et tilnærmet vilkårlig mønster sortert etter differansemodellen. Kompensasjonen for rammevilkår i betinget DEA følger med andre ord ikke de øvrige modellene. Tre selskap skiller seg ut i den betingede modellen. Tysnes Kraftlag SA, Jæren Everk og Klepp Energi AS får en kompensasjon på mer enn 0,2, og korrigeres dermed betydelig mer i betinget DEA enn i de tre øvrige modellene. Sandøy Energi AS, som vises lengst til høyre i diagrammet, kompenseres aller mest i betinget DEA. Selskapet er imidlertid det selskapet som kompenseres mest i alle modellene.

Den aggregerte forskjellen i kompensasjon utlignes når effektivitetsscorene kalibreres. Figur 6.4.3 viser de kalibrerte effektivitetsscorene fra de ulike modellene. De ubetingede effektivitetsscorene er ikke kalibrert. Betinget DEA, reversert DEA og absoluttmodellen hadde lavere effektivitetsscorer, og løftes derfor mest av kalibreringen. Vi ser at selskapene med lav ubetinget effektivitetsscore kommer dårligst ut i den betingede modellen, også etter kalibrering, fordi det i mindre grad korrigeres for eksterne faktorer. Dette er også synlig ved at de betingede effektivitetsscorene har en brattere trend enn de andre modellene, noe som indikerer at den i mindre grad løfter de som presterer dårlig uten korrigerings. Totrinnsmodellene har slakest kurve når effektivitetsscorene er plottet etter ubetinget resultat. Dette indikerer at modellen jevner ut effektivitetsscorene gjennom rammevilkårskorrigeringen i større grad enn de andre modellene. Etter kalibrering følger, som forventet, de tre sekvensielle modellene hverandre relativt tett.



Figur 6.4.3: Kalibrert effektivitetsscore i de ulike modellene

Tabell 6.4.2 viser kalibrerte rangkorrelasjoner. Samvariasjonen er, noe overraskende, høyest mellom differansemodellen og reversert DEA. Differansemodellen og absoluttmodellen, og absoluttmodellen og reversert DEA, er imidlertid også sterkt korrelerte. Dette er ikke overraskende, da modellene følger de samme prinsippene i korrigeringen, og tidligere analyser har vist det samme. Betinget DEA skiller seg mer fra de øvrige modellene, og mest fra differansemodellen. En annen interessant observasjon er at den reverserte modellen er sterkere korrelert med ubetinget DEA enn betinget DEA.

**Tabell 6.4.2: Effektivitetsscorenes rangkorrelasjoner**

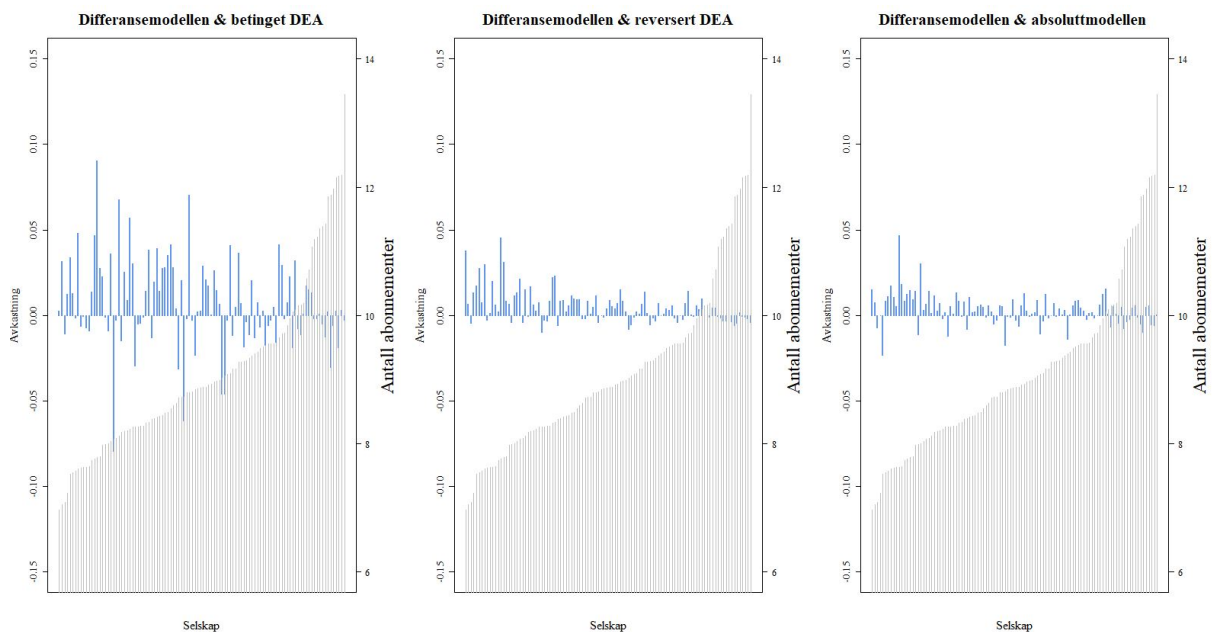
	Ubetinget DEA	Differansemodellen	Absoluttmodellen	Betinget DEA	Reversert DEA
Ubetinget DEA	1,0000	0,7175	0,7331	0,8096	0,8403
Differansemodellen	0,7175	1,0000	0,9575	0,7555	0,9647
Absoluttmodellen	0,7331	0,9575	1,0000	0,7237	0,9486
Betinget DEA	0,8096	0,7555	0,7237	1,0000	0,8195
Reversert DEA	0,8403	0,9647	0,9486	0,8195	1,0000

#### 6.4.2 Inntektsramme, avkastning og tariffer

Forskjellene i de kalibrerte effektivitetsscorene slår direkte ut i selskapenes kostnadsnorm og inntektsramme. Kalibreringen gjør den aggregerte inntektsrammen identisk for alle modellene, og bransjen vil derfor ikke kunne tjene noe mer eller mindre avhengig av hvilken modell som velges. Kalibreringen gjør dermed at kompensasjonsordningen for eksterne faktorer ikke får noen innvirkning på samlet inntekt (Bjørndal et al., 2018). Det skjer imidlertid en omfordeling av inntektene, ved at det oppstår endringer i enkeltselskapenes kostnadsnorm.

Til tross for at totrinnsmodellene korrigerer ulikt for rammevilkårene, gir det ikke veldig store utslag i selskapenes inntektsrammer. Ingen selskap får en endring i inntektsrammen på mer enn 2,5 prosent dersom absoluttmodellen erstatter differansemodellen. Erstattes differansemodellen med reversert DEA blir utslagene noe større. Endringene i inntektsrammene spenner i dette tilfellet fra -7,12 prosent til 5,31 prosent. Forskjellen er imidlertid klart størst for betinget DEA, som tidligere resultater impliserer. Jæren Everk og Klepp Energi AS får den største økningen i inntekt, begge på over 10 prosent. Hele ni selskap opplever å få redusert inntektsrammen med mer enn 10 prosent. For Sandøy Energi AS er en endring til betinget DEA spesielt avgjørende, da den sørger for at selskapet får redusert sine inntekter med hele 27 prosent. Flertallet av selskapene opplever imidlertid en endring i inntektsrammen på mer enn 1 prosent i alle modellene.

De relative endringene i inntektsrammene vil slå ut i selskapenes avkastning, og tariffene som settes overfor sluttkunden. For å fastslå betydningen av modellvalg for selskapene og strømkundene er det derfor relevant å estimere differanseavkastning og endring i tariffen. Differanseavkastningen er basert på et estimert driftsresultat beregnet ved bruk av femårige gjennomsnitt for kostnader, og de estimerte inntektsrammene. Figur 6.4.4 illustrerer differanseavkastning i prosent sortert etter selskapenes størrelse. Avkastningen i hver av de øvrige modellene er trukket fra avkastningen i differansemodellen. De alternative tilnærmingene sammenlignes dermed med modellen som representerer metoden NVE benytter i dag. Størrelse er målt ved antall abonnemeter, og ettersom antallet varierer i stor grad mellom selskapene, benyttes logaritmen av antall abonnemeter på høyre akse.

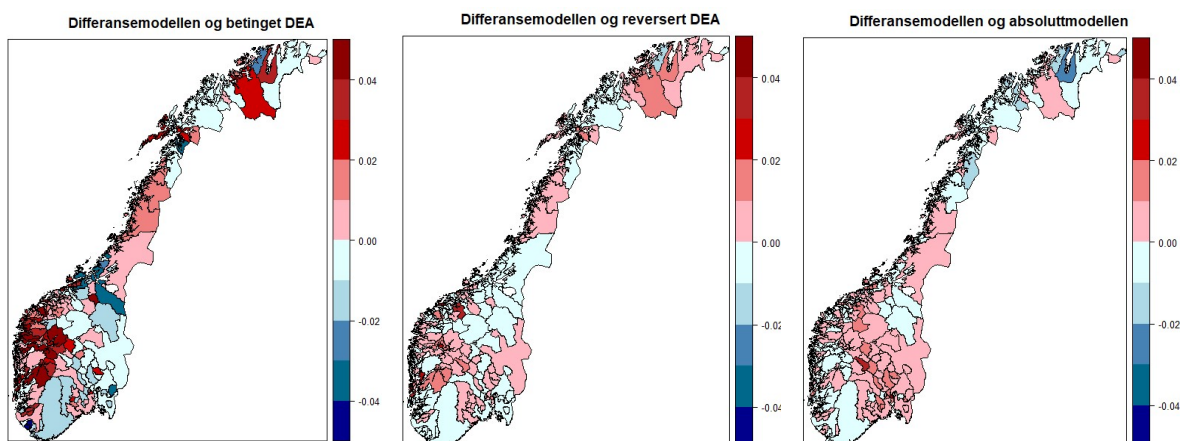


**Figur 6.4.4: Differanseavkastning sammenlignet med differansemodellen, sortert etter størrelse**

Vi ser en indikasjon på at små og mellomstore nettselskap får en høyere avkastning i differansemodellen enn de gjør i den betingede modellen. Dette er imidlertid ikke et konsekvent mønster, og differanseavkastningene spenner fra -0,10 til 0,10. Det samme mønsteret er gjeldende for de to andre modellene. Vi ser at differansene er betydelig mindre i de to andre grafene, men trenden er klarere. Små og mellomstore selskap får tydelig en høyere avkastning i differansemodellen enn i den reverserte modellen og absoluttmodellen. Absoluttmodellen får imidlertid også noen betydelige negative differanser for små og mellomstore selskap, i motsetning til den reverserte modellen.

Mønsteret er som forventet, da både betinget DEA, reversert DEA og absoluttmodellen korrigerer mindre for rammevilkårene enn differansemodellen. Nivåforskjellen medfører en større kalibreringspott som favoriserer selskap med store balanseverdier, som det er naturlig at sammenfaller med et høyt antall abonnemeter. Kalibreringen sørger for at snittavkastningen er den samme i alle modellene. Dette innebærer at gjennomsnittlig differanseavkastning må være null i alle sammenligningene. Grafene viser at det er betydelig flere selskap med positiv enn negativ differanse. Dette henger sammen med at små og mellomstore selskap generelt presterer bedre i differansemodellen og at de største selskapene jevnt over er tjent med de alternative tilnærmingene. Søylen som viser antall abonnemeter per selskap indikerer at de største selskapene er veldig utslagsgivende, tatt i betraktning at kurven er på logaritmisk skala. Dette gjør at svært mange mindre selskap må oppnå positiv differanseavkastning for at gjennomsnittet skal bli null.

Figur 6.4.5 viser differanseavkastningene på norgeskart som er delt inn i nettselskaperes geografiske områder. Dette er gjort for å undersøke om det er noen geografiske områder som kommer systematisk bedre eller dårligere ut i enkelte av modellene. Dette er interessant fordi rammevilkårene, særlig komposittvariablene, representerer eksterne forhold som i stor grad kan knyttes til selskaperes geografiske plassering. Negativ differanseavkastning illustreres i blålige farger og positiv differanseavkastning i røde farger. Dette betyr at områder i blå farger oppnår høyere avkastningen i den alternative modellen enn differansemodellen. Tilsvarende vil røde områder illustre at avkastningen er høyere i differansemodellen enn modellen den sammenlignes med, og at selskapene kommer dårlige ut ved å endre modell. De tre selskapene Fjelberg Kraftlag SA, Rauland Kraftforsyningslag SA og Uvdal Kraftforsyning SA utelates fra figuren, da de ikke dekker en hel kommune.



**Figur 6.4.5: Geografisk illustrasjon av differanseavkastning**

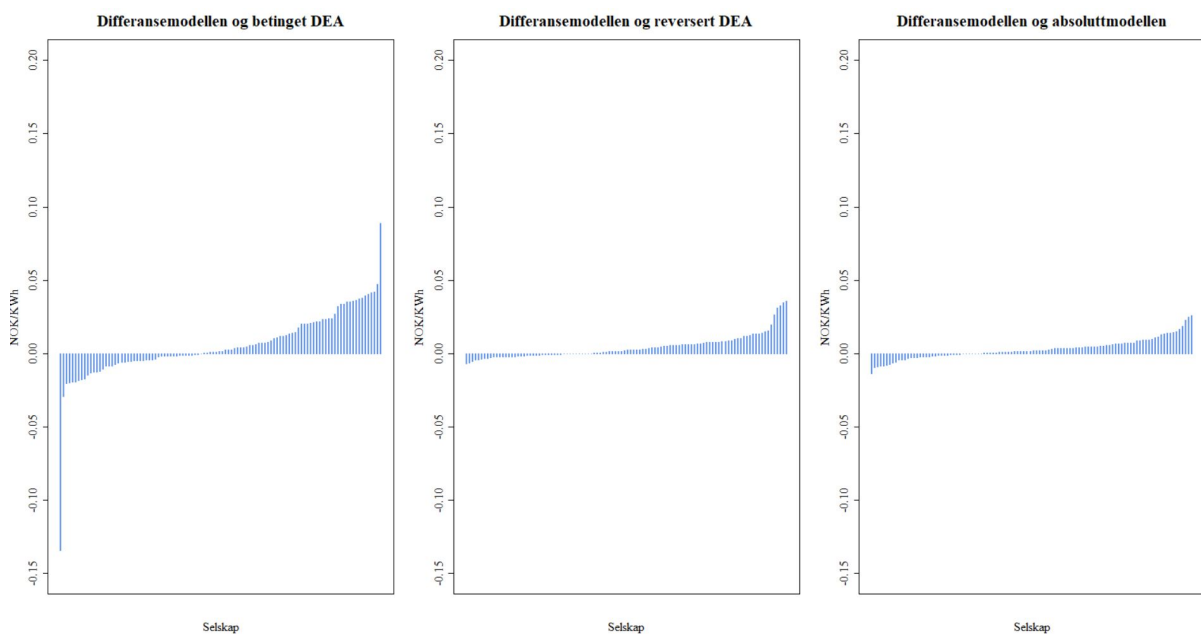


Norgeskartet som sammenligner betinget DEA med differansemodellen har sterkere farger enn de to andre kartene. Dette er som forventet, da den betingede modellen skiller seg mest fra differansemodellen, og dermed gir de største utslagene i selskapenes avkastning. Analysene i kapittel 6.3 viste at det er en positiv sammenheng mellom differanse i kalibrert effektivitetsscore og verdi på geo1 og geo2. Dette skulle tilsi at nettselskap i fjellområdene og langs kysten kommer dårligere ut i den betingede modellen enn i differansemodellen. Dette er i stor grad synlig på kartet, ved at selskap som befinner seg i disse områdene hovedsakelig er røde. Dette henger sammen med at den betingede modellen ikke korrigerer for geo1, og også i liten grad for geo2. Det er særlig tydelig at selskapene langs vestkysten presterer dårligere i den betingede modellen. Modellen korrigerer heller ikke for geo3, men vi fant ingen klar tendens til at selskap med mye av dette rammevilkåret kommer systematisk dårligere ut i betinget DEA enn i differansemodellen. Kartet støtter denne observasjonen.

Sammenligningen av reversert DEA og differansemodellen viser mindre variasjon og at de fleste selskapene får en endring i avkastningen på mindre enn ett prosentpoeng. Kartet viser imidlertid at de samme tendensene er gjeldende. Kapittel 6.2 fant en svak positiv sammenheng mellom differansen i kalibrert effektivitetsscore og henholdsvis geo1 og geo2, også i den reverserte modellen. Det er derfor ikke overraskende at mange av selskapene langs kysten og i fjellområdene er røde på kartet. Flertallet av selskapene i Nord-Norge presterer også dårligere i reversert DEA enn i differansemodellen. Kartet som sammenligner absolutt- og differansemodellen viser et litt annet mønster. Analysen i kapittel 6.1 fant at selskap med høye verdier for komposittvariablene jevnt over kompenseres mer i absoluttmodellen enn i differansemodellen. Dette tilsier at selskap i fjellområder, langs kysten og i nord generelt bør prestere bedre i absoluttmodellen. For Nord-Norge sammenfaller dette med kartet. De fleste av selskapene i nord er blå, og alle selskapene som opplever mer enn to prosentpoeng økning i avkastning befinner seg her. Langs kysten og i fjellområdene er dette imidlertid ikke like synlig på kartet.

Figur 6.4.4 viste at det er en sammenheng mellom differanseavkastning og størrelse, og at store selskap generelt kommer bedre ut i de alternative tilnærmingene. Det at de største selskapene generelt kommer bedre ut, gjør at mange små selskap kommer dårligere ut. Dette er spesielt synlig i kartet lengst til høyre (differanseavkastning mellom differansemodellen og absoluttmodellen) ved at det er klart flere røde områder enn blå. I alle de alternative modellene kommer majoriteten av de ti største selskapene bedre ut enn de gjør i differansemodellen. Modellvalget har imidlertid betydning for hvilke som avviker fra denne trenden, og det er derfor vanskelig å se dette tydelig på kartet.

Det er vanskelig å fastslå nøyaktig hvordan omfordelingen av inntektsrammen vil påvirke tariffene. Ved å estimere endringen basert på de beregnede inntektsrammene og data for levert energi kan vi imidlertid få en idé om hvordan modellvalg vil slå ut i reduserte eller økte tariffen for kundene. For å estimere den gjennomsnittlige effekten omfordeling av inntekt har på selskapenes tariffen brukes en generell tilnærming, da selskapene selv setter tariffen ut i fra sine gitte inntektsrammer. Vi benytter Bjørndal et al (2018) sin formel og beregner differansepris for hvert selskap ved å dividere differansen mellom inntektsrammen i de to modellene på levert energi. Dette er gjort for å kunne estimere den gjennomsnittlige effekten på prisene belastet av hvert nettselskap. Data for levert energi er hentet fra NVE sine årsrapporter for avbruddsstatistikk i perioden 2013-2017, og er beregnet som et femårig gjennomsnitt. Figur 6.4.6 viser effekten omfordelingen har på tariffene i de ulike modellene.



**Figur 6.4.6: Differansepris sammenlignet med differansemodellen, i NOK**

Utslagene er igjen størst når den betingede modellen sammenlignes med differansemodellen. Størst estimert prisendring finner vi for Tysnes Kraftlag SA, som får en tentativ prisreduksjon på 0,1345 NOK per kWh. Dette tilsvarer 18 prosent. Fitjar Kraftlag SA står for den største tentative prisøkningen, på 0,0890 NOK per kWh. Disse to selskapene skiller seg imidlertid ut. Alle de resterende selskapene får en endring på maksimalt fem øre per kWh.

I de to andre sammenligningene er differanseavkastningene betydelig mindre. Dette er naturlig fordi differansemodellen, absoluttmodellen og den reverserte modellen estimerer likere DEA-resultater. Vi ser at majoriteten av selskapene får en tentativ reduksjon i

tariffene i den reverserte modellen og i absoluttmodellen sammenlignet med differansemodellen, til tross for at gjennomsnittsprisen er den samme. Dette skyldes at små selskap kommer relativt bedre ut i differansemodellen. Dette indikerer at selskap som opplever en prisreduksjon hovedsakelig er små, og at majoriteten av de største selskapene får en prisøkning. Sett i sammenheng med levert energi tilsvarer dette at mange små selskap må sette ned prisen for at snittprisen skal bli lik.

## 6.5 Fordeler og ulemper ved de ulike tilnærmingene

Vi har sett at modellene korrigerer ulikt for rammevilkår, og at dette er av betydning både for selskapene og sluttkunden. Valg av modell må imidlertid bygge på både teoretiske og praktiske avveininger, og de ulike tilnærmingene har både fordeler og ulemper. Noen av disse vil bli drøftet i det følgende.

Differansemodellen korrigerer mest for rammevilkår og jevner ut effektivitetsscorene i størst grad. Det er imidlertid sannsynlig at selskap kompenseres for mer enn bare kostnadsulempen ved ufordelaktige operasjonelle forhold. Denne hypotesen styrkes av at kompensasjonen er mindre i alle de andre modellene. NVE argumenterer for at det bør benyttes differanser fra mønsterselskapet fremfor absolutte  $z$ -verdier. De begrunner dette med at differansen bedre representerer skjevheten i fronten, og at det er rimelig å kompensere selskapene for ufordelaktige rammevilkår bare når de har mer av disse enn sitt mønsterselskap. Denne argumentasjonen virker logisk, men svekkes av at differanseverdiene på trinn 2 er svært avhengige av hvilke selskap som er referanseselskap, og at det ikke er tatt hensyn til rammevilkårene når disse velges ut i DEA. Det er derfor stor sannsynlighet for at korrigeringen baseres på differanser fra referanseselskap som er lite egnede. I tillegg er denne problematikken, til vår kjennskap, ikke diskutert i litteraturen. Det er heller ikke funnet andre eksempler på anvendelse av totrinnsmodeller med differanser, og det mangler derfor forskning som støtter opp om NVE sin argumentasjon.

Absoluttmodellen korrigerer noe mindre for rammevilkårene enn det differansemodellen gjør. Enkelte selskap oppnår imidlertid fortsatt en kompensasjon som kan virke urimelig stor på bakgrunn av utfordrende rammevilkår. NVE argumenterer for at bruk av absoluttmodellen kun blir korrekt dersom ingen av referanseselskapene har noen av rammevilkårene, noe som ikke er tilfellet. Til tross for at argumentasjonen gir intuitiv mening, må den gis begrenset vekt, da det som nevnt mangler litteratur som støtter den. Litteraturen påpeker noen teoretiske svakheter ved alle totrinnsmodeller, men absoluttmodellen er likevel svært utbredt i praksis.

Legitimiteten til totrinnsmodellene svekkes av at korrigeringen baserer seg på regresjoner som benytter effektivitetsscorer en vet gir et lite realistisk bilde av virkeligheten. Den største svakheten er at totrinnsmodellene sannsynligvis bryter forutsetningen om separabilitet. Effektivitetsscorene beregnes basert på avstanden til en front som i realiteten kan være uoppnåelig, og selskapene måles mot referanseselskap som er valgt ut uten å ta hensyn til rammevilkårenes påvirkning. Dette gjør at effektivitetsscorene som benyttes i regresjoneen i teorien er økonomisk meningsløse. Skulle forutsetningen mot formodning holde, og z-variablene dermed bare påvirker fordelingen av ineffektivitet, fremstår det lite realistisk at kompensasjonen er så stor. En annen svakhet er at totrinnsmodellene krever forutinntatte antagelser om sammenhengen mellom effektivitetsscorene og z-variablene, fordi den funksjonelle formen må spesifiseres i regresjonen. Dermed bærer rammevilkårskorrigeringen preg av en subjektiv vurdering av z-variablenes effekt på produksjonsprosessen heller enn at denne avgjøres av dataene alene. Totrinnsmodellene er imidlertid svært intuitive, og metodisk de enkleste av tilnærmingene. Dette er en fordel, da et viktig mål er at reguleringsmodellen skal være forståelig for ulike interessenter i bransjen.

Reversert DEA korrigerer for rammevilkårene før DEA, noe som sannsynligvis gjør estimeringen av effektivitetsscorene mer korrekt. Det foreligger fortsatt et krav om separabilitet, men det er mer sannsynlig at kravet overholdes når kostnadene som benyttes som innsatsfaktor i DEA er justert for eksterne faktorer. Når rammevilkårskorrigeringen gjøres på trinn 1 blir kompensasjonen for z-variablene mindre. Dette indikerer at en eventuell overkompensasjon for ineffektivitet i totrinnsmodellene reduseres noe. Også den reverserte modellen krever en forutinntatt antagelse om sammenhengen mellom variablene. Vi har i utredningen benyttet oss av logaritmiske verdier for innsatsfaktorer og produksjon i kostnadsfunksjonen. Dette valget er imidlertid ikke basert på dataenes fordeling, men ønsket om å benytte en modell som er enkel og intuitiv, og som er sammenlignbar med totrinnsmodellene. Det er ikke gitt at spesifisering av den funksjonelle formen er den best egnede til å beskrive forholdet mellom variablene, og det kan tenkes at mer sofistikerte modellspesifiseringer hadde gitt mer korrekte resultater. Reversert DEA fremstår teoretisk mer troverdig enn totrinnsmodellene, men det er relativt få eksempler på at modellen er benyttet i praksis.

Den betingede modellen unngår separabilitetskriteriet, noe som gjør at modellen fremstår teoretisk overlegen sammenlignet med de sekvensielle alternativene. Fordi betinget DEA gjør rammevilkårskorrigeringen direkte i DEA, og lar dataene selv avgjøre betydningen av z-variablene, unngår modellen forutinntatte antagelser om rammevilkårenes påvirkning.

Ekstremverdier er en utfordring i betinget DEA. Disse verdiene gjør at det er vanskelig å avgjøre om en lokal front faktisk er effektiv, da det ikke nødvendigvis finnes selskap med tilsvarende forhold. I vår analyse fikk fem selskap under 10 selskap i referansesettet, og to av disse kunne kun sammenlignes med seg selv. Med lavere båndbredder for noen av z-variablene kunne denne problematikken vært av større betydning.

Tidligere forskning har vist at det kan være problematisk å beregne stabile båndbredder for komposittvariablene (Bjørndal et al., 2018). Ved å beregne båndbreddene basert på estimeringen av den simultane PDF til  $x$  og  $y$  oppnår vi imidlertid en stabil modell når vi inkluderer tilsvarende variabler som NVE benytter i dagens reguleringsmodell. Modellen fastslår likevel at komposittvariablene er av liten betydning for produksjonsprosessen, og av disse er det kun  $geo2$  som det til en viss grad kompenseres for. Korrigeringen for komposittvariablene er dermed betraktelig mindre enn i dagens reguleringsmodell.

Vi opplever problemer med beregningen av båndbreddene når andre kombinasjoner av z-variablene inkluderes. Resultatene blir forskjellige avhengig av hvilke variabler modellen består av, og båndbreddene fremstår noe vilkårlige. Det er sannsynlig at problemene delvis skyldes at datasettet på 106 selskap er for lite til å kunne estimere optimale båndbredder og dermed beregne fronten korrekt. Bădin et al. (2019) påpeker at høy dimensjonalitet i  $x$ ,  $y$  eller  $z$  kan være problematisk, og våre resultater viser at båndbreddene blir noe mer stabile ved redusert dimensjonalitet. Resultatene indikerer imidlertid at dette alene ikke er årsaken til beregningsproblemer, da vi også opplever noe ustabile resultater ved modeller med tilsvarende dimensjonalitet som i dagens reguleringsmodell. En annen mulig forklaring er at ekstremverdier for variablene gjør at båndbreddene er svært sensitive til hvilke observasjoner som velges til trenings- og testsett i kryssvalideringen. Det er også tenkelig at det kan være beregningsproblemer knyttet til å benytte flere z-variabler som er sterkt korrelerte. Båndbreddene er helt avgjørende for rammevilkårskorrigeringen i betinget DEA, noe som gjør resultatene meningsløse dersom estimeringen er feil. Problemer rundt stabiliteten gjør det derfor vanskelig å kunne avgjøre om de begrensende variablene faktisk er kostnadsdrivere. Dette svekker troverdigheten til betinget DEA som et alternativ til dagens modell, til tross for at den fremstår teoretisk bedre.

Felles for alle modellene gjelder problematikken rundt at korrekt og rettfærdig rammevilkårskorrigering avhenger av at de riktige eksterne forholdene, som faktisk er kostnadsdrivere, er inkludert. I tillegg er det en forutsetning at z-variablene fanger opp ønsket forhold optimalt. Z-variablene som benyttes er valgt ut basert på signifikans i regresjonen. Det er dog ikke sikkert at de samme variablene vil fremstå signifikante under alternative modeller, noe resultatene også viser. NVE har et pågående arbeid med

å utrede potensielle nye rammevilkårsvariabler til modellen, og det kan være andre forhold som burde vært inkludert i modellen. Korrigeringen for kystforhold har vært spesielt omdiskutert. Det faktum at selskap med høye geo2-verdier har lave ubetingede effektivitetsscorer indikerer at det er karakteristikk ved kystforhold som er ufordelaktige, men det er ikke dermed sagt at de tre variablene som inngår i komposittvariabelen geo2 fanger opp dette korrekt. Eksempelvis er variabelen antall øyer begrenset til å omfatte forsyning av øyer mer enn én kilometer fra land. Den noe vilkårlige grensen på én kilometer kan være avgjørende for enkelte selskap, og dermed oppfattes urettferdig om et selskap eksempelvis forsyner øyer som ligger noe nærmere land.

## 7 Begrensninger og forslag til videre forskning

### 7.1 Begrensninger ved utredningen

I denne utredningen er det gjort en rekke forenklinger som begrenser analysen. Forenklingene var nødvendige for å begrense omfanget av utredningen, men gjør at resultatene ikke nødvendigvis er fullstendig representative for den reelle reguleringsmodellen.

Analysen benytter femårige gjennomsnitt i stedet for årsspesifikke kostnader både for kostnadsgrunnlaget og i kalibreringen. Dette gjør at differansmodellen ikke er fullstendig sammenlignbar med NVE sin reguleringsmodell. De ulike modellene er kun sammenlignet for ett spesifikt år, 2019, og analysene er kun gjort for distribusjonsnettene. Vi benytter heller ikke bootstrapping i de presenterte modellalternativene, og det korrigeres dermed ikke for utvalgsfeil. Effektivitetsscorene vil derfor være sensitive til variasjon i observasjonene og er positivt forventningsskjeve. Dette er en viktig begrensning som svekker legitimiteten til våre analyser, men resultatene anses likevel å være representative for de alternative tilnærmingene og resultatene av disse.

### 7.2 Forslag til videre forskning

Vi har i utredningen påpekt at alternative spesifiseringer av kostnadsfunksjonen i reversert DEA kan tenkes å gi mer korrekte resultater. Det er sannsynlig at mer sofistikerte regresjonsmodeller, som eksempelvis inkluderer trans-logaritmiske ledd, gir en bedre tilnærming til dataene. Det kunne vært interessant å undersøke hvordan anvendelse av alternative modellspesifiseringer i reversert DEA påvirker nettselskapene, og å gjøre en grundigere diagnostisering av ulike modellvalg.

Betinget DEA er svært interessant som en alternativ tilnærming, men det er behov for grundigere analyser før det kan vurderes å ta metoden i bruk i reguleringen. Det vil være interessant å undersøke om alternative tilnærminger til beregningen av båndbredder kunne gi mer stabile resultater. Bădin et al. (2019) foreslår en ny bootstrapmetode som de argumenterer for at gir båndbredder av optimal størrelse. De argumenterer med at båndbreddene som er optimale for å estimere betingede fordelinger ikke nødvendigvis er optimale for å estimere betingede effektivitetsscorer. Den nye bootstrapmetoden er spesifikt utviklet for å optimalisere båndbreddeberegningen for bruk i betinget DEA. Videre forskning kan anvende denne på de norske nettselskapene og vurdere om denne også gir mer stabile båndbredder.

Det kunne også vært interessant å undersøke effekten av å benytte andre z-variabler i betinget DEA. Sett med rammevilkårsvariabler som benyttes i dag er valgt ut på bakgrunn av regresjonsanalyser, og dermed spesifikt tilpasset totrinnsmodellen. NVE har tidligere testet en rekke andre rammevilkårsvariabler, og arbeider også med å vurdere eventuelle nye variabler. Det hadde vært interessant å undersøke om enkelte av disse variablene ville blitt begrensende i betinget DEA og analysere den eventuelle effekten på inntektsrammene.

NVE har et pågående arbeid med utvikling av potensielle nye oppgavevariabler. En årsak til dette er at eksogeniteten til dagens oppgavevariabler kan diskuteres. En forutsetning for optimal bruk av en input-orientert modell er at selskapene ikke selv kan påvirke verdiene på oppgavevariablene. Både antall kilometer høyspent og antall nettstasjoner ligger imidlertid innenfor nettselskapenes beslutningsrom. Et forslag som er under utarbeidelse er å erstatte dagens oppgavevariabler med transportert effekt (Thema Consulting Group, 2019). Det kan være interessant å undersøke nye oppgavevariabler i betinget DEA, og å analysere effekten av z-variablene når andre oppgavevariabler benyttes. Erstattes eksisterende oppgavevariabler med én variabel som fanger opp hele oppgaven, reduseres dimensjonaliteten til modellen og det er sannsynlig at det blir mulig å beregne mer stabile båndbredder. Det vil være interessant å undersøke hvilken effekt dette har på den betingede modellen når variabelen eventuelt blir klar.



## 8 Konklusjon

Formålet med utredningen har vært å undersøke hvordan ulike modellspesifiseringer kan påvirke kompensasjonen for rammevilkår i reguleringen av de norske nettselskapene. Differansemodellen, absoluttmodellen, reversert DEA og betinget DEA er ulike tilnærminger som alle tar hensyn til rammevilkår som påvirker produksjonsprosessen. Utredningen har analysert hvordan valg av tilnærming påvirker de norske nettselskapene gjennom reguleringsmodellen og drøftet forskjeller, fordeler og ulemper ved de ulike variantene. Hensikten har vært å undersøke forskjeller ved bruk av ulike tilnærminger, og det gis dermed ingen konkret anbefaling om hvilken modell som bør benyttes.

Et viktig bidrag, som supplerer tidligere forskning, er at det oppnås mer stabile båndbredder ved at disse beregnes gjennom å estimere den simultane sannsynlighetstetthetsfunksjonen (PDF) til  $x$  og  $y$ . Størrelsen på båndbreddene vil under denne metoden reflektere  $z$ -variablenes betydning for produksjonsmulighetene utspent av  $x$  og  $y$ . Dette er en mer meningsfull tilnærming, da formålet med rammevilkårskorrigeringen er å justere for eksterne faktorer som er kostnadsdrivende og dermed påvirker produksjonsprosessen. En implikasjon av denne endringen er at  $geo2$  (kystforhold) blir mer signifikant.

De ulike metodene for rammevilkårskorrigerer skiller seg i hvordan de justerer for operasjonell heterogenitet. Differansemodellen, absoluttmodellen og reversert DEA gir relativt sammenfallende inntektsrammer. Dette er naturlig ettersom alle modellene korrigerer ved hjelp av regresjoner, samt at den effektive fronten er relativt lik. Det er imidlertid en systematisk nivåforskjell mellom modellene. Reversert DEA og absoluttmodellen korrigerer totalt sett mindre for rammevilkårene, noe som resulterer i lavere effektivitetsscorer før kalibreringen. Et overraskende funn er at det er en systematisk forskjell mellom differanse- og absoluttmodellen, og at den reverserte modellen er mer sammenfallende med differansemodellen enn hva absoluttmodellen er. Det utgjør liten forskjell om en spesifiserer regresjonen på trinn 2 som semi-logaritmisk i stedet for lineær.

Betinget DEA korrigerer svært forskjellig fra de øvrige modellene. Referansesettene begrenses av  $z$ -verdiene, noe som resulterer i at mange selskap sammenlignes mot en front som inneholder andre selskap enn det som er tilfellet i de andre modellene. Forskjellen kan også skyldes at komposittvariablene  $geo1$  (fjellforhold) og  $geo3$  (vinterforhold) ikke er begrensende for referansesettene, og at  $geo2$  bare er svakt begrensende. Dette innebærer at selskapene i realiteten ikke kompenseres for kostnadsulempene som skyldes disse rammevilkårene. Selskap med høye verdier for

komposittvariablene kommer derfor dårligere ut i den betingede modellen enn i de tre sekvensielle variantene.

Differansemodellen jevner ut effektivitetsscorene i størst grad, og gir generelt mer kompensasjon til de som presterer dårlig. Absoluttmodellen, reversert DEA og betinget DEA gir lavere aggregert kompensasjon for rammevilkår enn differansemodellen. Nivåforskjellen utlignes av kalibreringen, men gir likevel en omfordelingseffekt fordi størrelsen på kalibreringspotten øker. Kalibreringspotten fordeles etter selskapenes andel av avkastningsgrunlaget, og når kalibreringen får økt betydning favoriseres derfor store selskap. Dette medfører at de største selskapene generelt kommer bedre ut i alle de tre alternative tilnærmingene enn de gjør i differansemodellen, også når det beregnes avkastning og tariffer relativt til størrelsen.

Selskap med høye geo2-verdier kompenseres veldig mye i tottrinnsmodellene og utredningen har derfor lagt ekstra vekt på håndteringen av denne variabelen. Den høye kompensasjonen skyldes i stor grad variabelens utforming, som gjør den svært skjevfordelt. Selskap med høye geo2-verdier oppnår noe lavere effektivitetsscorer i den reverserte modellen. Til tross for at geo2 begrenser referansesettene i den betingede modellen, er båndbredden såpass høy at det i liten grad påvirker selskapenes effektivitetsscore. Dette står i sterk kontrast til dagens modell og gjør at selskap med høye geo2-verdier kommer dårligere ut i betinget DEA. Det at selskap med høye geo2-verdier generelt presterer dårlig i ubetinget DEA tyder imidlertid på at variabelen kanskje fremstår mindre betydningsfull i den betingede modellen enn hva som er realiteten. Dette underbygges av at variablene som utgjør geo2 blir begrensende i modellene når komposittvariabelen splittes opp, selv om det er vanskelig å ha tiltro til resultatene uten å oppnå stabile båndbredder.

## Referanser

- Amundsveen, R. og Kvile, H. M. (2015), 'The development and application of an incentive regulation model - a balancing act', *The ICER Chronicle* **3**(2015), 17–23.
- Bădin, L., Daraio, C. og Simar, L. (2019), 'A bootstrap approach for bandwidth selection in estimating conditional efficiency measures', *European Journal of Operational Research* **277**(2), 784–797.
- Bădin, L. og Simar, L. (2009), 'A bias-corrected nonparametric envelopment estimator of frontiers', *Econometric Theory* **25**(5), 1289–1318.
- Banker, R. D., Cooper, W. W., Seiford, L. M. og Zhu, J. (2011), Returns to scale in dea, *in* 'Handbook on data envelopment analysis', Springer, pp. 41–70.
- Banker, R. D. og Morey, R. C. (1986), 'Efficiency analysis for exogenously fixed inputs and outputs', *Operations research* **34**(4), 513–521.
- Barnum, D. T. og Gleason, J. M. (2008), 'Bias and precision in the dea two-stage method', *Applied Economics* **40**(18), 2305–2311.
- Bjørndal, E. og Bjørndal, M. (2016), Evaluation of the stoned method for benchmarking and regulation of norwegian electricity distribution companies, Technical report, Samfunns- og næringslivsforskning, NHH.
- Bjørndal, E., Bjørndal, M., Cullmann, A. og Nieswand, M. (2018), 'Finding the right yardstick: Regulation of electricity networks under heterogeneous environments', *European Journal of Operational Research* **265**(2), 710–722.
- Bjørndal, E., Bjørndal, M. og Fange, K.-A. (2010), Benchmarking in regulation of electricity networks in norway: An overview, *in* 'Energy, natural resources and environmental economics', Springer, pp. 317–342.
- Bogetoft, P. og Otto, L. (2010), *Benchmarking with dea, sfa, and r*, Vol. 157, Springer Science & Business Media.
- Charnes, A., Cooper, W. W. og Rhodes, E. (1978), 'Measuring the efficiency of decision making units', *European journal of operational research* **2**(6), 429–444.
- Coelli, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J. og Battese, G. E. (2005), *An introduction to efficiency and productivity analysis*, Springer Science & Business Media.

- Daraio, C. og Simar, L. (2005), ‘Introducing environmental variables in nonparametric frontier models: a probabilistic approach’, *Journal of productivity analysis* **24**(1), 93–121.
- Daraio, C. og Simar, L. (2007), ‘Conditional nonparametric frontier models for convex and nonconvex technologies: a unifying approach’, *Journal of productivity analysis* **28**(1–2), 13–32.
- Farrell, M. J. (1957), ‘The measurement of productive efficiency’, *Journal of the Royal Statistical Society: Series A (General)* **120**(3), 253–281.
- Forskrift om kontroll av nettvirksomhet (1999), ‘Forskrift om økonomisk og teknisk rapportering, inntektsramme for nettvirksomheten og tariffer’, <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/1999-03-11-302>.
- Hall, P., Racine, J. og Li, Q. (2004), ‘Cross-validation and the estimation of conditional probability densities’, *Journal of the American Statistical Association* **99**(468), 1015–1026.
- Johnson, A. L. og Kuosmanen, T. (2012), ‘One-stage and two-stage dea estimation of the effects of contextual variables’, *European Journal of Operational Research* **220**(2), 559–570.
- Li, Q. og Racine, J. S. (2008), ‘Nonparametric estimation of conditional cdf and quantile functions with mixed categorical and continuous data’, *Journal of Business & Economic Statistics* **26**(4), 423–434.
- Narvestad, V. M. og Tønnesen, C. (2019), Alternative tilnærminger for rammevilkårskorrigerings: en studie av hvordan alternative tilnærminger til dagens reguleringsmodell påvirker norske nettselskaper, Master’s thesis.
- NVE (2006a), ‘Den økonomiske reguleringen av nettvirksomheten fra 2007’, <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/okonomisk-regulering-av-nettselskap/horingsdokumenter-rapporter-og-informasjonskriv/horingsdokumenter-og-oppsummeringsrapporter-horinger-vedrorende-inntektsrammereguleringen/>.
- NVE (2006b), ‘Om fastsettelsen av kostnadsnorm for 2007. notat til alle nettselskaper med omsetningskonsesjon og inntektsramme’, <https://beta.nve.no/Media/4144/nve-2006-notat-om-fastsettelse-av-kostnadsnorm-for-2007-revidert-8-12-06.pdf>.
- NVE (2011), Alderskorrigering i NVEs kostnadsnorm til beregning av inntektsramme, Technical report, Norges vassdrags- og energidirektorat.

- NVE (2012), ‘Forslag til endring av modeller for å fastsette kostnadsnormer’, <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/okonomisk-regulering-av-nettselskap/horingsdokumenter-rapporter-og-informasjonskriv/horingsdokumenter-og-oppsummeringsrapporter-horinger-vedrorende-inntektsrammereguleringen/>.
- NVE (2015), ‘Endringer i inntektsregulering’, <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/okonomisk-regulering-av-nettselskap/horingsdokumenter-rapporter-og-informasjonskriv/horingsdokumenter-og-oppsummeringsrapporter-horinger-vedrorende-inntektsrammereguleringen/>.
- NVE (2017), ‘Infoskriv etø-1/2017: Om beregning av inntektsrammer og kostnadsnorm for 2016’, <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/okonomisk-regulering-av-nettselskap/horingsdokumenter-rapporter-og-informasjonskriv/infoskriv/>.
- NVE (2018), ‘Infoskriv rme-ø 3/2018: Om beregning av inntektsrammer og kostnadsnorm for 2019’, <http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/201832574/2584392>.
- NVE (2019), ‘Forslag til endring i inntektsreguleringen av nettvirksomheter’, <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/okonomisk-regulering-av-nettselskap/horingsdokumenter-rapporter-og-informasjonskriv/horingsdokumenter-og-oppsummeringsrapporter-horinger-vedrorende-inntektsrammereguleringen/>.
- NVE (2020), ‘Referanserenten’, <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/okonomisk-regulering-av-nettselskap/om-den-okonomiske-reguleringen/referanserenten/>.
- NVE (n.d.a), ‘Guidelines for revenue cap calculation in r’, <http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/201709590/2248071>.
- NVE (n.d.b), ‘Om reguleringen av strømnetselskaperens inntekter’, <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten/okonomisk-regulering-av-nettselskap/om-den-okonomiske-reguleringen/?ref=mainmenu>.
- Olje- og energidepartementet (2019), ‘Energifakta Norge’, <https://energifaktanorge.no/regulering-av-energisektoren/>.
- Reiten, E., Sørgard, L. og Bjella, K. (2014), Et bedre organisert strømnnett, Technical report, Olje- og energidepartementet.
- Saastamoinen, A., Bjørndal, E. og Bjørndal, M. (2017), ‘Specification of merger gains in the norwegian electricity distribution industry’, *Energy Policy* **102**, 96–107.
- Sharkey, W. (1983), ‘The theory of natural monopoly’, *Cambridge Books* .

- Silverman, B. W. (1986), *Density estimation for statistics and data analysis*, Vol. 26, CRC press.
- Simar, L., Vanhems, A. og Van Keilegom, I. (2016), ‘Unobserved heterogeneity and endogeneity in nonparametric frontier estimation’, *Journal of econometrics* **190**(2), 360–373.
- Simar, L. og Wilson, P. W. (2007), ‘Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes’, *Journal of econometrics* **136**(1), 31–64.
- Simar, L. og Wilson, P. W. (2011), ‘Two-stage dea: caveat emptor’, *Journal of Productivity Analysis* **36**(2), 205–218.
- Statistisk Sentralbyrå (2020a), ‘Tabell 1118: Konsumprisindeks for varer og tjenester, etter leveringssektor’, <https://www.ssb.no/statbank/table/11118/>.
- Statistisk Sentralbyrå (2020b), ‘Tabell 03014: Konsumprisindeks, etter konsumgruppe’, <https://www.ssb.no/statbank/table/03014/>.
- Thema Consulting Group (2019), Power distance as an output parameter for grid companies, Technical report.

# Vedlegg

## A Selskap som utelates fra analysen

Nettselskap med 0 i definert oppgavemengde, eller store årlige variasjoner i data, utelates fra DEA.

**Tabell A.1: Selskap som utelates fra evaluering i DEA**

Nettselskap
Sør-Norge Aluminium AS
Sira Kvina Kraftselskap
Svorka Produksjon AS
Statkraft Energi AS

Nettselskap som har færre enn 500 abonnemeter, eller mindre enn 100 kilometer høyspentnett, måles mot sin egen historiske prestasjon i en egen modell.

**Tabell A.2: Selskap som evalueres i egen modell**

Nettselskap	Abonnemeter	Km. nett
Modalen Kraftlag	429	33
Hydro Energi	0	15
Svorka Produksjon ASTinfos	69	9
Hydro Aluminium	17	1
Lyse Produksjon	149	84
Yara Norge	40	47
Mo Industripark	257	38
Herøya Nett	31	115

## B Referansesett betinget DEA

Tabell B.1: Antall selskap i referansesettene i betinget DEA

ID	Selskap	Antall
7	ALTA KRAFTLAG SA	49
9	ANDØY ENERGI AS	56
16	AUSTEVOLL KRAFTLAG SA	52
18	BALLANGEN ENERGI AS	36
22	BINDAL KRAFTLAG SA	45
32	NORGESNETT AS	39
35	DRANGEDAL EVERK KF	54
37	AS EIDEFOSS	53
41	ETNE ELEKTRISITETSLAG SA	42
42	ISE NETT AS	63
43	FINNÅS KRAFTLAG SA	56
45	FITJAR KRAFTLAG SA	72
46	FJELBERG KRAFTLAG SA	19
52	FORSAND ELVERK KOMMUNALT FØRETAK I FORSAND	71
53	FOSEN NETT AS	66
55	FUSA KRAFTLAG SA	42
56	SUNNFJORD ENERGI AS	62
63	TROLLFJORD NETT AS	49
65	HAMMERFEST ENERGI NETT AS	51
71	HELGELAND KRAFT AS	64
72	SODVIN SA	70
82	HURUM NETT AS	17
84	HØLAND OG SETSKOG ELVERK SA	47
86	ISTAD NETT AS	64
88	JÆREN EVERK KOMMUNALT FORETAK I HÅ	3
91	KLEPP ENERGI AS	6
93	KRAGERØ ENERGI AS	62
95	KRØDSHERAD EVERK KF	8
96	KVAM KRAFTVERK AS	60
97	KVINNHERRAD ENERGI AS	84
103	LUOSTEJOK KRAFTLAG SA	37
104	LUSTER ENERGIVERK AS	75

Fortsetter på neste side



Tabell B.1 – Fortsetter på neste side

ID	Selskap	Antall
106	LÆRDAL ENERGI AS	48
116	MELØY ENERGI AS	70
119	GAULDAL NETT AS	63
132	NORD-SALTEN KRAFT AS	43
133	YMBER AS	37
135	NORD-ØSTERDAL KRAFTLAG SA	43
138	NORDKYN KRAFTLAG SA	36
146	ODDA ENERGI AS	29
149	OPPDAL EVERK AS	53
153	ORKDAL ENERGINETT AS	85
157	RAKKESTAD ENERGI AS	80
161	RAULAND KRAFTFORSYNINGSLAG SA	51
162	RAUMA ENERGI AS	86
163	KVIKNE-RENNEBU KRAFTLAG AS	57
164	REPVÅG KRAFTLAG SA	45
168	ROLLAG ELEKTRISITETSVERK SA	18
173	RØROS ELEKTRISITETSVERK AS	37
181	SANDØY ENERGI AS	1
183	HJARTDAL ELVERK AS	76
194	SKJÅK ENERGI KF	59
197	SOGNEKRAFT AS	86
204	STRANDA ENERGI AS	86
205	STRYN ENERGI AS	58
206	SULDAL ELVERK KF	57
213	SYKKYLVEN ENERGI AS	36
214	SØR AURDAL ENERGI AS	50
215	TRØNDERENERGI NETT AS	70
223	TINN ENERGI AS	76
227	TROMS KRAFT NETT AS	53
231	TRØGSTAD ELVERK AS	48
234	TYSNES KRAFTLAG SA	1
238	HARDANGER ENERGI AS	87
242	UVDAL KRAFTFORSYNING SA	80
248	VANG ENERGIVERK KF	60

Fortsetter på neste side

Tabell B.1 – Fortsetter på neste side

ID	Selskap	Antall
249	VARANGER KRAFTNETT AS	44
251	VEST-TELEMARK KRAFTLAG AS	48
257	DALANE NETT AS	48
264	ØVRE EIKER NETT AS	26
267	ÅRDAL ENERGI KF	45
269	SFE NETT AS	61
274	SVORKA ENERGI AS	36
275	HALLINGDAL KRAFTNETT AS	60
295	GUDBRANDSDAL ENERGI NETT AS	84
306	VALDRES ENERGIVERK AS	60
311	NORDMØRE ENERGIVERK AS	53
343	HEMSEDAL ENERGI KF	49
349	NOTODDEN ENERGI NETT AS	32
354	LOFOTKRAFT AS	55
373	NORE ENERGI AS	66
418	AURLAND ENERGIVERK AS	42
433	HÅLOGALAND KRAFT NETT AS	50
460	MØRENETT AS	69
464	VESTERÅLSKRAFT NETT AS	55
503	HAUGALAND KRAFT NETT AS	56
511	LYSE ELNETT AS	18
542	VOKKS NETT AS	32
566	BKK NETT AS	53
574	EIDSIVA NETT AS	50
578	FLESBERG ELEKTRISITETSVERK AS	47
591	MIDTKRAFT AS	52
593	NESSET KRAFT AS	39
599	SUNNDAL ENERGI KF	65
611	SKAGERAK NETT AS	21
613	NORDVEST NETT AS	64
615	GLITRE ENERGI NETT AS	32
624	AGDER ENERGI NETT AS	55
625	VOSS ENERGI NETT AS	58
637	NORDKRAFT NETT AS	57
Fortsetter på neste side		

**Tabell B.1 – Fortsetter på neste side**

<b>ID</b>	<b>Selskap</b>	<b>Antall</b>
659	MIDT-TELEMARK ENERGI AS	51
669	STANGE ENERGI NETT AS	57
675	HAFSLUND NETT AS	24
693	RINGERIKS-KRAFT NETT AS	28
699	NTE NETT AS	76
726	NORDLANDSNETT AS	65

**C Effektivitetsscore for selskapene under de ulike tilnærmingene**

Tabell C.1: Selskapenes effektivitetsscore i ubetinget DEA, differansemodellen, absoluttmodellen, betinget DEA og reversert DEA

Selskap	Ukalibrert effektivitetsscore				Kalibrert effektivitetsscore					
	ID	Ubetinget DEA	Differansemodellen	Absoluttmodellen	Betinget DEA	Reversert DEA	Differansemodellen	Absoluttmodellen	Betinget DEA	Reversert DEA
ALTA KRAFTLAG SA	7	0,7809	0,8424	0,8185	0,7964	0,8217	0,9674	0,9663	0,9338	0,9650
ANDØY ENERGI AS	9	0,7673	0,8151	0,7649	0,7673	0,7733	0,9296	0,9004	0,8931	0,9045
AUSTEVOLL KRAFTLAG SA	16	0,4694	0,6620	0,6490	0,5411	0,5815	0,7441	0,7461	0,6313	0,6756
BALLANGEN ENERGI AS	18	0,8895	0,8975	0,9238	0,8895	0,8978	1,0159	1,0639	1,0197	1,0336
BINDAL KRAFTLAG SA	22	0,8531	0,8157	0,8260	0,8531	0,8192	0,9426	0,9762	0,9926	0,9647
NORGESNETT AS	32	0,9472	0,9455	0,9241	0,9965	0,9443	1,0888	1,0937	1,1540	1,1086
DRANGEDAL EVERK KF	35	0,7972	0,8627	0,7922	0,9149	0,8484	0,9803	0,9313	1,0442	0,9833
AS EIDEFOSS	37	1,0000	1,0000	0,9675	1,0000	1,0000	1,1176	1,1067	1,1293	1,1349
ETNE ELEKTRISITETSLAG SA	41	0,5920	0,7327	0,6769	0,7281	0,6935	0,8281	0,7897	0,8329	0,8028
ISE NETT AS	42	0,5759	0,6642	0,6471	0,5996	0,6188	0,7674	0,7692	0,7131	0,7371
FINNÅS KRAFTLAG SA	43	0,5984	0,7332	0,6989	0,6756	0,6950	0,9027	0,8994	0,8620	0,8893
FITJAR KRAFTLAG SA	45	0,4503	0,7421	0,6801	0,4503	0,6313	0,8293	0,7832	0,5461	0,7313
FJELBERG KRAFTLAG SA	46	0,5099	0,7629	0,6898	0,5967	0,6515	0,8540	0,7976	0,6968	0,7560
FORSand ELVERK KOMMUNALT FØRETAK I FORSAND	52	0,5172	0,6650	0,6108	0,5172	0,6202	0,7843	0,7519	0,6483	0,7570
FOSEN NETT AS	53	0,8616	0,8560	0,8260	0,9015	0,8514	1,0048	1,0021	1,0652	1,0221
FUSA KRAFTLAG SA	55	0,5217	0,7170	0,6820	0,5520	0,6429	0,8350	0,8216	0,6817	0,7782
SUNNFJORD ENERGI AS	56	0,6326	0,8286	0,8000	0,6366	0,7794	0,9500	0,9437	0,7701	0,9186
TROLLFJORD NETT AS	63	0,5847	0,7388	0,7204	0,6033	0,6810	0,8609	0,8649	0,7376	0,8210
HAMMERFEST ENERGI NETT AS	65	0,6391	0,7517	0,7247	0,6479	0,6832	0,8513	0,8426	0,7575	0,7974
HELGELAND KRAFT AS	71	0,6087	0,6795	0,6426	0,6136	0,6485	0,7833	0,7654	0,7277	0,7676
SODVIN SA	72	0,6617	0,7824	0,7374	0,6633	0,7459	0,8310	0,8310	0,7503	0,8366
HURUM NETT AS	82	0,7591	0,8788	0,8099	0,8536	0,8411	1,0118	0,9673	0,9998	0,9935
HØLAND OG SETSKOG ELVERK SA	84	0,8000	0,7605	0,7290	0,8859	0,7511	0,8830	0,8740	1,0206	0,8915
ISTAD NETT AS	86	0,8010	0,8839	0,8523	0,8649	0,8682	1,0306	1,0259	1,0262	1,0364
JEREN EVERK KOMMUNALT FØRETAK I HA	88	0,7636	0,7808	0,7104	1,0000	0,7883	0,9207	0,8759	1,1538	0,9487
KLEPP ENERGI AS	91	0,7820	0,7262	0,6840	1,0000	0,7519	0,9015	0,8913	1,1927	0,9528
KRAGERØ ENERGI AS	93	0,6131	0,7313	0,7186	0,7057	0,6958	0,8235	0,8277	0,8071	0,8015
KRØDSHERAD EVERK KF	95	0,8407	0,9815	0,8806	1,0000	0,9373	1,0609	0,9746	1,0873	1,0284
KVAM KRAFTVERK AS	96	0,6130	0,7870	0,7766	0,6456	0,7285	0,9112	0,9236	0,7822	0,8710
KVINNHERRAD ENERGI AS	97	0,5890	0,7281	0,7342	0,6295	0,6896	0,8449	0,8725	0,7579	0,8235
LUOSTEJOK KRAFTLAG SA	103	0,6992	0,6154	0,6369	0,6992	0,6343	0,7019	0,7393	0,7943	0,7335
LUSTER ENERGI AS	104	0,7536	0,9248	0,9163	0,7606	0,9070	1,0013	1,0068	0,8447	0,9947
LÆRDAL ENERGI AS	106	0,5134	0,6834	0,6571	0,6527	0,6209	0,7382	0,7220	0,7130	0,6838
MELØY ENERGI AS	116	0,5872	0,7189	0,6835	0,5981	0,6758	0,8071	0,7879	0,6952	0,7770
GAULDAL NETT AS	119	0,8184	0,8445	0,8054	0,8205	0,8368	0,9436	0,9226	0,9295	0,9504
NORD-SALTEN KRAFT AS	132	1,0000	1,0000	1,0348	1,0000	1,0000	1,0778	1,1269	1,0856	1,0892
YMBER AS	133	0,9046	0,9051	0,9255	0,9046	0,8938	1,0018	1,0400	1,0110	1,0048
NORD-ØSTERDAL KRAFTLAG SA	135	0,8663	0,8082	0,7917	0,8663	0,8130	0,9111	0,9135	0,9795	0,9310
NORDKYN KRAFTLAG SA	138	0,6651	0,7367	0,7730	0,6651	0,6950	0,7914	0,8377	0,7252	0,7576
ODDA ENERGI AS	146	0,6413	0,9054	0,9056	0,7743	0,8357	1,0632	1,0923	0,9478	1,0166
OPPDAL EVERK AS	149	0,8382	0,8235	0,8032	0,9158	0,8058	0,9478	0,9502	1,0524	0,9482
ORKDAL ENERGINETT AS	153	0,8014	0,8603	0,8389	0,8336	0,8441	1,0105	1,0165	0,9986	1,0162
RAKKESTAD ENERGI AS	157	0,8522	0,8099	0,7532	0,8538	0,8189	0,9295	0,8947	0,9852	0,9560
RAULAND KRAFTFORSYNINGSLAG SA	161	0,7774	0,8144	0,7854	0,7774	0,7578	0,8747	0,8567	0,8437	0,8269
RAUMA ENERGI AS	162	0,6013	0,7726	0,7359	0,6103	0,7229	0,8752	0,8573	0,7232	0,8406
KVIKNE-RENNEBU KRAFTLAG AS	163	0,7287	0,7221	0,6996	0,7287	0,7195	0,8326	0,8303	0,8501	0,8461
REPVÅG KRAFTLAG SA	164	0,5999	0,6899	0,7015	0,5999	0,6401	0,8022	0,8345	0,7234	0,7690

Selskap	Ubalibrett effektivitetsscore					Kalibrett effektivitetsscore				
	ID	Ubetiget DEA	Differansmodell	Absoluttmodell	Reversert DEA	Differansmodell	Absoluttmodell	Betinget DEA	Reversert DEA	
ROLLAG ELEKTRISITETSVK SA	168	0,6954	0,8779	0,7515	0,8893	0,8197	0,9455	0,8316	0,9637	0,8973
RØROS ELEKTRISITETSVK AS	173	0,8588	0,7965	0,7894	0,9727	0,7819	0,8795	0,8876	1,0639	0,8770
SANDØY ENERGI AS	181	0,4672	1,0201	0,9470	1,0000	0,8675	1,1213	1,0668	1,1113	0,9836
HJARTDAL ELVERK AS	183	0,6296	0,7567	0,7008	0,6393	0,7083	0,8637	0,8274	0,7569	0,8309
SKJÅK ENERGI KF	194	0,6695	0,6716	0,6317	0,6811	0,6686	0,7414	0,7143	0,7579	0,7487
SOGNKRAFT AS	197	0,6744	0,9085	0,8990	0,6843	0,8781	1,0510	1,0676	0,8409	1,0414
STRANDA ENERGI AS	204	0,5796	0,8468	0,8222	0,5796	0,7738	0,9519	0,9466	0,6952	0,8943
STRYN ENERGI AS	205	0,6416	0,7975	0,7671	0,6719	0,7582	0,9122	0,9027	0,7979	0,8896
SULDAL ELVERK KF	206	0,6347	0,8474	0,8217	0,7242	0,8049	0,9507	0,9440	0,8378	0,9234
SYKKYLVEN ENERGI AS	213	0,6973	0,8783	0,8529	0,8151	0,8558	0,9821	0,9756	0,9292	0,9747
SØR AURDAL ENERGI AS	214	0,6236	0,8017	0,7016	0,6705	0,7475	0,9460	0,8723	0,8291	0,9129
TRØNDERENERGI NETT AS	215	0,8534	0,8332	0,8332	0,9490	0,8346	0,9496	0,9910	1,0770	0,9681
TINN ENERGI AS	223	0,5944	0,6898	0,6390	0,5944	0,6517	0,8226	0,7962	0,7404	0,8039
TROMS KRAFT NETT AS	227	0,8520	0,8940	0,8871	0,8888	0,8800	1,0468	1,0678	1,0567	1,0551
TRØGSTAD ELVERK AS	231	1,0000	1,0000	0,9281	1,0000	1,0000	1,1050	1,0523	1,1154	1,1203
TYSNES KRAFTLAG SA	234	0,4883	0,6898	0,6436	1,0000	0,5882	0,8022	0,7765	1,1235	0,7170
HARDANGER ENERGI AS	238	0,6537	0,9080	0,8721	0,6546	0,8549	1,0045	0,9862	0,7606	0,9655
UVDAL KRAFTFORSYNING SA	242	0,5912	0,6255	0,5883	0,6171	0,6059	0,7279	0,7094	0,7296	0,7232
VANG ENERGI KF	248	0,6670	0,7472	0,7001	0,6905	0,7257	0,8434	0,8139	0,7963	0,8360
VARANGER KRAFTNETT AS	249	0,6909	0,6955	0,6689	0,6909	0,6732	0,8426	0,8430	0,8527	0,8419
VEST-TELEMARK KRAFTLAG AS	251	0,7946	0,9226	0,8583	0,9918	0,8771	1,0534	1,0131	1,1356	1,0270
DALANE NETT AS	257	0,6561	0,7278	0,6974	0,7929	0,7203	0,8665	0,8615	0,9454	0,8793
ØVRE EIKER NETT AS	264	0,8033	0,8882	0,8056	0,9304	0,8650	1,0206	0,9623	1,0761	1,0168
ÅRDAL ENERGI KF	267	0,5682	0,7738	0,7439	0,6616	0,6901	0,8857	0,8763	0,7845	0,8183
SFE NETT AS	269	0,5214	0,7040	0,6744	0,5342	0,6358	0,8404	0,8357	0,6841	0,7921
SVORKA ENERGI AS	274	0,6579	0,8013	0,7458	0,7965	0,7560	0,9466	0,9178	0,9563	0,9226
HALLINGDAL KRAFTNETT AS	275	0,8341	0,9232	0,8638	0,9695	0,9019	1,0027	0,9580	1,0570	0,9931
GUDBRANDSDAL ENERGI NETT AS	295	0,8453	0,9059	0,8629	0,8661	0,8917	1,0130	0,9896	0,9838	1,0145
VALDRES ENERGI KF	306	0,8090	0,8321	0,7917	0,8470	0,8207	0,9537	0,9355	0,9808	0,9601
NORDMØRE ENERGI KF	311	0,7078	0,7679	0,7232	0,8057	0,7509	0,8914	0,8692	0,9415	0,8924
HEMSEDAL ENERGI KF	343	0,8029	0,8596	0,8066	0,8713	0,8536	1,0023	0,9754	1,0281	1,0171
NOTODDEN ENERGI NETT AS	349	0,5117	0,6282	0,5416	0,6144	0,5746	0,7624	0,7004	0,7620	0,7285
LOFOTKRAFT AS	354	0,4644	0,6674	0,6478	0,4838	0,5640	0,8258	0,8352	0,6579	0,7455
NORE ENERGI AS	373	0,6483	0,7923	0,7105	0,8137	0,7565	0,8896	0,8256	0,9207	0,8681
AURLAND ENERGI KF	418	0,5478	0,7981	0,7812	0,7446	0,7371	0,8968	0,8980	0,8531	0,8502
HÅLOGALAND KRAFT NETT AS	433	0,7859	0,8153	0,8234	0,8364	0,7995	0,9299	0,9590	0,9624	0,9309
MØRENETT AS	460	0,6913	0,7868	0,7997	0,7135	0,7706	0,9127	0,9486	0,8519	0,9149
VESTERÅLSKRAFT NETT AS	464	0,6426	0,7379	0,7101	0,6596	0,7007	0,8313	0,8207	0,7623	0,8078
HAUGALAND KRAFT NETT AS	503	0,7105	0,7633	0,7490	0,7589	0,7587	0,9040	0,9154	0,9136	0,9200
LYSE ELNETT AS	511	0,8159	0,8740	0,8751	0,8437	0,8862	1,0538	1,0877	1,0413	1,0922
VOKKS NETT AS	542	0,7748	0,8234	0,7770	0,8405	0,7885	0,9442	0,9200	0,9733	0,9270
BKK NETT AS	566	0,7489	0,8237	0,8290	0,7955	0,8130	0,9632	0,9941	0,9490	0,9730
EIDSIVA NETT AS	574	0,8866	0,9218	0,8621	0,9428	0,8870	1,0936	1,0654	1,1318	1,0840
FLESBERG ELEKTRISITETSVK AS	578	0,6752	0,7658	0,6848	0,7580	0,7112	0,8901	0,8318	0,8947	0,8536
MIDTKRAFT AS	591	0,7815	0,8568	0,7912	0,8302	0,8222	0,9918	0,9510	0,9786	0,9770
NESSET KRAFT AS	593	0,5619	0,7895	0,7495	0,6764	0,6768	0,8528	0,8244	0,7460	0,7494

Ukalibrert effektivitetsscore												Kalibrert effektivitetsscore											
Selskap	ID	Ubetinget DEA	Differansemodellen	Absluttmodellen	Betinget DEA	Reversert DEA	Differansemodellen	Absluttmodellen	Betinget DEA	Reversert DEA	Differansemodellen	Absluttmodellen	Betinget DEA	Reversert DEA									
SUNNDAL ENERGI KF	599	0,5826	0,7773	0,7396	0,6669	0,7208	0,8770	0,8576	0,7765	0,8351	0,8770	0,8576	0,7765	0,8351									
SKAGERAK NETT AS	611	0,8639	0,9475	0,8941	0,9213	0,9315	1,0829	1,0543	1,0702	1,0868	1,0829	1,0543	1,0702	1,0868									
NORDVEST NETT AS	613	0,9154	1,0207	1,0077	0,9826	1,0000	1,1622	1,1751	1,1382	1,1622	1,1622	1,1751	1,1382	1,1622									
GLITRE ENERGI NETT AS	615	0,9039	0,9726	0,9272	0,9819	0,9561	1,0902	1,0664	1,1112	1,0909	1,0902	1,0664	1,1112	1,0909									
AGDER ENERGI NETT AS	624	0,8722	0,9047	0,9078	0,9944	0,8889	1,0593	1,0907	1,1644	1,0661	1,0593	1,0907	1,1644	1,0661									
VOSS ENERGI NETT AS	625	0,5769	0,7905	0,7691	0,6139	0,7107	0,9155	0,9170	0,7513	0,8540	0,9155	0,9170	0,7513	0,8540									
NORDKRAFT NETT AS	637	0,6431	0,7078	0,7411	0,7466	0,6933	0,8128	0,8653	0,8621	0,8137	0,8128	0,8653	0,8621	0,8137									
MIDT-TELEMARK ENERGI AS	659	0,8176	0,8891	0,8202	0,8355	0,8586	1,0447	1,0044	1,0067	1,0371	1,0447	1,0044	1,0067	1,0371									
STANGE ENERGI NETT AS	669	0,7273	0,7400	0,6778	0,7476	0,7207	0,9347	0,9082	0,9618	0,9439	0,9347	0,9082	0,9618	0,9439									
HAFSLUND NETT AS	675	1,0000	1,0000	0,9785	1,0000	1,0000	1,1121	1,1112	1,1233	1,1285	1,1121	1,1112	1,1233	1,1285									
RINGERIKS-KRAFT NETT AS	693	0,7321	0,8590	0,7725	0,7321	0,8101	0,9982	0,9372	0,8851	0,9697	0,9982	0,9372	0,8851	0,9697									
NTE NETT AS	699	0,9658	0,9919	0,9463	0,9751	0,9870	1,1300	1,1096	1,1269	1,1452	1,1300	1,1096	1,1269	1,1452									
NORLANDSNETT AS	726	0,7063	0,8579	0,8545	0,7592	0,8161	0,9952	1,0169	0,9101	0,9734	0,9952	1,0169	0,9101	0,9734									