



**Uit**

**NORGES  
ARKTISKE  
UNIVERSITET**

Handelshøgskolen

## **Benchmarking av DRG for norske helseforetak**

*En anvendelse av Data Envelopment Analysis med restriksjoner på vektene*

**Fredrik Kjeldsen**

**Magnus Johnsen**

*Masteroppgave i økonomi og administrasjon – mai 2019*



# Innholdsfortegnelse

1	Innledning.....	1
1.1	Bakgrunn for forskningen .....	1
1.2	Forskningens formål og problemstilling .....	2
1.3	Forskningens avgrensning.....	3
1.4	Oppgavens struktur .....	4
2	Det norske helsevesenet .....	5
2.1	Beskrivelse av det norske helsevesenet.....	5
2.1.1	Universitetssykehuset Nord-Norge HF .....	6
2.2	Effektivisering i offentlig sektor .....	6
2.3	Kostnadsutvikling i spesialhelsetjenesten i Norge .....	7
2.4	Finansieringsstrukturen i det norske helsevesenet .....	10
2.4.1	Innsatsstyrt finansiering .....	10
2.4.2	Kostnad per pasient .....	11
2.4.3	Diagnoserelaterte grupper .....	11
3	Teori for denne studien .....	14
3.1	Målestokkonkurranse .....	14
3.2	Benchmarking .....	15
3.3	Produktivitet og effektivitet .....	17
3.4	Farrells effektivitetsbegreper.....	18
3.5	Forskningslitteratur .....	19
3.5.1	Decomposing the productivity differences between hospitals in the Nordic countries.. ..	19
3.5.2	En nordisk komparativ analyse .....	20
3.5.3	The use of Data Envelopment Analysis with Probabilistic Assurance Regions for Measuring Hospital Efficiency .....	21

3.5.4	Weight Restrictions in the DEA Benchmarking Model for Norwegian Electricity Distribution Companies – Size and Structural Variables .....	22
3.5.5	Reducing Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis .....	23
3.5.6	Fastsetting av restriksjoner på vektene i den akademiske litteraturen .....	23
3.5.7	Oppsummering av forskningslitteratur.....	24
4	Metode.....	25
4.1	Data Envelopment Analysis .....	25
4.1.1	CCR modellen.....	26
4.1.2	BCC modellen.....	27
4.2	Skalaegenskaper .....	28
4.3	Totrinnsanalyse .....	29
4.3.1	Trinn 1: DEA Assurance Region .....	29
4.3.2	Optimal skalering av produksjon .....	34
4.3.3	Supereffektivitet .....	34
4.3.4	Trinn 2: Regresjonsanalyse .....	36
5	Datamateriale .....	39
5.1	Datainnsamling.....	39
5.2	Definering av utvalg.....	40
5.3	Forskningsmodell.....	40
5.4	Valg av variabler .....	41
5.4.1	Beskrivelse av innsatsfaktorer.....	43
5.4.2	Beskrivelse av output .....	45
5.4.3	Beskrivelse av eksogene variabler .....	46
5.4.4	Deskriptiv beskrivelse av data.....	46
6	Resultater.....	48
6.1	Del 1: Resultater fra DEA uten restriksjoner på vektene .....	48
6.2	Del 2: Totrinnsanalyse .....	49

6.2.1	Trinn 1: Resultater fra Data Envelopment Analysis – Assurance Region .....	49
6.2.2	Optimal skalering av produksjonen.....	54
6.2.3	Supereffektivitet .....	56
6.2.4	Trinn 2: Korrigering for eksogene forhold.....	58
7	Diskusjon.....	61
7.1	Metodisk diskusjon .....	61
7.2	Tolkning av resultater.....	64
7.3	Konklusjon .....	69
7.4	Forslag til videre forskning .....	70
8	Referanseliste .....	71
9	Vedlegg .....	78

## Tabelliste

Tabell 1 Aggregering av kostnadssteder .....	44
Tabell 2 Deskriptiv statistikk .....	47
Tabell 3 Deskriptiv statistikk .....	47
Tabell 4 Effektivitetsintervall uten restriksjoner på vektene .....	49
Tabell 5 Vektrestriksjoner CRS .....	50
Tabell 6 Vektrestriksjoner VRS .....	50
Tabell 7 Effektivitetsintervall DEA-AR .....	51
Tabell 8 Resultater fra regresjonsanalysen.....	58

## Figurliste

Figur 1 Utvikling i befolkningstall for hver aldersgruppe (Helsedirektoratet, 2017b) .....	8
Figur 2 Utvikling i antall pasienter i spesialhelsetjenesten (Helsedirektoratet, 2017b).....	9
Figur 3 Prosentvis økning i pasientrate for ulike aldersgrupper (Helsedirektoratet, 2017b) .....	9
Figur 4 Tidslinje for utviklingen av finansierungsstrukturen i det norske helsevesenet.....	10
Figur 5 Farrells (1957) effektivitetsbegreper .....	18
Figur 6 Skalaegenskaper .....	28
Figur 7 Supereffektivitet .....	35
Figur 8 Forskningsmodell .....	41
Figur 9 Effektivitetsmål uten restriksjoner på vektene .....	48
Figur 10 Barplot for CRS og VRS .....	52
Figur 11 Resultater for skalaeffektivitet.....	53
Figur 12 Referanseenheter .....	54
Figur 13 Optimal skala.....	55
Figur 14 Faktisk, optimal og effektiv ressursbruk for UNN .....	56
Figur 15 Resultater for supereffektivitet .....	57
Figur 16 Plot av kostnadseffektivitet og pasientgrunnlag .....	59
Figur 17 Korrigering av effektivitetsmål i DEA-AR .....	60

## Forord

Denne masteroppgaven representerer slutten på mastergraden vår i økonomi og administrasjon ved Handelshøgskolen. Produksjonen av masteroppgaven har vært omfattende, interessant og ikke minst lærerik. Gjennom prosessen har vi fått et innblikk i omfanget av kostnadene til en offentlig tjeneste i samfunnet som angår oss alle. Det har vært spennende å anvende den akademiske teorien og metodikken på en virkelig problemstilling, og er en erfaring som vi vil ta med oss ut i arbeidslivet. Med denne oppgaven takker vi for en fin tid ved Handelshøgskolen ved UiT, Norges Arktiske Universitet.

Det rettes først og fremst en enorm takk til vår eminente veileder, professor emeritus Terje Vassdal. Vi kan ikke sette ord på hvor takknemlige vi er for den sakkyndige rådgivingen vi har fått gjennom konstruktive tilbakemeldinger og kunnskapsdeling. Terje har vært tilgjengelig og behjelpelig til enhver tid. Videre vil vi rette en stor takk til førsteamanuensis Helen Marita Sørensen Holst for nyttige innspill til masteroppgaven.

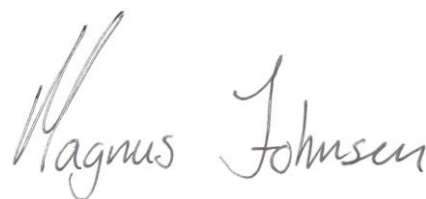
Vi vil også takke Morten Espejord og Thomas Krogh ved økonomi- og analyseavdelingen på UNN. Dere har gitt oss idéen og muligheten til å gjennomføre denne spennende masteroppgaven på et nytt datamateriale. Vi er takknemlig for at dere har tatt dere tid til å besvare spørsmål tilknyttet masteroppgaven det siste året.

Tilslutt vil vi takke for støtten fra familie, venner og medstudenter som har gjort studietiden minneverdig. En spesiell takk rettes til Caroline Jakobsen Trondsen, som har født barnet til Fredrik i innspurten av masteroppgaven. Caroline sitt bidrag på hjemmebane har vært uvurderlig.

Tromsø, mai 2019.



Fredrik Kjeldsen



Magnus Johnsen

## Sammendrag

Hensikten med studien er å undersøke om UNN driver kostnadseffektivt i forhold til andre helseforetak i Norge. Det undersøkes videre om DEA-AR er godt egnet for beregning av kostnadseffektivitet ved helseforetakene og hvorvidt kostnadseffektiviteten ved helseforetakene påvirkes av eksogene forhold.

Gjennom DEA-AR beregnes kostnadseffektiviteten til helseforetakene i Norge basert på de totale aktivitetsbaserte kostnadene ved fem kostnadssteder og antall produserte DRG-poeng ved helseforetakene. Kostnadsstedene som benyttes som innsatsfaktorer består av *operasjon*, *poliklinikk*, *inneliggende*, *intensivbehandling* og en samlepost som består av flere små kostnadssteder som har fått betegnelsen *annet*. For å estimere produksjon ved helseforetakene i Norge brukes den nasjonale standarden DRG-poeng som output.

Resultatene fra DEA-AR i det første trinnet av totrinnsanalysen viser at UNN har relativt lave effektivitetsmål både ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet. For å estimere optimal skalering av produksjonen ved helseforetakene så løses modellen med hensyn til skyggeprisene for helseforetakene. Resultatene viser at den største andelen av helseforetakene i Norge må øke produksjonen betraktelig for at skaleringen på produksjonen skal anses som optimal.

I det andre trinnet anvendes en regresjonsanalyse for å undersøke om eksogene variabler påvirker kostnadseffektiviteten ved helseforetakene i Norge, hvor resultatene fra regresjonsanalysen brukes til å korrigere kostnadseffektiviteten beregnet ved DEA-AR. Regresjonsanalysen viser at pasientgrunnlag og organisasjonsstruktur har signifikant påvirkning på kostnadseffektiviteten, hvor UNN er det eneste helseforetaket som har positiv effekt av korrigeringen av kostnadseffektivitet med hensyn på pasientgrunnlag og organisasjonsstruktur.

Resultatene i studien viser at UNN ikke driver kostnadseffektivt sammenlignet med de andre helseforetakene i Norge. Det foreligger potensialer for kostnadsbesparelser hos UNN, hvor kostnader per produserte DRG-poeng må reduseres for at de skal kunne anses som kostnadseffektive. På bakgrunn av rimelige resultater i analysen anses DEA-AR som anvendelig for beregning av kostnadseffektivitet ved helseforetakene. Resultatene fra



analysen kan benyttes til målrettet effektiviseringsarbeid ved UNN og andre helseforetak i Norge.

For å gjennomføre analysen er programmeringsprogrammet RStudio (Versjon 1.1.463) med programmeringspakken «Benchmarking» anvendt. Videre er Microsoft Office Excel (Versjon 16.23) benyttet til å klargjøre datasettet, gjennomføre beregninger og illustrere funnene.

Nøkkelord: Data Envelopment Analysis, assurance region, kostnadseffektivitet, optimal skalering produksjon, regresjonsanalyse.

# 1 Innledning

## 1.1 Bakgrunn for forskningen

De tre siste årene har det vært en stor økning i aktivitet ved helseforetakene i Norge (Helsedirektoratet, 2017a). En konsekvens av dette er at kostnadene tilknyttet helserelevante formål i Norge er høyere enn tidligere. I 2018 utgjorde de totale helseutgiftene i Norge 360 milliarder kroner, som er en økning på omtrent 15 milliarder fra året før. Helserelevante utgifter i 2018 utgjorde 10,2 prosent av bruttonasjonalprodukt, som er den største andelen av bruttonasjonalprodukt i Norge noen gang (SSB, 2019). I europeisk sammenheng har Norge de tredje høyeste utgiftene knyttet til helseformål per innbygger (Vold, 2018).

En av grunnene til de økende helseutgiftene i Norge er en markant økning av den eldre delen av befolkningen (Helsedirektoratet, 2017b). Statistisk sentralbyrå beregner at i løpet av de neste 20 årene vil andelen av mennesker over 80 år fordobles. Forutsatt at nåværende økning i helseutgiftene er konstant, så er det anslått at i 2060 må skattenivået opp på 65 prosent for å kunne opprettholde dagens helsetilbud. For å opprettholde dagens helsetilbud er det avgjørende at helsesektoren i Norge effektiviseres for å imøtekomme den stadig økende etterspørselen etter helsetjenester (NOU 2016: 3, 2016).

I forslaget til statsbudsjettet for 2019 er det lagt fram forslag om innsparinger ved norske sykehus på rundt 200 millioner kroner. Dette er som følge av regjeringens ABE-reform som innebærer at det er pålagt et effektiviseringskrav i offentlig sektor (Akademikerne, 2018). Det er kommet innvendinger på at sykehusene ikke er skjermet mot effektiviseringskravet som følge av at de er i en presset situasjon. På bakgrunn av dette sier Marit Hermansen presentert i Den Norske Legeforening (2018) at det ikke eksisterer potensialer for effektivisering ved norske sykehus uten ytterligere investeringer i helse- og omsorgssektoren.

Helsedirektør Bjørn Guldvog har uttalt seg på vegne av de norske helseforetakene at det er store forskjeller i både aktivitet og kvalitet ved sykehusene i Norge. Dersom et helseforetak har et høyt ressursbruk innenfor en eller flere behandlinger i forhold til de øvrige helseforetakene i Norge så kan det være en indikasjon på dårlig kvalitet i behandlingen. Det kan være en konsekvens av komplikasjoner, sykehusinfeksjoner eller re-operasjoner i

forbindelse med behandlingene. Dette medfører lengere og/eller flere sykehusopphold og dermed økte kostnader for helseforetakene. For å løse dette er det nødvendig at helseforetakene ser til de andre helseforetakene i Norge og lærer av de beste (Helsedirektoratet, 2017a).

Den totale bevilgningen som helseforetakene i Norge mottar gjennom statsbudsjettet danner grunnlaget for driften av de norske sykehusene. Helseforetakene har et overordnet ansvar for at midlene blir anvendt på best mulig måte. Med bakgrunn i utredningen til NOU 2016: 3 (2016) og Marit Hermansen presentert i Den Norske Legeforening (2018) sine uttalelser så undersøkes det i denne studien hvorvidt det foreligger potensialer for kostnadsbesparelser ved helseforetakene i Norge. Gitt Bjørn Guldvogs uttalelse i Helsedirektoratet (2017a) om at det eksisterer store forskjeller ved sykehusene i Norge, så kan det være en indikasjon på at ressursene ved de ulike helseforetakene i Norge ikke utnyttes kostnadseffektivt. Denne studien gjennomføres i samarbeid med representanter fra økonomi- og analyseavdelingen ved Universitetssykehuset i Nord-Norge HF, heretter UNN, hvor UNNs potensialer for bedre utnyttelse av ressursene vil bli vektlagt. Dette er et dagsaktuelt tema for UNN ettersom de gikk med et alvorlig underskudd på 48 millioner kroner i 2018 (Årsregnskap UNN, 2018).

## **1.2 Forskningens formål og problemstilling**

Formålet med studien er å sammenligne kostnadseffektiviteten til UNN med de andre helseforetakene i Norge. Kostnadseffektivitet er en indikasjon på i hvor stor grad ressurser utnyttes effektivt i "produksjonsprosessen". Gjennom studien vil det undersøkes om det eksisterer potensialer for kostnadsbesparelser gjennom bedre utnyttelse av ressurser for å imøtekomme den økende etterspørselen etter spesialhelsetjenesten i Norge. Som følge av nytt tilgjengelig datamateriale for 2017 hvor kostnadene for hver behandling er kostnadsført til ulike kostnadssteder i behandlingsløpet ved alle helseforetakene i Norge, så kan det gjennomføres en benchmarking hvor de ulike kostnadsstedene ved helseforetakene danner grunnlaget for beregningen av kostnadseffektivitet.

Med bakgrunn i formålet til studien er det utarbeidet følgende problemstilling:

*Benchmarking av norske helseforetak. Driver UNN kostnadseffektivt i forhold til andre helseforetak i Norge?*

Videre er det formulert to forskningsspørsmål for å besvare problemstillingen:

- 1. Er DEA assurance region anvendelig for å studere kostnadseffektiviteten ved helseforetakene i Norge?*
- 2. Har eksogene forhold påvirkning på kostnadseffektiviteten ved helseforetakene i Norge?*

For å besvare problemstillingen anvendes Data Envelopment Analysis, heretter DEA, som først ble utviklet av Charnes, Cooper og Rhodes (1978). For å i større grad kunne diskriminere mellom kostnadseffektiviteten til helseforetakene i Norge fastsettes det restriksjoner på vektene i DEA-modellen ved bruk av Thompson, Singleton, Thrall, Smith og Wilson (1986) sin metode kalt assurance region, heretter AR. Gjennom fastsetting av restriksjoner på vektene i en DEA-modell forhindrer man urealistiske vekter på variablene i en DEA-analyse. DEA-AR er ikke benyttet på forskning i den norske helsesektoren tidligere. Gjennom studien vil vi kartlegge metodens anvendelighet for måling av kostnadseffektivitet og om metoden kan brukes som et effektiviseringsverktøy ved helseforetakene i Norge.

Helseforetakene i Norge er lokalisert i ulike deler av landet, og dermed kan ulike eksogene forhold påvirke driften av de ulike helseforetakene. For å undersøke i hvilken grad eksogene forhold påvirker kostnadseffektiviteten ved helseforetakene benyttes en totrinnsanalyse. Første trinn består av DEA-AR hvor kostnadseffektiviteten til helseforetakene beregnes. Andre trinn består av en regresjonsanalyse ved bruk av minste kvadraters metode, hvor det undersøkes om pasientgrunnlag og organisasjonsstruktur påvirker kostnadseffektiviteten ved helseforetakene. Resultatene fra regresjonsanalysen brukes til å korrigere kostnadseffektiviteten fra det første trinnet.

### **1.3 Forskningens avgrensning**

Den totale bevilgningen som helseforetakene i Norge mottar gjennom statsbudsjettet er delt opp i en basisbevilgning og en aktivitetsbasert bevilgning. Basisbevilgning er en rammebevilgning som avhenger av eksogene forhold. Den aktivitetsbaserte bevilgningen beregnes på grunnlag av DRG- og STG-systemet. Helsedirektoratet har ansvaret for kostnadsberegning av STG-systemet, og vil dermed ikke tas hensyn til i studien. Forskingen i studien tar utgangspunkt i de aktivitetsbaserte kostnadene som gjennom KPP-modelleringen

kostnadsføres i DRG-systemet. Forskningen gjøres på et aggregert nivå, hvor de totale kostnadene for hvert av kostnadsstedene måles opp mot totalt antall produserte DRG-poeng.

I studien benyttes datamateriale fra databasen til Helse Nord RHF. Datasettet er nytt for 2017, og består av kostnadstall for alle helseforetakene i Norge fra 2017. Det ble forsøkt å innhente tilsvarende datamateriale for 2018, men dette var ikke tilgjengelig. Som følge av at hensikten med studien er å kartlegge om det eksisterer potensialer for kostnadsbesparelse ved helseforetakene i Norge så vil den relative effektiviteten i DEA-AR henvises til som kostnadseffektivitet. Studien tar ikke for seg spesifikke forbedringstiltak som burde gjøres ved UNN, hvor endelig evaluering og beslutning om hvilke tiltak som kan gjøres for å redusere kostnadene vil overføres til sakkyndige ved UNN. Som følge av sensitive kostnadsopplysninger som benyttes i forskningen så har de øvrige helseforetakene blitt anonymisert i studien.

## **1.4 Oppgavens struktur**

Studien starter med en redegjørelse for bakgrunn og aktualisering av forskningen. Det vil redegjøres for situasjonen i det norske helsevesenet og hvilke utfordringer helsevesenet står ovenfor for å kunne opprettholde helsetilbudet de neste årene. I kapittel 2 presenteres det norske helsevesenet, herunder hvordan helsevesenet i Norge er bygget opp og casebedriften UNN. Videre gjøres det rede for hva effektivisering i offentlig sektor innebærer og kostnadsutviklingen i spesialhelsetjenesten i Norge de siste årene.

I kapittel 3 redegjøres det for det overordnede teoretiske rammeverket. Det innebærer teori tilknyttet benchmarking i offentlig sektor og effektivitetsbegreper som danner grunnlaget for DEA. Tilslutt oppsummeres tidligere forskningslitteratur om effektivitetsanalyser i helsesektoren og metoden som anvendes i studien. Videre presenteres metoden som benyttes til å studere kostnadseffektiviteten ved de norske helseforetakene i kapittel 4. I kapittel 5 redegjøres det for datamaterialet, forskningsmodellen og begrunnelse for valg av variabler. Resultatene fra tottrinnsanalysen presenteres i kapittel 6. I kapittel 7 diskuteres metodens anvendelighet og resultatene opp mot teori og tidligere forskning som er gjort på fagfeltet. Studien avsluttes med en konklusjon av funnene og anbefalinger til videre forskning på fagfeltet.

## **2 Det norske helsevesenet**

I dette kapitlet presenteres det norske helsevesenet. Gjennom kapitlet vil det redegjøres for formål og oppbygging av det norske helsevesenet og casebedriften UNN, hvor det gis et innblikk i hvilken del av helsevesenet studien tar utgangspunkt i. Videre beskrives det hva effektivisering i offentlig sektor innebærer og kostnadsutviklingen i spesialhelsetjenesten i Norge de siste årene. Tilslutt redegjøres det for oppbyggingen av finansieringsstrukturen i det norske helsevesenet.

### **2.1 Beskrivelse av det norske helsevesenet**

Det norske helsevesenet består av alle tjenester, institusjoner og lovgivninger som er satt for å sikre trygge og gode helsetjenester til den norske befolkningen (Regjeringen, 2014). Det overordnede formålet til det norske helsevesenet er å sikre god folkehelse til befolkningen i Norge uavhengig av sosial status, privat økonomi eller hvor man er bosatt i landet. God folkehelse skapes gjennom god diagnostikk, behandling, rehabilitering og omsorg både ved akutte og kroniske sykdommer (Braut, 2019).

Det øverste organet i det norske helsevesenet er Helse- og omsorgsdepartementet. De har det overordnede ansvaret for å sikre trygge og gode helsetjenester til den norske befolkningen (Regjeringen, 2014). Helse- og omsorgstjenester er et felles begrep som omfatter alle offentlige institusjoner og virksomheter i samfunnet som har til hensikt å forebygge, behandle, yte pleie og rehabilitere. Begrepet helsetjeneste kan deles opp i psykisk og somatisk helsetjeneste. Psykisk helsetjeneste innebærer behandlinger tilknyttet psykologiske plager og rus og somatisk helsetjeneste er en betegnelse for behandling av fysiske plager og sykdommer (Braut, 2019).

Grunnstrukturen i det norske helsevesenet er delt opp i spesialhelsetjenesten og primærhelsetjenesten. Spesialhelsetjenesten består av sykehus, poliklinikker, spesialiserte institusjoner og ambulansetjeneste. Primærhelsetjenesten er kommunens ansvar, og består av helsetjenester utenfor institusjoner. De regionale helseforetakene Helse Nord, Helse Midt-Norge, Helse Vest og Helse Sør-Øst, har ansvar for å tilby spesialhelsetjenester i hver sin region. De regionale helseforetakene er delt inn i 22 helseforetak som har ansvaret for de offentlige sykehusene (Regjeringen, 2014).

Helse Nord RHF, heretter Helse Nord, har ansvar for å tilby spesialhelsetjenester i Nord-Norge og på Svalbard. Helse Nord tilbyr spesialhelsetjenester gjennom deres underordnede helseforetak samt private aktører hvor det foreligger samarbeidsavtaler. Helse Nord består av Finnmarksykehuset, Universitetssykehuset Nord-Norge, Nordlandssykehuset, Helgelandssykehuset, Sykehusapotek Nord og Helse Nord IKT. Herunder tilbyr sykehusene pasientbehandling, Sykehusapotek Nord har ansvar for utlevering av medisiner og Helse Nord IKT har ansvar for driften av sykehusene (Helse-Nord, 2019).

### **2.1.1 Universitetssykehuset Nord-Norge HF**

Universitetssykehuset Nord-Norge HF (UNN) er det største helseforetaket i Helse Nord. UNN er lokalisert i Tromsø, Harstad, Narvik, Svalbard, Finnsnes og Storslett. Den største delen av aktiviteten foregår ved sykehuset i Tromsø. Arbeidsoppgavene til UNN består av å gjennomføre pasientbehandling, opplæring av pasienter og pårørende, forskning og utdanning av helsepersonell. UNN har et mål om å bygge en kultur med fokus på kontinuerlig, varig og virkningsfull forbedring av arbeidsprosesser (UNN, 2019).

UNN har de siste 7 årene hatt et positivt årsresultat, til tross for at det har vært nedadgående de siste 5 årene med unntak av en svak oppgang i 2016. I 2018 gikk UNN med et alvorlig underskudd på 48 millioner kroner. De viktigste årsakene til underskuddet er at driftsinntektene var 76,2 millioner kroner lavere enn budsjettet, hvor hovedårsaken er at ISF-refusjonen var 95,1 millioner kroner lavere enn antatt. Videre var driftskostnadene til UNN 20,8 millioner kroner høyere enn budsjettet, som tilsvarer en økning på 4% fra 2017 til 2018 (Proff, 2019; Årsberetning UNN, 2012; Årsregnskap UNN, 2018).

## **2.2 Effektivisering i offentlig sektor**

Effektivitet og effektivisering i offentlig sektor er sentrale begreper i den norske forvaltningspolitikken. Effektivitet i offentlig sektor handler i større grad om samfunnsøkonomi enn bedriftsøkonomi, hvor regjeringen har det overordnede ansvaret for goder som skal fordeles til samfunnet. Det kreves andre kriterier når man måler effektivitet i offentlig sektor ettersom effektivitetsbegreper i offentlig sektor må omfatte beslutninger som

vedtas på politisk grunnlag. Det foreslås at måling av effektivitet i offentlig sektor bør deles opp i opp i kostnads-, resultat- og prioriteringseffektivitet. Kostnadseffektivisering fokuserer utelukkende på kostnadene, hvor målet er å redusere kostnadene i en offentlig tjeneste.

Resultateffektivisering handler om å oppnå de politiske målene som er satt på en billigere måte gjennom å fordele innsatsen på ulike områder på en mer effektiv måte enn hva som er gjort tidligere. Prioriteringseffektivitet vil si å omprioritere ressurser til andre områder hvis man ser at det er bevilget for mye til noen områder hvor investeringen ikke har gitt ønsket effekt (Bakkli, Kalleberg & Rødsten, 2001).

I produktivitetskommissjonens første rapport vises det til internasjonale sammenligninger og ulikheter i ressursforbruket i offentlig sektor, som indikerer at den offentlige sektoren i Norge står ovenfor et stort effektiviseringspotensial. I offentlig sektor har man ikke samme insentiver for effektivisering av ressursforbruket som i næringslivet, og avhenger derfor av et velfungerende politisk system og styringssystem. Som følge av dette er det nødvendig med mål- og resultatstyring og ansvarliggjøring av finansiering. I rapporten fremheves det at det foreligger effektiviseringspotensialer innenfor helse- og omsorgssektoren i Norge. For å realisere effektiviseringspotensialet i helse- og omsorgssektoren i Norge foreslås det ulike tiltak som implementering av bedre IKT-systemer, digital kommunikasjon og tiltak som innebærer stordriftsfordeler og synergieffekter (NOU 2015: 1, 2015).

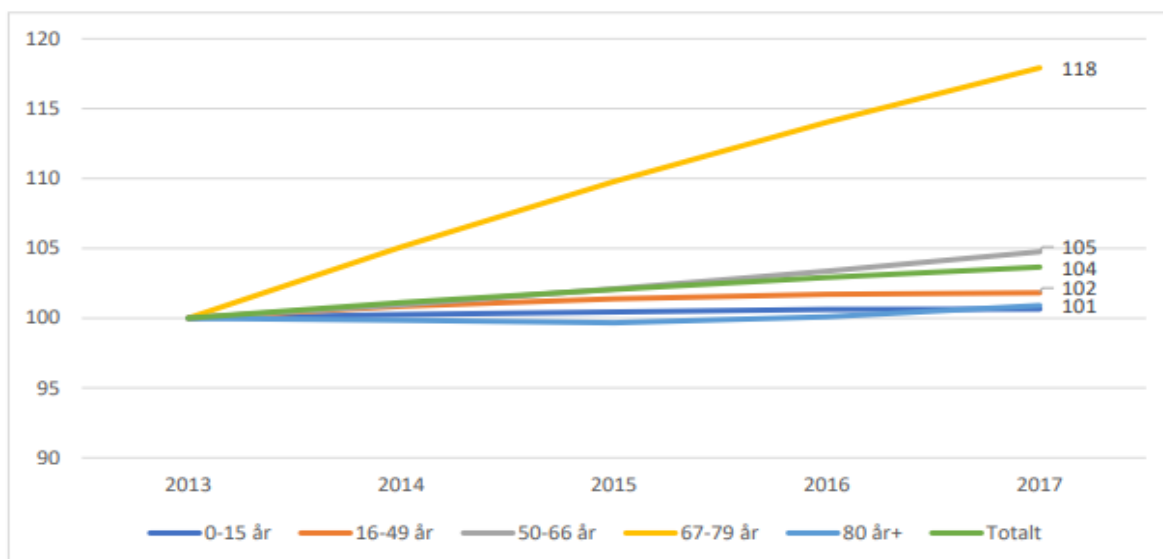
### **2.3 Kostnadsutvikling i spesialhelsetjenesten i Norge**

Kostnadsnivået i spesialhelsetjenesten i Norge har vært økende de siste årene. Fra 2006 til 2017 har realveksten i kostnadene til spesialhelsetjenesten vært på totalt 17%, samtidig som befolkningsveksten økte med 13%. Herunder var den største andelen av realveksten utover befolkningsveksten fra 2013 til 2017, hvor kostnadene i spesialhelsetjenesten økte med 9% i motsetning til befolkningsveksten som økte med 4%. I 2013-2017 var kostnadsutviklingen i spesialhelsetjenesten tilnærmet identisk i de ulike regionale helseforetakene, hvor Helse Nord og Helse Sør hadde en kostnadsvekst i underkant av 9 % og Helse Vest og Helse Midt-Norge hadde en kostnadsvekst på 10%. Det var større forskjeller mellom helseregionene når man tar utgangspunkt i kostnader per innbygger i regionene. Det varierer fra 23 600 kroner per innbygger i Helse Vest til 29 000 kroner per innbygger i Helse Nord. I 2017 var de totale



kostnadene i spesialhelsetjenesten på 144,5 milliarder kroner, som er en økning på 5,5 milliarder kroner fra 2016 (Helsedirektoratet, 2017b).

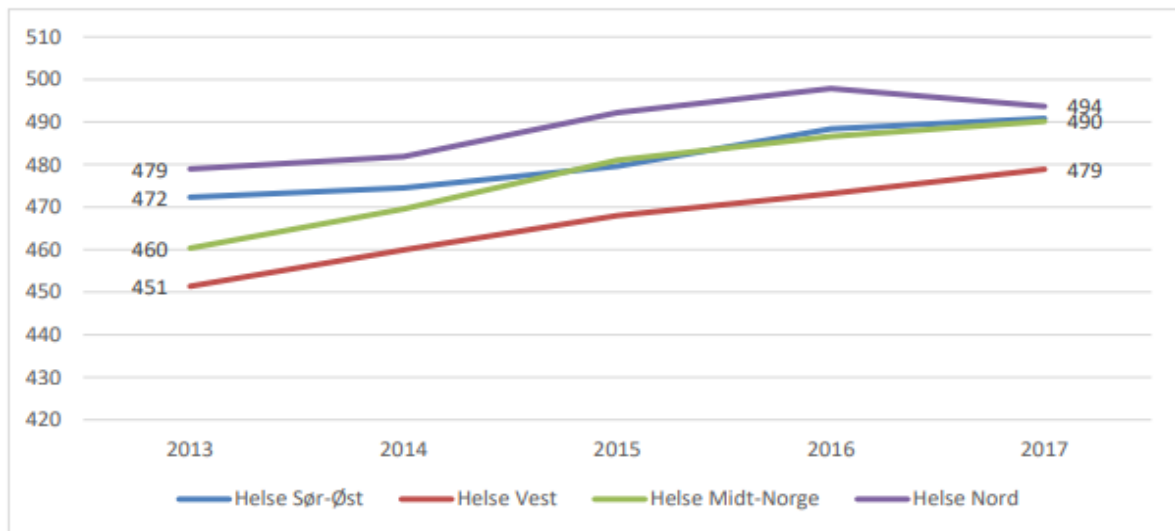
I Helsedirektoratet (2017b) sin rapport studeres forholdene som ligger bak det økende kostnadsnivået i spesialhelsetjenesten fra 2013 til 2017. I perioden 2013 til 2017 har befolkningsveksten i Norge vært økende, hvor økningen har vært spesielt markant for den eldre delen av befolkningen. I figur 1 vises utviklingen i befolkningstallet for hver aldersgruppe i Norge. Som figuren viser er befolkningsveksten vesentlig høyere for aldersgruppen 67-79 år enn for de øvrige aldersgruppene. Til tross for at det er en relativt liten økning i befolkningstallet for aldersgruppen 80 år og eldre, så forventes det at også denne aldersgruppen vil ha en større økning de kommende årene. På bakgrunn av dette antas det at det vil være en økende etterspørsel etter spesialhelsetjenesten de neste årene, som vil føre til høyere aktivitetsnivå og et høyere kostnadsnivå (Helsedirektoratet, 2017b).



Figur 1 Utvikling i befolkningstall for hver aldersgruppe (Helsedirektoratet, 2017b)

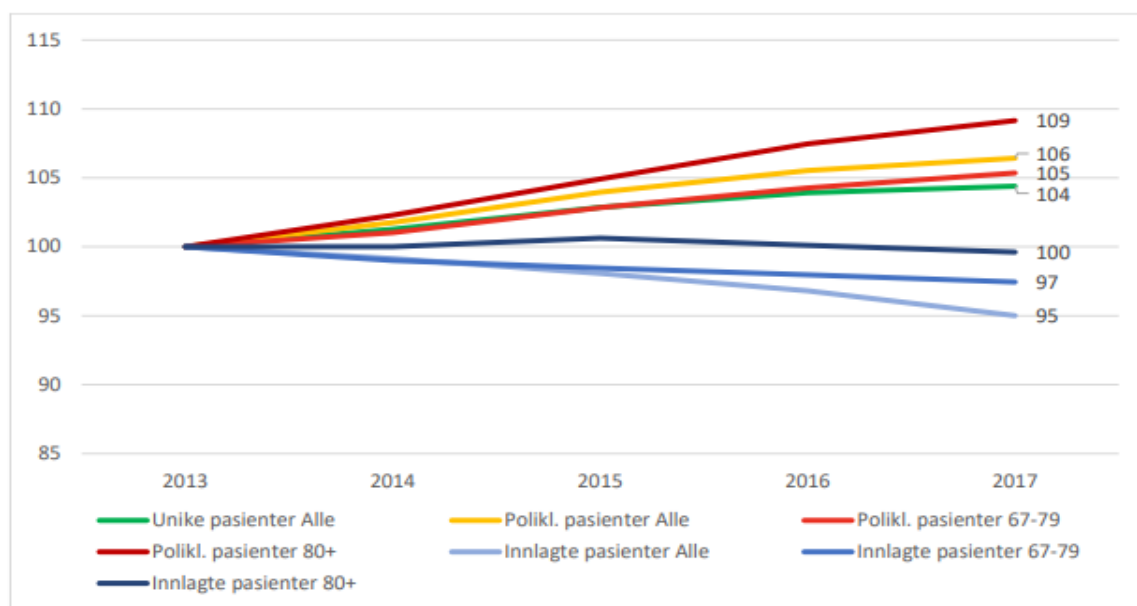
Figur 2 viser utviklingen i pasienter per 1000 innbygger for spesialhelsetjenesten i Norge. Som det kommer fram i grafen var andelen av befolkningen som benyttet seg av tjenester fra spesialhelsetjenesten økende i perioden 2013-2017. De fem siste årene har antall pasienter per 1000 innbygger økt, som innebærer at veksten i antall pasienter har vært høyere enn befolkningsveksten i Norge. Dette gjelder alle helseregionene, til tross for en svak tilbakegang for Helse Nord i perioden 2016-2017. Det er flere faktorer som påvirker økningen i aktivitetsnivået i spesialhelsetjenesten, som økningen i antall eldre innbyggere, økt

ressurstilgang, nye behandlingsmuligheter og mer effektive helseforetak (Helsedirektoratet, 2017b).



Figur 2 Utvikling i antall pasienter i spesialhelsetjenesten (Helsedirektoratet, 2017b)

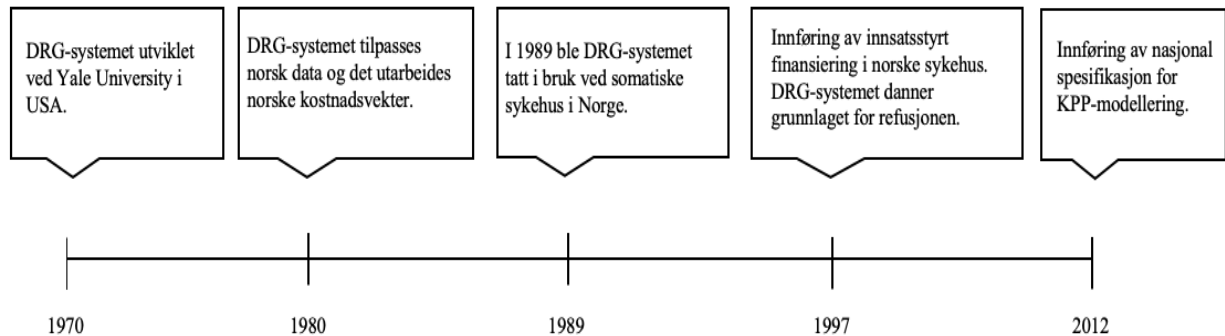
Figur 3 viser prosentvis økning i pasientrate (antall pasienter i spesialhelsetjenesten per 1000 innbyggere) for polikliniske og innlagte pasienter i ulike aldersgrupper. Som grafene viser har det vært en nedgang i antall innlagte pasient per innbygger for hele befolkningen i Norge. Samtidig kan man se at poliklinisk aktivitet for alle aldersgruppene har hatt en vesentlig økning de siste årene, og er hovedårsaken til den økte pasientveksten totalt sett i alle regionene (Helsedirektoratet, 2017b).



Figur 3 Prosentvis økning i pasientrate for ulike aldersgrupper (Helsedirektoratet, 2017b)

## 2.4 Finansieringsstrukturen i det norske helsevesenet

Denne delen av kapittelet redegjør for oppbyggingen av finansieringsstrukturen i det norske helsevesenet, herunder grunnlaget for finansieringen gjennom statsbudsjettet, kostnadsføring og måling av produksjon ved helseforetakene i Norge. I figur 4 illustreres en tidslinje som oppsummerer utviklingen av den nåværende finansieringsstrukturen i det norske helsevesenet.



Figur 4 Tidslinje for utviklingen av finansieringsstrukturen i det norske helsevesenet

### 2.4.1 Innsatsstyrt finansiering

Innsatsstyrt finansiering, heretter ISF, ble innført i den somatiske spesialhelsetjenesten 1. juli 1997. Fra og med 2017 ble ISF utvidet til å også gjelde polikliniske tjenester, psykisk helsevern og behandling av rusmiddelavhengige. ISF er en aktivitetsbasert bevilgning som de regionale helseforetakene mottar gjennom statsbudsjettet. Finansieringen av de regionale helseforetakene er delt opp i en basisbevilgning og en aktivitetsbasert bevilgning. Disse utgjør hver 50% av den totale bevilgningen som de regionale helseforetakene mottar gjennom statsbudsjettet (Helsedirektoratet, 2017c).

Basisbevilgningen er et fastsatt rammetilskudd som helseforetakene i Norge mottar uavhengig av aktivitetsnivået i hver region. Størrelsen på basisbevilgningen til de ulike helseforetakene i Norge avhenger av eksogene forhold som antall innbyggere, alderssammensetning og organisasjonsstruktur. Den aktivitetsbaserte bevilgningen (også kalt ISF-refusjon) beregnes på grunnlag av DRG- og STG-systemet. Størrelsen på den aktivitetsbaserte bevilgningen avhenger av aktivitetsnivået og hvor ressurskrevende behandlingene som gjennomføres ved helseforetakene er. Intensjonen bak ISF-ordningen er å understøtte "sørge-for-ansvaret" til de

regionale helseforetakene, hvor formålet med finansieringsordningen er å bidra til kostnadseffektiv pasientbehandling (Helsedirektoratet, 2017c).

### **2.4.2 Kostnad per pasient**

Kostnad per pasient, heretter KPP, er en betegnelse på en metodikk som benyttes ved helseforetakene i Norge som inneholder en parallell oppstilling av hvilken behandling som en pasient har mottatt og hvordan behandlingen kostnadsføres. Dette gjelder både døgnopphold, dagbehandlinger og polikliniske konsultasjoner (Helsedirektoratet, 2012).

Metodikken legger til grunn at enhver utredning og behandling av en pasient kan betraktes som en arbeidsprosess, hvor hver arbeidsprosess består av ulike delprosesser. Delprosessene fremkommer i KPP-modellen som en rekke medisinske tjenester. Disse kan for eksempel betraktes som besøk hos ulike avdelinger. Forbruket av disse tjenestene skal kunne kobles direkte opp mot hver enkel pasient slik at faktisk bruk av legemidler og forbruksmateriell kan knyttes direkte til pasienten. Med en slik oversikt kan man summere alle kostnadene som er knyttet opp mot tjenestene og vareforbruket en pasient mottar for å beregne nøyaktig kostnad per pasient (Helsedirektoratet, 2012).

KPP-modellen er ikke kun et verktøy for å få innsyn i pasientrelaterte kostnader, men gir også oversikt over den helsefaglige aktiviteten i et pasientforløp. Gjennom KPP-modelleringen får helseforetakene et datagrunnlag som gir grunnlag til å vurdere ressursforbruket opp mot behandlingskvalitet, praksisforskjeller og pasientforløp. Informasjonen som registreres gjennom KPP-modelleringen gir opplysninger om hvilken behandling pasienten har mottatt og hvilke ressurser som har blitt brukt til å behandle pasienten. Metoden fungerer dermed som en god informasjonskilde for å jobbe mot forbedringer i pasientbehandlingen og effektivisering ved sykehusene (Helsedirektoratet, 2012).

### **2.4.3 Diagnoserelaterte grupper**

Diagnoserelaterte grupper, heretter DRG, ble utviklet tidlig på 1970-tallet av en forskningsgruppe ved Yale University i USA. DRG-systemet ble implementert i det norske helsevesenet på slutten av 1980-tallet (Magnussen, 2016). Det er et klassifiseringssystem hvor

sykehusopphold og polikliniske konsultasjoner i somatiske institusjoner klassifiseres i grupper på bakgrunn av medisinske og ressursmessige behov. DRG-systemet gir både medisinsk og økonomisk informasjon om aktiviteten ved helseforetakene i Norge. Pasienter som har lignende medisinske behov og krever tilnærmet lik mengde med ressurser skal klassifiseres innenfor samme DRG. Gjennom klassifisering av pasientene gir DRG-systemet en oversiktlig beskrivelse av aktivitetsnivået og pasientsammensetningen ved et helseforetak. Som følge av at DRG-systemet er et felles system for alle helseforetakene i Norge, så åpner det også for muligheten til å sammenligne helseforetakene, til tross for at det behandles ulike pasienter ved de ulike helseforetakene (Helsedirektoratet, 2018).

I DRG-systemet klassifiseres pasientene per 2017 i 864 ulike grupper, som aggregeres i én av totalt 26 hoveddiagnosegrupper. Hensikten med DRG-systemet er å gruppere behandlingene som gjennomføres ved helseforetakene i Norge i et organisatorisk system. DRG-systemet baseres på populasjonsnivå og dermed kan det være stor bredde innenfor hver DRG når det gjelder ressursbruk og aktivitetsnivå, hvor det er vanlig for enkeltpasienter eller undergrupper at ressursbruken avviker fra gjennomsnittet. I DRG-systemet inkluderes alle aktivitetsbaserte kostnader som påløper i behandlingsløpet (Helsedirektoratet, 2018).

Pasientene grupperes i DRG-systemet ut fra informasjon som registreres om pasienten i sykehusets pasientadministrative system. Pasientene blir først plassert i en diagnosegruppe, med unntak av ressurskrevende prosedyrer som for eksempel transplantasjoner. Påfølgende grupperes pasientenes behandlingsløp i avdelingsopphold/konsultasjon, som deretter aggregeres til et sykehusopphold. Et sykehusopphold tilsvarer et avdelingsopphold dersom pasienten kun har oppholdt seg på en avdeling i løpet av oppholdet på sykehuset. Dersom pasienten har blitt overført på tvers av ulike avdelinger i løpet av oppholdet på sykehuset, så vil alle avdelingsoppholdene aggregeres til et sykehusopphold (Helsedirektoratet, 2016).

Innenfor hver DRG utarbeides det en kostnadsvekt som beskriver hvor ressurskrevende behandlingen er i forhold til gjennomsnittspasienten i Norge. Grunnlaget for beregning av kostnadsvekter er de vektete gjennomsnittskostnadene for hver DRG for alle helseforetakene i Norge med mer enn 5 sykehusopphold det foregående året. Helseforetakenes beregningsmodeller for kostnad per pasient følger en nasjonal standard, hvor data fra disse benyttes som grunnlag for beregning av kostnadsvektene. Den gjennomsnittlige kostnadsvekten for alle DRGer er 1,0 og har en fast enhetsrefusjon anno 2017 på 42 753 kr.

Kostnadsvektene og antall sykehusopphold for hver DRG utgjør tilsammen DRG-poeng. Denne sammenhengen kan beskrives ved (Helsedirektoratet, 2016):

$$DRG\text{-poeng} = \text{Kostnadsvekt} * \text{antall sykehusopphold} \quad (1)$$

DRG-poeng er en nasjonal standard som uttrykker aktivitetsnivå innenfor en DRG. DRG-poeng danner grunnlaget for beregningen av den aktivitetsbaserte bevilgningen til helseforetakene. Den totale bevilgningen til helseforetakene består som nevnt i kapittel 2.4.1 av en aktivitetsbasert bevilgning og en basisbevilgning, hvor disse utgjør 50% hver av den totale bevilgningen (Helsedirektoratet, 2018). Beregningen av ISF-refusjonen til helseforetakene er ifølge Espejord og Krogh (personlig kommunikasjon, 2019) gitt ved:

$$ISF\text{-refusjon} = DRG\text{-poeng} * \text{enhetsrefusjon} * 0,5 \quad (2)$$

### **3 Teori for denne studien**

Helseforetakene i Norge opptrer i et såkalt "cost-of-service" regulert marked, hvor kostnadene skal dekkes gjennom finansieringen fra statsbudsjettet. For å skape insentiver til å redusere kostnadene ved helseforetakene benyttes Shleifers konsept om målestokkonkurranse som overordnet teoretisk rammeverk. Det vil gjøres rede for hva og hvordan organisasjoner kan bruke benchmarking som styringsverktøy for å forbedre nåværende prosesser i organisasjoner. For å skape en grunnleggende forståelse av metodikken i studien vil det redegjøres for produktivitet og effektivitet samt Farrells effektivitetsbegreper som danner grunnlaget for Data Envelopment Analysis. Tilslutt vil det gjøres rede for tidligere forskning på fagfeltet.

#### **3.1 Målestokkonkurranse**

Ifølge Bogetoft (1997) er offentlige institusjoner ofte underlagt en såkalt "cost of service"-regulering. Dette innebærer at kostnadene ved offentlige institusjoner refunderes av statlige organer. Gjennom en slik regulering vil man ifølge Shleifer (1985) unngå velferdstap i form av monopolprising og samtidig gi insentiver til å opprettholde tilbudet i markedet. Siden inntektene til offentlige institusjoner følger kostnadene, så vil det ikke eksistere insentiver til å effektivisere driften. For å sikre kostnadskontroller, unngå sløsing og skape innovative kostnadseffektive løsninger foreslår Bogetoft (1997) at det burde innføres en modifisert prisregulering av rammevilkårene innenfor denne markedsformen.

I den akademiske litteraturen er det ifølge Bogetoft (1997) foreslått ulike metoder for å fremheve kostnadsbesparing i en "cost-of-service"-regulering. En metode som er benyttet i regulatorisk rettspraksis er Shleifer (1985) sitt rammeverk for målestokkonkurranse og relative prestasjonsevalueringer. I det teoretiske konseptet bak målestokkonkurranse foreslår Shleifer (1985) at organisasjoner som er underlagt "cost-of-service"-regulering burde sammenlignes mot en lignende organisasjon for å skape insentiver til kostnadsbesparelse. Gjennom en benchmarking kan regulatoren bruke kostnadene til den andre organisasjonen som en indikator for organisasjonens oppnåelige kostnadsnivå. For å oppnå den ønskelige effekten av benchmarking i målestokkonkurranse burde organisasjonene som sammenlignes ha en lignende organisasjonsstruktur og operere innenfor samme marked.

Shleifer (1985) illustrerer effekten bak målestokkonkurranse ved å ta utgangspunkt i to identiske organisasjoner, hvor regulatoren kan redusere kostnadene på lik linje i begge organisasjonene. Dersom en av organisasjonene reduserer kostnadene, så vil den identiske organisasjonen bli tvunget til å redusere kostnadene tilsvarende, ellers vil organisasjonen påføres et økonomisk tap. Gjennom bruk av benchmarking vil dermed organisasjoner få insentiver til å optimalisere driften. For å benytte denne modifiserte prisreguleringen, så kreves det ikke at regulatoren kjenner til teknologien bak kostnadseffektiviseringen hos den identiske organisasjonen. Gjennom bruk av regnskapsinformasjonen til den identiske organisasjonen vil regulatoren få den nødvendig informasjon som kreves for å vite hva som vil være oppnåelig kostnadsnivå for organisasjonen, og på bakgrunn av dette iverksette nødvendige tiltak for at organisasjonen skal være konkurransedyktig.

## **3.2 Benchmarking**

Benchmarking er ifølge B. Andersen og Pettersen (1995) prosessen med å kontinuerlig måle og sammenligne egne forretningsprosesser mot tilsvarende prosesser i ledende organisasjoner i bransjen for å innhente informasjon som kan bidra til å gjennomføre forbedringstiltak. Bogetoft og Otto (2010) trekker fram benchmarking som et verdifullt målstyringsverktøy for styrket beslutningstaking og kontroll i organisasjoner.

Ifølge B. Andersen og Pettersen (1995) er det flere argumenter for bruken av benchmarking som styringsverktøy i en organisasjon. Dersom en organisasjon setter forbedringsmål utfra egne historiske prestasjoner, så vil man ofte mangle kunnskap om hva som er nødvendig prestasjonsnivå i fremtiden. En organisasjon som sammenlignes mot en annen organisasjon går gjennom en aktiv læringsprosess som motiverer både ansatte og ledelse til endring og forbedring av nåværende prosesser i en organisasjon. Benchmarking bidrar også til at innsikt i andre organisasjoners forretningsprosesser bidrar til å utvikle en kritisk holdning til egne prosesser, og dermed finne kilden til hvilke forbedringer som burde gjøres. Gjennom bruk av benchmarking viser forskning at en organisasjon kan gjøre store forbedringer gjennom å tilpasse metoder fra andre organisasjoner til tross for at de operer innenfor ulike bransjer.



Effekten av benchmarking som styringsverktøy avhenger av *hva* og *hvem* en organisasjon sammenlignes mot. Ifølge B. Andersen og Pettersen (1995) finnes det tre ulike former for *hva* som kan sammenlignes ved bruk av benchmarking:

- *Prestasjonsbenchmarking*. Går ut på sammenligning av produktivitetsmål som for eksempel økonomiske nøkkeltall.
- *Prosessbenchmarking*. Handler om sammenligning av metoder og forretningsprosesser i organisasjoner.
- *Strategisk benchmarking*. Går ut på sammenligning av strategiske valg, hvor man innhenter informasjon til strategisk planlegging og posisjonering i en organisasjon.

B. Andersen og Pettersen (1995) presenterer videre fire ulike former for *hvem* som kan sammenlignes ved bruk av benchmarking:

- *Intern benchmarking*. Går ut på sammenligning mellom avdelinger eller datterselskap i samme organisasjon.
- *Konkurrentbenchmarking*. Handler om direkte sammenligning av egne prestasjoner/resultater mot konkurrenter i samme bransje.
- *Funksjonell benchmarking*. Går ut på sammenligning av prosesser eller funksjoner mot en ikke-konkurrerende organisasjon i samme marked.
- *Generisk benchmarking*. Handler om sammenligning av egen prosess i forhold til beste prosess i uansett bransje.

Gjennom benchmarking vil man ofte benytte ulike kombinasjoner av de overnevnte formene for benchmarking. Konkurrentbenchmarking er et verdifullt verktøy for en organisasjon som kan kombineres med for eksempel benchmarking av både prestasjonsnivå og/eller strategi. Forskningen i denne studien tar utgangspunkt i konkurrentbenchmarking kombinert med prestasjonsbenchmarking, hvor produktivitetsmål til organisasjonene benyttes som grunnlaget for benchmarkingen (B. Andersen & Pettersen, 1995).

I praksis finnes det ulike verktøy som kan benyttes til benchmarking. En velkjent metode for benchmarking er effektivitetsanalyse i form av DEA. DEA er ifølge Charnes et al. (1978) en matematisk programmeringsmetode for estimering av en beste praksis produksjonsfront hvor den relative effektiviteten til et sett med beslutningsenheter evalueres. Denne metoden egner seg ifølge Bogetoft (1997) til bruk for benchmarking i offentlig sektor som følge av at DEA krever lite teknologisk informasjon, er fleksibel og tillater en ikke-parametrisk modellering av

flere innsatsfaktorer og outputs samt at DEA-baserte kostnadsestimater er konservative ettersom de baseres på en indre tilnærming av produksjonsprosessen.

### 3.3 Produktivitet og effektivitet

Begrepene produktivitet og effektivitet er anvendt forskjellig i ulike sammenhenger i den akademiske litteraturen. Kittelsen og Førsum (2001) definerer produktivitet som forholdet mellom output som produseres og ressursene som inngår i produksjonen. Produktivitet med en innsatsfaktor ( $x$ ) og en output ( $y$ ) beregnes ved:

$$Produktivitet = \frac{y}{x} = \frac{Output}{Input} \quad (3)$$

Dette er en forenkling siden man kun ser på forholdet mellom en innsatsfaktor og en output. I virkeligheten ser en ofte at man bruker flere innsatsfaktorer for å produsere varer og tjenester, og dermed vil ikke beregningen ovenfor egne seg. Dersom man tar hensyn til flere faktorer i produksjonen, så må man ifølge Coelli, Rao, O'Donnell og Battese (2005) benytte seg av totalfaktorproduktivitet, heretter kalt TFP. Ved bruk av totalfaktorproduktivitet vil produktiviteten bli målt basert på eksempelvis antall output per ansatt eller antall output per produksjonstime. Variablene som inngår i innsatsfaktorene og outputene vektes med hensyn på deres relative betydning i produksjonsprosessen. Totalfaktorproduktivitet beregnes ved hjelp av pris- eller verdivektorer, gitt ved  $u_r$  og  $v_i$ :

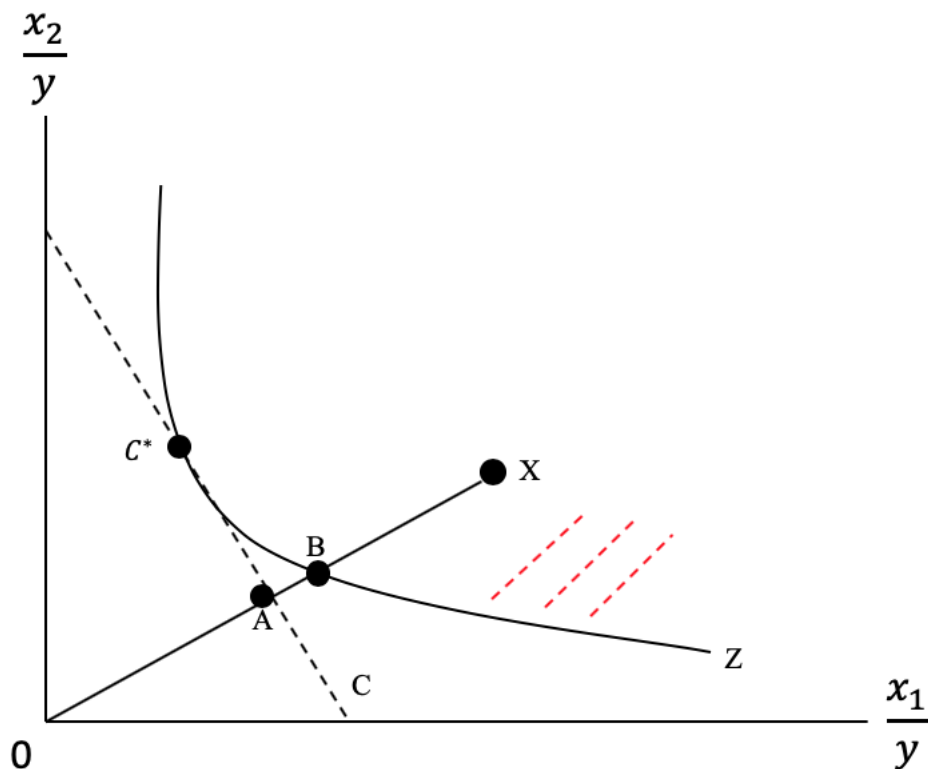
$$TFP = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} = \frac{\text{vektet sum output}}{\text{vektet sum input}} = \frac{R}{C} \quad (4)$$

$$r = (1 \dots, s), \quad i = (1 \dots, m)$$

Ifølge Kittelsen og Førsum (2001) defineres effektivitet som forholdet mellom faktisk produktivitet og best mulig produktivitet gitt begrensningene som en virksomhet opererer innenfor. Effektivitet i samfunnsøkonomisk økonomisk forstand kan deles opp i ytre og indre effektivitet. Indre effektivitet, også kalt produksjonsøkonomisk effektivitet, handler om å gjøre tingene riktig, hvor man ser på om produksjonen gjennomføres ved bruk av minst mulige ressurser. Ytre effektivitet handler derimot om å gjøre de riktige tingene, hvor man avveier verdien av en tjeneste opp mot ressursene som benyttes (Kittelsen & Førsum, 2001).

### 3.4 Farrells effektivitetsbegreper

Farrell (1957) introduserte et sett med effektivitetsbegreper som har etablert seg som en standard i beregningen av effektivitet. Effektivitetsberegningen til Farrell (1957) løser problemet med manglende priser, gitt at en kjenner til det maksimale produksjonsnivået for gitt ressursbruk, eller hva som vil være nødvendig ressursbruk for å produsere en gitt produksjonsmengde. Tanken bak effektivitetsbegrepene kan illustreres i figur 5.



Figur 5 Farrells (1957) effektivitetsbegreper

I figur 5 tas det utgangspunkt i to innsatsfaktorer som produserer en output gjennom ulike kombinasjoner av innsatsfaktorene. I figuren er mulighetsområdet det skraverte området til høyre for isokvanten gitt ved Z, som representerer fronten til mulighetsområdet. På fronten er det ikke lengre mulig å redusere bruken av innsatsfaktorer ytterligere uten å produsere et mindre kvantum av Y. Farrell (1957) definerer teknisk effektivitet ved å ta utgangspunkt i andel av ressursbruken X som kreves for å produsere observert mengde Y. Ved å foreta en proporsjonal reduksjon av alle innsatsfaktorene så vil man kunne nå fronten i punkt B. I dette tilpasningspunktet så vil man ha samme relative sammensetning av innsatsfaktorene som i X. I denne tilpasningen så vil det ikke være mulig å redusere bruken av innsatsfaktorer uten å

redusere kvantumet av produsert  $Y$ . Teknisk effektivitet kan beregnes ved nødvendig ressursbruk dividert på observert ressursbruk, altså  $TE = \frac{OB}{OX}$  (Farrell, 1957).

Videre antas det at innsatsfaktorene i produksjonen har priser gitt ved  $p_1$  og  $p_2$ . En kostnadslinje  $C$  tangerer fronten i figur 5, hvor helningen på kostnadslinjen er gitt ved  $-\frac{p_1}{p_2}$ . I dette tilfellet vil den optimale kombinasjon av innsatsfaktorer være sammensetningen som gir lavest kostnader per produserte enhet. I figur 5 er den mest kostnadseffektive tilpasningen i tangeringspunktet  $C^*$  hvor kostnadslinjen  $C$  tangerer fronten  $Z$ . Langs kostnadslinjen er totalkostnadene ved alle tilpasningspunktene like, og dermed vil punkt  $A$  representere de minst nødvendige kostnadene. Kostnadseffektivitet for en beslutningsenhet kan beregnes ved avstanden fra de minst nødvendige kostnadene delt på observerte kostnader, altså  $\frac{OA}{OX}$  (Farrell, 1957).

Effektivitetsberegninger kan enten være input- eller outputorientert. I en inputorientert modell er målet å redusere forbruket av innsatsfaktorer per produksjonsenhet. I en outputorientert modell er derimot hensikten å maksimere antall produserte output gitt en bestemt mengde tilgjengelige innsatsfaktorer (Farrell, 1957).

## 3.5 Forskningslitteratur

I denne delen av kapittelet presenteres tidligere effektivitetsanalyser som er gjort på sykehus ved bruk av DEA. Videre redegjøres det for fastsetting av restriksjoner på vektene i en DEA-modell i forskningslitteraturen. Gjennom litteraturgjennomgangen er hensikten å få innsikt i metodeanvendelsen og utarbeidelse av restriksjoner på vektene i en DEA-modell.

### 3.5.1 Decomposing the productivity differences between hospitals in the Nordic countries.

I forskningen bygger Kittelsen et al. (2015) på tidligere forskning av Kittelsen et al. (2009), Kittelsen et al. (2008), Linna, Häkkinen og Magnussen (2006) og Linna et al. (2010) som viser at somatiske sykehus i Finland har høyere produktivitet enn tilsvarende sykehus i andre nordiske land. Som følge av at metoden som er benyttet til å måle sykehusenes ytelse i de

tidligere studiene kan påvirke de empiriske effektivitetsmålene, så benyttes både DEA og SFA til å måle robustheten ved resultatene fra de tidligere studiene.

Studien til Kittelsen et al. (2015) gjennomføres ved bruk av en totrinnsanalyse. Det første trinnet består av en DEA-analyse hvor frontene er estimert ved bootstrapping algoritmen til Simar og Wilson (1998), hvor produktivitetsforskjellene dekomponeres til teknisk effektivitet, skalaeffektivitet og andre ulikheter i mulighetsutvalget mellom perioder og land. I det andre trinnet forklares DEA-effektivitet ved statistiske assosiasjoner mellom teknisk effektivitet og miljøvariablene i en regresjonsanalyse ved bruk av minste kvadraters metode. Tilslutt har Kittelsen et al. (2015) gjennomført en SFA-analyse hvor de har benyttet seg av den simultane estimeringen av front komponenten og effektivitetskomponenten.

Kittelsen et al. (2015) bruker driftskostnader som innsatsfaktor og output består av sykehusopphold, dagbehandling og pasientbesøk. De analyserer strukturelle forskjeller ved sykehusene i de nordiske landene ved bruk av dummyvariabler. Dummyvariablene består av faktorer som case-mix indeks og organisasjonsstruktur. Resultatene deres bekrefter tidligere funn som viser at finske sykehus er mer effektive enn sykehusene i de andre nordiske landene.

### **3.5.2 En nordisk komparativ analyse**

Kittelsen, Magnussen og Anthun (2007) studerer produktivitetsutviklingen i de fire nordiske landene i perioden 1999 til 2004. Den norske stat overtok eieransvaret for spesialhelsetjenesten i 2002, som medførte at eierskapet til sykehusene ble flyttet fra 19 fylkeskommuner til fem regionale helseforetak. Kittelsen et al. (2007) har sammenlignet det norske helsevesenet før og etter sykehusreformen med hensyn på produktivitet i helsesektoren. I forskningen har de sett på produktivitetsutviklingen i Norge parallelt med utviklingen i Finland, Sverige og Danmark, hvor disse er benyttet som kontrollgrupper i analysen.

I likhet med Kittelsen et al. (2015) benyttes en totrinnsanalyse bestående av DEA og regresjonsanalyse. I det første trinnet er frontene i DEA-analysen estimert ved bootstrapping algoritmen til Simar og Wilson (1998) for korreksjon av forventningsskjevhet i anslagene på produktivitet. I regresjonsanalysen er det både beregnet fixed-effekt (OLS) og random-effekt (GLS).

I forskningsmodellen bruker Kittelsen et al. (2007) driftskostnader ekskludert for kostnader tilknyttet kapital, forskning og utdanning som innsatsfaktor. For å harmonisere kostnadstallene på tvers av landene er det konstruert separate prisindekser for tre typer innsatsfaktorer: leger, sykepleier og andre kostnader. Som output har de benyttet DRG-poeng fra fem ulike kategorier. For å korrigere for målefeil i produktivitetmålingen har de benyttet variabler som pasientsammensetning, avvik fra forventet liggetid, teknologi, aktivitetsbasert finansiering og en tidsvariabel for å fange opp tidsspesifikke utviklinger.

Resultatene i studien viser at sykehusreformen har gitt en positiv effekt på produktiviteten i sektoren. Kittelsen et al. (2007) påpeker at bruken av de nordiske landene som kontrollgruppe har gitt resultatene den nødvendige statistiske forklaringskraften, hvor det er vist at effekten av reformen ikke skyldes endringer i teknologi eller andre endringer over tid som er felles for de nordiske landene.

### **3.5.3 The use of Data Envelopment Analysis with Probabilistic Assurance Regions for Measuring Hospital Efficiency**

I studien til Olesen og Petersen (2002) analyseres kostnadseffektiviteten ved 70 sykehus i Danmark. Bakgrunnen for studien er at ineffektivitet i helsesektoren antas å være en fremtredende bidragsyter til de høye kostnadene ved sykehusene i Danmark. Olesen og Petersen (2002) påpeker at effektivitetsmåling i helsesektoren er vanskelig å måle ettersom produksjonen ved sykehusene er ulik siden det gjennomføres forskjellige behandlinger ved sykehusene. For å gjennomføre analysen bruker Olesen and Petersen (2002) en DEA-modell med restriksjoner på vektene ved bruk av AR1.

Olesen og Petersen (2002) benytter i likhet med Kittelsen et al. (2007) og Kittelsen et al. (2015) driftskostnader ved sykehusene som innsatsfaktor, hvor utvalget består av de totale driftskostnadene til 70 danske sykehus. Produksjonen ved sykehusene måles gjennom et utvalg av antall sykehusopphold i 471 DRGer og 12 øvrige pasientgrupper relatert til psykiatriske behandlingsopphold og ambulansetrykninger.

For å fastsette restriksjonene på vektene i DEA-modellen ved bruk av AR1 benyttes gjennomsnittlige kostnadsestimater for hver DRG hvor disse vektet mot hverandre for å finne det relative forholdet mellom DRGene i utvalget. For å fastsette nedre og øvre grenser på det

relative forholdet mellom DRGene benyttes konfidensintervaller, hvor de estimerte effektivitetsmålene gis ulik sannsynlighet basert på følsomheten med hensyn til sannsynlighetsnivåene i spesifiserte konfidensintervaller (Olesen & Petersen, 2002).

### **3.5.4 Weight Restrictions in the DEA Benchmarking Model for Norwegian Electricity Distribution Companies – Size and Structural Variables**

I studien til Bjørndal, Bjørndal og Camanho (2009) undersøkes anvendeligheten av NVEs forslag om relative restriksjoner på vektene i en DEA-analyse innenfor kraftbransjen. Bjørndal et al. (2009) ser også på alternative løsninger for restriksjoner på vektene som virtual multipliers og absolutte begrensninger. I sammendraget vektlegges forskningen på relative restriksjoner på vektene.

Restriksjonene på vektene settes på outputvariablene som omhandler struktur og størrelse. Bjørndal et al. (2009) hevder at de nåværende DEA-modellene som brukes på fagfeltet inneholder outputvariabler med et stort innslag av slakk, og tilsier dermed at flere av beslutningsenhetene har nullverdier på skyggeprisene. En konsekvens av dette er at en del av ineffektiviteten ikke vil fanges opp i DEA-analysen.

Bjørndal et al. (2009) sier at urimelig høye effektivitetsmål i en DEA-modell tilsier at det kan være fornuftig å sette restriksjoner på vektene. Fastsetting av restriksjoner på vektene vil påvirke effektivitetsmålene i DEA-analysen, hvor strenge restriksjoner på vektene kan ha utilsiktede effekter på DEA-analysen hvor effektivitetsmålene bestemmes nøyaktig av begrensningene på de relative vektrestriksjonene. Ved fastsetting av restriksjoner på vektene i en DEA-modell er det viktig å ha et sett av vekter som inneholder en kombinasjon av vekter på de spesifiserte yttergrensene og virkelige relative vekter.

Gjennom studien fastsettes restriksjonene på vektene basert på det relative forholdet mellom outputvariablene, som i dette tilfellet er priser. Det relative forholdet mellom prisene fastsettes ved å vekte outputene i forskningsmodellen mot hverandre. For å finne nedre og øvre grenseverdier tillater Bjørndal et al. (2009) forholdet mellom prisene å variere mellom 1/3 og 3 det relative forholdet mellom prisene, hvor tilsvarende 1:9 forhold gjelder for alle vektrestriksjonene.

### **3.5.5 Reducing Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis**

Dyson og Thanassoulis (1988) tar for seg konsekvensene ved fritt valg av vektorer i en DEA-modell ved beregning av den relative effektiviteten til beslutningsenhetene. De foreslår å begrense fleksibiliteten ved fritt valg av vektorer gjennom å fastsette restriksjoner på vektene. Fritt valg av vektorer fører til at vektene til enkelte variabler kan få ekstremt lave verdier eller nullverdier, og ekskluderes fra beregningsgrunnlaget til effektiviteten. Dette fører til at effektivitetsmålet til en beslutningsenhet ikke reflekterer den virkelige prestasjonen til en beslutningsenhet. I likhet med Bjørndal et al. (2009) påpeker Dyson og Thanassoulis (1988) at dersom man får urimelige høye effektivitetsmål i en DEA-analyse kan det være fornuftig å fastsette restriksjoner på vektene i modellen.

Forskningen til Dyson og Thanassoulis (1988) evaluerer priser fra Metropolitan og London Borough Department. I motsetning til Olesen og Petersen (2002) innføres det restriksjoner på vektene ved bruk av absolutte vektrestriksjoner. Dyson og Thanassoulis (1988) fastsetter absolutte restriksjoner på outputvariablene ved bruk av koeffisientene i en regresjonsanalyse, hvor koeffisientene tilsvarer gjennomsnittlige kostnader per enhet. De fastsetter nedre grenseverdier på vektene til outputene som halvparten av gjennomsnittlige kostnader per enhet, og dermed løses problemet med ekstremt lave verdier og nullverdier på vektene.

### **3.5.6 Fastsetting av restriksjoner på vektene i den akademiske litteraturen**

I forskningslitteraturen finnes det ifølge Dyson og Thanassoulis (1988) ikke en klar tolkning av vektene i DEA, og ikke noen klar definisjon for hvordan restriksjonene på vektene bør fastsettes. I likhet med Olesen og Petersen (2002) fastsetter Thanassoulis, Portela og Despić (2008) restriksjoner på vektene til innsatsfaktorene ved bruk av AR1, hvor vektene til en DEA-modell uten restriksjoner på vektene benyttes som grunnlag for å utarbeide vektrestriksjonene. For å finne optimale vektorer normaliseres vektene ved å dividere vektene til innsatsfaktorene på vekten til output. For å skape et relativt forhold mellom vektene ved bruk av AR1 vektetes de normaliserte vektene til innsatsfaktorene mot vekten til den andre innsatsfaktoren. Thanassoulis et al. (2008) bruker det laveste og det høyeste relative forholdet mellom vektene til å fastsette nedre og øvre grenseverdier på vektene for hver innsatsfaktor i modellen.



I likhet med Thanassoulis et al. (2008) tar Cooper, Seiford og Tone (2007) utgangspunkt i vektene fra en DEA-modell uten restriksjoner på vektene for å utarbeide restriksjonene som fastsettes på vektene. Cooper et al. (2007) sier i likhet med Bjørndal et al. (2009) at ved fastsetting av restriksjoner på vektene burde settet med vekter ha en kombinasjon av relative vekter på spesifiserte yttergrenser og virkelige relative vekter. I DEA-modellen uten restriksjoner på vektene påpeker Cooper et al. (2007) at flere av vektene til både innsatsfaktorene og outputene er tilnærmet null, og er ikke i beregningsgrunnlaget for effektiviteten. For å forhindre dette settes det restriksjoner på vektene ved bruk av AR2, hvor det settes restriksjoner på vektene til både innsatsfaktorene og outputene. For å finne det relative forholdene mellom vektene vektet innsatsfaktorene mot hverandre og outputene mot hverandre. Videre benyttes det i likhet med Bjørndal et al. (2009) skaleringsfaktorer for å finne nedre og øvre grense, hvor Cooper et al. (2007) tillater det relative forholdet mellom vektene til både innsatsfaktorene og outputene å variere mellom 0,2 til 5 ganger det relative forholdet mellom vektene.

### **3.5.7 Oppsummering av forskningslitteratur**

Gjennom litteraturgjennomgangen kommer det fram at DEA er en anvendelig metode som kan brukes i ulike sammenhenger for å beregne effektivitet. I forskningen som er gjort ved bruk av DEA på sykehus av Kittelsen et al. (2015), Kittelsen et al. (2007) og Olesen og Petersen (2002) anvendes totale driftskostnader som innsatsfaktor, og output er gitt ved ulike elementer fra DRG-systemet. Gjennom studiene til Kittelsen et al. (2015), Kittelsen et al. (2007) og Olesen og Petersen (2002) kommer det fram at DEA er en velfungerende metode til å måle effektivitet i helsesektoren som følge av at DRG-systemet i helsevesenet skaper et sammenlignbart datamateriale. I litteraturen finnes det ingen klar tolkning av vektene i DEA, og dermed ikke noen klare retningslinjer for hvordan restriksjoner på vektene bør fastsettes. Som det kommer fram gjennom litteraturgjennomgangen benyttes det ulike metoder for fastsetting av vekter, hvor gjennomgående metoder er fastsetting av vektene på bakgrunn av relative forhold mellom vektene eller absolutte restriksjoner på vektene. I studiene til Olesen og Petersen (2002), Bjørndal et al. (2009) og Dyson og Thanassoulis (1988) konkluderes det med at implementering av restriksjoner på vektene løser problemet med urealistiske lave vekter på innsatsfaktorer og/eller output og gir samtidig bedre grunnlag for å diskriminere mellom effektive og ikke-effektive beslutningsenheter.

## 4 Metode

I dette kapittelet presenteres studiets design og metode som benyttes for å undersøke om UNN driver kostnadseffektivt sammenlignet med andre helseforetak i Norge. Metoden som anvendes til å studere kostnadseffektiviteten ved helseforetakene er bygget opp i to deler. Den første delen består av en DEA-modell uten restriksjoner på vektene, hvor denne benyttes som grunnlag for utarbeidelse av restriksjoner på vektene til DEA-modellen i den andre delen av studien. Den andre delen består av en tottrinnsanalyse, hvor det først gjennomføres en DEA-analyse med restriksjoner på vektene og beregning av optimal skalering av produksjonen ved helseforetakene. Videre anvendes en regresjonsanalyse for å studere årsakssammenhengen mellom kostnadseffektivitet og eksogene forhold. Til slutt brukes resultatene fra regresjonsanalysen til å justere effektivitetsmålene fra DEA-modellen med restriksjoner på vektene.

### 4.1 Data Envelopment Analysis

Basert på Farrell (1957) sitt teoretiske konsept bak effektivitet utviklet Charnes et al. (1978) metoden som kalles Data Envelopment Analysis. DEA er en deterministisk og ikke-parametrisk metode som evaluerer prestasjonen til et utvalg av referanseenheter som kalles for beslutningsenheter. Gjennom lineær programmering estimeres en produksjonsfront hvor den relative effektiviteten til et sett av beslutningsenheter evalueres mot hverandre i form av en benchmarking (Charnes et al., 1978).

Effektivitetsmålet i en DEA-analyse er et relativt tall mellom 0 og 1, hvor effektivitetsmålet viser hvordan beslutningsenhetens effektivitet er sammenlignet med de andre beslutningsenhetene i referansesettet. Effektivitetsmålet beregnes på grunnlag av observert mengde innsatsfaktorer og outputs samt avstanden til produksjonsfronten. De effektive beslutningsenhetene danner produksjonsfronten, som innhyller produksjonsmulighetsområdet til de øvrige beslutningsenhetene. Beslutningsenhetene som danner produksjonsfronten har den mest optimale sammensetningen av innsatsfaktorer og output, og disse anses som læremestre og gode referanseenheter for de ikke-effektive beslutningsenhetene i referansesettet. I en DEA-analyse vil de effektive beslutningsenhetene framstå som effektive, men teoretisk sett vil ikke ressursene nødvendigvis være maksimalt utnyttet av de effektive

beslutningsenhetene. Det kan eksistere potensialer for høyere effektivitet også blant de effektive beslutningsenhetene, og dermed et større produksjonsmulighetsområde (Bogetoft & Otto, 2010).

Som følge av den generelle dualiteten i LP-problemer så eksisterer det ifølge Charnes et al. (1978) også en primal og en dual formulering av LP-problemet. Ved bruk av DEA henviser dualformuleringen til omhyllingsmodellen og primalformuleringen til multiplikatormodellen. Dersom det ikke fastsettes restriksjoner på vektene i multiplikatormodellen så får man tilsvarende effektivitetsmål som ved bruk av omhyllingsmodellen. I denne studien benyttes multiplikatormodellen som følge av at den tillater å sette restriksjoner på vektene til variablene i modellen.

#### 4.1.1 CCR modellen

Charnes et al. (1978) introduserte DEA som metode for beregning av effektivitet. Forskningen deres gikk ut på ut å beregne relative effektivitetsmål til et sett med observasjoner under forutsetning om konstant skalautbytte. Denne modellen for beregning av effektivitet er kalt CCR-modellen. Ifølge Cooper, Seiford og Zhu (2004) kan den matematiske formuleringen av inputminimaliserende multiplikatormodell med konstant skalautbytte, også kjent som primalen, skrives som:

$$\max_{u_r, v_i} E_0 = \sum_{r=1}^s \mu_r y_{r0} \quad (5)$$

Når

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (6)$$

$$\sum_{r=1}^s \mu_r y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0 \quad (7)$$

$$\mu_r, v_i \geq \varepsilon > 0 \quad (8)$$

Hvor  $n$  viser antall beslutningsenheter,  $m$  viser antall input og  $s$  viser antall output. Videre er observert input og output gitt ved henholdsvis  $x_i$  og  $y_r$ . Vektene til innsatsfaktorene og output er gitt ved henholdsvis  $v_i$  og  $\mu_r$ , hvor restriksjon (8) indikerer at vektene må være større eller lik null. Restriksjon (6) indikerer at den vektete summen av alle innsatsfaktorene til en beslutningsenhet skal summeres til en. Ulikhet (7) tilsier at den vektete summen av alle outputs ikke kan overstige den vektete summen av alle innsatsfaktorene i modellen, hvor ingen av beslutningsenhetene kan få effektivitetsmål over 1. Det ikke-arkimediske elementet  $\varepsilon$  er i dette tilfellet et tall som er mindre enn alle positive tall. Målet med objektfunksjonen  $E_0$  er å finne vektene for output som maksimerer effektiviteten til beslutningsenheten. Det optimale forbruket er gitt ved  $E_0 * x_{i0}$  og forbedringspotensialet finnes ved  $(1 - E_0) * x_{i0}$  (Cooper et al., 2004).

#### 4.1.2 BCC modellen

CCR-modellens bruksområde begrenses siden den utelukkende antar konstant skalautbytte. Dersom beslutningsenhetene i et marked er underlagt offentlige reguleringer eller ufullstendig konkurranse, så vil ikke beslutningsenheter kunne operere på optimal skala. Om ikke alle beslutningsenheter opererer på optimal skala ved bruk av konstant skalautbytte, så vil effektivitetsmål for teknisk effektivitet bli påvirket av skalaeffektivitet (Coelli et al., 2005). Banker, Charnes og Cooper (1984) løste dette problemet gjennom å videreutvikle CCR-modellen til å ta hensyn til variabelt skalautbytte, som i litteraturen refereres til som BCC-modellen. Gjennom å legge til den frie variabelen  $u_0$  i CCR-modellen får man BCC-modellen, som tar utgangspunkt i variabelt skalautbytte. En inputminimaliserende multiplikatormodell med variabelt skalautbytte kan skrives som (Cooper et al., 2004):

$$\max_{u_r, v_i, u_0} E_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} - u_0 \quad (9)$$

Når

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (10)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - u_0 - \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \leq 0, \quad (j = 1, \dots, n) \quad (11)$$

$$v_i, u_r \geq \varepsilon \quad u_0 \text{ er en fri variabel} \quad (12)$$

Hvor det antas  $x_{ij}, y_{rj} \geq 0$ . Alle beslutningsvariablene i BCC-modellen er begrenset til å være positive, foruten  $u_0$  som kan være både positiv, negativ eller lik null. Den frie variabelen  $u_0$  er skyggeprisen til restriksjonene på  $\sum_{j=1}^n \lambda_j$  i omhyllingsmodellen. Den optimale verdien av  $u_0$  benyttes til å karakterisere skalaforutsetningene i modellen. Foruten den frie variabelen  $u_0$  så er betydningen av variablene tilsvarende som i CCR-modellen. Som følge av konveksiteten i modellen så vil ikke fronten være lineær som i CCR-modellen, men fronten vil omhylle observasjonene nærmere og danne et mindre produksjonsmulighetsområde. Dette fører til at effektivitetsmålene i BCC-modellen ofte blir høyere eller like som ved bruk av CCR-modellen (Cooper et al., 2004).

## 4.2 Skalaegenskaper

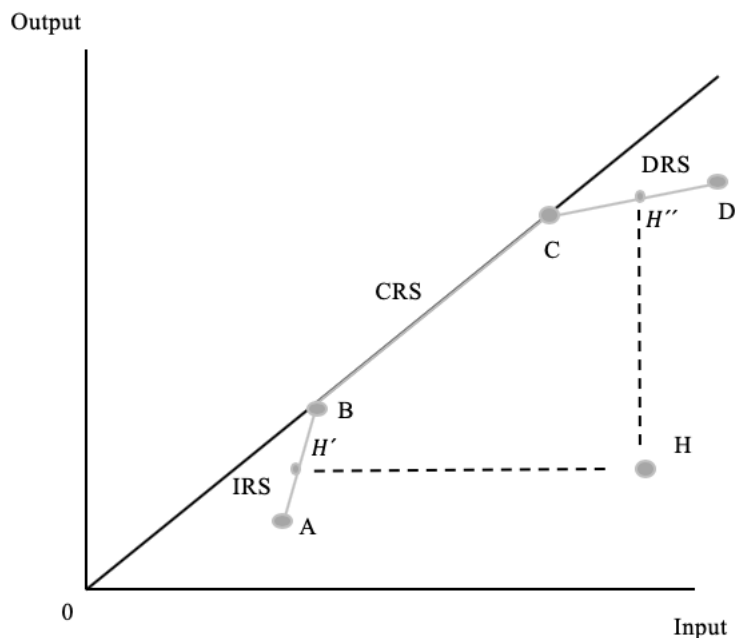
Ifølge Banker et al. (1984) forteller skalaegenskapene til en beslutningsenhet hvilken proporsjonal sammenheng det er mellom en økning i innsatsfaktorer og økning i output. Den teknologiske forutsetningen i konstant skalautbytte (CRS) indikerer at en økning i innsatsfaktorer vil føre til en proporsjonal økning i output. Variabelt skalautbytte (VRS) kan deles opp i økende skalautbytte og avtakende skalautbytte. Ved økende skalautbytte (IRS) vil man få større økning i output enn i innsatsfaktorer, mens ved avtakende skalautbytte (DRS) vil man få mindre økning i output enn i innsatsfaktorer. I primalformuleringen av BCC-modellen benyttes den optimale verdien av den den frie variabelen  $u_0$  til å karakterisere skalaforutsetningene i modellen. Skalaforutsetningene er gitt ved:

$$\text{Konstant skalautbytte (CRS): } u_0^* = 0 \quad (13)$$

$$\text{Økende skalautbytte (IRS): } u_0^* < 0 \quad (14)$$

$$\text{Avtakende skalautbytte (DRS): } u_0^* > 0 \quad (15)$$

De ulike skalaforutsetningene er illustrert i figur 6. CRS-fronten er fronten som går langs punktene 0, B og C. VRS-fronten er den konvekse fronten som går langs punktene AB, BC og CD. Beslutningsenheter som befinner seg langs VRS-fronten mellom punktene A og B har økende skalautbytte, mellom B og C har avtakende skalautbytte og mellom C og D har avtakende skalautbytte. Skalaforutsetningene i BCC-modellen avhenger om modellen forutsetter input- eller outputorientering, siden BCC-modellene har ulike projeksjonspunkter på VRS-fronten hvor skalaforutsetningen til modellen er avgjørende. Dersom modellen forutsetter inputorientering vil punkt H måles mot punktet H' på fronten, og vil dermed ha økende skalautbytte. En outputorientert modell måles mot punkt H'' på fronten og vil dermed ha avtakende skalautbytte (Banker et al., 1984).



Figur 6 Skalaegenskaper

Skalaeffektivitet er et mål på om en beslutningsenhet opererer under riktig skala. En organisasjon anses som skalaeffektiv dersom størrelsen på produksjonen er optimal slik at endringer i skaleringen av produksjonen vil føre til at organisasjonen blir skalaineffektiv (Coelli et al., 2005). Dersom man får ulike effektivitetsmål ved bruk av konstant og variabelt skalautbytte i en DEA-analyse, så er det tilstedeværelse av skalaineffektivitet. Det matematiske uttrykket for skalaeffektivitet er gitt ved å dividere effektivitetsmålene for CRS og VRS (Banker et al., 1984):

$$\text{Skalaeffektivitet (SE)} = \frac{TE_{crs}}{TE_{vrs}} \quad (16)$$

En beslutningsenhet opererer på optimal skala dersom skalaeffektiviteten er lik 1. Desto høyere skalaeffektiviteten til en beslutningsenhet er, desto nærmere er beslutningsenheten å operere på optimal skala. Dersom skalaeffektiviteten er signifikant forskjellig fra 1, så indikerer det at beslutningsenheten er ineffektiv i forhold til produksjonsskala.

Skalaeffektivitet er verdifull informasjon for en beslutningsenhet siden den indikerer hvor stor gevinsten er ved å justere produksjonsskalaen. Beregning av effektivitet under antakelse om variabelt skalautbytte uttrykker ren teknisk effektivitet og under antakelse om konstant skalautbytte uttrykker total effektivitet. Den totale effektiviteten kan dekomponeres i ren teknisk effektivitet og skalaeffektivitet. Dette kan vises matematisk ved å omskrive formelen for skalaeffektivitet med hensyn på total effektivitet (Bogetoft & Otto, 2010):

$$TE_{CRS} = TE_{VRS} * \text{Skalaeffektivitet} \quad (17)$$

## 4.3 Totrinnsanalyse

### 4.3.1 Trinn 1: DEA Assurance Region

I en DEA-modell uten restriksjoner på vektene kan beslutningsenhetene velge vekter for innsatsfaktorene og output som er mest gunstig gitt at alle andre må evalueres med samme vekter. Dette fører til at beslutningsenhetene viser seg fra sin beste side og at ingen av innsatsfaktorene og/eller outputene anses som viktigere enn andre. Friheten ved at hver beslutningsenhet kan velge egne vekter for innsatsfaktorene og/eller outputene er ikke fordelaktig når man skal diskriminere mellom effektive og ikke-effektive beslutningsenheter. En beslutningsenhet kan fremstå som effektiv ved å sette ekstremt lave vekter eller nullverdier på vektene for en eller flere av innsatsfaktorene og/eller outputene hvor beslutningsenheten presterer dårlig. Det fører til at disse innsatsfaktorene og/eller outputene ikke vil påvirke beregningsgrunnlaget for effektiviteten. Den økonomiske tolkningen av ekstremt lave vekter kan sammenlignes med at det kreves urealistiske lave ressurser for å produsere en enhet. Dette kan løses ved å sette restriksjoner på vektene ved bruk av multiplikatormodellen for å hindre at vektene til innsatsfaktorene og/eller outputene i

modellen blir urealistiske (Cooper et al., 2004; Thompson et al., 1986; Dyson & Thanassoulis, 1988; Cooper et al., 2007).

Ifølge Thanassoulis, Portela og Allen (2004) finnes det ulike restriksjoner på vektene som kan implementeres i en DEA-analyse ved bruk av multiplikatormodellen:

1. Absolutte vektrestriksjoner på bestemte vekter.
2. Restriksjoner ved bruk av virtual multipliers, som angir kombinasjoner av vekt og innsatsfaktorer/output.
3. Restriksjoner på relative forhold mellom vektene.

I modellen som benyttes i forskningen settes det restriksjoner på vektene på grunnlag av relative forhold mellom vektene. Denne metoden ble introduserte av Thompson et al. (1986) og kalles for assurance region. AR er egnet til å bruke i situasjoner med opplysninger om priser og dersom man ønsker å gå fra beregning av teknisk effektivitet til total effektivitet. Metoden er anvendelig dersom det er a priori informasjon om betydningen av den marginale substitusjonen mellom innsatsfaktorene eller output. Det skilles mellom to ulike varianter av AR for fastsetting av restriksjoner på vektene i en DEA-modell (Thanassoulis et al., 2004):

1. Assurance Region type 1, heretter AR1. Går ut på at restriksjonene settes på relative forhold mellom vektene for enten innsatsfaktorer eller output.
2. Assurance Region type 2, heretter AR2. Går ut på at restriksjoner settes på vektene til både innsatsfaktorer og output.

Som følge av at forskningen tar utgangspunkt i de aktivitetsbaserte kostnadene ved helseforetakene i Norge, så vil det være hensiktsmessig å benytte AR1 til å sette restriksjoner på vektene for innsatsfaktorene. Fastsetting av restriksjoner på vekter baseres på framstillingen til Cooper et al. (2007).

Gjennom fastsetting av restriksjoner på vektene ved bruk av relative forhold mellom vektene i AR1 settes det en nedre og øvre grense for de relative verdiene. Ved å legge en restriksjon på det relative forholdet mellom vektene til innsatsfaktor 1 og 2 så får man følgende ulikhet (Cooper et al., 2007):

$$L_{1,2} \leq \frac{v_2}{v_1} \leq U_{1,2} \quad (18)$$



Hvor  $v_1$  kan betraktes som en *numaire*. Generelt ved bruk av *numaire* så vil tallstørrelsen i ulikhetene påvirkes, hvor hvilken som helst verdi kan brukes som *numaire*. Dersom man antar  $m$  antall innsatsfaktorer, så kan verdiene til innsatsfaktorene begrenses på følgende måte (Cooper et al., 2007):

$$v_1 L_{1,i} \leq v_2 \leq v_1 U_{1,i} \quad (i = 2, \dots, m) \quad (19)$$

I litteraturen finnes det ulike metoder for å fastsette nedre og øvre grense på restriksjonene på vektene ved bruk av AR1. I denne studien tas det utgangspunkt i vektene som er i en DEA-modell uten restriksjoner på vektene. Som følge av at en beslutningsenhet kan fremstå som effektiv ved å sette ekstremt lave vekter eller nullverdier for en eller flere innsatsfaktorer hvor beslutningsenheten presterer dårlig, så gir det ikke et riktig bilde på effektiviteten til beslutningsenheten. Det tas utgangspunkt i gjennomsnittlige verdier over 0 på vektene til innsatsfaktorene som anvendes i modellen. Det relative forholdet mellom vektene ved bruk av AR1 er gitt ved:

$$L_{1,i} \leq \frac{v_i}{v_1} \leq U_{1,i} \quad (20)$$

I vår modell for analyse av helseforetak er det totalt fem innsatsfaktorer, hvor den første innsatsfaktoren betraktes som en *numaire* og benyttes til å danne det relative forholdet mellom vektene. Dermed får vi ifølge Vassdal (personlig kommunikasjon, 2019) følgende restriksjoner på vektene i modellen:

$$v_1 L_{1,2} - v_2 \leq 0 \quad (21a)$$

$$-v_1 U_{1,2} + v_2 \leq 0 \quad (21b)$$

$$v_1 L_{1,3} - v_3 \leq 0 \quad (22a)$$

$$-v_1 U_{1,3} + v_3 \leq 0 \quad (22b)$$

$$v_1 L_{1,4} - v_4 \leq 0 \quad (23a)$$

$$-v_1 U_{1,4} + v_4 \leq 0 \quad (23b)$$

$$v_1 L_{1,5} - v_5 \leq 0 \quad (24a)$$

$$-v_1 U_{1,5} + v_5 \leq 0 \quad (24b)$$

For å fastsette de nedre og øvre grenseverdiene benyttes skaleringsfaktorer. Ved fastsetting av skaleringsfaktorer er det ønskelig å få et sett med vektorer som består av en kombinasjon av spesifiserte yttergrenser og virkelige relative vektorer. I studien benyttes det skaleringsfaktorer hvor man tillater det relative forholdet mellom vektene å variere mellom 0,5 og 2 ganger det relative forholdet mellom vektene. Dermed blir matrisen med vekrestriksjoner bestående av  $(2 * m - 2)$  ligninger som implementeres i modellen som benyttes i forskningen. Når restriksjonene ovenfor settes inn i modellen bestående av fem innsatsfaktorer ( $m = 5$ ) så får man ifølge Vassdal (personlig kommunikasjon, 2019) følgende formulering av multiplikatormodellen under antakelse om CRS:

$$\max_{u_r, v_i} E_0 = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0} \quad (25)$$

Når

$$\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} = 1 \quad (26)$$

$$\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} - v_1 * x_{1j} - v_2 * x_{2j} - v_3 * x_{3j} - v_4 * x_{4j} - v_5 * x_{5j} \leq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (27)$$

$$v_1 * L_{1,2} - v_2 \leq 0 \quad (28)$$

$$v_1 * L_{1,3} - v_3 \leq 0 \quad (29)$$

$$v_1 * L_{1,4} - v_4 \leq 0 \quad (30)$$

$$v_1 * L_{1,5} - v_5 \leq 0 \quad (31)$$

$$-v_1 * U_{1,2} + v_2 \leq 0 \quad (32)$$

$$-v_1 * U_{1,3} + v_3 \leq 0 \quad (33)$$

$$-v_1 * U_{1,4} + v_4 \leq 0 \quad (34)$$

$$-v_1 * U_{1,5} + v_5 \leq 0 \quad (35)$$

$$u_r \geq 0, v_i \geq 0, \forall i \text{ og } r \quad (36)$$

Ved beregning av kostnadseffektiviteten med tilsvarende variabler under antakelsen om VRS tas den frie variabelen  $u_0$  med i modellen som vist i kapittel 4.1.2.

For å undersøke hvilke beslutningsenheter som anses som læremestre for de ineffektive beslutningsenheterne, så må skyggeprisene i modell (25)-(36) analyseres. Sammenhengen mellom primal- og dualformuleringen er en lovmessig matematisk sammenheng som omfatter alle LP-problemer. Ettersom multiplikatormodellen som benyttes i denne studien er en inputminimaliserende modell, så vil den duale formuleringen bli en outputmaksimerende omhyllingsmodell. De duale variablene, også kjent som skyggeprisene, til  $n$  antall ligninger i multiplikatormodellen er ifølge Vassdal (personlig kommunikasjon, 2019) gitt ved:

$$\sum_{r=1}^s u_r \cdot y_{rj} - \sum_{i=1}^m v_i \cdot x_{ij} \leq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \quad (37)$$

Disse kalles lambda og presenteres som  $\lambda_j (j = 1, \dots, n)$ .

På samme måte kan vi dele dualvariablene for de  $(2 * m - 2 = 8)$  nye restriksjonene i to grupper. Dualvariablene for nedre grenser kalles for  $\delta_k (k = 2, \dots, m)$ , og for øvre grenser kalles de  $\tau_k (k = 2, \dots, m)$ . Dualformuleringen er ifølge Vassdal (personlig kommunikasjon, 2019) dermed gitt ved ( $m = 5$ ):

$$\min_{\theta_0, \lambda_j, \delta_k, \tau_k} E_0 = \theta_0 \quad (38)$$

Når

$$\theta_0 \cdot x_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} + \sum_{k=2}^5 \delta_k L_{1,k} - \sum_{k=2}^5 \tau_k U_{1,k} \geq 0 \quad (i = 1) \quad (39)$$

$$\theta_0 \cdot x_{i0} - \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} - \delta_i + \tau_i \geq 0 \quad (i = 2, \dots, m) \quad (40)$$

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot y_{rj} \geq y_{r0} \quad (r = 1, \dots, s) \quad (41)$$

$$\lambda_j, \delta_k \text{ og } \tau_k \geq 0, \forall j \text{ og } k, \text{ og } \theta_0 \leq 0 \quad (42)$$

### 4.3.2 Optimal skalering av produksjon

Ved å ta utgangspunkt i skyggeprisene fra kapittel 4.3.1 kan man ifølge Banker et al. (1984) beregne den optimale skaleringen på produksjon til beslutningsenhetene i referansesettet. Gjennom å finne den optimale skalering på produksjonen vil man identifisere hvilke ineffektiviteter som inngår i effektivitetsmålet ved bruk av CRS. Den optimale skaleringen på produksjon kan beregnes ved (Banker et al., 1984):

$$\left( \frac{\theta_0^*}{\sum_{j=1}^n \lambda_j^*} X_0, \frac{1}{\sum_{j=1}^n \lambda_j^*} Y_0 \right) \in T \quad (43)$$

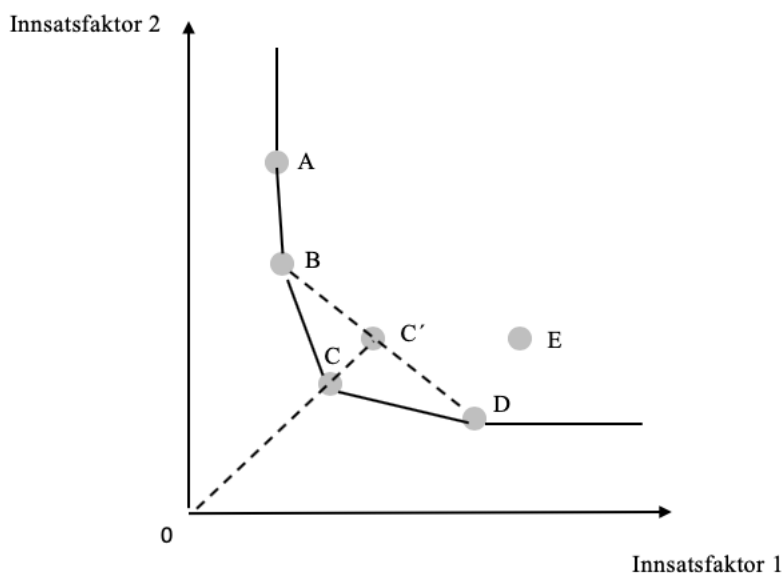
Hvor  $\theta_0$  er effektivitetsmålet til beslutningsenheten. Dersom  $\theta_0 = \theta_0^* = 1$  er skaleringen på produksjonen optimal. Fra uttrykk (43) beregnes den optimale produksjonen ved bruk av et sett innsatsfaktorer og output som er representert i vektorene  $X_0$  og  $Y_0$ , og  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^*$  som angir et mål på avviket mellom den faktiske skalastørrelsen og optimal produksjon for settet av innsatsfaktorer og output. Skyggeprisene  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^*$  brukes som et mål på skalaforutsetningen, hvor  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* > 1$  indikerer at beslutningsenheten har økende skalautbytte og  $\sum_{j=1}^n \lambda_j^* < 1$  tilsier at beslutningsenheten har avtakende skalautbytte (Banker et al., 1984).

### 4.3.3 Supereffektivitet

P. Andersen og Petersen (1993) har introdusert en utvidelse av DEA som betegnes som supereffektivitet. Ved bruk av supereffektivitet kan de effektive beslutningsenhetene oppnå høyere effektivitetsmål enn 1. Det fører til at også effektive beslutningsenheter får insentiver til å forbedre seg. Supereffektivitet kan også benyttes til å avdekke målefeil, identifisere

potensielle outliers og si noe om hvor mye en effektiv beslutningsenhet kan øke sitt ressursforbruk og fremdeles være på produksjonsfronten (Anderson, 2004).

For å illustrere hvordan supereffektivitet kan rangere de effektive beslutningsenhetene på produksjonsfronten tar P. Andersen og Petersen (1993) utgangspunkt i en modell med to innsatsfaktorer og en output. I figur 7 er A, B, C og D effektive beslutningsenheter som danner produksjonsfronten, og vil dermed ha et effektivitetsmål lik 1. Dersom man ekskluderer beslutningsenhet C fra referansesettet, så dannes en ny produksjonsfront mellom beslutningsenhetene A, B og D. Beslutningsenhet C vil ikke lengre ha seg selv i referansesettet, men en kombinasjon av beslutningsenhetene B og D som er gitt ved referansepunkt C'. Som følge av at beslutningsenhet C nå ligger utenfor mulighetsområdet, anses beslutningsenhet C som supereffektiv og har et effektivitetsmål større enn 1. Supereffektivitet kan beregnes ved avstanden mellom origo og referansepunkt C' dividert på avstanden mellom origo og C, altså  $\frac{OC'}{OC}$ . Beslutningsenhet C kan øke forbruket av innsatsfaktorer tilsvarende  $\frac{OC'}{OC} - 1$  og fremdeles fremstå som en effektiv. Beslutningsenhet E er ikke effektiv og er ikke med på å danne produksjonsfronten. Som følge av dette påvirkes ikke beslutningsenhet E ved beregning av supereffektivitet.



Figur 7 Supereffektivitet

Ifølge P. Andersen og Petersen (1993) kan den matematiske formuleringen av supereffektivitet under antakelse om konstant skalautbytte i en inputorientert omhyllingsmodell skrives som:

$$\min E_0 = \theta_0 \quad (44)$$

Når

$$\theta_0 \cdot x_{ij_0} \geq \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \lambda_j x_{ij} \quad (i = 1, \dots, m) \quad (45)$$

$$\sum_{\substack{j=1 \\ j \neq j_0}}^n \lambda_j y_{rj} \geq y_{rj_0} \quad (r = 1, \dots, s) \quad (46)$$

$$\lambda_j \geq 0 \quad (47)$$

$$j \neq 0, \quad (j = 1, \dots, n), \quad (i = 1, \dots, m), \quad (r = 1, \dots, s) \quad (48)$$

Restriksjon  $j \neq 0$  tilsier at effektive beslutningsenheter ikke kan benytte seg selv som referanseenheter (P. Andersen & Petersen, 1993). Supereffektivitet i en DEA-modell med restriksjoner på vektene er ikke programmert i pakken "Benchmarking" i R-studio, og må dermed løses manuelt. Dette gjøres ved å ekskludere de effektive beslutningsenhetene fra referansesettet. Det må gjøres for hver effektiv beslutningsenhet i utvalget, hvor man vil få effektivitetsmål som overstiger 1 for de effektive beslutningsenhetene som tas ut av referansesettet.

#### 4.3.4 Trinn 2: Regresjonsanalyse

I det andre trinnet gjennomføres en regresjonsanalyse som tar hensyn til eksogene variabler som kan påvirke kostnadseffektiviteten ved helseforetakene i Norge. Essensen i en regresjonsanalyse er at enhver endring i den avhengige variabelen  $y$  kan deles inn i to komponenter: en systematisk komponent og en tilfeldig komponent. Den systematiske komponenten består av en eller flere uavhengige variabler, mens den tilfeldige komponenten

består av et feilledd som representerer den delen av regresjonsmodellen som ikke beskriver det faktiske forholdet mellom de uavhengige variablene og den avhengige variabelen (Hill, Lim & Griffiths, 2012).

I forskningen benyttes minste kvadraters metode, heretter OLS, i regresjonsanalysen. OLS er en velfungerende metode for å finne årsakssammenhenger mellom effektivitetsmål i en DEA-analyse og eksogene variabler i en regresjonsanalyse (Hoff, 2007). Bogetoft og Otto (2010) kritiserer bruken av OLS på effektivitetsberegninger ved bruk av DEA, som følge av at effektivitetsmålene er begrenset til intervallet  $[0,1]$ . Dette unngås ved å bruke supereffektivitet istedenfor relativ effektivitet som følge av at effektivitetsmålene ved bruk av supereffektivitet kan overstige 1. Et velkjent fenomen ved bruk av supereffektivitet under antakelse om VRS er ifølge Seiford og Zhu (1999) at man kan få uløselige verdier. Dersom dette er tilfellet, så vil den resterende delen av totrinnsanalysen beregnes under antakelse om CRS. I regresjonsanalysen som benyttes i studien består den systematiske komponenten av en eksogen kontinuerlig variabel og en dummyvariabel.

#### **4.3.4.1 Korrigerings av kostnadseffektivitet for eksogene forhold**

Helseforetakene i Norge er lokalisert i ulike deler av landet, og dermed vil det være ulike eksogene forhold som påvirker driften av helseforetakene. Ifølge Fried, Schmidt og Yaisawarng (1999) kan eksogene variabler som eierstruktur, lokalisering, statlige reguleringer og fagforeninger påvirke effektiviteten som beregnes i en DEA-analyse. Som følge av dette vil det være hensiktsmessig å ta hensyn til eksogene variabler i beregningen av kostnadseffektivitet basert på de aktivitetsbaserte kostnadene ved helseforetakene.

Ifølge Coelli et al. (2005) finnes det ulike metoder som kan benyttes til å korrigere effektivitetsmålene i en DEA-analyse for eksogene variabler. De vanligste metodene er å inkludere eksogene variabler direkte i en LP-formulering eller gjennomføre en totrinnsanalyse. Ulempen med å inkludere eksogene variabler direkte i LP-formuleringen er at den krever at de eksogene forholdene består av kun kvantitative variabler, og dersom dette ikke er tilfellet så må man bruke spesifikke LP-modeller. I en totrinnsanalyse består den første delen av en DEA-analyse og i den andre delen korrigeres effektivitetsmålene fra DEA-analysen ved bruk av en regresjonsanalyse. Fordelen med bruk av totrinnsanalyse er at den kan beregnes både ved bruk av kvantitative og kategoriske variabler, og kan løses ved bruk av alle DEA-formuleringer. I denne studien består de eksogene variablene av en ikke-

kontrollerbar variabel og en dummyvariabel, og det er derfor mest hensiktsmessig å anvende en totrinnsanalyse for å korrigere effektivitetsmålene fra DEA-analysen.

For korrigering av effektivitet tar forskningen i denne studien utgangspunkt i framstillingen som er presentert i Amundsveen, Kordahl, Kvile og Langset (2014). En regresjonsmodell kan omskrives til:

$$\theta_i = \alpha + \beta * Z_i + \varepsilon_i \quad (i = 1, \dots, n) \quad (49)$$

Hvor  $\theta$  er supereffektivitetsmål fra DEA-analysen,  $\alpha$  er en konstant,  $Z$  er en matrise av eksogene variabler,  $\beta$  er koeffisienter fra regresjonsmodellen, og  $\varepsilon$  er et normalfordelt feilledd. I modellen benyttes absolutte verdier av de uavhengige variablene, hvor den avhengige variabelen er kostnadseffektiviteten til helseforetakene i Norge ved bruk av supereffektivitet. Korrigering av effektivitetsmålene i DEA-analysen for påvirkning av eksogene variabler er gitt ved (Amundsveen et al., 2014):

$$\theta_i^{corr} = \theta_i - Z\beta = x + \varepsilon_i \quad (50)$$



## 5 Datamateriale

I dette kapitlet presenteres datamaterialet som benyttes til å studere kostnadseffektiviteten ved helseforetakene i Norge. Datamaterialet er valgt med hensyn til studiens hensikt og er bearbeidet i samarbeid med økonomi- og analyseavdelingen ved UNN. Det vil først redegjøres for datainnsamling og definering av utvalget som danner grunnlaget for forskningsmodellen som benyttes i studien. Videre gjøres det rede for valget av variabler i sammenheng med tidligere forskningslitteratur for å sikre studiens troverdighet og relevans. Tilslutt presenteres en beskrivelse av variablene som benyttes i forskningsmodellen.

### 5.1 Datainnsamling

Forskningen i denne studien tar utgangspunkt i et datamateriale som består av KPP-leveranser og pasientgrunnlaget for alle helseforetakene i Norge for 2017. KPP-leveransene er bygget opp på bakgrunn av DRG-systemet og består av aktivitetsbaserte kostnader for hver DRG for alle helseforetakene i Norge. Datasettet er nytt for 2017, hvor de ulike helseforetakene ikke har hatt tilgang til å sammenligne de aktivitetsbaserte kostnadene deres mot andre helseforetak i Norge på tilsvarende måte tidligere. Pasientgrunnlaget består av befolkningstallet i hver region som er tilknyttet de ulike helseforetakene i Norge.

Datamaterialet er av sekundær art som følge av at det kun er tilgjengelig internt i de regionale helseforetakene. Videre er datamaterialet i sin helhet av kvantitativ art som følge av at det består av alle aktivitetsbaserte kostnader og befolkningstall for alle helseforetakene i Norge. Datamateriale er på et aggregert nivå, hvor man ser på de totale aktivitetsbaserte kostnadene for behandlingene på avdelingsnivå, og man vil derfor ikke kunne identifisere pasienter som er blitt behandlet ved helseforetakene.

Datamaterialet inneholder en betydelig mengde observasjoner for alle helseforetakene i Norge og sikrer dermed forskningens representativitet. Gjennom å studere trender i datamaterialet vil man kunne oppdage om noen av helseforetakene skiller seg ut på enkelte områder. Videre taler dette også for generaliserbarhet i datamaterialet, ettersom datamengden består av store mengder observasjoner av kostnadstall for alle helseforetakene og pasientgrunnlaget i Norge.

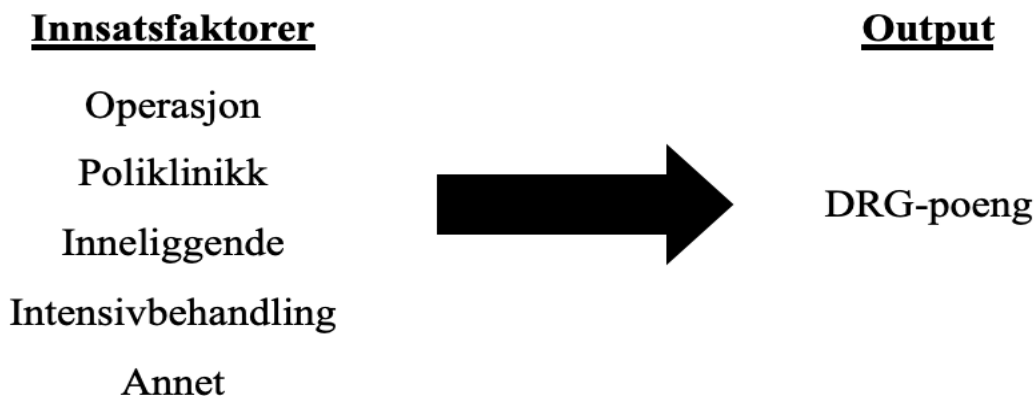
## 5.2 Definerings av utvalg

For å beregne kostnadseffektiviteten ved helseforetakene i Norge tar studien utgangspunkt i de aktivitetsbaserte kostnadene for behandlingene som er gjennomført ved helseforetakene i Norge i 2017. I Norge eksisterer det per 2017 4 regionale helseforetak som videre består av 22 ulike helseforetak. I tråd med ISF-regelverket som nevnt i kapittel 2.4.1 klassifiseres behandlingene i DRG-systemet. Per 2017 eksisterer det 864 ulike DRGer, hvor det er tilknyttet en kostnadsvekt til hver DRG. Som følge av at det er stor variasjon på hvilke behandlinger som gjennomføres ved de ulike helseforetakene, avhengig av størrelse og spesialisering, så vil det være hensiktsmessig å se på det aggregerte kostnadsbildet ved helseforetakene i Norge. Pasientgrunnet består av det totale befolkningstallet i totalt 426 kommuner og 19 fylker, som til sammen utgjør regionene de ulike helseforetakene har ansvaret for.

## 5.3 Forskningsmodell

For å danne et riktig bilde av kostnadseffektiviteten ved helseforetakene i Norge gjennomføres det en tottrinnsanalyse. I det første trinnet gjennomføres det en DEA-analyse med restriksjoner på vektene ved bruk av AR1 for å studere kostnadseffektiviteten ved helseforetakene. I det andre trinnet benyttes en multipl regrejonsmodell til å finne årsakssammenhenger mellom kostnadseffektivitet og ikke-kontrollerbare variabler ved bruk av OLS. Resultatene fra regrejonsanalysen brukes til å korrigere kostnadseffektiviteten i DEA-analysen.

Det første trinnet består av en inputminimaliserende multiplikatormodell ved bruk av DEA-AR, hvor målet er å redusere de aktivitetsbaserte kostnadene proporsjonalt uten å endre mengden antall produserte DRG-poeng. Innsatsfaktorene består av de totale aktivitetsbaserte kostnadene ved helseforetakene i Norge, hvor 11 kostnadssteder er aggregert til 5 kostnadssteder. Til å måle produksjonen benyttes DRG-poeng, som er en felles standard som brukes til måling av aktivitet ved helseforetakene i Norge.



Figur 8 Forskningsmodell

Det andre trinnet består av en regresjonsanalyse ved bruk av OLS, hvor det tas hensyn til eksogene forhold som påvirker driften ved helseforetakene i Norge. I regresjonsmodellen er kostnadseffektiviteten ved bruk av supereffektivitet i DEA-AR benyttet som avhengig variabel. Den systematiske komponenten består av pasientgrunlaget som en ikke-kontrollerbar variabel og en dummyvariabel som undersøker om det er forskjell på kostnadseffektiviteten ved helseforetak som er tilknyttet universitet eller ikke.

Regresjonsmodellen er gitt ved:

$$DEA\text{-effektivitet} = \beta_0 + \beta_1 * Pasientgrunnlag + \beta_2 * Organisasjonsstruktur + \varepsilon \quad (51)$$

## 5.4 Valg av variabler

For å sikre studiens troverdighet og relevans er utvalget av variabler til totrinnsanalysen avgjørende for å sikre studiens reliabilitet og validitet (Ringdal, 2007). For at DEA skal være en velfungerende metode må forskningsmodellen oppfylle kravene som ligger til grunn ved oppbyggingen av en DEA-modell. Dyson et al. (2001) presenterer fallgruvener som må unngås ved bruk av DEA. Dersom forskningsmodellen ikke tilfredsstillt kravene som ligger til grunn for DEA så vil man ikke kunne diskriminere mellom effektive og ikke-effektive helseforetak i Norge.

Ifølge Bogetoft (2012) er valg av innsatsfaktorer, output og kontekstuelle variabler det vanskeligste og samtidig det viktigste steget i utviklingen av forskningsmodellen. Det er ikke noen klare retningslinjer for hvor mange variabler som burde inkluderes i en DEA-modell. I forskningslitteraturen er det ulike synspunkter for hvor stort referansesettet burde være for at DEA skal være velfungerende. Ifølge Dyson et al. (2001) burde det være dobbelt så mange beslutningsenheter som antall variabler, mens Banker et al. (1984) hevder at en regel er at det burde være tre ganger så mange beslutningsenheter som antall variabler for at DEA skal være velfungerende.

For å tilpasse datamaterialet til forskningsmodellen som så ekskluderes et helseforetak som følge av at helseforetaket ikke har kostnadstall for en betydelig andel av DRGene. På bakgrunn av dette ble det vurdert at helseforetaket burde utelukkes fra utvalget. Som følge av dette tas det utgangspunkt i 21 av helseforetakene i Norge som anses som beslutningsenheter i forskningsmodellen. I den nasjonale spesifikasjonen for KPP-modellering kostnadsføres de aktivitetsbaserte kostnadene til 11 ulike kostnadssteder. For å skape en optimal kombinasjon av beslutningsenheter og antall variabler er det hensiktsmessig å aggregere kostnadsstedene for å tilfredsstille Banker et al. (1984) sin regel om at det minst burde være tre ganger så mange beslutningsenheter som antall variabler i en DEA-modell. Gjennom samarbeid med representanter fra økonomi- og analyseavdelingen ved UNN har vi kommet fram til hvilke aggregeringer som er hensiktsmessig med tanke på hvilke kostnadssteder som ofte overlappes i behandlingsløpet.

Det er hovedsakelig to ulike typer variabler som kan brukes i en DEA-analyse; kontrollerbare og ikke-kontrollerbare variabler. De kontrollerbare variablene er variabler som beslutningsenhetene har mulighet til å påvirke utfallet til, mens ikke-kontrollerbare variabler er eksogene variabler som er gitt og som ikke kan påvirkes direkte av beslutningsenhetene (Bogetoft, 2012).

Innføringen av en felles standard for kostnadsføring gjennom KPP-regelverket og DRG-systemet har åpnet muligheten for benchmarking av helseforetakenes aktivitetsbaserte kostnader og produksjon. Forskingen tar utgangspunkt i de totale aktivitetsbaserte kostnadene til helseforetakene i Norge, hvor kostnadene måles opp mot totalt antall produserte DRG-poeng. Dette er kontrollerbare variabler som helseforetakene har mulighet til å påvirke direkte gjennom å redusere kostnadene deres per produserte DRG-poeng. Videre anvendes en regresjonsanalyse som tar hensyn til både en ikke-kontrollerbar variabel og en

dummyvariabel. Dette er variabler som helseforetakene ikke har mulighet til å påvirke direkte, men som antas å påvirke kostnadseffektiviteten.

Korrelasjonsmatrisen i vedlegg 1 viser at det er relativt høy korrelasjon mellom variablene i forskningsmodellen etter aggregering. Korrelasjonen mellom de uavhengige variablene tilsier at disse kan gi unødvendig informasjon, som er forventet ved bruk av virkelig data. Dyson et al. (2001) påpeker at ved korrelasjon mellom innsatsfaktorene i DEA-modell kan det gjøres en vurdering hvorvidt man skal aggregere variablene ytterligere eller beholde variablene dersom en aggregering påvirker effektivitetsmålene. Ettersom det ønskes å se på ineffektiviteten ved de ulike kostnadsstedene velges det å beholde de fem innsatsfaktorene i forskningsmodellen. Til tross for dette viser korrelasjonsmatrisen at det er tilnærmet perfekt positiv korrelasjon mellom innsatsfaktorene og output, som indikerer at det er en sterk lineær assosiasjon mellom de aggregerte kostnadsstedene og antall produserte DRG-poeng ved helseforetakene i Norge

#### **5.4.1 Beskrivelse av innsatsfaktorer**

Forskningen baseres på nasjonale kostnadstall og pasientgrunnlag fra 2017 for helseforetakene i Norge. Innsatsfaktorene i forskningsmodellen består av de totale aktivitetsbaserte kostnadene til de ulike kostnadsstedene ved helseforetakene. Dette er ikke gjort i tidligere forskning, hvor Kittelsen et al. (2007), Kittelsen et al. (2015) og Olesen og Petersen (2002) har sett på totale kostnader for sykehus i sin helhet.

De aktivitetsbaserte kostnadene ved helseforetakene i Norge er som nevnt i kapittel 5.3 kostnadsført til 11 kostnadssteder fordelt på totalt 864 DRGer. De totale aktivitetsbaserte kostnadene til hvert av kostnadsstedene beregnes ved å summere kostnadene til hvert av kostnadsstedene for alle 864 DRGer i DRG-systemet. For å tilpasse innsatsfaktorene til DEA-modellen er det gjort en aggregering fra 11 til 5 kostnadssteder. Tabell 1 viser hvordan kostnadsstedene er aggregert.

Tabell 1 Aggregering av kostnadssteder

Kostnadssteder	Aggregerte kostnadssteder			
Operasjon	Anestesi			
Poliklinikk				
Inneliggende	Akuttmottak	Postoperativ		
Intensivbehandling				
Annet	Dialyse	Laboratorium	Radiologi	Strålebehandling

Kostnadsstedet *operasjon* gjelder for alle kirurgiske inngrep som gjennomføres både på dag- og innlagte pasienter. Hvilke operasjoner som gjennomføres identifiseres med definerte kirurgiske prosedyrekoder, varighet på operasjonen og hvilken type personell som har bidratt på prosedyren. Gjennom aggregeringen inngår også anestesi under operasjon. Anestesi er knyttet til anestesitjenester under operasjon, som vil være en egen kostnadsdriver.

Kostnadsstedet *poliklinikk* består av pasienter som behandles på poliklinikk. Polikliniske konsultasjoner omfatter også pasienter som er innlagt, men som samtidig har behov for poliklinisk behandling (Helsedirektoratet, 2012).

Kostnadsstedet *inneliggende* består av tiden pasienten er innlagt på sykehuset. Som følge av aggregeringen består også denne posten av akuttmottak og postoperativ. Akuttmottak består av pasienter som har registrert opphold i akuttmottaket, hvor observasjonspost også inngår i denne tjenesten. Postoperativ består av overvåking i forbindelse med operasjon og intensivbehandling. Følgende kostnadspost er ikke nevnt som et eget kostnadssted i Helsedirektoratet (2012), men det er gjort endringer i ettertid. Videre defineres *intensivbehandling* som kostnadene som påløper når pasienten oppholder seg hos intensivsenheten (Helsedirektoratet, 2012).

*Annet* er et samlet kostnadssted bestående av flere mindre avdelinger som er aggregert til et felles kostnadssted. Grunnen til det er at disse kostnadsstedene var vesentlig mindre enn de resterende kostnadsstedene samt at et flertall av helseforetakene ikke kostnadsførte behandlinger i en eller flere av disse kostnadsstedene. Kostnadsstedet *Annet* består av dialyse,

laboratorium, radiologi og strålebehandling (Helsedirektoratet, 2012). Dialyse en metode for å drive ut avfallsstoffer samt regulere kroppens vann-, salt- og syrebalanse når nyrefunksjonen er nedsatt eller ikke-eksisterende (Grevbo & Os, 2018). Laboratorium omfatter alle prøver, analyser og undersøkelser innenfor laboratoriefag. Videre består radiologi av diagnostiske undersøkelser og terapeutiske intervensjoner som utføres på radiologisk avdeling. Strålebehandling omfatter alle typer strålebehandling som skjer ved stråleenheten (Helsedirektoratet, 2012).

#### 5.4.2 Beskrivelse av output

For å måle produksjonen ved helseforetakene i Norge tas det i likhet med Kittelsen et al. (2007), Kittelsen et al. (2015) og Olesen og Petersen (2002) utgangspunkt i DRG-systemet. I studien brukes totalt antall produserte DRG-poeng ved de norske helseforetakene som output i DEA-modellen. Tidligere forskning av Kittelsen et al. (2007) og Kittelsen et al. (2015) viser at DRG-poeng er anvendelig som output i en DEA-analyse.

DRG-poeng er en nasjonal standard som uttrykker helseforetakenes aktivitetsnivå innenfor en DRG. DRG-poeng består av en kostnadsvekt og antall sykehusopphold innenfor hver DRG. Beregningen av DRG-poeng er gitt ved:

$$DRG\text{-poeng} = \text{Kostnadsvekt} * \text{antall sykehusopphold} \quad (52)$$

En kostnadsvekt beskriver hvor ressurskrevende behandlingen innenfor en DRG er i forhold til gjennomsnittspasienten (Magnussen, 2016). Kostnadsvektene utarbeides basert på informasjon fra det foregående året fra helseforetakene med ulik pasientsammensetning og ulikt kostnadsnivå. Kostnadsvektene er en relativ størrelse som fastsettes på grunnlag av gjennomsnittskostnadene innenfor en DRG på pasientnivå det foregående året. Antall sykehusopphold beskriver hvor mange pasienter som har blitt behandlet ved et helseforetak innenfor en DRG, hvor et sykehusopphold defineres som hele oppholdet på sykehuset fra pasienten legges inn til pasienten skrives ut. Uavhengig om pasienten er innom flere kostnadssteder så regnes dette som et sammenhengende sykehusopphold. Som følge av at forskningen tar utgangspunkt i det aggregerte kostnadsbildet, så summeres alle produserte DRG-poeng for hvert helseforetak i Norge.

### 5.4.3 Beskrivelse av eksogene variabler

For å undersøke om eksogene forhold har direkte påvirkning på kostnadseffektiviteten basert på de aktivitetsbaserte kostnadene er *pasientgrunnlaget* og *organisasjonsstrukturen* til helseforetakene tatt hensyn til i regresjonsanalysen. *Pasientgrunnlag* består av det totale befolkningstallet i Norge. Datasettet er inndelt i befolkningstallet for hver kommune og hvert fylke i Norge, som til sammen utgjør regionene til de ulike helseforetakene. I hver region har det tilknyttede helseforetaket det overordnede ansvaret for å tilby spesialhelsetjenester. *Pasientgrunnlag* er en ikke-kontrollerbar variabel som helseforetakene ikke kan påvirke, og må dermed tas i betraktning ved helseforetakene. *Organisasjonsstruktur* er en dummyvariabel som indikerer om helseforetakene er tilknyttet et universitet eller ikke.

### 5.4.4 Deskriptiv beskrivelse av data

Tabell 2 og 3 viser deskriptiv statistikk for variablene i forskningsmodellen. Dette er de aktuelle variablene som benyttes i analysen etter aggregeringen fra 11 til 5 kostnadssteder er gjennomført. Tabell 2 viser gjennomsnitt, median, skjevhet og kurtose og tabell 3 viser størst, minst og standardavvik. Som det kommer fram i tabellene er det store variasjoner i størrelsen på kostnadsstedene innenfor de ulike innsatsfaktorene. Tabell 2 viser at det er en positiv skjevhetsfordeling blant kostnadsstedene, hvor halen befinner seg mot høyre. Kurtosen til kostnadsstedene *inneliggende*, *intensivbehandling* og *annet* indikerer at observasjonene er sentrert rundt gjennomsnittet, hvor det også vil være noen ekstremverdier som avviker fra gjennomsnittet. De øvrige kostnadene har en kurtose som tilsier at det er større spredning fra gjennomsnittet, foruten DRG-poeng som har en kurtose og skjevhetsfordeling som tilsier at den er tilnærmet normalfordelt. Dummyvariabelen *organisasjonsstruktur* tas ikke med i den deskriptive beskrivelsen ettersom den bare viser verdi 1 og 0, som angir om helseforetaket er tilknyttet et universitet eller ikke.



Tabell 2 Deskriptiv statistikk

	<b>Gjennomsnitt</b>	<b>Median</b>	<b>Skjevhet</b>	<b>Kurtose</b>
<b>Operasjon</b>	477 454 189	464 050 967	1,23	1,15
<b>Poliklinikk</b>	559 075 895	478 107 790	0,73	-0,08
<b>Inneliggende</b>	1 678 919 832	1 440 171 599	2,43	6,66
<b>Intensivbehandling</b>	221 894 143	155 038 345	3,38	11,28
<b>Annet</b>	221 894 143	179 551 008	2,84	8,43
<b>DRG-poeng</b>	66 329	62 067	1,6	2,93
<b>Pasientgrunnlag</b>	264 790	232 660	0,7	-0,49

Tabell 3 Deskriptiv statistikk

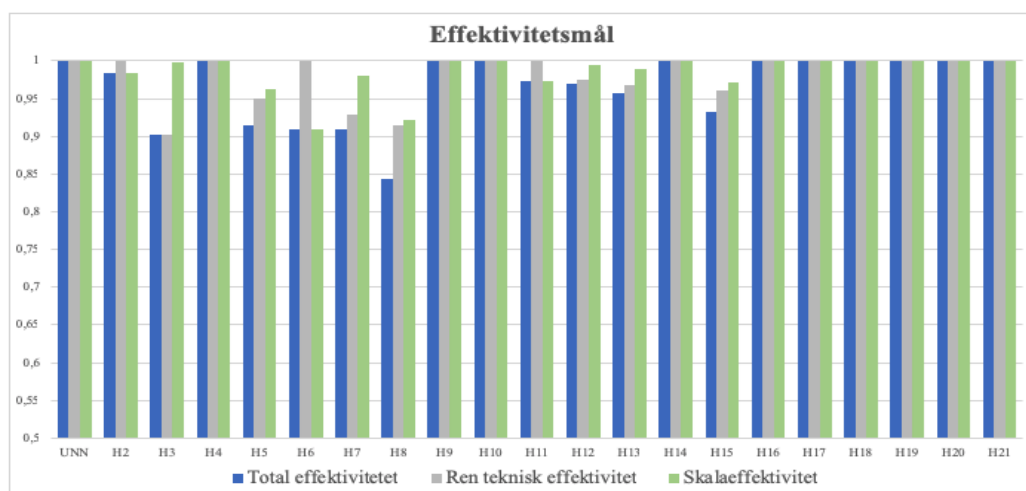
	<b>Størst</b>	<b>Minst</b>	<b>Standardavvik</b>
<b>Operasjon</b>	1 532 493 315	74 981 532	361 089 697
<b>Poliklinikk</b>	1 451 029 851	89 907 550	346 980 358
<b>Inneliggende</b>	7 294 681 769	344 337 184	149 321 2861
<b>Intensivbehandling</b>	1 446 161 528	43 584 582	294 368 809
<b>Annet</b>	1 537 524 332	212 824 477	324 168 661
<b>DRG-poeng</b>	238 045	12 714	52 238
<b>Pasientgrunnlag</b>	673 469	51 999	168 445

## 6 Resultater

I dette kapitlet presenteres resultatene fra analysen. I den første delen av kapitlet redegjøres det for resultatene fra DEA-modellen uten restriksjoner på vektene. Den andre delen av kapitlet består av en totrinnsanalyse, hvor det første trinnet viser resultatene fra DEA-AR. Herunder presenteres også resultatene for skalaeffektivitet, optimal skalering av produksjonen og supereffektivitet. I det andre trinnet framstilles resultatene fra regresjonsanalysen og kostnadseffektiviteten etter korrigeringen for eksogene forhold.

### 6.1 Del 1: Resultater fra DEA uten restriksjoner på vektene

I vedlegg 3 vises resultatene fra DEA-modellen uten restriksjoner på vektene. Figur 9 illustrerer resultatene for total effektivitet, ren teknisk effektivitet og skalaeffektivitet. I figuren framstår UNN i likhet med en stor andel av helseforetakene som effektive både ved beregning av total effektivitet, ren teknisk effektivitet og skalaeffektivitet. I vedlegg 4 og 5 er vektene som er beregnet i DEA-modellen for total effektivitet og ren teknisk effektivitet. Som det kommer fram i vedlegg 4 og 5 er det et stort innslag av nullverdier på vektene for innsatsfaktorene under begge skalaforutsetningene, som tilsier at disse ikke er med i beregningsgrunnlaget for kostnadseffektivitet.



Figur 9 Effektivitetsmål uten restriksjoner på vektene

I tabell 4 fordeles beslutningsenhetene inn i effektivitetsintervall hvor det skilles mellom total effektivitet, ren teknisk effektivitet og skalaeffektivitet. Tabellen viser at det er et betydelig antall helseforetak som fremstår som kostnadseffektive i utvalget. Det er kun én beslutningsenhet som befinner seg i effektivitetsintervallet mellom 0,8 og 0,9 ved beregning total effektivitet, mens de resterende beslutningsenhetene har effektivitetsmål over 0,9. Ved beregning av ren teknisk effektivitet og skalaeffektivitet befinner alle beslutningsenhetene seg i effektivitetsintervallet 0,9 til 1. Den deskriptive statistikken i vedlegg 2 viser at gjennomsnittlige effektivitetsmål for total effektivitet, ren teknisk effektivitet og skalaeffektivitet er på henholdsvis 0,97, 0,98 og 0,99. Som følge av at det er urimelige mange effektive helseforetak ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet, så er resultatene lite meningsfulle.

Tabell 4 Effektivitetsintervall uten restriksjoner på vektene

Effektivitetsintervall	CRS	VRS	Skalaeffektivitet
1	11	14	11
$0,9 < E_0 < 1$	9	7	10
$0,8 < E_0 < 0,9$	1	0	0
<b>Totalt</b>	21	21	21

## 6.2 Del 2: Totrinnsanalyse

### 6.2.1 Trinn 1: Resultater fra Data Envelopment Analysis – Assurance Region

Resultatene fra DEA-modellen uten restriksjoner på vektene estimerte at tilnærmet alle helseforetakene i Norge drives kostnadseffektivt ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet. Dermed mister man muligheten til å diskriminere mellom effektive og ikke-effektive helseforetak. Dette skjer som følge av at beslutningsenhetene fritt kan velge egne vekter for innsatsfaktorer og outputs, og kan dermed påvirke grunnlaget for beregning av effektivitet. Som følge av dette vil det være hensiktsmessig å sette restriksjoner på vektene for

å forhindre at helseforetakene får urealistiske lave vekter på enkelte innsatsfaktorer. Ved å implementere restriksjoner på vektene ved bruk av DEA-AR kan man i større grad diskriminere mellom effektive og ikke-effektive beslutningsenheter.

### 6.2.1.1 Total effektivitet og ren tekniske effektivitet

Tabell 5 og 6 viser restriksjonene som er beregnet for nedre og øvre grenseverdier som settes på vektene til innsatsfaktorene ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet. Det relative forholdet mellom vektene består av gjennomsnittlige vekter større enn 0 fra DEA-modellen uten restriksjoner på vektene, hvor nedre og øvre grense er beregnet ved skaleringsfaktorene 0,5 og 2 i et 1:4 forhold mellom grenseverdiene. Som tabell 5 og 6 viser benyttes det ulike restriksjoner på vektene ved bruk av de ulike skalaforutsetningene. Dette er som følge av at restriksjonene på vektene beregnes på bakgrunn av vektene i DEA-modellene under antakelse om CRS og VRS uten restriksjoner på vektene. Framgangsmåten for fastsettelse av vektrestriksjonene er utdypet nærmere i kapittel 4.3.1.

Tabell 5 Vektrestriksjoner CRS

	$\frac{v_{\text{poliklinikk}}}{v_{\text{operasjon}}}$	$\frac{v_{\text{inneliggende}}}{v_{\text{operasjon}}}$	$\frac{v_{\text{intensivbehandling}}}{v_{\text{operasjon}}}$	$\frac{v_{\text{annet}}}{v_{\text{operasjon}}}$
<b>0,5</b>	0,36	0,13	0,21	0,73
$\frac{v_x}{v_{\text{operasjon}}}$	0,73	0,27	0,43	1,46
<b>2</b>	1,46	0,54	0,85	2,92

Tabell 6 Vektrestriksjoner VRS

	$\frac{v_{\text{poliklinikk}}}{v_{\text{operasjon}}}$	$\frac{v_{\text{inneliggende}}}{v_{\text{operasjon}}}$	$\frac{v_{\text{intensivbehandling}}}{v_{\text{operasjon}}}$	$\frac{v_{\text{annet}}}{v_{\text{operasjon}}}$
<b>0,5</b>	0,24	0,19	0,33	0,34
$\frac{v_x}{v_{\text{operasjon}}}$	0,48	0,38	0,66	0,68
<b>2</b>	0,96	0,76	1,32	1,36

I vedlegg 6 og 7 vises kontrollberegningene av yttergrensene som er satt ved bruk av restriksjoner på vektene i multiplikatormodellen under antakelse om CRS og VRS. Man kan se at samtlige relative vekter er innenfor de spesifiserte yttergrensene som er satt, hvor settet

med vektorer som benyttes består av en kombinasjon av vektorer på spesifiserte yttergrenser og virkelige relative vektorer.

I tabell 7 er helseforetakene fordelt inn i effektivitetsintervall. Resultatene ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet er gjort ved bruk av multiplikatormodellen med restriksjoner på vektene fra tabell 5 og 6. Som tabell 7 viser er det nå henholdsvis 4 og 8 effektive beslutningsenheter ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet. Tabellen viser at flere av helseforetakene både ved total effektivitet og ren teknisk effektivitet befinner seg innenfor lavere effektivitetsintervaller enn i DEA-modellen uten restriksjoner på vektene.

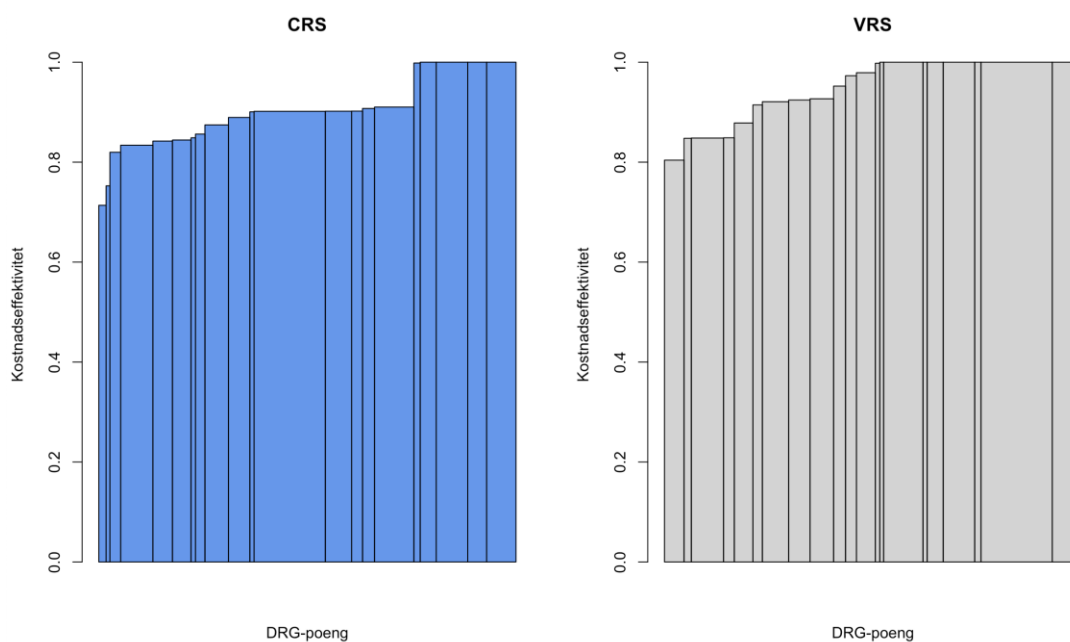
Tabell 7 Effektivitetsintervall DEA-AR

Effektivitetsintervall	CRS	VRS
<b>1</b>	4	8
<b><math>0,9 &lt; E_0 &lt; 1</math></b>	7	8
<b><math>0,8 &lt; E_0 &lt; 0,9</math></b>	8	5
<b><math>0,7 &lt; E_0 &lt; 0,8</math></b>	2	0
<b>Totalt</b>	21	21

Vedlegg 9 viser at effektivitetsmålet til UNN under antakelse om CRS er 0,842. Deskriptiv statistikk i vedlegg 8 viser at det gjennomsnittlige effektivitetsmålet under antakelse om CRS er 0,89, hvor det laveste og høyeste effektivitetsmålet er på henholdsvis 0,714 og 1. Dette indikerer at UNN har lavere kostnadseffektivitet enn gjennomsnittet, til tross for at de ikke har lavest kostnadseffektivitet i Norge. Vedlegg 10 viser at effektivitetsmålet til UNN under antakelse om VRS er 0,804. I vedlegg 8 viser deskriptiv statistikk at det gjennomsnittlige effektivitetsmålet under antakelse om VRS er på 0,944, hvor det laveste og høyeste effektivitetsmålet er på henholdsvis 0,804 og 1. Ved beregning av ren teknisk effektivitet tilsier resultatene at UNN har lavest kostnadseffektivitet av alle helseforetakene, og har vesentlig lavere kostnadseffektivitet enn gjennomsnittet. Videre viser deskriptiv statistikk i vedlegg 8 at standardavviket ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet er

på henholdsvis 0,08 og 0,065, som indikerer at det er relativt lav spredning fra gjennomsnittet under begge skalaforutsetningene.

Produksjonen ved helseforetakene i Norge måles som nevnt i kapittel 2.4.3 i antall produserte DRG-poeng, og er et mål på aktivitetsnivået ved helseforetakene. Barplottene i figur 10 viser kostnadseffektiviteten som beregnes i DEA-AR på den vertikale akse, som sees i sammenheng med antall produserte DRG-poeng ved helseforetakene gitt ved bredden på stolpene i diagrammene. I figur 10 er kostnadseffektiviteten ved beregning av total effektivitet til venstre og ren teknisk effektivitet til høyre.



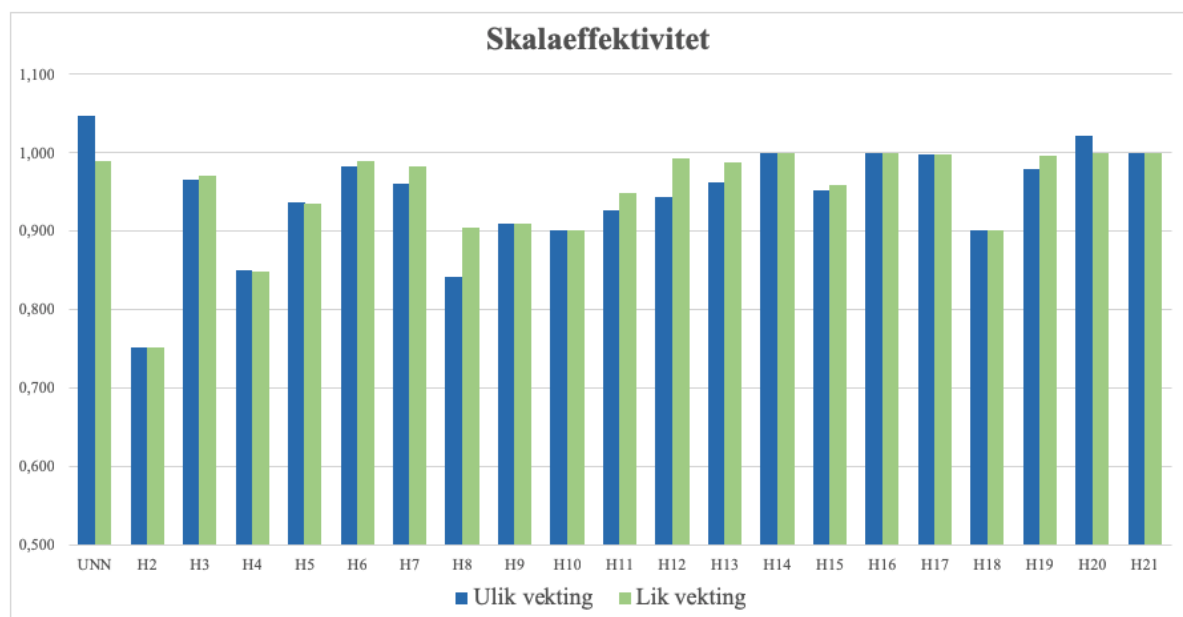
Figur 10 Barplot for CRS og VRS

### 6.2.1.2 Skalaeffektivitet

Skalaeffektivitet beregnes ved å ta utgangspunkt i forholdet mellom total effektivitet og ren teknisk effektivitet, hvor skalaeffektivitet er et mål på effektivitet som avhenger av helseforetakenes størrelse og skalautnyttelse. I vedlegg 11 vises effektivitetsmålene for skalaeffektivitet beregnet ved bruk av multiplikatormodellen med restriksjoner på vektene som er angitt i tabell 5 og 6. Dersom man tar utgangspunkt i ulike restriksjoner på vektene, altså restriksjoner beregnet ved både total effektivitet og ren teknisk effektivitet fra tabell 5 og 6, så får man effektivitetsmål som er større enn 1. Dette fenomenet er illustrert i figur 11 hvor flere av helseforetakene får effektivitetsmål som overstiger 1. Som følge av at skalaeffektivitet per definisjon er et effektivitetsmål mellom 0 og 1, hvor et effektivitetsmål

på 1 indikerer at en beslutningsenhet anses som skalaeffektiv, så vil ikke resultatene være tolkbare.

For å forhindre at effektivitetsmålene overstiger 1 ved bruk av restriksjoner på vektene i multiplikatormodellen, så må restriksjonene på vektene ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet være lik. I vedlegg 11 vises effektivitetsmålene under antakelse om VRS med tilsvarende restriksjoner som under antakelse om CRS som er gitt i tabell 5. Dette illustreres i figur 11, hvor ingen av helseforetakene får et effektivitetsmål som overstiger 1.

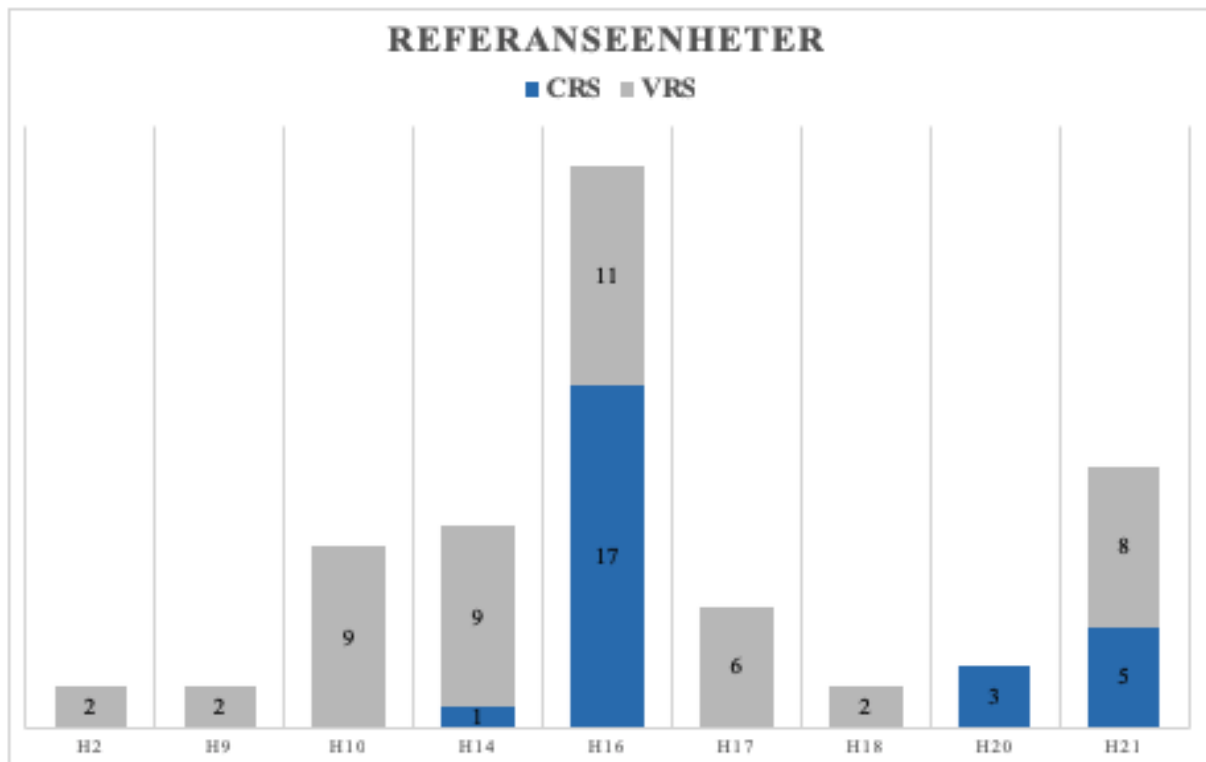


Figur 11 Resultater for skalaeffektivitet

Figur 11 viser er det færre helseforetak som fremstår som skalaeffektiv etter innføring av restriksjoner på vektene i DEA-modellen. Vedlegg 11 viser at UNN har en skalaeffektivitet på 0,99. I vedlegg 8 vises deskriptiv statistikk for skalaeffektivitet ved bruk av multiplikatormodellen med like restriksjoner på vektene. Som tabellen viser er den gjennomsnittlige skalaeffektiviteten på 0,951, hvor minste og største observasjon er på henholdsvis 0,753 og 0,996. Dette tyder på at UNN opererer på relativ høy skala i forhold til gjennomsnittet. Standardavviket i vedlegg 8 er gitt ved 0,063, som tilsier at det er lav spredning rundt gjennomsnittet.

## 6.2.2 Optimal skalering av produksjonen

I kapittel 4.3.1 kommer det fram at lambdaverdiene i omhyllingsmodellen er en del av grunnlaget for beregning av kostnadseffektivitet ved helseforetakene i Norge. I vedlegg 12 og 13 vises skyggeprisene under antakelse om henholdsvis CRS og VRS til helseforetakene i Norge. Figur 12 viser hvor mange ganger et helseforetak refereres til som læremester under antakelse om CRS og VRS for de øvrige helseforetakene. Som figuren viser refereres H16 til henholdsvis 17 og 11 ganger ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet, og fremstår dermed som læremester for de fleste helseforetakene. Vedlegg 12 og 13 viser at UNNs læremester ved beregning av total effektivitet er H16 med lambda 0,622, mens ved beregning av ren teknisk effektivitet er både H10 og H16 ansett som læremestere med lambda på henholdsvis 0,436 og 0,564.

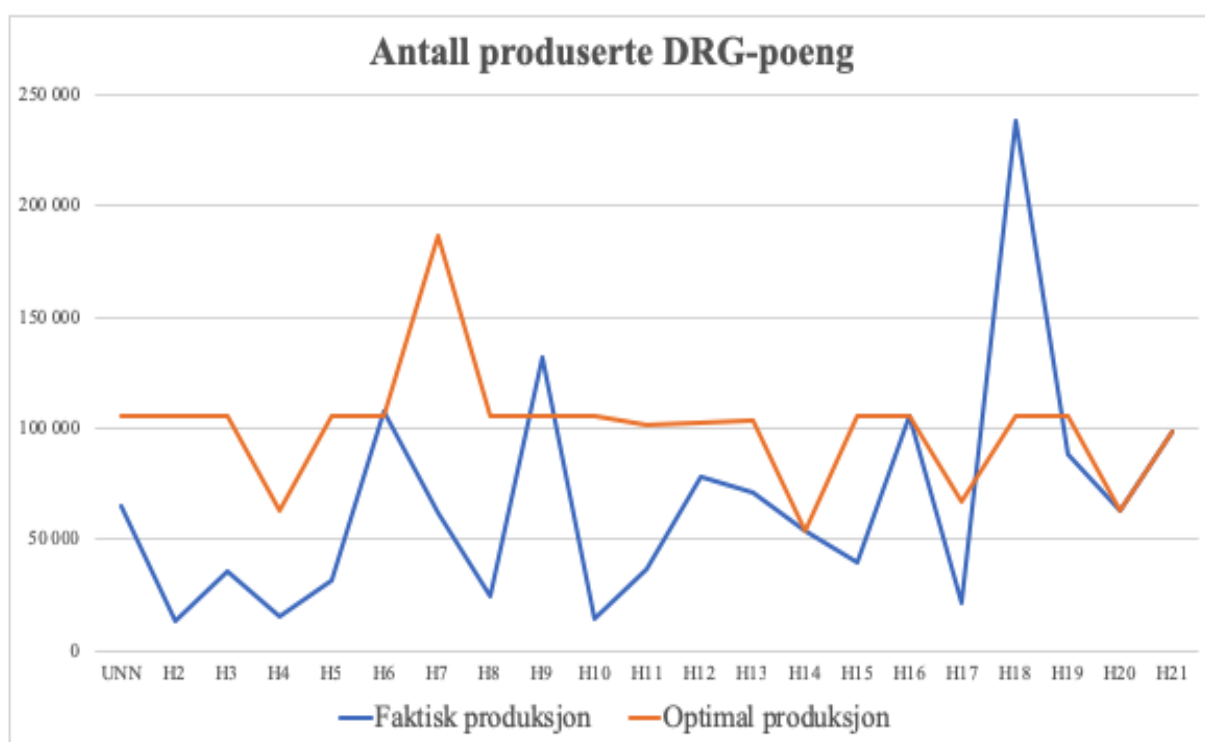


Figur 12 Referanseenheter

Ved bruk av skyggeprisene er optimal skalering av produksjon under antakelse om CRS beregnet for helseforetakene i Norge. Figur 13 illustrerer helseforetakenes faktiske produksjonsnivå i forhold til optimalt produksjonsnivå. Som det kommer fram i figur 12 er H16 læremester til 17 av 21 helseforetak under antakelse om CRS, og dermed anses H16 sin

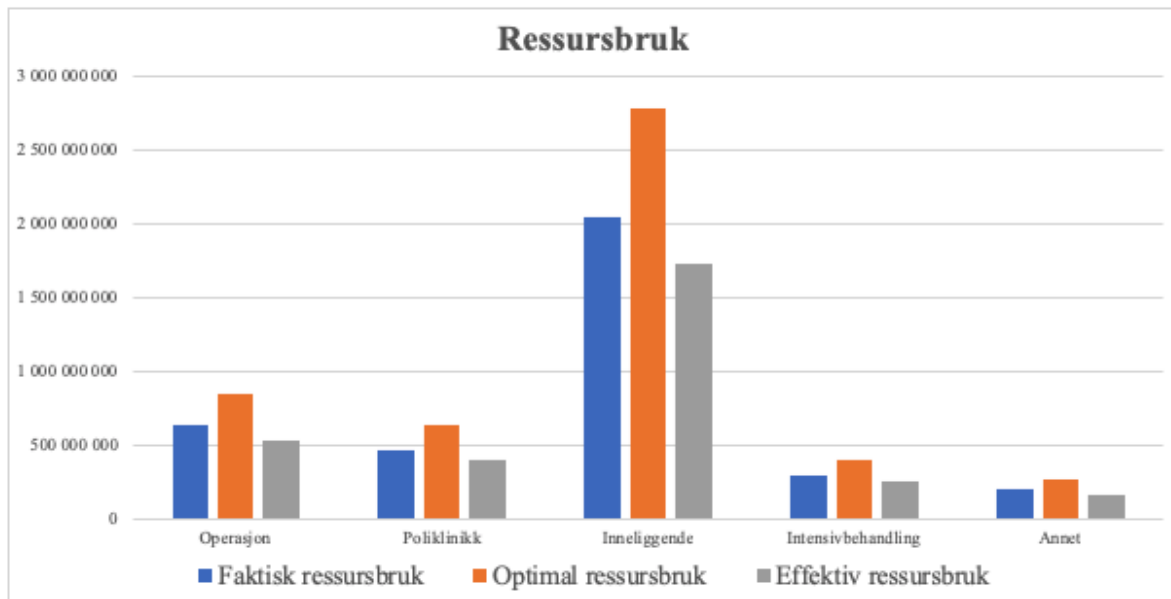


produksjon av antall DRG-poeng som optimal for disse helseforetakene. Figur 13 viser at 4 helseforetak har optimal skalering av produksjon, 3 helseforetak produserer for mange DRG-poeng og de resterende 14 helseforetakene produserer for få DRG-poeng i forhold til optimal skalering av produksjonen. Vedlegg 14 viser at det faktiske produksjonsnivået til UNN er lavere enn det optimale produksjonsnivået. Det faktiske produksjonsnivået til UNN for 2017 er på 65 366 DRG-poeng sammenlignet med det optimale produksjonsnivået på 105 110 DRG-poeng.



Figur 13 Optimal skala

I figur 14 vises UNNs faktiske ressursbruk i forhold til både optimalt og effektivt ressursbruk. Det faktiske ressursbruket er de reelle kostnadene som ble brukt til den faktiske produksjonen av DRG-poeng i 2017. Det optimale ressursbruket viser kostnadsnivået til UNN ved optimal skalering av produksjon og effektivt ressursbruk viser til hvilket kostnadsnivå som UNN burde produsert den faktiske produksjonen av DRG-poeng til i 2017. Vedlegg 15 viser det faktiske, optimale og effektive ressursforbruket for kostnadsstedene på UNN. UNNs faktiske kostnader per produserte DRG-poeng i 2017 er 55 425 kr i motsetning til det optimale og effektive ressursbruket som begge gir en kostnad per produserte DRG-poeng på 46 677 kr.

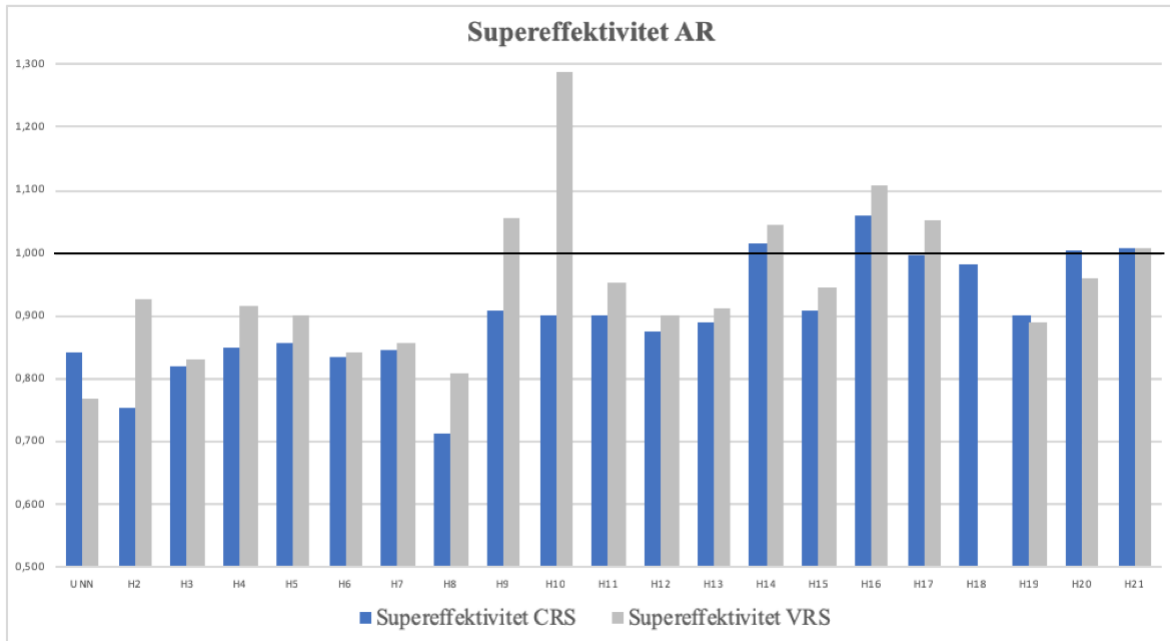


Figur 14 Faktisk, optimal og effektiv ressursbruk for UNN

### 6.2.3 Supereffektivitet

For å rangere de effektive beslutningsenhetene som danner produksjonsfronten så benyttes supereffektivitet. I vedlegg 16 og 17 vises effektivitetsmålene for supereffektivitet ved bruk av multiplikatormodellen med restriksjoner på vektene under antakelse om CRS og VRS. Ved begge skalaforutsetningene blir effektivitetsmålene i henhold til vedlegg 16 og 17 over 1, og dermed kan de effektive helseforetakene rangeres.

Figur 15 illustrerer at effektivitetsmålene til de effektive helseforetakene i Norge overstiger 1 både under antakelse om CRS og VRS. Som figur 15 viser er det henholdsvis 4 og 6 helseforetak som anses som supereffektive under antakelse om CRS og VRS. Det vil være naturlig med flere supereffektive beslutningsenheter under antakelse om VRS som følge av at fronten omhyller beslutningsenhetene nærmere. Vedlegg 17 og figur 15 viser at ved beregning av supereffektivitet under antakelse om VRS, så vil beslutningsenhet H18 ikke få en mulig løsning. Dette er ifølge Seiford og Zhu (1999) et fenomen som kan oppstå ved beregning av supereffektivitet under antakelse om VRS.



Figur 15 Resultater for supereffektivitet

Supereffektivitet påvirker ikke effektivitetsmålene for helseforetakene som ikke er effektive under antakelse om CRS. Som følge av dette blir ikke UNNs effektivitetsmål under antakelse om CRS påvirket av supereffektivitet, og er fremdeles på 0,842. Ved beregning av supereffektivitet under antakelse om VRS viser vedlegg 17 at effektivitetsmålene for ikke-effektive helseforetak har blitt lavere. UNNs effektivitetsmål under antakelse om VRS ved bruk av supereffektivitet er 0,769.

Deskriptiv statistikk i vedlegg 8 viser at gjennomsnittlig effektivitetsmål under antakelse om CRS og VRS er på henholdsvis 0,898 og 0,948. Vedlegg 8 viser videre at høyeste og laveste observasjon under antakelse om CRS er 1,059 og 0,714, mens under antakelse om VRS er høyeste og laveste observasjon på 1,289 og 0,769. Ved bruk av supereffektivitet under antakelse om VRS har UNN lavest effektivitetsmål av alle helseforetak i Norge. Vedlegg 8 viser at standardavviket under antakelse om CRS og VRS er på henholdsvis 0,089 og 0,120, som indikerer at det er større spredning rundt gjennomsnittet enn tidligere.

## 6.2.4 Trinn 2: Korrigerer for eksogene forhold

For å undersøke om eksogene forhold påvirker kostnadseffektiviteten ved helseforetakene i Norge benyttes en regresjonsanalyse. I regresjonsanalysen tas det hensyn til pasientgrunnet og organisasjonsstrukturen til helseforetakene. Som følge av Bogetoft og Otto (2010) sin kritikk av bruken av OLS på DEA-resultater siden disse er i intervallet  $[0,1]$ , så benyttes supereffektivitet for å unngå dette problemet. Tabell 8 viser resultatene fra regresjonsanalysen:

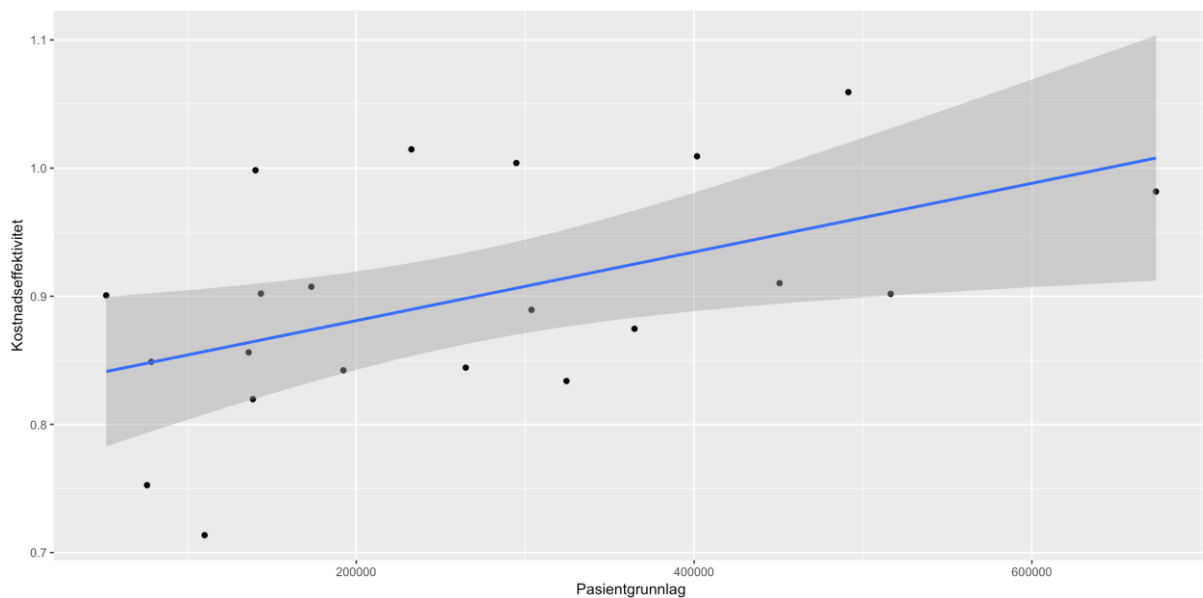
Tabell 8 Resultater fra regresjonsanalysen

	$R^2$	Koeffisienter	T-verdi
<b>Regresjon</b>	0,403		
<b>Konstantledd</b>		0,811	28,012
<b>Pasientgrunnlag</b>		$4,447E - 07$	3,924
<b>Organisasjonsstruktur</b>		-0,107	-2,605

Resultatene i tabell 8 viser at regresjonsmodellen har  $R^2 = 0,403$ , som indikerer at 40,3% av kostnadseffektiviteten kan forklares gjennom variasjon i pasientgrunnet og om helseforetaket er tilknyttet et universitet eller ikke. Tabell 8 viser at den eksogene kontinuerlige variabelen pasientgrunnlag er signifikant med en t-verdi på 3,924, hvor koeffisienten til pasientgrunnet er  $4,447E - 07$ . Dette indikerer at dersom pasientgrunnet øker med en enhet, så øker kostnadseffektiviteten med  $4,447E - 07$ . Tabell 8 viser videre at dummyvariabelen organisasjonsstruktur også er signifikant med en t-verdi på -2,605. Koeffisienten til organisasjonsstruktur er -0,107, som indikerer at organisasjonsstrukturen har en negativ effekt på kostnadseffektiviteten. Dersom et helseforetak er tilknyttet et universitet så reduseres kostnadseffektiviteten med -0,107.

Figur 16 illustrerer sammenhengen mellom kostnadseffektivitet og pasientgrunnet tilknyttet helseforetakene i Norge. Figuren viser kostnadseffektivitet på y-aksen og pasientgrunnlag på x-aksen, hvor man ser at det er en sammenheng mellom

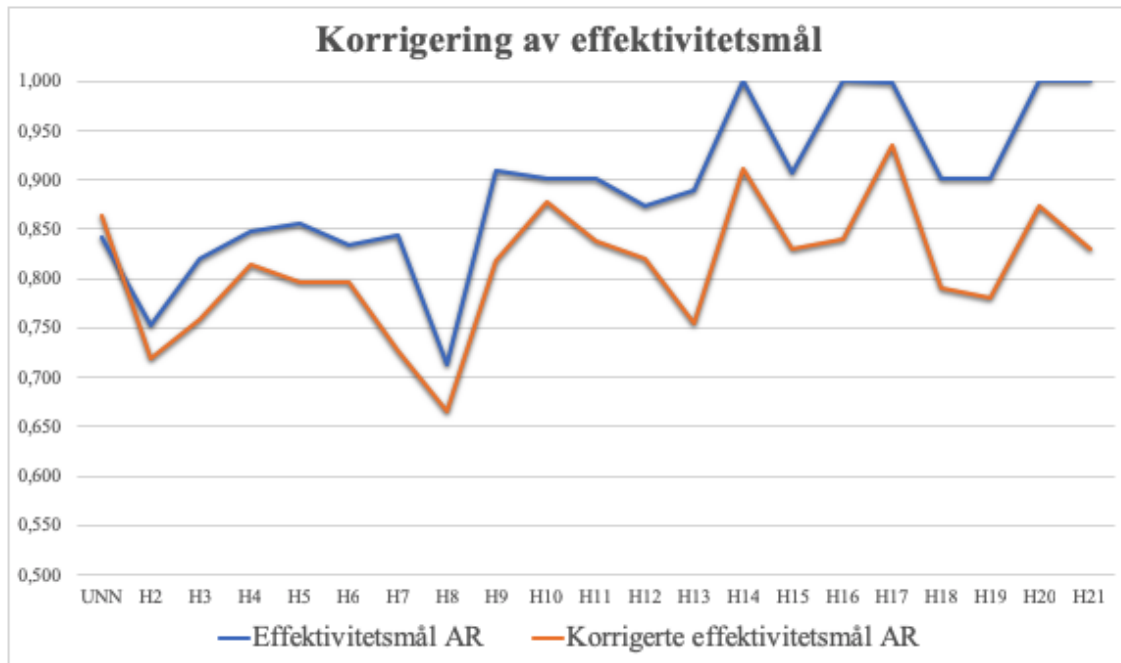
kostnadseffektivitet og pasientgrunnet. Korrelasjon mellom kostnadseffektivitet og pasientgrunnet er 0,51. Dette bekrefter de signifikante funnene fra regresjonsanalysen.



Figur 16 Plot av kostnadseffektivitet og pasientgrunnet

Sammenhengen for korrigerings av eksogene forhold i uttrykk (50) indikerer at ved korrigerings av kostnadseffektivitet for påvirkning av eksogene variabler, så vil en økning i pasientgrunnet på en enhet redusere kostnadseffektiviteten med  $4,447E - 07$ , som etter skalering tilsvarer at en økning i pasientgrunnet på 10 000 enheter reduserer kostnadseffektiviteten med 0,002. Dersom et helseforetak er tilknyttet et universitet så vil kostnadseffektiviteten godskrives med 0,107. Som følge av at korrigerings av effektivitet gjøres med hensyn på både pasientgrunnet og organisasjonsstruktur, så vil helseforetakenes kombinasjon av disse variablene avgjøre hvilken effekt helseforetakene får av korrigerings for eksogene forhold.

I vedlegg 18 er effektivitetsmålene ved beregning av total effektivitet korrigerings med hensyn til de eksogene variablene i regresjonsanalysen. Figur 17 illustrer effektivitetsmålene før og etter korrigerings av effektivitet, hvor man ser at UNN er det eneste helseforetaket som har hatt en positiv effekt av korrigerings av effektivitet med hensyn til de eksogene variablene. Vedlegg 18 viser at effektivitetsmålet til UNN før og etter korrigerings er på henholdsvis 0,842 og 0,864. Den deskriptive statistikken i vedlegg 8 viser at det gjennomsnittlige effektivitetsmålet etter korrigerings er 0,811, hvor den største og minste observasjonen er på henholdsvis 0,936 og 0,665. Etter korrigerings er UNNs effektivitetsmål over gjennomsnittet sammenlignet med de andre helseforetakene i Norge.



Figur 17 Korrigering av effektivitetsmål i DEA-AR

## 7 Diskusjon

### 7.1 Metodisk diskusjon

I den første delen av studien ble det gjennomført en DEA-analyse uten restriksjoner på vektene i modellen, hvor denne er benyttet til å utarbeide restriksjonene på vektene til DEA-AR modellen i tottrinnsanalysen. Resultatene fra DEA-modellen uten restriksjoner på vektene viser at en stor andel av helseforetakene i Norge fremstår som kostnadseffektive både ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet. Videre ble det ikke gjort signifikante funn på skalaineffektivitet. Fra et økonomisk perspektiv indikerer dette at en betydelig andel av helseforetakene i Norge er kostnadseffektive og opererer på optimal skala. Ser man dette i sammenheng med forskningen til Kittelsen et al. (2007) og Kittelsen et al. (2015), så er resultatene motstridende. Funnene deres viser at helseforetakene i Norge har relativt lav effektivitet sammenlignet med helseforetak i andre nordiske land. I denne studien sammenlignes helseforetakene i Norge mot hverandre, men til tross for at DEA-beregninger er relative til referanseenheter, så vil det være paradoksalt å anta at den største andelen av helseforetakene i Norge er kostnadseffektive med tanke på tidligere funn.

Siden flertallet av helseforetakene i Norge fremstår som kostnadseffektive i DEA-modellen uten restriksjoner på vektene, så mister man muligheten til å diskriminere mellom effektive og ikke-effektive helseforetak. Det kan være ulike grunner til at dette problemet oppstår ved bruk av DEA. Forskningsmodellen tilfredsstiller alle fallgruvene til Dyson et al. (2001) og regelen til Banker et al. (1984) om minimumsforholdet mellom antall beslutningsenheter og variabler, og skal i utgangspunktet ikke være grunnen til at man ikke kan diskriminere mellom effektive og ikke-effektive. Ettersom utvalget kun består av 21 beslutningsenheter og totalt 6 variabler, så kan en grunn være at noen av helseforetakene anses som unike i DEA-analysen, og framstår dermed som kostnadseffektive som følge av at de ikke er sammenlignbare med andre helseforetak i Norge.

I en DEA-modell uten spesifiserte restriksjoner på vektene velges vektene fritt av modellen, som fører til at beslutningsenheter viser seg fra sin beste side og ingen av innsatsfaktorene anses som viktigere enn andre. Som vedlegg 4 og 5 viser så er flere av innsatsfaktorene vektet med ekstremt lave verdier og et stort innslag av nullverdier. Innsatsfaktorene som er vektet med nullverdier er ikke med i beregningsgrunnlaget for kostnadseffektivitet. Fra et økonomisk standpunkt tilsier ekstremt lave verdier på vektene at det kreves urealistiske lave

kostnader for å produsere DRG-poeng. Dette er en svakhet som kan oppstå ved bruk av DEA uten restriksjoner på vektene.

I litteraturen finnes det ifølge Dyson og Thanassoulis (1988) ikke en klar tolkning av vektene i DEA, og dermed ikke en klar definisjon for hvordan restriksjonene på vektene bør fastsettes. Ved bruk av DEA med restriksjoner på vektene er fastsettingen av restriksjoner på vektene avgjørende for å få valide resultater. For å fastsette restriksjonene på vektene er det i likhet med Cooper et al. (2007) og Thanassoulis et al. (2008) tatt utgangspunkt i vektene fra DEA-analysen uten spesifiserte restriksjoner på vektene. De beregnede vektene fra DEA-modellen uten restriksjoner på vektene bestod av en betydelig andel av nullverdier og ekstremt lave verdier på vektene. For å beholde de virkelige vektene og samtidig finne sett av vekter innenfor mulighetsområdet ble det beregnet et gjennomsnitt av vektene større enn 0 for hver innsatsfaktor. For å videre fastsette det relative forholdet mellom vektene er vektene til innsatsfaktorene vektet mot vekten til den første innsatsfaktoren. En lignende metode er benyttet av Thanassoulis et al. (2008), hvor de normaliserte vektene til innsatsfaktorene vektet mot den normaliserte vekten til den andre innsatsfaktoren.

Det finnes ulike metoder for å fastsette nedre og øvre grenseverdier ved bruk av DEA-AR. Thanassoulis et al. (2008) bruker det laveste og høyeste relative forholdet mellom vektene til å fastsette nedre og øvre grenseverdier. I denne studien brukes til å likhet med Cooper et al. (2007) og Bjørndal et al. (2009) skaleringsfaktorer for å fastsette nedre og øvre grenseverdier. Cooper et al. (2007) og Bjørndal et al. (2009) benytter henholdsvis et 1:25 og 1:9 forhold mellom øvre og nedre grenseverdier på det relative forholdet mellom vektene og det relative forholdet mellom prisene. Det relative forholdet mellom vektene i denne studien er satt til å variere mellom 0,5 og 2 ganger det relative forholdet mellom vektene, altså et 1:4 forhold mellom nedre og øvre grenseverdier. Ved bruk av restriksjoner på vektene fører det ofte til at de relative forholdene mellom vektene er på de spesifiserte yttergrensene. For å unngå dette kan det benyttes et bredere intervall på skaleringen av nedre og øvre grense, slik at flere av de relative vektene tilsvarer de virkelige relative vektene. Vi har testet ulike intervaller på nedre og øvre grenser. Dersom intervallet økte ytterligere resulterte det til uløselige verdier på enkelte beslutningsenheter i DEA-AR. Som følge av dette ble 0,5 og 2 ganger det relative forholdet mellom vektene ansett som den mest egnede skaleringen. Som kontrollregningene i vedlegg 6 og 7 viser så består settet av vekter for total effektivitet og ren teknisk effektivitet av både relative vekter på de spesifiserte yttergrensene og virkelig relative vekter, som ifølge



Bjørndal et al. (2009) og Cooper et al. (2007) er ønskelig ved bruk av restriksjoner på vektene i en DEA-modell.

Resultatene fra DEA-AR viser at det som ventet ble færre helseforetak i Norge som fremstår som kostnadseffektive enn ved bruk av DEA uten restriksjoner på vektene. Dette er i tråd med Cooper et al. (2004), Thompson et al. (1986), Dyson og Thanassoulis (1988) og Cooper et al. (2007) som påpeker at innføring av restriksjoner på vektene gir færre effektive beslutningsenheter og dermed et bedre grunnlag til å diskriminere mellom effektive og ikke-effektive beslutningsenheter. Problemet med DEA-analysen uten vektrestriksjoner var at noen av innsatsfaktorene ikke ble tatt med i beregningsgrunnlaget for kostnadseffektivitet ved helseforetakene, og dermed fikk man et feil bilde av kostnadseffektiviteten. Ved bruk av DEA-AR løses dette problemet ved å sette spesifiserte nedre og øvre grenseverdier som ikke kan overskrides. Gjennom innføring av restriksjoner på vektene er det mulig å tolke hvilke helseforetak i Norge som er kostnadseffektive samt rangere helseforetakene basert på effektivitetsmålene.

Til tross for at effektivitetsmålene i DEA-AR ble rimelige så skal man ifølge Olesen og Petersen (2002) være forsiktige med å bruke resultatene fra DEA-AR som grunnlag for beslutningstaking i en organisasjon. Resultatene fra DEA-AR kan derimot være nyttig å bruke til målrettet effektiviseringsarbeid, hvor man kan bruke resultatene til å eksempelvis stille spørsmål om hvorfor helseforetakene i Norge får lave effektivitetsmål. Dersom et helseforetak framstår som ineffektiv i DEA-AR kan det være som følge av at helseforetakets relative effektivitet er lavere enn de øvrige helseforetakene i utvalget. Til tross for dette kan også ineffektivitet i DEA-AR skyldes utelatte variabler i forskningsmodellen.

Forskningen viser at DEA-AR er en godt egnet metode for å beregne kostnadseffektiviteten ved helseforetak i Norge, til tross for dette så har metoden også noen uønskede konsekvenser. Dersom man beregner skalaeffektivitet ved bruk av ulike restriksjoner på vektene for CRS og VRS, så viser resultatene en skalaeffektivitet som overstiger 1 for noen av helseforetakene. Dette er et resultat som ikke gir en økonomisk fornuftig tolkning, ettersom en beslutningsenhet anses å operere på optimal skala dersom skalaeffektiviteten tilsvarende 1. Dette er et funn som så vidt oss bekjent ikke er beskrevet i forskningslitteratur. For å beregne skalaeffektiviteten har vi derfor brukt like restriksjoner på vektene ved beregning av både CRS og VRS, hvor restriksjonene på vektene for CRS også er benyttet under antakelse om VRS. Som det kommer fram i vedlegg 11 får vi dermed en skalaeffektivitet mellom 0 og 1.

Resultatene viser at det er færre helseforetak i Norge som anses som skalaeffektive etter innføring av restriksjoner på vektene. I tidligere forskning er det skrevet lite om skalaeffektivitet i forbindelse med DEA-AR. Som følge av dette trekkes det ikke noen konklusjoner om skalausnyttelsen ved helseforetakene ettersom restriksjonene på vektene kan påvirke skalaeffektiviteten.

En annen konsekvens ved bruk av DEA-AR er at beregning av tilstedeværelse av slakk i innsatsfaktorene ikke kan gjøres på samme måte som i en DEA-modell uten restriksjoner på vektene. Grunnen til dette forklares i dualformuleringen som er presentert i kapittel 4.3.1. Uttrykk (39) i dualformuleringen består av fire ledd som til sammen utgjør tilstedeværelsen av slakk i innsatsfaktorene ved bruk av restriksjoner på vektene i DEA-AR. De to første leddene er identisk med en DEA-modell uten restriksjoner på vektene, som vanligvis utgjør beregningen for tilstedeværelse av slakk i innsatsfaktorene i en DEA-modell. For å beregne tilstedeværelse av slakk i en DEA-AR modell må det også beregnes slakk på nedre og øvre grenseverdier som er satt på vektene, som utgjør de to siste leddene i uttrykk (39). Beregning av slakk i en DEA-AR modell er dermed mer omfattende enn ved bruk av en DEA-modell uten restriksjoner på vektene.

## **7.2 Tolkning av resultater**

ISF-refusjonen danner grunnlaget for refusjonen fra statsbudsjettet til helseforetakene i Norge. DRG-systemet som ligger til grunn for ISF-refusjonen har likhetstrekk med Shleifer (1985) sitt rammeverk om målestokkonkurranse. Grunnlaget for refusjon beregnes ved bruk av B. Andersen og Pettersen (1995) sin prestasjonsbenchmarking av de aktivitetsbaserte kostnadene til de norske helseforetakene det foregående året. Gjennom den innebygde benchmarking-mekanismen i DRG-systemet foreligger det insentiver om å kontinuerlig redusere kostnadene for å være kompetitiv ovenfor de andre helseforetakene. Dersom UNN har lavere kostnader enn de gjennomsnittlige kostnadene ved de andre helseforetakene innenfor en behandling, så vil UNN profitere på hver behandling. Dersom UNN derimot har høyere kostnader enn de andre helseforetakene innenfor en behandling, så vil de gå med underskudd for hver behandling. Forskingen i denne studien har tatt utgangspunkt i det aggregerte kostnadsbildet for alle DRG-ene, hvor fokuset er rettet mot de totale aktivitetsbaserte kostnadene ved kostnadsstedene i forhold til total produksjon ved

helseforetakene. En svakhet med den innebygde benchmarking-mekanismen er at den ikke tar hensyn til at det er ulike forutsetninger ved hvert enkelt helseforetak som vil påvirke deres daglige drift. Det er for eksempel store forskjeller på størrelsen på helseforetakene, organisasjonsstruktur, omgivelser og kompetanse som kan påvirke de aktivitetsbaserte kostnadene.

I det første trinnet av analysen ble det sett utelukkende på de aktivitetsbaserte kostnadene og antall produserte DRG-poeng. Resultatene viser en stor spredning i kostnadseffektiviteten ved helseforetakene i Norge. UNN er blant helseforetakene i Norge som har lavest kostnadseffektivitet både ved beregning av total effektivitet og ren teknisk effektivitet. For å skape insentiver til å redusere kostnadene kan det være hensiktsmessig for UNN å benytte Shleifer (1985) sitt rammeverk for målestokkonkurranse, til tross for den innebygde benchmarking-mekanismen i DRG-systemet. Ettersom DRG-systemet kun benytter prestasjonsbenchmarking ved å se på gjennomsnittlige aktivitetsbaserte kostnader fra det foregående året, så tar det ikke hensyn til andre faktorer som kan påvirke driften ved helseforetakene. Dermed kan det være hensiktsmessig for UNN å sammenlignes mot et lignende helseforetak i Norge som har tilsvarende organisasjonsstruktur og aktivitetsnivå for å finne et oppnåelig kostnadsnivå å bruke som målestokk.

Helsedirektør Bjørn Guldvog hevder det er store forskjeller i både kvalitet og aktivitet ved norske sykehus. Han påpeker at høye behandlingstkostnader kan være en indikator på dårlig kvalitet i behandlingen (Helsedirektoratet, 2017a). Helseforetakene i Norge med lavere kostnadseffektivitet har et for høyt ressursbruk i forhold til antall produserte DRG-poeng sammenlignet med de kostnadseffektive helseforetakene. Et høyt ressursforbruk innfor en behandling kan være en indikasjon på komplikasjoner under behandlinger som for eksempel infeksjoner eller re-operasjoner. Dette fører til lengere sykehusopphold per pasient og dermed økte behandlingstkostnader for helseforetakene. Som følge av at det er fritt sykehusvalg i Norge, så kan et helseforetak med høyt ressursforbruk bli valgt bort av pasienter dersom de frykter at kvaliteten i behandlingen ikke er tilstrekkelig. Dersom det høye ressursforbruket ved UNN skyldes dårlig kvalitet i behandlingen eller mangel på kompetanse, så burde B. Andersen og Pettersen (1995) prosessbenchmarking benyttes for å sammenligne prosesser og/eller behandlingsmetoder for å undersøke om behandlingene som gjennomføres på UNN kan effektiviseres.

I tråd med uttalelsene til Bjørn Guldvog om at det er store forskjeller på aktivitet ved norske sykehus, så viser resultatene at det er stor variasjon i antall DRG-poeng som produseres ved helseforetakene. I studien er det sett på sammenhengen mellom kostnadseffektiviteten ved helseforetakene i Norge og antall produserte DRG-poeng, hvor resultatene er illustrert i figur 10 i kapittel 6.2.1.1. Det er ingen klare tegn på stordriftsfordeler i produksjonen av DRG-poeng, hvor det er en kombinasjon av store og små helseforetak i Norge som fremstår som kostnadseffektive. Det er en svak trend som viser at små og mellomstore helseforetak opptrer mer kostnadseffektivt. Dette er et merkelig funn som følge av at det er naturlig å anta at større helseforetak i Norge vil opparbeide seg en kostnadseffektiv rutine på regelmessige behandlinger.

Det er ulike grunner til at aktivitetsnivået ved helseforetakene i Norge er varierende, hvor pasientgrunnet i hver region er en avgjørende faktor. Resultatene viser at det kun er få helseforetak som har et optimalt produksjonsnivå og kan anses som kostnadseffektive. De resterende helseforetakene har en produksjon som enten er lavere eller høyere enn det optimale produksjonsnivået. Resultatet viser at 67% av helseforetakene i Norge har et lavere produksjonsnivå enn optimalt, og burde øke produksjonen betraktelig. En økende produksjon avhenger av at det er et tilstrekkelig pasientgrunnlag i regionen som krever behandling. Dersom alle helseforetakene i Norge skal produsere på et optimalt produksjonsnivå, så viser resultatene at den totale produksjonen i det norske helsevesenet må øke med 51%. For at dette skal være oppnåelig kreves det en betydelig økning i antall pasienter og/eller det totale befolkningstallet i Norge.

For å oppnå optimal skalering av produksjonen er en løsning å foreta en sammenslåing av helseforetak i Norge, som er en aktuell sak i dagens helsepolitikk. Ifølge Regjeringen (2019) utredes det hvilke potensielle effekter en sammenslåing av UNN og Finnmarkssykehuset vil medføre. En sammenslåing av helseforetak mener helseminister Bent Høie vil styrke det samlede tjenestetilbudet og bedre utnyttelse av personellressurser. Bent Høies uttalelser støttes av produktivitetskommisjonens første rapport hvor det foreslås at et tiltak for å realisere effektivitetspotensialet i den norske helsesektoren er sammenslåing av helseforetak for å oppnå stordriftsfordeler og synergieffekter. Gjennom kostnadsbesparelser ved en sammenslåing og økt pasientgrunnlag som følge av større regioner tilknyttet helseforetakene så vil helseforetakene kunne optimalisere skaleringen av produksjonen.

For at UNN skal anses som kostnadseffektiv må produksjonen økes til optimalt produksjonsnivå eller ressursbruken ved nåværende produksjonsnivå reduseres. Det optimale produksjonsnivået til UNN innebærer at produksjonen øker med 61%, noe som ikke er tilstrekkelig som følge av begrenset pasientgrunnlag. UNNs effektivitetsmål under antakelse om CRS er på 0,842, som innebærer at hvert av kostnadsstedene må redusere kostnadene med 15,8% for at UNN kan anses som kostnadseffektiv. Dersom dette er tilfellet, så vil UNNs kostnad per produserte DRG-poeng være identisk med kostnad per produserte DRG-poeng ved optimal skalering av produksjonen. Dersom man ser utelukkende på de aktivitetsbaserte kostnadene til UNN så er det et stort potensial for kostnadsbesparelser.

Som følge av at helseforetakene i Norge er lokalisert langs hele landet har de ulike forutsetninger som kan påvirke den daglige driften. Resultatet viser at eksogene forhold som pasientgrunnlag og organisasjonsstruktur er signifikante faktorer som begge påvirker kostnadseffektiviteten til de aktivitetsbaserte kostnadene ved de norske helseforetakene. Etter korrigering av effektivitetstallene fra DEA-AR er kostnadseffektiviteten til helseforetakene endret betraktelig. I denne studien er UNN det eneste helseforetaket i Norge som har hatt positiv effekt etter korrigeringen av kostnadseffektiviteten med hensyn på eksogene forhold. Etter korrigeringen øker UNNs kostnadseffektivitet med 2,6%, i motsetning til de øvrige helseforetakene hvor kostnadseffektiviteten reduseres med opptil 17% etter korrigeringen for eksogene forhold.

Gjennom en slik korrigering vil vanligvis beslutningsenheter med lavere effektivitet enn gjennomsnittet ha positiv effekt av korrigeringen. Grunnen til at UNN er det eneste helseforetaket i Norge som har positiv effekt av korrigeringen er på grunn av UNNs kombinasjonen av pasientgrunnlag i regionen og organisasjonsstruktur. Gjennom korrigeringen av kostnadseffektivitet med hensyn på pasientgrunnlaget reduseres UNNs kostnadseffektivitet med 0,002 per 10 000 enhet, mens korrigeringen med hensyn til organisasjonsstruktur godskriver UNNs kostnadseffektivitet med 0,107 som følge av at UNN er tilknyttet et universitet. UNNs gevinst fra godskrivningen av kostnadseffektiviteten overgår reduksjonen i kostnadseffektivitet fra korrigeringen med hensyn til pasientgrunnlag. Som følge av dette får UNNs kostnadseffektivitet totalt sett en positiv effekt av korrigeringen med hensyn til eksogene forhold. De øvrige helseforetakene som er tilknyttet et universitet har et vesentlig større pasientgrunnlag enn UNN, og dermed vil reduksjon i kostnadseffektivitet av pasientgrunnlaget overgå godskrivelsen av kostnadseffektivitet som følge av tilknytningen til

et universitet. Helseforetakene som ikke er tilknyttet et universitet vil kun få en negativ effekt av korrigeringen av effektivitet med hensyn til pasientgrunlaget.

Basert på at effektivitetsmålene fra DEA-AR ble endret så indikerer det at de eksogene forholdene påvirker kostnadseffektiviteten til de aktivitetsbaserte kostnadene ved helseforetakene i Norge. Dette er et funn som per dags dato ikke tas hensyn til i den aktivitetsbaserte finansieringsmodellen i det norske helsevesenet. I denne modellen danner fjorårets gjennomsnittlige kostnader for hver DRG grunnlaget for fastsetting av kostnadsvekter og refusjonen det kommende året. Som følge av at korrigeringen for eksogene forhold gjorde store utslag på kostnadseffektiviteten, så kan det stilles spørsmål om den aktivitetsbaserte finansieringsmodellen burde ta hensyn til flere faktorer i beregningen av refusjonsgrunlaget. Rammetilskuddet som helseforetakene mottar tar utgangspunkt i størrelsen på region, alderssammensetning og organisasjonsstruktur. Dette er en uavhengig finansieringsmodell som ikke påvirker ISF-refusjonen. Det kan derfor argumenteres for at den aktivitetsbaserte finansieringsmodellen ikke er tilstrekkelig. Til tross for at helseforetakene får et rammetilskudd som tar hensyn til pasientgrunnlag og alderssammensetning, så vil ikke denne bevilgningen reflektere eksakte kostnader som følge av at aktivitetsnivået ved helseforetakene vil være varierende hvert år.

Man kan trekke linjer mellom den aktivitetsbaserte finansieringsmodellen i det norske helsevesenet og finansieringsmodellen i kraftbransjen. Finansieringsmodellen i kraftbransjen tar hensyn til flere faktorer i beregning av kostnadsgrunlaget som blant annet vedlikeholdskostnader, avskrivninger på investert kapital og områdepris for elektrisitet (NVE, 2018). Dermed vil finansieringsmodellen for kraftbransjen danne et mer helhetlig grunnlag for beregning av kostnadene til selskapene i bransjen. Med bakgrunn i dette kan det argumenteres for at eksogene forhold også burde tas hensyn til i den aktivitetsbaserte finansieringsmodellen til helseforetakene i Norge.

### 7.3 Konklusjon

Hensikten med studien var å studere om UNN driver kostnadseffektivt i forhold til de andre helseforetakene i Norge. For å beregne kostnadseffektiviteten ble DEA-AR benyttet, hvor det også ble undersøkt hvorvidt denne metoden er egnet til å studere kostnadseffektivitet i helsesektoren. For å danne et helhetlig bilde av kostnadseffektiviteten ble eksogene forhold tatt i betraktning gjennom en totrinnsanalyse.

Innføring av restriksjoner på vektene i modellen ved bruk av DEA-AR løste problemet med urealistiske lave vekter på innsatsfaktorene som ble benyttet i forskningsmodellen, og åpnet for muligheten til å i større grad diskriminere mellom effektive og ikke-effektive helseforetak i Norge. Skaleringsfaktorene som ble satt for nedre og øvre grenseverdier på vektene er en subjektiv vurdering hvor det ble valgt skaleringsfaktorer som ga en kombinasjon av et sett med virkelige relative vekter og vekter på de spesifiserte yttergrensene. Basert på resultatene som metoden har generert, anses DEA-AR som anvendelig til beregning av kostnadseffektivitet for helseforetakene. Som følge av dette kan DEA-AR benyttes til målrettet effektiviseringsarbeid ved helseforetakene.

Når det utelukkende ble sett på aktivitetsbaserte kostnader og produserte DRG-poeng viste resultatene at UNN ikke er kostnadseffektiv sammenlignet med andre helseforetak i Norge. For at UNN skal anses som kostnadseffektiv sammenlignet med de øvrige helseforetakene må produksjonen øke med hele 61% eller ressursforbruket reduseres med 15 %, som begge vil føre til kostnad per produserte DRG-poeng på 46 677 kr sammenlignet med dagens kostnad per produserte DRG-poeng på 55 425 kr.

Resultatene fra regresjonsanalysen viser at pasientgrunnlag og organisasjonsstruktur har en signifikant påvirkning på kostnadseffektiviteten ved helseforetakene. Etter korrigeringen av kostnadseffektivitet med hensyn til pasientgrunnlag og organisasjonsstruktur økte UNNs kostnadseffektivitet med 2,6%, i motsetning til de øvrige helseforetakene i Norge som hadde negativ effekt av korrigeringen. Til tross for dette eksisterer det fremdeles potensialer for kostnadsbesparelser ved UNN, hvor kostnadene per produserte DRG-poeng må reduseres for at UNN kan anses som kostnadseffektiv.

## 7.4 Forslag til videre forskning

Forskningen i denne studien viser at DEA-AR er en velfungerende metode til å beregne kostnadseffektivitet ved helseforetak i Norge. I videre forskning anbefales denne metoden å brukes til å studere den relative effektiviteten for et mindre utvalg DRGer ved spesialiserte avdelinger. Det vil være nyttig å undersøke om det eksisterer potensialer for effektivisering ved de ulike avdelingene. DEA-AR er en anvendelig metode til å studere den relative effektiviteten i en slik studie ettersom den løser problemet med urealistiske vektorer som kan oppstå på grunn av varierende aktivitetsnivå og få helseforetak i Norge, og dermed vil man kunne diskriminere mellom effektive og ikke-effektive spesialiserte avdelinger ved helseforetakene i Norge.

I forbindelse med denne studien forespurte de øvrige helseforetakene i Norge om å anonymiseres. Som følge av dette fikk vi ikke undersøkt om det eksisterer signifikante forskjeller i kostnadseffektivitet mellom de regionale helseforetakene. Ettersom de regionale helseforetakene legger retningslinjer for driften ved de underordnede helseforetakene, så kan det være hensiktsmessig å undersøke om det kan gjøres tiltak for å effektivisere driften ved de regionale helseforetakene som kan videreføres til de underordnede helseforetakene.

Et dagsaktuelt tema i helsesektoren er hvorvidt det vil være lønnsomt med en sammenslåing av helseforetak i Norge. Som følge av variasjonen i aktivitetsnivået ved helseforetakene og funnene i denne studien som indikerer at kun et lite antall av helseforetakene har optimal skalering av produksjonen, så burde det kartlegges potensielle effekter av en ytterligere sammenslåing av norske helseforetak. Dette kan være en løsning for å realisere effektiviseringspotensialet ved helseforetakene gjennom stordriftsfordeler og synergieffekter.

Tilslutt burde det gjøres rede for i hvilken grad flere eksogene forhold påvirker de aktivitetsbaserte kostnadene ved helseforetakene i Norge. Dette burde gjøres for å undersøke om dagens todelte finansieringsmodell danner et riktig bilde av eksogene forholds påvirkning på de aktivitetsbaserte kostnadene ved helseforetakene. Det kan være hensiktsmessig å utvikle en mer omfattende finansieringsmodell som også tar hensyn til eksogene forholds faktiske påvirkning på de aktivitetsbaserte kostnadene.



## 8 Referanseliste

Akademikerne. (2018). Kunnskap viktig for modernisering av offentlig sektor. Hentet 23.04 fra [https://akademikerne.no/2018/akademikerne-i-kommunal-og-forvaltningskomiteen-kunnskap-viktig-for-modernisering-av-offentlig-sektor?fbclid=IwAR1GxMLuwFjKd2GfGIUgEvRieL\\_MLZclp03rieFqsadSqCwJ3Uj-7m4xHcI](https://akademikerne.no/2018/akademikerne-i-kommunal-og-forvaltningskomiteen-kunnskap-viktig-for-modernisering-av-offentlig-sektor?fbclid=IwAR1GxMLuwFjKd2GfGIUgEvRieL_MLZclp03rieFqsadSqCwJ3Uj-7m4xHcI)

Amundsveen, R., Kordahl, O.-P., Kvile, H. M. & Langset, T. (2014). Second stage adjustment for firm heterogeneity in DEA: a novel approach used in regulation of Norwegian electricity DSOs. *Recent Developments in Data Envelopment Analysis and its Applications*, 334-341.

Andersen, B. & Pettersen, P.-G. (1995). *Benchmarking : en praktisk håndbok*. Oslo: TANO.

Andersen, P. & Petersen, N. C. (1993). A Procedure for Ranking Efficient Units in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 39(10), 1261-1264. 10.1287/mnsc.39.10.1261

Anderson, T. R. (2004). Benchmarking in sports IW. Cooper, L. Seiford & J. Zhu (Red.), *Handbook on Data Envelopment Analysis* (s. 443-454). United Kingdom: Biddles.

Bakkli, O., Kalleberg, A. K. & Rødsten, T. (2001). *Effektivitet i statlig ressursbruk*. Hentet fra <https://www.difi.no/sites/difino/files/n2001-3.pdf>

Banker, R. D., Charnes, A. & Cooper, W. W. (1984). Some Models for Estimating Technical and Scale Inefficiencies in Data Envelopment Analysis. *Management Science*, 30(9), 1078-1092. 10.1287/mnsc.30.9.1078

Bjørndal, E., Bjørndal, M. & Camanho, A. (2009). *Weight restrictions in the DEA benchmarking modul for Norwegian electricity distribution companies : size and structural variables* (SNF-rapport (trykt utg.), bd. nr. 22/09). Bergen: Samfunns- og næringslivsforskning.

Bogetoft, P. (1997). DEA-based yardstick competition: The optimality of best practice regulation. *Annals Of Operations Research*, 73, 277-298.

Bogetoft, P. (2012). *Performance Benchmarking: Measuring and Managing Performance* (Measuring and Managing Performance). Boston, MA: Springer US, Boston, MA.

Bogetoft, P. & Otto, L. (2010). *Benchmarking with DEA, SFA and R*. New York: Springer.

Braut, G. (2019). Helsevesenet. Hentet 15.03 fra <https://sml.snl.no/helsevesenet>

Charnes, A., Cooper, W. W. & Rhodes, E. (1978). Measuring the efficiency of decision making units. *European journal of operational research*, 2(6), 429-444.

Coelli, J. T., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. & Battese, E. G. (2005). *An Introduction to Efficiency and Productivity Analysis*. New York: Springer.

Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Tone, K. (2007). *Data envelopment analysis: a comprehensive text with models, applications, references and DEA-Solver software* (2nd ed. utg.). New York: Germany: Springer Verlag.

Cooper, W. W., Seiford, L. M. & Zhu, J. (2004). *HANDBOOK ON DATA ENVELOPMENT ANALYSIS*. United Kingdom: Biddles.

Den Norske Legeforening. (2018). Statsbudsjettet: Halvhjertet for helse. Hentet 15.03 fra <https://beta.legeforeningen.no/nyheter/2018/statsbudsjettet-halvhjertet-for-helse/>

Dyson, R. G., Allen, R., Camanho, A. S., Podinovski, V. V., Sarrico, C. S. & Shale, E. A. (2001). Pitfalls and protocols in DEA. *European Journal of Operational Research*, 132(2), 245-259. 10.1016/S0377-2217(00)00149-1

Dyson, R. G. & Thanassoulis, E. (1988). Reducing Weight Flexibility in Data Envelopment Analysis. *Journal of the Operational Research Society*, 39(6), 563. 10.1057/jors.1988.96

Farrell, J. M. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society*, 120(3), 253-290.

Fried, H. O., Schmidt, S. S. & Yaisawarng, S. (1999). Incorporating the operating environment into a nonparametric measure of technical efficiency. *Journal of productivity Analysis*, 12(3), 249-267.

Grevbo, B. W. & Os, I. (2018). dialysebehandling. Hentet 26.03 fra <https://sml.snl.no/dialysebehandling>

Helse-Nord. (2019). Om oss. Hentet 15.03 fra <https://helse-nord.no/om-oss>

Helsedirektoratet. (2012). *Nasjonal spesifikasjon for KPP-modellering 2012*.

Helsedirektoratet. (2016). *Innsatsstyrt finansiering 2017*.

Helsedirektoratet. (2017a). For store forskjeller i Sykehus-Norge. Hentet 28.11.2018 fra <https://helsedirektoratet.no/nyheter/for-store-forskjeller-i-sykehus-norge>

Helsedirektoratet. (2017b). *Hovedresultater Samdata Spesialisthelsetjenesten 2013-2017*.  
Hentet fra <https://helsedirektoratet.no/Documents/Statistikk%20og%20analyse/Samdata/2018-10%20Hovedresultater%20Samdata%20spesialisthelsetjenesten%202013-2017.pdf>

Helsedirektoratet. (2017c). *Innsatsstyrt finansiering 2018*.

Helsedirektoratet. (2018). DRG-systemet. Hentet 12.11 fra <https://helsedirektoratet.no/finansieringsordninger/innsatsstyrt-finansiering-isf-og-drg-systemet/drg-systemet#om-drg-systemet>

Hill, R. C., Lim, G. C. & Griffiths, W. E. (2012). *Principles of econometrics* (4th ed. utg.). Hoboken, N.J: Wiley.

Hoff, A. (2007). Second stage DEA: Comparison of approaches for modelling the DEA score. *European Journal of Operational Research*, 181(1), 425-435. 10.1016/j.ejor.2006.05.019

Kittelsen, S., Anthun, K. S., Kalseth, B., Kalseth, J., Halsteinli, V. & Magnussen, J. (2009). *En komparativ analyse av spesialisthelsetjenesten i Finland, Sverige, Danmark og Norge: Aktivitet, ressursbruk og produktivitet 2005–2007*.

Kittelsen, S. & Førstund, F. (2001). Empiriske forskningsresultater om effektivitet i offentlig tjenesteproduksjon. *Økonomisk forum nr. 6*, 22-29. Hentet fra <https://www.frisch.uio.no/publikasjoner/pdf/skrift173.pdf>

Kittelsen, S., Magnussen, J. & Anthun, K. (2007). *Sykehusproduktivitet etter statlig overtakelse: En nordisk komparativ analyse*: Oslo University, Health Economics Research Programme.

Kittelsen, S., Magnussen, J., Anthun, K. S., Häkkinen, U., Linna, M., Medin, E., . . . Rehnberg, C. (2008). Hospital productivity and the Norwegian ownership reform: A Nordic comparative study.

Kittelsen, S., Winsnes, B., Anthun, K., Goude, F., Hope, Ø., Häkkinen, U., . . . Rättö, H. (2015). Decomposing the productivity differences between hospitals in the Nordic countries. *Journal of Productivity Analysis*, 43(3), 281-293. 10.1007/s11123-015-0437-z

Linna, M., Häkkinen, U. & Magnussen, J. (2006). Comparing hospital cost efficiency between Norway and Finland. *Health policy*, 77(3), 268-278. 10.1016/j.healthpol.2005.07.019

Linna, M., Häkkinen, U., Peltola, M., Magnussen, J., Anthun, K. S., Kittelsen, S., . . . Rehnberg, C. (2010). Measuring cost efficiency in the Nordic Hospitals—a cross-sectional comparison of public hospitals in 2002. *Health care management science*, 13(4), 346-357. 10.1007/s10729-010-9134-7

Magnussen, J. (2016). DRG. Hentet 19.01 fra [https://sml.snl.no/DRG?fbclid=IwAR0GSaZuwGMwd\\_ozcEcJ8mvg5D1MVPsPMiK](https://sml.snl.no/DRG?fbclid=IwAR0GSaZuwGMwd_ozcEcJ8mvg5D1MVPsPMiK)

NOU 2015: 1. (2015). *Produktivitet – grunnlag for vekst og velferd*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/ef2418d9076e4423ab5908689da67700/no/pdfs/nou201520150001000dddpdfs.pdf>

NOU 2016: 3. (2016). *Ved et vendepunkt: Fra ressursøkonomi til kunnskapsøkonomi*. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/contentassets/64bcb23719654abea6bf47c56d89bad5/no/pdfs/nou201620160003000dddpdfs.pdf>

NVE. (2018). Reguleringsmodellen. Hentet 03.04 fra <https://www.nve.no/reguleringsmyndigheten-for-energi-rme-marked-og-monopol/okonomisk-regulering-av-nettselskap/reguleringsmodellen/>

Olesen, O. & Petersen, N. (2002). The Use of Data Envelopment Analysis with Probabilistic Assurance Regions for Measuring Hospital Efficiency. *Journal of Productivity Analysis*, 17(1), 83-109. 10.1023/A:1013536404737

Proff. (2019). Universitetssykehuset Nord-Norge HF. Hentet 27.03 fra <https://www.proff.no/regnskap/universitetssykehuset-nord-norge-hf/troms%C3%B8/sykehus/IG9TZW310KZ-4/>

Regjeringen. (2014). Grunnstrukturen i helsetjenesten. Hentet 15.03 fra <https://www.regjeringen.no/no/tema/helse-og-omsorg/sykehus/vurderes/grunnstrukturen-i-helsetjenesten/id227440/>

Regjeringen. (2019). Helse Nord skal utrede sammenslåing av UNN og Finnmarkssykehuset. Hentet 10.04 fra <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/helse-nord-skal-utrede-sammenslaing-av-unn-og-finnmarkssykehuset/id2631589/>

Ringdal, K. (2007). *Enhet og mangfold : samfunnsvitenskapelig forskning og kvantitativ metode* (2. utg. utg.). Bergen: Fagbokforlaget.

Seiford, L. M. & Zhu, J. (1999). *Infeasibility Of Super-Efficiency Data Envelopment Analysis Models*. Ottawa.

Shleifer, A. (1985). A Theory of Yardstick Competition. *The RAND Journal of Economics*, 16(3), 319-327. 10.2307/2555560

Simar, L. & Wilson, P. W. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management science*, 44(1), 49-61.

SSB. (2019). Helseregnskap. Hentet 05.04 fra <https://www.ssb.no/helsesat?fbclid=IwAR05odc-03pKWjGsGb1Ygjz8LwczGbqm6hPai3FwdxCcKWOHI2fPPIn1Rss>

Thanassoulis, E., Portela, M. & Allen, R. (2004). Incorporating value judgments in DEA. I W. Cooper, L. Seiford & J. Zhu (Red.), *Handbook on Data Envelopment Analysis* (s. 100-138). United Kingdom Biddles.

Thanassoulis, E., Portela, M. C. S. & Despić, O. (2008). *Data Envelopment Analysis: The Mathematical Programming Approach to Efficiency Analysis*.

Thompson, R. G., Singleton, F. D., Thrall, R. M., Smith, B. A. & Wilson, M. (1986). Comparative Site Evaluations for Locating a High-Energy Physics Lab in Texas. *Interfaces*, 16(6), 35-49. 10.1287/inte.16.6.35

UNN. (2019). Om oss. Hentet 15.03 fra <https://unn.no/om-oss#om-helseforetaket>

Vold, B. (2018, 22.11.2018). Norge - god helse og store utgifter. Hentet 1.12 fra <https://www.ssb.no/helse/artikler-og-publikasjoner/norge-god-helse-og-store-utgifter>

Årsberetning UNN. (2012). *UNIVERSITETSSYKEHUSET NORD-NORGE HF - STYRETS ÅRSBERETNING 2012-*. Hentet fra <https://unn.no/Documents/Om-oss/%C3%85rsberetninger/%C3%85rsberetning%202012.pdf?fbclid=IwAR0DaQu7CVowdFGACFb7wCjfYzmceWjAnpPdbTxJ3NMpmjmT4ndKXmv8Tlc>

Årsregnskap UNN. (2018). *Årsregnskap 2018 med styrets beretning*. Hentet fra [https://unn.no/Documents/Styrem%C3%B8ter%20dokumenter/2019/270319/Sak%2025%20-%20%C3%85rsregnskap%202018%20med%20styrets%20%C3%A5rsrapport.pdf?fbclid=IwAR0eZKGkrNDulVmUuCxm2dAJ6PdWf6q46bEQT8zhSb\\_DCW59CFVUJBxU5TA](https://unn.no/Documents/Styrem%C3%B8ter%20dokumenter/2019/270319/Sak%2025%20-%20%C3%85rsregnskap%202018%20med%20styrets%20%C3%A5rsrapport.pdf?fbclid=IwAR0eZKGkrNDulVmUuCxm2dAJ6PdWf6q46bEQT8zhSb_DCW59CFVUJBxU5TA)

## 9 Vedlegg

### Vedlegg 1 Korrelasjonsmatrise

	Operasjon	Poliklinikk	Inneliggende	Intensiv	Annet	DRG-poeng
Operasjon	1					
Poliklinikk	0,96	1				
Inneliggende	0,94	0,89	1			
Intensiv	0,83	0,76	0,95	1		
Annet	0,87	0,85	0,95	0,96	1	
DRG-poeng	0,98	0,96	0,97	0,89	0,9	1

### Vedlegg 2 Deskriptiv statistikk DEA uten restriksjoner på vektene

	Gjennomsnitt	Standardavvik	Størst	Minst
CRS	0,97	0,05	1	0,84
VRS	0,98	0,03	1	0,90
Skalaeffektivitet	0,99	0,03	1	0,91



Vedlegg 3 Effektivitetsmål DEA uten restriksjoner på vektene

Helseforetak	Total effektivitet	Ren teknisk effektivitet	Skalaeffektivitet
UNN	1,000	1,000	1,000
H2	0,985	1,000	0,985
H3	0,901	0,902	0,999
H4	1,000	1,000	1,000
H5	0,915	0,950	0,963
H6	0,910	1,000	0,910
H7	0,910	0,929	0,980
H8	0,844	0,915	0,922
H9	1,000	1,000	1,000
H10	1,000	1,000	1,000
H11	0,972	1,000	0,972
H12	0,970	0,975	0,995
H13	0,958	0,968	0,989
H14	1,000	1,000	1,000
H15	0,933	0,961	0,971
H16	1,000	1,000	1,000
H17	1,000	1,000	1,000
H18	1,000	1,000	1,000
H19	1,000	1,000	1,000
H20	1,000	1,000	1,000
H21	1,000	1,000	1,000

Vedlegg 4 Vekter i DEA-analysen under antakelse om CRS uten restriksjoner på vekter

Helseforetak	Vekter					
	u1	u2	u3	u4	u5	v1
UNN	0	1,78E-09	0	0	8,53E-10	1,53E-05
H2	1,21E-08	0	0	0	2,07E-09	7,75E-05
H3	3,94E-09	0	0	0	6,72E-10	2,51E-05
H4	1,87E-09	0	5,27E-10	0	2,37E-08	6,76E-05
H5	2,29E-09	1,47E-09	0	1,02E-09	0	2,89E-05
H6	0	6,64E-10	0	1,33E-09	0	8,46E-06
H7	0	0	6,13E-10	0	5,89E-10	1,47E-05
H8	5,66E-10	0	1,25E-09	1,69E-09	0	3,47E-05
H9	0	3,54E-10	2,21E-10	0	0	7,61E-06
H10	1,43E-09	7,29E-09	0	1,32E-10	2,65E-09	7,15E-05
H11	0	0	1,29E-09	0	0	2,67E-05
H12	2,02E-10	0	4,46E-10	6,03E-10	0	1,24E-05
H13	2,19E-10	0	4,84E-10	6,54E-10	0	1,34E-05
H14	1,48E-09	9,47E-10	0	6,57E-10	0	1,87E-05
H15	1,73E-09	0	3,66E-10	0	1,59E-09	2,33E-05
H16	1,90E-10	9,70E-10	0	0	3,52E-10	9,51E-06
H17	4,15E-09	1,93E-09	0	0	2,16E-09	4,76E-05
H18	0	4,28E-10	0	0	1,56E-10	4,20E-06
H19	0	1,11E-09	0	1,42E-09	0	1,14E-05
H20	3,16E-10	1,61E-09	0	0	5,87E-10	1,58E-05
H21	3,00E-10	6,81E-10	1,35E-10	0	0	1,02E-05

Vedlegg 5 Vekter i DEA-analysen under antakelse om VRS uten restriksjoner på vekter

Vekter						
Helseforetak	u1	u2	u3	u4	u5	v1
UNN	0	1,71E-09	0	0	5,36E-10	1,55E-05
H2	5,02E-09	0	1,08E-09	0	0	0
H3	3,99E-09	0	0	0	5,51E-10	2,50E-05
H4	3,36E-09	0	1,01E-09	0	3,82E-09	0
H5	2,33E-09	1,51E-09	0	7,34E-10	0	2,78E-05
H6	0	0	0	4,13E-09	0	1,57E-05
H7	0	0	6,10E-10	0	6,12E-10	1,42E-05
H8	3,33E-10	0	1,36E-09	1,37E-09	0	3,34E-05
H9	0	3,81E-10	2,14E-10	0	0	7,66E-06
H10	5,02E-09	0	1,08E-09	0	0	0
H11	0	5,36E-10	1,07E-09	0	0	2,60E-05
H12	1,19E-10	0	4,86E-10	4,89E-10	0	1,20E-05
H13	1,29E-10	0	5,29E-10	5,32E-10	0	1,30E-05
H14	1,35E-09	1,06E-09	0	5,09E-10	0	1,80E-05
H15	1,44E-09	0	5,81E-10	6,27E-10	0	2,13E-05
H16	2,80E-10	6,35E-10	1,25E-10	0	0	9,51E-06
H17	4,37E-09	0	8,03E-10	0	0	2,54E-05
H18	1,24E-10	2,80E-10	0	0	0	4,20E-06
H19	2,82E-10	8,91E-10	0	1,29E-09	0	1,12E-05
H20	8,53E-10	1,09E-09	0	0	7,06E-10	1,53E-05
H21	3,00E-10	6,81E-10	1,35E-10	0	0	1,02E-05

Vedlegg 6 Kontroll av spesifiserte yttergrenser på vektene under antakelse om CRS

Kontroll CRS				
Helseforetak	u2/u1	u3/u1	u4/u1	u5/u1
UNN	1,460	0,130	0,210	0,730
H2	0,360	0,130	0,210	0,730
H3	0,360	0,130	0,210	0,730
H4	0,360	0,130	0,210	2,920
H5	1,460	0,130	0,850	0,730
H6	1,460	0,540	0,850	0,730
H7	0,360	0,540	0,210	0,892
H8	0,360	0,540	0,850	0,730
H9	1,460	0,540	0,210	0,730
H10	1,460	0,130	0,210	0,730
H11	0,667	0,540	0,210	0,730
H12	0,360	0,540	0,378	0,730
H13	0,360	0,540	0,378	0,730
H14	0,360	0,130	0,505	0,730
H15	0,360	0,130	0,210	0,730
H16	0,360	0,130	0,210	0,730
H17	0,360	0,130	0,210	2,731
H18	1,460	0,130	0,210	0,730
H19	1,460	0,130	0,850	0,730
H20	1,460	0,130	0,210	2,792
H21	0,360	0,371	0,210	0,730

Vedlegg 7 Kontroll av spesifiserte yttergrenser på vektene under antakelse om VRS

Kontroll VRS				
Helseforetak	u2/u1	u3/u1	u4/u1	u5/u1
UNN	0,960	0,190	0,330	0,340
H2	0,240	0,248	0,330	1,360
H3	0,240	0,339	0,330	0,340
H4	0,240	0,206	0,330	1,360
H5	0,658	0,190	0,330	0,340
H6	0,960	0,340	1,320	0,340
H7	0,240	0,760	0,351	1,077
H8	0,240	0,760	0,696	0,340
H9	0,960	0,534	0,330	0,340
H10	0,240	0,760	0,330	1,360
H11	0,240	0,760	0,330	0,340
H12	0,240	0,760	1,071	0,340
H13	0,660	0,760	0,880	0,340
H14	0,658	0,190	0,330	0,340
H15	0,240	0,760	0,439	0,779
H16	0,960	0,190	0,330	0,340
H17	0,240	0,760	0,330	1,360
H18	0,960	0,190	0,330	0,340
H19	0,960	0,190	1,320	0,340
H20	0,960	0,190	0,330	1,360
H21	0,645	0,215	0,330	0,340

Vedlegg 8 Deskriptiv statistikk DEA-AR

DEA – Assurance Region	Gjennomsnitt	Standardavvik	Størst	Minst
CRS	0,890	0,08	1	0,714
VRS	0,944	0,065	1	0,804
Skalaeffektivitet – ulik vekting	0,945	0,069	1,048	0,753
Skalaeffektivitet – lik vekting	0,951	0,063	0,996	0,753
Supereffektivitet - CRS	0,898	0,089	1,059	0,714
Supereffektivitet - VRS	0,948	0,120	1,289	0,769
Korrigert effektivitetsmål CRS	0,811	0,065	0,936	0,665

Vedlegg 9 Effektivitetsmål og vektorer for DEA-AR under antakelse om CRS

Helseforetak	Effektivitetsmål	Effektivitetsmål AR	U1	U2	U3	U4	U5	V1
UNN	1,000	0,842	5,64469E-10	8,2412E-10	7,33809E-11	1,18538E-10	4,12062E-10	1,28837E-05
H2	0,985	0,753	4,11446E-09	1,4812E-09	5,3488E-10	8,64036E-10	3,00356E-09	5,91941E-05
H3	0,901	0,820	1,58847E-09	5,7185E-10	2,06501E-10	3,33579E-10	1,15958E-09	2,28531E-05
H4	1,000	0,849	3,0256E-09	1,0892E-09	3,93328E-10	6,35376E-10	8,83475E-09	5,74004E-05
H5	0,915	0,856	1,12105E-09	1,6367E-09	1,45737E-10	9,52895E-10	8,18369E-10	2,70459E-05
H6	0,910	0,834	2,3422E-10	3,4196E-10	1,26479E-10	1,99087E-10	1,7098E-10	7,74976E-06
H7	0,910	0,844	5,74097E-10	2,0667E-10	3,10012E-10	1,2056E-10	5,12281E-10	1,36029E-05
H8	0,844	0,714	1,18876E-09	4,2795E-10	6,41931E-10	1,01045E-09	8,67796E-10	2,93028E-05
H9	1,000	0,910	2,17773E-10	3,1795E-10	1,17597E-10	4,57322E-11	1,58974E-10	6,92226E-06
H10	1,000	0,901	2,82116E-09	4,1189E-09	3,66751E-10	5,92445E-10	2,05945E-09	6,43918E-05
H11	0,972	0,902	9,62439E-10	6,4241E-10	5,19717E-10	2,02112E-10	7,02581E-10	2,4742E-05
H12	0,970	0,875	4,70292E-10	1,6931E-10	2,53958E-10	1,77682E-10	3,43313E-10	1,11412E-05
H13	0,958	0,889	5,2539E-10	1,8914E-10	2,83711E-10	1,98499E-10	3,83535E-10	1,24465E-05
H14	1,000	1,000	1,24574E-09	4,4846E-10	1,61946E-10	6,29201E-10	9,09387E-10	1,86694E-05
H15	0,933	0,907	1,5791E-09	5,6848E-10	2,05283E-10	3,31611E-10	1,15274E-09	2,27183E-05
H16	1,000	1,000	6,61287E-10	2,3806E-10	8,59673E-11	1,3887E-10	4,82739E-10	9,51384E-06
H17	1,000	0,998	2,54867E-09	9,1752E-10	3,31327E-10	5,3522E-10	6,95939E-09	4,75189E-05
H18	1,000	0,902	1,65964E-10	2,4231E-10	2,15754E-11	3,48525E-11	1,21154E-10	3,78806E-06
H19	1,000	0,902	4,25893E-10	6,218E-10	5,53661E-11	3,62009E-10	3,10902E-10	1,02749E-05
H20	1,000	1,000	5,82045E-10	8,4979E-10	7,56658E-11	1,22229E-10	1,6253E-09	1,58397E-05
H21	1,000	1,000	5,1919E-10	1,8691E-10	1,9258E-10	1,0903E-10	3,79009E-10	1,02037E-05

Vedlegg 10 Effektivitetsmål og vektorer for DEA-AR under antakelse om VRS

Helseforetak	Effektivitetsmål	Effektivitetsmål AR	U1	U2	U3	U4	U5	V1
UNN	1,000	0,804	6,16E-10	5,92E-10	1,17E-10	2,03E-10	2,10E-10	1,19E-05
H2	1,000	1,000	3,04E-09	7,30E-10	7,54E-10	1,00E-09	4,13E-09	0,00E+00
H3	0,902	0,849	1,31E-09	3,14E-10	4,44E-10	4,32E-10	4,46E-10	2,16E-05
H4	1,000	0,998	3,11E-09	7,47E-10	6,40E-10	1,03E-09	4,23E-09	2,39E-05
H5	0,950	0,915	1,57E-09	1,03E-09	2,98E-10	5,17E-10	5,32E-10	2,65E-05
H6	1,000	0,848	3,11E-10	2,99E-10	1,06E-10	4,11E-10	1,06E-10	1,22E-05
H7	0,929	0,878	4,91E-10	1,18E-10	3,73E-10	1,72E-10	5,28E-10	1,35E-05
H8	0,915	0,848	1,16E-09	2,79E-10	8,85E-10	8,11E-10	3,96E-10	3,02E-05
H9	1,000	1,000	2,60E-10	2,50E-10	1,39E-10	8,58E-11	8,84E-11	9,70E-06
H10	1,000	1,000	1,98E-09	4,75E-10	1,50E-09	6,53E-10	2,69E-09	0,00E+00
H11	1,000	0,973	9,74E-10	2,34E-10	7,40E-10	3,21E-10	3,31E-10	2,41E-05
H12	0,975	0,927	4,19E-10	1,01E-10	3,18E-10	4,48E-10	1,42E-10	1,17E-05
H13	0,968	0,924	4,12E-10	2,72E-10	3,13E-10	3,63E-10	1,40E-10	1,25E-05
H14	1,000	1,000	1,05E-09	6,89E-10	1,99E-10	3,45E-10	3,56E-10	1,77E-05
H15	0,961	0,952	8,18E-10	1,96E-10	6,22E-10	3,59E-10	6,37E-10	2,17E-05
H16	1,000	1,000	4,83E-10	4,63E-10	9,17E-11	1,59E-10	1,64E-10	9,51E-06
H17	1,000	1,000	1,48E-09	3,56E-10	1,13E-09	4,90E-10	2,02E-09	3,56E-05
H18	1,000	1,000	1,88E-10	1,81E-10	3,58E-11	6,21E-11	6,40E-11	4,59E-06
H19	1,000	0,921	4,82E-10	4,63E-10	9,16E-11	6,36E-10	1,64E-10	1,04E-05
H20	1,000	0,979	6,97E-10	6,69E-10	1,32E-10	2,30E-10	9,48E-10	1,49E-05
H21	1,000	1,000	5,71E-10	3,68E-10	1,23E-10	1,88E-10	1,94E-10	9,92E-06

Vedlegg 11 Skalaeffektivitet

Helseforetak	Effektivitetsmål AR			Skalaeffektivitet	
	CRS	VRS - ulik vektning	VRS - lik vektning	Ulik vektning	Lik vektning
UNN	0,842	0,804	0,851	1,047	0,990
H2	0,753	1,000	1,000	0,753	0,753
H3	0,820	0,849	0,844	0,966	0,972
H4	0,849	0,998	1,000	0,850	0,849
H5	0,856	0,915	0,915	0,936	0,936
H6	0,834	0,848	0,843	0,983	0,989
H7	0,844	0,878	0,859	0,961	0,983
H8	0,714	0,848	0,788	0,842	0,906
H9	0,910	1,000	1,000	0,910	0,910
H10	0,901	1,000	1,000	0,901	0,901
H11	0,902	0,973	0,950	0,927	0,949
H12	0,875	0,927	0,881	0,944	0,993
H13	0,889	0,924	0,900	0,962	0,988
H14	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
H15	0,907	0,952	0,947	0,953	0,958
H16	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
H17	0,998	1,000	1,000	0,998	0,998
H18	0,902	1,000	1,000	0,902	0,902
H19	0,902	0,921	0,906	0,979	0,996
H20	1,000	0,979	1,000	1,021	1,000
H21	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000

Vedlegg 12 Skyggepriser av DEA-AR under antakelse om CRS

Helseforetak	Referanseenheter																				
	UNN	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21
UNN																0,622					
H2																0,121					
H3																0,341					
H4																				0,234	
H5																0,301					
H6																1,024					
H7																0,333					0,276
H8																0,232					
H9																1,251					
H10																0,133					
H11																0,156					0,205
H12																0,450					0,318
H13																0,522					0,169
H14														1,000							
H15																0,380					
H16																1,000					
H17																0,030				0,282	
H18																2,265					
H19																0,835					
H20																				1,000	
H21																					1,000

Vedlegg 13 Skyggepriser av DEA-AR under antakelse om VRS

Referanseenheter																						
Helseforetak	UNN	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11	H12	H13	H14	H15	H16	H17	H18	H19	H20	H21	Kontroll
UNN										0,436						0,564						1,000
H2		1,000								0,000												1,000
H3														0,268			0,652				0,079	1,000
H4		0,333								0,493							0,174					1,000
H5										0,584				0,392		0,024						1,000
H6									0,035							0,953		0,012				1,000
H7														0,053		0,151	0,450				0,346	1,000
H8										0,746				0,248							0,007	1,000
H9									1,000							0,000						1,000
H10										1,000												1,000
H11										0,733											0,267	1,000
H12														0,442		0,019					0,539	1,000
H13										0,041				0,530		0,063					0,367	1,000
H14														1,000								1,000
H15										0,252				0,418			0,24				0,092	1,000
H16																1,000						1,000
H17																	1,000					1,000
H18																0,000		1,000				1,000
H19														0,336		0,664						1,000
H20																0,501	0,499					1,000
H21																					1,000	1,000

Vedlegg 14 Faktisk og optimal produksjon ved helseforetakene i Norge

Helseforetak	Faktisk produksjon	Optimal produksjon
UNN	65 366	105 110
H2	12 714	105 110
H3	35 870	105 110
H4	14 787	63 133
H5	31 657	105 110
H6	107 608	105 110
H7	62 067	186 114
H8	24 353	105 110
H9	131 490	105 110
H10	13 987	105 110
H11	36 459	101 070
H12	78 499	102 167
H13	71 462	103 371
H14	53 564	53 564
H15	39 943	105 110
H16	105 110	105 110
H17	21 009	67 200
H18	238 045	105 110
H19	87 780	105 110
H20	63 133	63 133
H21	98 003	98 003

Vedlegg 15 Faktisk, optimalt og effektivt ressursbruk ved UNN

UNN							
	Operasjon	Poliklinikk	Inneliggende	Intensiv	Annet	Totale kostnader	Kostnad per DRG-poeng
Faktisk ressursbruk	626 579 683	463 333 510	2 049 187 489	290 505 408	193 330 199	3 622 936 289	55 425
Optimal ressursbruk	848 521 291	627 451 477	2 775 032 864	393 405 707	261 809 941	4 906 221 279	46 677
Effektiv ressursbruk	527 675 984	390 197 723	1 725 729 469	244 650 012	162 813 615	3 051 066 802	46 677



Vedlegg 16 Supereffektivitet under antakelse om CRS

Supereffektivitet CRS								
Helseforetak	Effektivitetsscore AR	S-AR1	S-AR2	S-AR3	S-AR4	S-AR4	S-AR4	Supereffektivitet AR
UNN	0,842	0,842	0,842	0,873	0,842	0,842	0,842	0,842
H2	0,753	0,753	0,753	0,774	0,753	0,753	0,753	0,753
H3	0,820	0,820	0,820	0,831	0,820	0,820	0,820	0,820
H4	0,849	0,849	0,849	0,849	0,851	0,849	0,849	0,849
H5	0,856	0,856	0,856	0,901	0,856	0,856	0,856	0,856
H6	0,834	0,834	0,834	0,875	0,834	0,834	0,834	0,834
H7	0,844	0,844	0,844	0,862	0,844	0,844	0,844	0,844
H8	0,714	0,714	0,714	0,724	0,714	0,714	0,714	0,714
H9	0,910	0,910	0,910	0,941	0,910	0,910	0,910	0,910
H10	0,901	0,901	0,901	0,939	0,901	0,901	0,901	0,901
H11	0,902	0,902	0,902	0,909	0,902	0,902	0,902	0,902
H12	0,875	0,875	0,875	0,883	0,875	0,875	0,875	0,875
H13	0,889	0,889	0,889	0,907	0,889	0,889	0,891	0,889
H14	1,000	1,015	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,015
H15	0,907	0,907	0,907	0,925	0,907	0,907	0,907	0,907
H16	1,000	1,000	1,000	1,059	1,000	1,000	1,000	1,059
H17	0,998	0,998	0,998	1,000	1,000	1,000	0,998	0,998
H18	0,902	0,902	0,902	NA	0,902	0,902	0,902	0,982
H19	0,902	0,902	0,902	0,946	0,902	0,902	0,902	0,902
H20	1,000	1,000	1,000	1,000	1,004	1,000	1,000	1,004
H21	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,009	1,009	1,009

Vedlegg 17 Supereffektivitet under antakelse om VRS

Supereffektivitet VRS									
Helseforetak	Effektivitet AR	S-AR1	S-AR2	S-AR3	S-AR4	S-AR5	S-AR6	S-AR7	Supereffektivitet AR
UNN	0,804	0,804	0,810	0,804	0,828	0,804	0,804	0,804	0,769
H2	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,926
H3	0,849	0,849	0,849	0,853	0,849	0,861	0,849	0,851	0,833
H4	0,998	0,998	1,000	0,998	0,998	1,000	0,998	0,998	0,918
H5	0,915	0,915	0,948	0,954	0,915	0,915	0,915	0,915	0,901
H6	0,848	0,850	0,848	0,848	0,947	0,848	0,850	0,848	0,841
H7	0,878	0,878	0,878	0,879	0,879	0,879	0,878	0,890	0,857
H8	0,848	0,848	0,893	0,862	0,848	0,848	0,848	0,848	0,807
H9	1,000	1,092	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,057
H10	1,000	1,000	1,340	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,289
H11	0,973	0,973	0,990	0,973	0,973	0,973	0,973	0,994	0,952
H12	0,927	0,927	0,927	0,935	0,927	0,927	0,927	0,950	0,902
H13	0,924	0,924	0,925	0,935	0,925	0,924	0,924	0,941	0,911
H14	1,000	1,000	1,000	1,091	1,000	1,000	1,000	1,000	1,046
H15	0,952	0,952	0,957	0,982	0,952	0,954	0,952	0,956	0,946
H16	1,000	1,000	1,000	1,000	1,162	1,000	1,000	1,000	1,106
H17	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,131	1,000	1,000	1,051
H18	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	Inf	1,000	Inf
H19	0,921	0,921	0,921	0,924	0,976	0,921	0,921	0,921	0,889
H20	0,979	0,979	0,979	0,979	1,000	0,985	0,979	0,979	0,960
H21	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,038	1,007

Vedlegg 18 Korrigerte effektivitetstall under antakelse om CRS

Helseforetak	Effektivitetsmål AR	Korrigerte effektivitetsmål AR	Endring i effektivitet	Prosentvis endring
UNN	0,842	0,864	0,022	2,6 %
H2	0,753	0,719	-0,034	-4,5 %
H3	0,820	0,758	-0,062	-7,5 %
H4	0,849	0,814	-0,035	-4,1 %
H5	0,856	0,796	-0,061	-7,1 %
H6	0,834	0,797	-0,037	-4,4 %
H7	0,844	0,727	-0,118	-13,9 %
H8	0,714	0,665	-0,049	-6,9 %
H9	0,910	0,817	-0,093	-10,2 %
H10	0,901	0,878	-0,023	-2,6 %
H11	0,902	0,838	-0,064	-7,1 %
H12	0,875	0,820	-0,055	-6,3 %
H13	0,889	0,754	-0,135	-15,2 %
H14	1,000	0,911	-0,089	-8,9 %
H15	0,907	0,830	-0,077	-8,5 %
H16	1,000	0,841	-0,159	-15,9 %
H17	0,998	0,936	-0,062	-6,3 %
H18	0,902	0,790	-0,112	-12,4 %
H19	0,902	0,780	-0,122	-13,6 %
H20	1,000	0,873	-0,127	-12,7 %
H21	1,000	0,831	-0,169	-16,9 %

## Vedlegg 19 R-script

```
# Variabler m/ deskriptiv statistikk
x1=as.matrix(ALLE_DRGER[,3]); describe(x1) # Operasjon
x2=as.matrix(ALLE_DRGER[,4]); describe(x2) # Poliklinikk
x3=as.matrix(ALLE_DRGER[,5]); describe(x3) # Inneliggende
x4=as.matrix(ALLE_DRGER[,6]); describe(x4) # Intensiv
x5=as.matrix(ALLE_DRGER[,7]); describe(x5) # Annet

x<-(cbind(x1,x2,x3,x4,x5))
y=as.matrix(ALLE_DRGER[,8]); describe(y)

# PS: I R-scriptet presenteres kun kodene ved bruk av CRS.
# Trinn 1 i R-scriptet er beregnet både under antakelse om CRS og VRS
# Trinn 2 er beregnet under antakelse om CRS

##### Trinn 1: Data Envelopment Analysis.
### Konstant skalautbytte
e_crs <- dea(x,y, RTS="crs", ORIENTATION = "in", DUAL=TRUE)
e_crs_dataframe <- data.frame(e_crs$eff)
ed_crs <- dea.dual(x,y, RTS="crs", ORIENTATION = "in")
cbind(E=e_crs$eff,ED=ed_crs$eff, e_crs$ux,e_crs$vy)

dual_crs <-matrix(c(0.36, 1.46, 0.13, 0.54, 0.21, 0.85, 0.73, 2.92),nrow=dim(x)[2]+dim(y)[2]-
2, byrow=TRUE, ncol=2) # 0,5 / 2 - 1:4 forhold
dual_crs
edr <- dea.dual(x,y,RTS="crs", DUAL=dual_crs)
cbind(E=e_crs$eff, AR=edr$eff, edr$u, edr$v)

# Kontroll av spesifiserte yttergrenser
print(cbind("e_crs"=e_crs$eff,"e_crs-
ar"=edr$eff,"ratio21"=edr$u[2]/edr$u[1],"ratio31"=edr$u[3]/edr$u[1],"ratio41"=edr$u[4]/e
dr$u[1],"ratio51"=edr$u[5]/edr$u[1]),digits=3)
kontrollcrs <- print(cbind("e_crs"=e_crs$eff,"e_crs-
ar"=edr$eff,"ratio21"=edr$u[2]/edr$u[1],"ratio31"=edr$u[3]/edr$u[1],"ratio41"=edr$u[4]/e
dr$u[1],"ratio51"=edr$u[5]/edr$u[1]),digits=3)

# Barplot av kostnadseffektivitet under kostnant- og variabelt skalautbytte mot antall
produserte DRG-poeng
par(mfrow=c(1,2))
barplot(height=edr$eff[order(edr$eff)],width=y[order(edr$eff)], space = 0, main = "CRS",
xlab = "DRG-poeng", ylab = "Kostnadseffektivitet", col="Lightgrey", density=1000,
Beside=T) #CRS m/ vekting
barplot(height=edr_vrs$eff[order(edr_vrs$eff)],width=y[order(edr_vrs$eff)], Beside=TRUE,
space = 0, main = "VRS", xlab = "DRG-poeng", ylab = "Kostnadseffektivitet",
col="cornflowerblue", density=1000, Beside=T) # VRS m/ vekting

### Skalaeffektivitet
# Uten restriksjoner på vektene
se <- eff(e_crs)/eff(e_vrs)
```

```

effres_se<-(cbind(se))
print(effres_se)
# Restriksjoner på vektene - ulik vekting på CRS og VRS
se_ar <- eff(edr)/eff(edr_vrs)
effres_sear <- (cbind(se_ar))
print(effres_sear)
# Restriksjoner på vektene - lik vekting på CRS og VRS
se_ar1 <- eff(edr)/eff(edr_vrs1)
effres_sear1 <- (cbind(se_ar1))
print(effres_sear1)

### Skyggepriser
# Konstant skalautbytte

lambda_crs <- function (X, Y, RTS = "crs", ORIENTATION = "in", XREF = NULL,
                        YREF = NULL, FRONT.IDX = NULL, DUAL = NULL, DIRECT = NULL,
                        TRANSPOSE = FALSE, LP = FALSE, CONTROL = NULL, LPK = NULL)
{
  rts <- c("fdh", "vrs", "drs", "crs", "irs", "irs", "add",
          "fdh+")
  if (missing(RTS))
    RTS <- "vrs"
  if (LP)
    print(paste("Vaerdi af 'RTS' er ", RTS), quote = FALSE)
  if (is.numeric(RTS)) {
    if (LP)
      print(paste("Number ", RTS, "", sep = ""), quote = FALSE)
    RTStemp <- rts[1 + RTS]
    RTS <- RTStemp
    if (LP)
      print(paste(" is ", RTS, "\n", sep = ""), quote = FALSE)
  }
  RTS <- tolower(RTS)
  if (!(RTS %in% rts))
    stop(paste("Unknown scale of returns:", RTS))
  orientation <- c("in-out", "in", "out", "graph")
  if (is.numeric(ORIENTATION)) {
    ORIENTATION_ <- orientation[ORIENTATION + 1]
    ORIENTATION <- ORIENTATION_
  }
  ORIENTATION <- tolower(ORIENTATION)
  if (!(ORIENTATION %in% orientation)) {
    stop(paste("Unknown value for ORIENTATION:", ORIENTATION),
          quote = F)
  }
  if (RTS %in% c("fdh", "add", "fdh+"))
    stop("dea.dual does not work for \"fdh\", \"fdh+\" or \"add\"")
  if (!(ORIENTATION %in% c("in", "out", "in-out")))
    stop("dea.dual does not work for \"graph\"")
  if (class(X) == "data.frame" && data.kontrol(X) || is.numeric(X)) {

```

```

X <- as.matrix(X)
}
if (class(Y) == "data.frame" && data.kontrol(Y) || is.numeric(Y)) {
  Y <- as.matrix(Y)
}
if (class(XREF) == "data.frame" && data.kontrol(XREF) ||
  is.numeric(XREF)) {
  XREF <- as.matrix(XREF)
}
if (class(YREF) == "data.frame" && data.kontrol(YREF) ||
  is.numeric(YREF)) {
  YREF <- as.matrix(YREF)
}
if (class(X) != "matrix" || !is.numeric(X))
  stop("X is not a numeric matrix (or data.frame)")
if (class(Y) != "matrix" || !is.numeric(X))
  stop("Y is not a numeric matrix (or data.frame)")
if (!is.null(XREF) && (class(XREF) != "matrix" || !is.numeric(XREF)))
  stop("XREF is not a numeric matrix (or data.frame)")
if (!is.null(YREF) && (class(YREF) != "matrix" || !is.numeric(YREF)))
  stop("YREF is not a numeric matrix (or data.frame)")
if (missing(XREF) || is.null(XREF)) {
  XREF <- X
}
if (missing(YREF) || is.null(YREF)) {
  YREF <- Y
}
if (TRANSPPOSE) {
  X <- t(X)
  Y <- t(Y)
  XREF <- t(XREF)
  YREF <- t(YREF)
  if (!is.null(DIRECT) & class(DIRECT) == "matrix")
    DIRECT <- t(DIRECT)
}
orgKr <- dim(XREF)
if (length(FRONT.IDX) > 0) {
  if (!is.vector(FRONT.IDX))
    stop("FRONT.IDX is not a vector in 'eff'")
  XREF <- XREF[FRONT.IDX, , drop = FALSE]
  YREF <- YREF[FRONT.IDX, , drop = FALSE]
}
m = dim(X)[2]
n = dim(Y)[2]
K = dim(X)[1]
Kr = dim(XREF)[1]
if (!is.null(DIRECT)) {
  if (class(DIRECT) == "matrix") {
    md <- dim(DIRECT)[2]
    Kd <- dim(DIRECT)[1]

```

```

}
else {
  md <- length(DIRECT)
  Kd <- 0
}
}
else {
  Kd <- 0
}
if (LP)
  cat("m n k kr = ", m, n, K, Kr, "\n")
if (LP & !is.null(DIRECT))
  cat("md, Kd =", md, Kd, "\n")
if (m != dim(XREF)[2])
  stop("Number of inputs must be the same in X and XREF")
if (n != dim(YREF)[2])
  stop("Number of outputs must be the same in Y and YREF")
if (K != dim(Y)[1])
  stop("Number of units must be the same in X and Y")
if (Kr != dim(YREF)[1])
  stop("Number of units must be the same in XREF and YREF")
if (!is.null(DUAL) && (!is.matrix(DUAL) || dim(DUAL)[1] !=
  (m + n - 2) || dim(DUAL)[2] != 2)) {
  stop("DUAL must be a (m+n-2) x 2 matrix with lower and upper bounds for restrictions")
}
if (!is.null(DIRECT) & ORIENTATION == "graph")
  stop("DIRECT cannot not be used with ORIENTATION=\"graph\"")
if (!is.null(DIRECT) & length(DIRECT) > 1) {
  if (ORIENTATION == "in" & md != m)
    stop("Length of DIRECT must be the number of inputs")
  else if (ORIENTATION == "out" & md != n)
    stop("Length of DIRECT must be the number of outputs")
  else if (ORIENTATION == "in-out" & md != m + n)
    stop("Length of DIRECT must be the number of inputs plus outputs")
  if (class(DIRECT) == "matrix" & (Kd > 0 & Kd != K))
    stop("Number of firms in DIRECT must equal firms in X and Y")
}
if (!is.null(DIRECT) & length(DIRECT) == 1) {
  if (ORIENTATION == "in" & length(DIRECT) != m)
    DIRECT <- rep(DIRECT, m)
  else if (ORIENTATION == "out" & length(DIRECT) != n)
    DIRECT <- rep(DIRECT, n)
  else if (ORIENTATION == "in-out" & length(DIRECT) !=
    m + n)
    DIRECT <- rep(DIRECT, m + n)
}
if (RTS == "vrs") {
  rlamb <- 2
}
else if (RTS == "drs" || RTS == "irs") {

```

```

    rlamb <- 1
  }
else if (RTS == "crs") {
  rlamb <- 0
}
else {
  stop(paste("Unknown value for RTS in 'dea.dual':", RTS))
}
if (!missing(DUAL) && !is.null(DUAL)) {
  if (m > 1) {
    Udiag <- diag(1, m - 1)
    DL <- rbind(DUAL[1:(m - 1), 1], -Udiag)
    DU <- rbind(-DUAL[1:(m - 1), 2], Udiag)
    if (LP) {
      print("DL")
      print(DL)
      print("DU")
      print(DU)
    }
    ADin <- cbind(DL, DU)
  }
  else ADin <- NULL
  if (LP) {
    print("ADin")
    print(ADin)
  }
  if (n > 1) {
    Udiag <- diag(1, n - 1)
    DL <- rbind(DUAL[m:(m + n - 2), 1], -Udiag)
    DU <- rbind(-DUAL[m:(m + n - 2), 2], Udiag)
    ADout <- cbind(DL, DU)
  }
  else ADout <- NULL
  nulln <- matrix(0, nrow = n, ncol = 2 * (m - 1))
  nullm <- matrix(0, nrow = m, ncol = 2 * (n - 1))
  AD <- cbind(rbind(ADin, nulln), rbind(nullm, ADout))
  if (LP) {
    print("AD")
    print(AD)
  }
}
else {
  AD <- NULL
}
if (is.null(AD)) {
  restr <- 0
}
else {
  restr <- 2 * (m - 1 + n - 1)
}

```

```

lps <- make.lp(1 + Kr + restr, m + n + rlamb)
name.lp(lps, paste(ifelse(is.null(AD), "Dual", "DualAC"),
                      ORIENTATION, RTS, sep = "-"))
for (h in 1:m) set.column(lps, h, c(0, -XREF[, h], AD[h,
                                          ]))
for (h in 1:n) set.column(lps, m + h, c(0, YREF[, h], AD[m +
                                          h, ]))

objgamma <- NULL
if (rlamb > 0) {
  set.column(lps, m + n + 1, c(0, rep(-1, Kr)), 1:(Kr +
                                          1))

  objgamma <- -1
}
if (rlamb > 1) {
  set.column(lps, m + n + 2, c(0, rep(1, Kr)), 1:(Kr +
                                          1))

  objgamma <- c(-1, 1)
}
if (rlamb == 1 && RTS == "irs") {
  set.column(lps, m + n + 1, c(0, rep(1, Kr)), 1:(Kr +
                                          1))

  objgamma <- 1
}
if (!is.null(DIRECT) & Kd == 0) {
  if (ORIENTATION == "in")
    set.row(lps, 1, c(-DIRECT), 1:m)
  else if (ORIENTATION == "out")
    set.row(lps, 1, c(-DIRECT), (m + 1):(m + n))
  else if (ORIENTATION == "in-out")
    set.row(lps, 1, c(-DIRECT), 1:(m + n))
}
set.constr.type(lps, rep("<=", 1 + Kr + restr))
if (ORIENTATION == "in") {
  lp.control(lps, sense = "max")
  set.rhs(lps, 1, 1)
}
else if (ORIENTATION == "out") {
  lp.control(lps, sense = "min")
  set.rhs(lps, -1, 1)
  if (!is.null(objgamma))
    objgamma <- -objgamma
}
if (!is.null(DIRECT)) {
  lp.control(lps, sense = "min")
  set.rhs(lps, c(-1, rep(0, Kr)))
  if (ORIENTATION == "in" | ORIENTATION == "in-out")
    if (!is.null(objgamma))
      objgamma <- -objgamma
}
if (!is.null(CONTROL)) {

```



```

if (!is.list(CONTROL)) {
  stop("argument 'control' must be a 'list' object")
}
do.call(lp.control, c(list(lprec = lps), CONTROL))
}
u <- matrix(NA, K, m)
v <- matrix(NA, K, n)
objval <- rep(NA, K)
sol <- matrix(NA, K, 1 + sum(dim(lps)))
gamma <- NULL
if (rlamb > 0) {
  gamma <- matrix(NA, K, rlamb)
}
for (k in 1:K) {
  if (is.null(DIRECT)) {
    if (ORIENTATION == "in") {
      objrow <- c(rep(0, m), Y[k, ], objgamma)
      if (LP) {
        print("objgamma:")
        print(objgamma)
        print("objrow:")
        print(objrow)
      }
      set.objfn(lps, objrow)
      set.row(lps, 1, c(X[k, ], 1:m))
    }
    else {
      objrow <- c(X[k, ], rep(0, n), objgamma)
      set.objfn(lps, objrow)
      set.row(lps, 1, c(-Y[k, ], (m + 1):(m + n)))
    }
  }
  else {
    objrow <- c(X[k, ], -Y[k, ], objgamma)
    set.objfn(lps, objrow)
    if (Kd > 1) {
      if (ORIENTATION == "in")
        set.row(lps, 1, -DIRECT[k, ], 1:m)
      else if (ORIENTATION == "out")
        set.row(lps, 1, -DIRECT[k, ], (m + 1):(m +
          n))
      else if (ORIENTATION == "in-out")
        set.row(lps, 1, -DIRECT[k, ], 1:(m + n))
    }
  }
  if (LP)
    print(paste("Firm", k), quote = FALSE)
  if (LP && k == 1)
    print(lps)
  set.basis(lps, default = TRUE)
}

```

```

status <- solve(lps)
if (status != 0) {
  if (status == 2 || status == 3) {
    objval[k] <- ifelse(ORIENTATION == "in", Inf,
                      -Inf)
  }
  else {
    print(paste("Error in solving for firm", k, ": Status =",
              status), quote = F)
    objval[k] <- NA
  }
}
else {
  objval[k] <- get.objective(lps)
  losning <- get.variables(lps)
  sol[k, ] <- get.primal.solution(lps)
  u[k, ] <- losning[1:m]
  v[k, ] <- losning[(m + 1):(m + n)]
  if (rlamb > 0) {
    gamma[k, ] <- losning[(m + n + 1):(m + n + rlamb)]
  }
}
if (LP) {
  print(paste("Objval, firm", k))
  print("Dual solution:")
  print(get.dual.solution(lps))
}
if (!is.null(LPK) && k %in% LPK) {
  print(paste("Model", k, "(", name.lp(lps), ")"))
  print(lps)
  write.lp(lps, paste(name.lp(lps), k, ".mps", sep = ""),
          type = "mps", use.names = TRUE)
}
}
if (is.null(DIRECT)) {
  eff <- objval
}
else {
  mmd <- switch(ORIENTATION, `in` = m, out = n, `in-out` = m +
              n)
  ob <- matrix(objval, nrow = K, ncol = mmd)
  if (class(DIRECT) == "matrix" && dim(DIRECT)[1] > 1) {
    dir <- DIRECT
  }
  else {
    dir <- matrix(DIRECT, nrow = K, ncol = mmd, byrow = TRUE)
  }
  if (ORIENTATION == "in") {
    eff <- 1 - ob * dir/X
  }
}

```

```

else if (ORIENTATION == "out") {
  eff <- 1 + ob * dir/Y
}
else if (ORIENTATION == "in-out") {
  eff <- cbind(1 - ob[, 1:m, drop = FALSE] * dir[,
              1:m, drop = FALSE]/X, 1 + ob[, (m + 1):(m + n),
              drop = FALSE] * dir[, (m + 1):(m + n),
drop = FALSE]/Y)
}
else {
  warning("Illegal ORIENTATION for argument DIRECT")
}
if (class(eff) == "matrix" && (dim(eff)[1] == 1 || dim(eff) ==
1))
  eff <- c(eff)
}
lpcontr <- lp.control(lps)
eps <- lpcontr$epsilon["epsint"]
eff[abs(eff - 1) < eps] <- 1
colnames(u) <- paste("u", 1:m, sep = "")
colnames(v) <- paste("v", 1:n, sep = "")
if (TRANSDPOSE) {
  u <- t(u)
  v <- t(v)
  if (class(eff) == "matrix")
    eff <- t(eff)
}
oe <- list(eff = eff, objval = objval, RTS = RTS, ORIENTATION = ORIENTATION,
          TRANSDPOSE = TRANSDPOSE, u = u, v = v, gamma = gamma, sol = sol)
class(oe) <- "Farrell"
return(oe)
}
<bytecode: 0x116eadee0>
<environment: namespace:Benchmarking>

edr_lambda <- lambda_crs(x,y,RTS="crs",ORIENTATION="in", DUAL=dual_crs,
LP=TRUE) # Skyggepriser

### Supereffektivitet
# Konstant skalautbytte
x_14 <- x[-14,]
y_14 <- y[-14,]

sedr1 <- dea.dual(x, y, RTS = "crs", ORIENTATION = "in",
                XREF = x_14, YREF = y_14,
                FRONT.IDX = NULL, DUAL = dual_crs, DIRECT=NULL,
                TRANSDPOSE = FALSE, LP = FALSE, CONTROL=NULL, LPK=NULL)

x_16 <- x[-16,]
y_16 <- y[-16,]

```

```

sedr2 <- dea.dual(x, y, RTS = "crs", ORIENTATION = "in",
  XREF = x_16, YREF = y_16,
  FRONT.IDX = NULL, DUAL = dual_crs, DIRECT=NULL,
  TRANSPOSE = FALSE, LP = FALSE, CONTROL=NULL, LPK=NULL)

x_20 <- x[-20,]
y_20 <- y[-20,]

sedr3 <- dea.dual(x, y, RTS = "crs", ORIENTATION = "in",
  XREF = x_20, YREF = y_20,
  FRONT.IDX = NULL, DUAL = dual_crs, DIRECT=NULL,
  TRANSPOSE = FALSE, LP = FALSE, CONTROL=NULL, LPK=NULL)

x_21 <- x[-21,]
y_21 <- y[-21,]

sedr4 <- dea.dual(x, y, RTS = "crs", ORIENTATION = "in",
  XREF = x_21, YREF = y_21,
  FRONT.IDX = NULL, DUAL = dual_crs, DIRECT=NULL,
  TRANSPOSE = FALSE, LP = FALSE, CONTROL=NULL, LPK=NULL)

cbind(E_AR=edr$eff, S_AR1=sedr1$eff, S_AR2=sedr2$eff, S_AR3=sedr3$eff,
S_AR4=sedr4$eff)

supereffcrs <- data.frame(cbind(E_AR=edr$eff, S_AR1=sedr1$eff, S_AR2=sedr2$eff,
S_AR3=sedr3$eff, S_AR4=sedr4$eff))

##### Trinn 2: Regresjonsanalyse
# Kompenserer for z-variabler i regresjons basert på tottrinnsanalysen
x # Innsatsfaktorer
z = as.matrix(ALLE_DRGER[c(9,10)]) # Eksogene variabler

# Får følgende data:
x <- as.vector(x)
z <- as.matrix(z)
kostnadseffektivitet<- as.vector(ALLE_DRGER$SCRS_EFF)
Kostnadseffektivitet<- as.vector(ALLE_DRGER$SCRS_EFF)

# Regresjonsanalyse
reg_crs <- lm(kostnadseffektivitet ~ z);summary(reg_crs)

# Plot av kostnadseffektivitet og pasientgrunnlag
ggplot(ALLE_DRGER, aes(x=Pasientgrunnlag,
y=Kostnadseffektivitet))+geom_point()+geom_smooth(method=lm)

# Korrigerte effektivitetsmålinger er gitt ved:
korrignet_kostnadseffektivitet <- as.vector(kostnadseffektivitet - z%*reg_crs$coefficients[-
1])

```