

Handelshøgskolen

Effektivitets- og produktivetsutvikling ved Avinors lufthavner

En analyse av perioden 2010-2015 ved bruk av Data Envelopment Analysis, Malmquists produktivetsindeks og statistiske tester.

—

Agvan Darkhanov & Eskild Simonsen

Masteroppgave i økonomi og administrasjon – juni 2016

Forord

Denne oppgaven markerer slutten på vår femårige mastergrad i økonomi og administrasjon ved UiT Norges Arktiske Universitet. I løpet av studietiden har vi tilegnet oss nyttig kunnskap og verdifulle erfaringer. Vi kan se tilbake på fem flotte år med gode medstudenter og dyktige forelesere.

I forbindelse med Avinors presentasjon av deres forretningsområder og utfordringer forbundet med lufthavndrift i Norge, ble vi utfordret til å gjøre en effektivitets- og produktivitetsanalyse av deres lufthavner. Norge er et land med lange avstander og utfordrende topografi, derfor er luftfarten helt avgjørende for infrastrukturen. Kombinert med høye kostnader og krav om lønnsomhet, krever det en effektiv drift. For å avdekke effektivitet og produktivitet hos Avinor har Data Envelopment Analysis, Malmquists produktivitetsindeks og statistiske tester blitt benyttet.

Vi vil takke vår veileder Helen Marita Sørensen Holst for hennes tilgjengelighet gjennom hele semesteret, samt et kritisk blikk og konstruktive tilbakemeldinger. En stor takk rettes også til Avinor og Kit Gaup, som har oversendt oss nødvendig data for gjennomføring av analysen og vært tilgjengelig for å svare på spørsmål underveis.

Videre vil vi takke hverandre for et velfungerende og lærerikt samarbeid. Vi vil også takke familie og venner for uvurderlig støtte og gode innspill gjennom hele studieløpet. Til slutt vil vi takke klassekameratene våre for trivelige sosiale stunder i en ellers hektisk og til tider krevende hverdag.

Tromsø, 31. mai 2016



Agvan Darkhanov



Eskild Simonsen

Sammendrag

Denne masteravhandlingen analyserer effektiviteten og produktivitet utviklingen for lufthavner tilhørende Avinor i perioden 2010-2015. Norge er et langstrakt land med store avstander, utfordrende topografi og værforhold, noe som gjør at luftfarten er helt avgjørende for infrastrukturen i landet. Selv om Avinor har lønnsom drift totalt, er lønnsomheten i hovedsak drevet av noen få lufthavner. En tidligere studie fant også nedgang i effektivitet hos Avinor i perioden 2002-2010.

For å beregne effektiviteten har Data Envelopment Analysis (DEA) blitt benyttet, mens produktivitet utvikling over tid har blitt beregnet ved hjelp av Malmquist produktivitetsindeks (MPI). For å tillegge metodene en statistisk tilnærming, ble bootstrapping benyttet for å estimere den teknisk mulige fronten. For DEA er det også foretatt asymptotiske hypotesetester for å teste for modellforutsetninger og forskjell mellom grupperinger av lufthavner.

Basert på resultatene fra analysen kunne man vise til at gjennomsnittlig effektivitet for hele utvalget varierte mellom 69,6% i 2010 til 70,5% i 2015 under antagelsen om konstant skalautbytte. Ved variabelt skalautbytte lå gjennomsnittlig effektivitet på et høyere nivå og varierte mellom 86,8% og 85,4% i samme periode. Resultatene fra Malmquist produktivitetsindeks viste en fremgang i produktiviteten på 6,3% som kunne forklares med fremgang i teknologi.

Det ble foretatt to ulike inndelinger. Den ene var basert på fysisk størrelse (rullebaner etc.), type flyruter og geografisk plassering. Resultatene fra denne inndelingen viste at små lufthavner hadde et høyere gjennomsnittlig effektivitet, mens de store lufthavnene hadde høyt standardavvik. Inndelingen basert på passasjergrunnlag viste forskjellige resultater under de ulike antagelsene om skalautbytte. Gitt konstant skalautbytte ble det funnet at lufthavner med høy passasjertrafikk var betydelig mer effektive enn lufthavner med færre passasjerer. Denne forskjellen forsvant med overgang til variabelt skalautbytte, og det kunne ikke påvises ulikhet mellom gruppene.

Nøkkelord: *Data Envelopment Analysis, Malmquist, bootstrapping, effektivitet, produktivitet utvikling, Avinor, lufthavn.*

Innholdsfortegnelse

Forord.....	iii
Sammendrag.....	iv
1 Innledning.....	1
1.1 Problemstilling.....	2
1.2 Avgrensninger av oppgaven.....	4
1.3 Oppgavens struktur.....	4
2 Flyplassdrift satt i perspektiv.....	6
2.1 Flyplassbransjen i en større sammenheng.....	6
2.2 Flyplassens rolle.....	7
2.2.1 Utvikling i inntekter.....	7
2.2.2 Utvikling i kostnader.....	7
2.2.3 Status i dag og utsiktene framover.....	8
2.3 Presentasjon av Avinor.....	9
2.3.1 Samfunnsansvar.....	9
2.3.2 Finansiering.....	10
2.3.3 FOT-ruter.....	13
2.3.4 Finansiell informasjon.....	13
2.3.5 Passasjerer og flybevegelser.....	14
2.3.6 Inntekter.....	16
2.3.7 Kostnader.....	16
2.3.8 Forsvarsavtale.....	17
2.3.9 Subsidierting.....	18
3 Litteraturgjennomgang.....	20
3.1 Prestasjonsmåling ved flyplasser.....	20
3.2 Data Envelopment Analysis (DEA) ved flyplasser.....	21
3.2.1 Effektivitetsstudie av Avinor 2012.....	24
4 Teori og metode.....	26
4.1 Effektivitet og produktivitet.....	26
4.2 Data Envelopment Analysis (DEA).....	27
4.2.1 Forutsetninger for DEA.....	29
4.2.2 Inputorientering eller outputorientering.....	32
4.2.3 CCR-modellen.....	33
4.2.4 BCC-modellen.....	34
4.2.5 Slakk og pareto-optimalitet.....	35
4.2.6 Skalaeffektivitet.....	36
4.2.7 Supereffektivitet.....	37
4.3 Malmquist-produktivitetsindeks.....	38
4.3.1 "Catching up"-effekt og frontskift.....	39
4.3.2 Malmquistindeks med variabelt skalautbytte.....	40
4.4 Statistisk tilnærming til DEA.....	41
4.4.1 Bootstrapping.....	41
4.4.2 Asymptotiske tester: Banker-tester.....	44
5 Datagrunnlag.....	47
5.1 Validitet og reliabilitet.....	47
5.2 Variabelvalg.....	48
5.2.1 Inputvariabler.....	49
5.2.2 Output.....	50
5.3 Datautvalget.....	51

5.4	Outliers	52
5.5	Valg av modell.....	53
5.6	Valg av orientering.....	54
5.7	Indeksjustering	54
5.8	Deskriptiv statistikk.....	55
6	Resultater	57
6.1	Resultater fra Data Envelopment Analysis	57
6.1.1	Total teknisk Effektivitet.....	57
6.1.2	Ren teknisk effektivitet.....	59
6.1.3	Skalaeffektivitet	62
6.1.4	Inndeling: Store lufthavner og små lufthavner	64
6.1.5	DEA-resultater for inndeling: Store og små lufthavner	65
6.1.6	Inndeling: Passasjertrafikk over og under 200 000 årlig	66
6.1.7	DEA-resultater for inndeling: Passasjertrafikk over og under 200 000 årlig.....	68
6.2	Bootstrapping av DEA	70
6.3	Resultater fra Malmquist Produktivitetsindeks.....	71
6.3.1	CRS: Effektivitetsendring og frontendring	72
6.3.2	VRS: Ren effektivitetsendring, ren teknologisk endring og SCH.....	75
7	Diskusjon og konklusjon	78
7.1	Effektivitetsnivå og utvikling for hele utvalget.....	78
7.2	Effektivitetsnivå og utvikling på enhetsnivå: Spesielle funn.....	80
7.3	Effektivitetsnivå og utvikling for grupper	82
7.3.1	Avinors egen inndeling: Store og Små.....	82
7.3.2	Inndeling etter passasjertrafikk: Over og Under 200 000.....	83
7.3.3	Forsvarsavtalen.....	84
7.4	Konklusjon.....	84
	Referanseliste:	86
	Nettkilder:.....	89
	Vedlegg.....	91

Figuroversikt

Figur 1 Lufthavnene til Avinor [4]	11
Figur 2 Utvikling i perioden fra Årsrapporter 2010-2015	14
Figur 3 Utvikling i perioden fra Årsrapporter 2010-2015	15
Figur 4 Antall flybevegelser i perioden 2010-2015.....	15
Figur 5 Subsidiæringsbehov per år (2010-2015).....	18
Figur 6 DEA og SFA	29
Figur 7 Konveksitet	30
Figur 8 Constant Return to Scale (CRS)	31
Figur 9 Variable Return to Scale (VRS).....	32
Figur 10 Input- og outputorientering	33
Figur 11 Slakk i en VRS-modell	36
Figur 12 Bootstrapping.....	41
Figur 13 Gjennomsnittlig effektivitet (VRS) for gruppeinndeling.....	66
Figur 14 Gjennomsnittlig effektivitet (CRS) for inndeling med passasjergrense	68
Figur 15 Gjennomsnittlig effektivitet (VRS) for inndeling med passasjergrense	70
Figur 16 Forhold mellom TE_{VRS} og bootstrappet VRS (2015)	71

Tabelloversikt

Tabell 1 Noen flyplassrelaterte terrorangrep etter 2001, (ACI Europe & AEA, 2011).....	8
Tabell 2 Oversikt og inndelingen av lufthavnene til Avinor	12
Tabell 3 Korrelasjonsmatrise for variabler (2015)	49
Tabell 4 Eksponentiell fordeling, for valg av modell.....	53
Tabell 5 Halvnormal fordeling, for valg av modell.....	54
Tabell 6 Deskriptiv statistikk for variablene (2010-2015)	56
Tabell 7 Total teknisk effektivitet (TE_{CRS}) i perioden 2010-2015	58
Tabell 8 Total teknisk effektivitet (TE_{CRS}) samlet i perioden 2010-2015	59
Tabell 9 Ren teknisk effektivitet (TE_{VRS}) i perioden 2010-2015	61
Tabell 10 Ren teknisk effektivitet (TE_{VRS}) samlet perioden 2010-2015	62
Tabell 11 Gjennomsnittlig skalaeffektivitet (SE) i perioden 2010-2015.....	62
Tabell 12 Skalaeffektivitet (SE) for enhetene	63
Tabell 13 Eksponentiell fordeling, gruppeinndeling: Store og små	64
Tabell 14 Halvnormal fordeling, gruppeinndeling; Store og små	64
Tabell 15 DEA-resultater for Store flyplasser (VRS).....	65
Tabell 16 DEA-resultater for Små flyplasser (VRS).....	65
Tabell 17 Eksponentiell fordeling, Inndeling med passasjergrense	67
Tabell 18 Halvnormal fordeling, Inndeling med passasjergrense	67
Tabell 19 DEA-resultater (CRS) for lufthavner med over 200 000 PAX årlig.....	68
Tabell 20 DEA-resultater (CRS) for lufthavner med under 200 000 PAX årlig.....	68
Tabell 21 DEA-resultater (VRS) for lufthavner med over 200 000 PAX årlig.....	69
Tabell 22 DEA-resultater (VRS) for lufthavner med under 200 000 PAX årlig.....	69
Tabell 23 Bootstrapping av DEA for perioden 2010-2015	70
Tabell 24 MPI dekomponert under CRS (n=43)	72
Tabell 25 Frekvenstabell for MPI (n=43).....	73
Tabell 26 MPI og signifikansnivå for alle enheter	74
Tabell 27 MPI dekomponert under VRS (n=43)	75
Tabell 28 EE_{VRS} og signifikansnivå – for alle enheter	76
Tabell 29 FE_{VRS} og signifikansnivå – for alle enheter.....	77

1 Innledning

Verden blir stadig mer tilgjengelig og flere samlingsplasser skapes. En av grunnsteinene for globaliseringen i verden er luftfartsbransjen og dens utvikling. Uansett hvor man befinner seg er man bare noen få flyreiser fra å være på motsatt side av verden. Bransjen er i kontinuerlig endring for å dekke et økende behov av reiser og transport over landegrenser og kontinenter. En forutsetning for dette er god flyplassdrift. For å håndtere den økende pågangen av flybevegelser, passasjerer og gods i tillegg til strengere sikkerhetsreguleringer, stilles det krav til effektiv drift på flyplassene.

Samtidig som lufthavner opplever økt pågang og trafikk har de også blitt mer enn bare et samferdselstilbud for å frakte passasjerer fra A til B. Hvor de tradisjonelt sett var et oppholdssted før og etter flyreiser, er den moderne lufthavnen blitt kommersialisert. I dette ligger det blant annet en økt etterspørsel etter shoppingmuligheter, mat og servering, parkeringsanlegg og flyplasshoteller. Endringene byr på større utfordringer for effektiv drift, men samtidig ligger det et stort potensial for økte inntekter og profitt.

Det norske lufthavnsystemet er et sentralisert system bestående av 52 flyplasser, hvorav 46 driftes av Avinor. Dette er et heleid statlig aksjeselskap underlagt Samferdselsdepartementet, som i tillegg til flyplassdrift for 46 lufthavner, har ansvar for kontrolltårn, kontrollsentraler og annen teknisk infrastruktur for flynavigasjon i Norge. De er i dag utenfor statsbudsjettet og er finansiert halvparten gjennom avgifter og halvparten gjennom kommersielle inntekter. Den største kommersielle inntektsdriveren i Avinor-systemet er landets største lufthavn, Oslo Gardermoen, men også de andre store lufthavner som Bergen, Stavanger og Trondheim kan vise til betydelige inntekter. Når det gjelder de mindre lufthavnene spredt rundt i distriktene som har dårligere befolkningsgrunnlag, færre passasjerer og flyvninger, er det få som er økonomisk lønnsomme. Konsekvensen er at Avinor opererer med kryss-subsidiering, hvor overskuddet fra de lønnsomme lufthavnene bidrar til å holde hjulene i gang på de øvrige ved å dekke deres tap.

Selv om Avinor kunne vise til lønnsomhet ble det tidligere satt spørsmålsteget ved effektiviteten i Avinor-konsernet. Blant annet ble det lagt fokus på at man i internasjonal flyplassdrift har sett en stadig utvikling mot privatisering av flyplasser, mens man i Norge fortsatt har statlig eide Avinor som den største aktøren (kontrollerer nesten 90% av markedet).

Med dette som bakgrunn bestilte Samferdselsdepartementet en rapport for vurdering av effektivitet og produktivitet hos Avinor sammenlignet med andre internasjonale aktører. Denne rapporten ble utarbeidet av ”German Airport Performance (GAP)”-project med prosjektkoordinatorene Prof. Jürgen Müller og Prof. Hans-Martin Niemeier i spissen. Rapportens tittel er ”Comparative study (benchmarking) on the efficiency of Avinor’s airport operations”(GAP, 2012) og er en granskende effektivitetsstudie av Avinor relativt til lignende flyplassoperatører. Blant hovedfunnene er at Avinors flyplasser kunne vise til en stor nedgang i effektivitet fra første måleår, 2002, til de senere årene 2009-2010. Et annet funn er at tilhørighet til et nasjonalt flyplass-system, som Avinor, reduserte effektiviteten med omtrent 8%-11%.

Etter at GAP (2012)-rapporten ble presentert for Avinor ble det gjort vurdering av driften ved de ulike lufthavnene, hvor det etter hvert ble iverksatt tiltak for å øke effektivitet og produktivitet. Nå, mer enn tre år etter at rapporten ble presentert og fem år etter de siste målingene gjort i 2010, ønsker Avinor å finne ut om tiltakene deres har vært vellykkede. Med dette som utgangspunkt har Avinor uttrykt et ønske om en lignende studie for å vurdere effektivitet og produktivitet i tidsperioden 2010-2015. Dette er en studie som skal vise interne forhold og utvikling hos Avinor-konsernet i den aktuelle tidsperioden.

En ytterligere aktualisering av denne studien ble gjort 14. januar 2016 da Avinor slapp pressemeldingen ”Avinor omstiller – reduserer med rundt 80 årsverk for å effektivisere virksomheten” [1]. Her ble det oppgitt at man i perioden 2015-2018 skal oppnå en kostnadsreduksjon pålydende 1,5 milliarder kroner. Det ble på det tidspunktet avslørt at 80 årsverk var overflødig, med en viss mulighet for ytterligere tilpasninger i bemanning. Med store planer for fremtiden er det viktig for Avinor å identifisere hvor prestasjonene har vært gode og kartlegge mulige forbedringspotensial.

1.1 Problemstilling

Denne oppgaven vil være en effektivitets- og produktivitetsanalyse av lufthavner tilhørende Avinor for perioden 2010-2015. Med utgangspunktet i at lufthavner i dag kan måles på flere punkter enn flybevegelser og passasjerantall, ønsker vi å si noe om hvor godt ulike flyplasser i Avinor-systemet har prestert under en mer kommersiell tilnærming. Ut fra data tilegnet oss direkte fra Avinor vil vi forsøke å finne utviklingen som har vært gjennom denne seksårsperioden. I løpet av denne perioden har antallet lufthavner vært fast, dermed ønsker vi å finne trender hos den enkelte lufthavnen for perioden.

Problemstillingene som vil besvares i denne oppgaven er:

- 1. Hvordan har effektivitets- og produktivitsutviklingen for lufthavnene tilhørende Avinor vært i perioden 2010-2015?**
- 2. Hvilken betydning for effektivitet har størrelsen og kategoriseringene av lufthavnene?**

Fokuset i denne oppgaven vil dermed være todelt. Vi vil først se på effektivitet og produktivitet på enhetsnivå og for Avinor samlet sett. Deretter vil fokuset dreie seg over på effektiviteten ved kategorisering av lufthavnene, der den ene gruppen utelukkende består av lokale lufthavner tilknyttet kortbanenettet i Norge. Den andre gruppen består av store, nasjonale og regionale lufthavner som har mulighet til å betjene større fly enn det som er tillatt på kortbanenettet. I tillegg til dette vil det bli foretatt en inndeling etter størrelsen på lufthavnene, målt i antall passasjerer (PAX), for å se om det kan være en avgjørende faktor for effektiviteten. Passasjergrensen i dette tilfelle vil være på 200 000 og det vil dermed være to grupper, de over og de under.

Disse problemstillingene skal dekkes med å finne effektiviteten og produktiviteten hos den enkelte lufthavn og lufthavngruppe. Ettersom lufthavner ikke driver med en direkte produksjon av en vare men heller yter tjenester, er det lettere å bruke betegnelser som input og output, hvor man ikke knytter det like mye opp til produksjonstankegang. Fokuset vil dermed være på forholdet mellom forbruk av ressurser og tjenester produsert, eller forbruk av input mot produsert output. De som produserer mye med et lite ressursforbruk står for en høy produktivitet, mens lav produktivitet indikerer en dårligere utnyttelse av tilgjengelige ressurser. Effektiviteten finnes ved å sammenligne ulike enheters produktivitet, hvor effektivitet er produktiviteten til én enhet målt mot beste mulige praksis. De med høyest produktivitet vil være nærmest dette, og er følgelig mest effektive. For denne oppgaven blir det tatt utgangspunkt i en inputorientering, dvs. at formålet er å søke reduksjon av input, uten at denne endringen skal redusere output tilsvarende.

For å beregne effektivitetsscorene til de ulike lufthavnene benytter vi oss av Data Envelopment Analysis (DEA) presentert av Charnes, Cooper og Rhodes (1978). Effektivitetsscorene beregnes ved bruk av lineær programmering og skapes for den enkelte enheten. Scoren vil ligge mellom 0 og 1, hvor man ved 1 er 100% effektiv. Avstanden man

har fra 1 reflekterer hvor langt unna en enhet er fra full effektivitetsscore. De effektive enhetene i et utvalg vil da danne en effektivitetsfront som omhyller de ineffektive enhetene. DEA er en ikke parametrisk, deterministisk metode og tar ikke hensyn til støy og usikkerhet som finnes i data, slik som statistiske metoder gjør. En annen begrensning er også at metoden kun har fokus på det faktisk observerte og ikke på hva som er teknisk mulig. For å løse opp på disse begrensningene benytter vi oss av bootstrapping i DEA (Simar & Wilson, 1998). I tillegg vil det bli benyttet asymptotiske hypotesetester presentert av Banker (1993). På denne måten tilegner man metodene noen av fordelene fra statiske metoder, men uten å fjerne egenskapene som DEA tilbyr.

Malmquist Produktivitetsindeks (MPI) benyttes for å måle utviklingen i produktivitet over tid (Caves, Christensen & Diewert, 1982). Dette gjøres ved å beregne det geometriske gjennomsnittet mellom to tidsperioder man ønsker å måle, som videre forteller om produktivitetsendringen mellom de to periodene. En veldig nyttig egenskap som MPI tilbyr er at den kan dekomponeres, slik at man lettere kan finne årsaken til at endringer har oppstått.

1.2 Avgrensninger av oppgaven

En avgrensning som gjøres ved studien er å utelukkende se på hvorvidt eksisterende lufthavner er effektive gitt data som måles – vi vil for eksempel ikke ta med i vurdering hvorvidt lokalbefolkning har et tilbud eller ikke. Dette gjør at funn som tilsier at en spesifikk lufthavn er langt fra effektiv ut i fra referansesettet, ikke er ensbetydende med at den bør nedlegges – men at det eksisterer grunnlag for at tiltak bør iverksettes for å forbedre situasjonen. Et annet forhold som må påpekes i forbindelse med denne oppgaven er at fokuset utelukkende er rettet mot lufthavnene og Avinors drift. Det er ikke tatt hensyn til flyselskaper og deres prestasjoner, ei heller er andre aktører involvert.

En annen avgrensning i denne oppgaven er utelukkende fokus på lufthavner tilhørende Avinor. Lufthavner som befinner seg i Norge, men ikke tilhører Avinor, samt lufthavner fra andre land vil ikke bli inkludert. Dermed vil ikke studien være direkte sammenlignbar med GAP (2012).

1.3 Oppgavens struktur

Oppgaven innledes med kort innsikt i historikk og utfordringer for flyplassdrift. Dette er en aktualisering av temaet og for å gjøre problemstilling relevant å undersøke ytterligere. For å gi et best mulig grunnlag går kapittel 2 dypere inn i en presentasjon av luftfartsbransjen med

hovedtyngde på Avinor. Her er hensikten å gi grunnleggende kunnskap om bransjesituasjonen, og ikke minst til Avinor og hvordan Avinor er bygd opp. Videre benyttes kapittel 3 som en litteraturgjennomgang, hvor vi gir en kort og enkel innsikt til tidligere studier som omhandler prestasjonsmålinger ved flyplasser.

Det påfølgende kapittel 4 beskriver teorien og metodene som benyttes i oppgaven for å komme frem til løsning på problemstilling. I hovedsak dreier dette seg om teori for effektivitets- og produktivitetsstudier, men det vil også bli en gjennomgang av metoder for å avgjøre sikkerhet og presisjon i funn. Kapittel 5 er en presentasjon av data, hvor hensikten er forklare hva som er kilden til benyttet data, og ikke minst en gjennomgang av hvilke variabler som benyttes og på hvilken bakgrunn.

De to siste kapitlene benyttes for å presentere resultater og funn, der kapittel 6 inneholder de aktuelle resultatene for problemstillingene og kommentarer rundt disse. Det avsluttende kapittel 7 er en analyse av funn og benyttes til å gi endelig svar på problemstilling.

2 Flyplassdrift satt i perspektiv

Kun gjennom grunnleggende forståelse for flyplassdrift og hvilke utfordringer det innebærer, kan man gjøre en effektivitetsanalyse av prosessene som gjennomføres. Man må ha innsikt i hvordan lufthavners rolle har endret seg gjennom historien og hvordan utviklingen har vært i analyseperioden. Dette kapitlets hensikt er å gi det historiske grunnlaget, vise til dagens situasjon og hvordan man er kommet hit. Som et tillegg vil det vises til enkelte økonomiske mål, lønnsomhetsvurderinger og behov for subsidier i sammenheng med passasjerantall (PAX).

2.1 Flyplassbransjen i en større sammenheng

Luftfarten utvikler seg stadig og har gjennomgått store forandringer særlig de siste to tiårene. Fra å være et strengt regulert marked, er det nå mer liberalisert med økt konkurransekraft mellom ulike aktørene som opererer innenfor bransjen. Trenden med deregulering av luftrommet startet på innenlandsmarkedet i USA i 1978, hvor målet var å fase ut statlig kontroll over markedet. I Europa gjorde dereguleringen sin inntreden i 1993 og hadde en signifikant påvirkning på luftmarkedet (Graham, 2014). Hovedmålet var å etablere et felles europeisk luftmarked som tillot ikke statlig eide aktører å sette sitt preg på markedet. Dette førte til økt konkurranse på både utenlands- og innenlandsruter, samtidig som flyselskapene satte press på andre aktører i luften. Antall flyruter innenfor EU har økt med 170% siden den gang, samtidig som flyplassene har opparbeidet seg en viktigere rolle i europeisk luftfart [2].

Tradisjonelt sett har flyplassene i Europa vært eid og subsidiert av staten. I takt med dereguleringen av luftrommet kunne man derimot se endringer på eierstrukturen ved flyplassene. Det var nå et tydelig mønster hvor flere land valgte å overlate flyplassdriften helt eller delvis til private aktører for å lette kostnadstrykket på offentlig sektor samt oppnå en mer effektiv drift (Graham, 2014). I Europa praktiserer fremdeles noen få land en modell hvor statlig eide selskap drifter tilnærmet alle flyplasser og opererer som en privat aktør, i tillegg til å ha ansvaret for luftkontrollen i landet. Hensikten er å ha et transporttilbud i hele landet, med mindre fokus på lønnsomhet ved flyplassene som har vanskelige forutsetninger for å drifte med økonomisk profitt. Et slikt system tillater aktøren å dra nytte av skala-økonomi og drifte flyplassene som går med underskudd gjennom subsidiering fra de lønnsomme lufthavnene. De mest relevante eksemplene er spanske AENA, portugisiske ANA, tyrkiske DHMI og norske Avinor (GAP, 2012).

2.2 Flyplassens rolle

I tillegg til å ha en viktig rolle for luftfarten, har flyplassene utvilsomt en betydelig rolle for regionen de opererer i. Ved å fungere som forbindelser til inn- og utlandet fungerer de ikke bare som et ledd i infrastrukturen, de bidrar også til å skape økonomisk vekst og arbeidsplasser i det aktuelle landet. Illustrert med tall, forbindes europeiske flyplasser og deres aktiviteter med 12,4 millioner jobber og 675 milliarder euro mot den samlede europeiske BNP. Et eksempel er Tyrkia, hvor det er 1 456 900 jobber forbundet med flyplassdrift og 44,04 milliarder euro i økonomisk bidrag til landets BNP, noe som er hele 7,1% av landets totale BNP (ACI Europe, 2015b).

2.2.1 Utvikling i inntekter

Der lufthavnene tidligere hadde en rolle som et offentlig gode og en del av landets offentlige infrastruktur, har de nå i tillegg utviklet seg til å bli kommersielle, profitt-orienterte og konkurransedyktige aktører. Nærmere 80% av alle europeiske flyplasser i dag er forretningsorienterte med en stadig økende involvering fra privat sektor [3]. En av de mest synlige indikatorene på en mer kommersiell tilnærming ved flyplassdrift er endringen i inntektsfordelingen.

Ved statlig kontroll over flyplassene var luftfartsinntekter gjennom lande- og passasjeravgifter fra flyselskapene den viktigste inntektskilden til flyplassene. I takt med globaliseringen kunne man derimot vise til at kommersielle inntekter stadig økte og ble en viktigere finansieringskilde for flyplassdrift. Disse inntektene oppsto som følge av friere tøyler fra myndighetene og innebar aktiviteter som detaljhandel, parkering, reklame og utleie av areal (Graham, 2014). Kommersielle inntekter står nå for 40 % av de totale inntektene ved europeiske flyplasser, og gir en klar indikasjon på at disse er en signifikant bidragsyter til flyplassdrift (ACI Europe, 2015a).

2.2.2 Utvikling i kostnader

Som følge av globaliseringen og økning i de kommersielle inntektene, økte også kostnadene forbundet med flyplassdrift. Særlig det siste tiåret har kostnadene nådd skyhøye nivåer. GAP (2012) viser til sin analyse av 154 europeiske flyplasser som betjener opp til 10 millioner passasjerer årlig. Gjennomsnittlig break-even for å dekke driften før skatt og utbytte målt i antall passasjerer, var på 800 000 i 2009 mot 400 000 i 2002, en økning på 100 prosent i løpet av syv år (GAP, 2012).

Ulike terrorhendelser de siste 15 årene har ført til at det har blitt strengere krav for sikkerhetsstandardene ved flyplassene. Som følge av dette har sikkerheten nådd et svært høyt nivå og ført til at flyreiser i dag er en av de tryggeste formene for transport.

Passasjersikkerheten har vært og vil alltid være en av de viktigste prioriteringene i luftbransjen, men det har sin pris. Terrorangrepet den 11. september 2001 var på mange måter begynnelsen på endringen av kostnadsstrukturen ved flyplassene. Før terrorangrepet representerte sikkerhet 5-8 % av operasjonelle kostnader ved europeiske flyplasser. I dag representerer sikkerhet 29% av de totale operasjonelle kostnadene, hvor 41% av personellet er tilknyttet arbeidsoppgaver som omfatter sikkerhet (ACI Europe & AEA, 2011).

Tabell 1 Noen flyplassrelaterte terrorangrep etter 2001, (ACI Europe & AEA, 2011)

NYC/Washington/Penn	11.09.2001	11/9-angrepene
Paris – Miami (in-flight)	22.12.2001	Sko-bomber
Russland (in-flight)	24.08.2004	Selvmordsbomber
London	10.08.2006	Likvide sprengstoff
Madrid	30.12.2006	Barajas flyplass-angrep
Glasgow	30.06.2007	Drive-in flyplass-angrep
Amsterdam – Detroit (in-flight)	25.12.2009	Undertøys-bomber
Yemen - Chicago	29.10.2010	Lasteplanbomber
Moskva	24.01.2011	Flyplassangrep
Brüssel	22.03.2016	Flyplassangrep

2.2.3 Status i dag og utsiktene framover

Selv om flyplassbransjen er selvdrevet, så drives majoriteten av flyplassene i Europa med underskudd. En av årsakene til det er at flyplassene med lavt passasjerantall mangler de nødvendige økonomiske og operasjonelle forutsetninger for å dekke sine kostnader. Basert på tall fra år 2013, så var det hele 60% av de europeiske flyplassene som opererte med underskudd. Særlig flyplasser med passasjerantall på under 1 million, med noen få unntak, gikk med underskudd (ACI Europe, 2015a).

På bakgrunn av dette, introduserte EU-kommisjonen i 2014 nye retningslinjer for flyplassdrift, noe som innebar at alle flyplassene som betjener mellom 200 000 – 3 000 000 passasjerer årlig, må redusere sitt behov for subsidiering (ACI Europe, 2015a). For å imøtekomme kravene for en finansiell forsvarlig drift vil det dermed være viktig å fokusere på effektiv drift, både ved store og små flyplasser.

2.3 Presentasjon av Avinor

Avinor AS er et statlig heleid aksjeselskap underlagt Samferdselsdepartementet og har ansvaret for 46 av landets lufthavner, hvor seks av disse drives i samarbeid med Forsvaret. Foruten ansvaret for flyplassene driver de også landets flysikringstjeneste, Avinor Flysikring AS, et heleid selskap av Avinor som drifter kontrolltårn, kontrollsentraler og annen teknisk infrastruktur for sikker flynavigasjon. Oslo Lufthavn AS er Norges hovedflyplass og drives som et eget selskap eid av Avinor.

2.3.1 Samfunnsansvar

Ved å drive 46 av 52 flyplasser, har Avinor et tilnærmet monopol på flyplassdrift i Norge. Dette bringer med seg omfattende samfunnsansvar og samfunnspålagte oppgaver. Avinors samfunnsoppdrag er, i henhold til vedtektene:

”Å eie, drive og utvikle et landsomfattende nett av lufthavner for sivil sektor og en samlet flysikringstjeneste for sivil og militær sektor. Virksomheten skal drives på en sikker, effektiv og miljøvennlig måte, og sikre god tilgjengelighet for alle reisende”.

(Avinor, 2015a)

Norge er et land med store avstander og utfordrende topografi. Undersøkelser fra Cranfield University og Transport-økonomisk institutt viser at luftfart er viktigere i Norge enn i andre land det er naturlig å sammenligne seg med (Avinor, 2011a). Nærhet til en flyplass er derfor et kritisk punkt og har stor betydning for bosetting, sysselsetting og næringsutvikling både i distrikts-Norge og sentrale strøk. Luftfarten er en viktig del av Norges kollektivtransport og er helt avgjørende for reiselivet, helsevesenet, utdanning, idrett og kultur. I dag har to av tre nordmenn tilgang til en lufthavn innenfor en times reise. Samtidig kan 99,5% av befolkningen ta et dagsopphold i Oslo og komme seg tilbake på samme dag (Avinor, 2015a).

Norsk næringsliv er internasjonalt orientert, noe som betyr at også næringslivet er helt avhengig av luftfarten. For å illustrere noen eksempler, så er det omlag 100 000 tonn fersk

norsk laks som flys til fjerne himmelstrøk hvert år. Av alle turister som kommer til Norge, er det 34 % som benytter seg av fly, samtidig som det er denne transportformen som øker mest. På innenlands basis er 13% av alle flybevegelser knyttet til olje og gassektoren. Bare i Avinor er det om lag 3 300 ansatte, mens luftfarten i sin helhet bidrar med 60 000 – 65 000 arbeidsplasser (Avinor, 2015a).

2.3.2 Finansiering

Avinor er selvfinansiert og mottar ikke økonomisk støtte fra staten, men Samferdselsdepartementet forvalter statens eierstyring overfor Avinor og fastsetter konsernets finansielle rammer. Dette har en konsekvens for Avinors drift i form av at de er pålagt å holde lufthavner som går med underskudd åpne. Det må likevel nevnes at disse flyplassene har en samfunnsnytte, som for eksempel pasienttransport og ambulansetjeneste. Lufthavnene drives derfor som en finansiell enhet med et solidarisk system, der inntektene som genereres fra flyplassene som går med overskudd, finansierer driften av de øvrige. Faktisk var det bare syv av 46 lufthavner tilhørende Avinor som gikk med overskudd i 2015: Oslo Gardermoen, Bergen, Trondheim, Stavanger, Bodø, Ålesund og Kristiansand.

Lufthavnene til Avinor er kategorisert på bakgrunn av størrelse, lengden på rullebanen, deres tilbud på kommersielle ruter samt geografisk plassering. De fire store lufthavnene er Norges største flyplasser, hvor den største, Oslo Gardermoen, er eget AS. De regionale lufthavnene er gruppert på bakgrunn av størrelsen på selve flyplassen, lengden på rullebanen den innehar, samt deres tilbud på kommersielle ruter. Lokale lufthavner er gruppert geografisk og har hovedsakelig åpent for statsstøttede flyruter på kortbanenettet. Dette er ruter med fly av mindre størrelser. Figur 1 og tabell 2 nedenfor viser alle lufthavnene og kategoriseringen til Avinor.



Figur 1 Lufthavnene til Avinor [4]

Tabell 2 Oversikt og inndelingen av lufthavnene til Avinor

Kategori	Flyplass	Region
Store Lufthavner	Bergen Oslo Gardermoen Stavanger Trondheim	Hordaland Akershus Rogaland Nord-Trøndelag
Nasjonale Lufthavner	Bodø Kristiansand Tromsø Ålesund	Nordland Vest-Agder Troms Møre og Romsdal
Regionale Lufthavner	Alta Bardufoss Evenes Haugesund Kirkenes Kristiansund Lakselv Molde Svalbard	Finnmark Troms Nordland Rogaland Finnmark Møre og Romsdal Finnmark Møre og Romsdal Svalbard
Lokale: Finnmark og Troms	Berlevåg Båtsfjord Hammerfest Hasvik Honningsvåg Mehamn Sørkjosen Vadsø Vardø	Finnmark Finnmark Finnmark Finnmark Finnmark Finnmark Troms Finnmark Finnmark
Lokale: Nordland	Andøya Brønnøysund Leknes Mo i Rana Mosjøen Narvik Røst Sandnessjøen Stokmarknes Svolvær Værøy	Nordland Nordland Nordland Nordland Nordland Nordland Nordland Nordland Nordland Nordland Nordland
Lokale: Sør- og Midt-Norge	Fagernes Florø Førde Namsos Røros Rørvik Sandane Sogndal Ørsta Volda	Oppland Sogn og Fjordane Sogn og Fjordane Nord-Trøndelag Sør-Trøndelag Nord-Trøndelag Sogn og Fjordane Sogn og Fjordane Møre og Romsdal

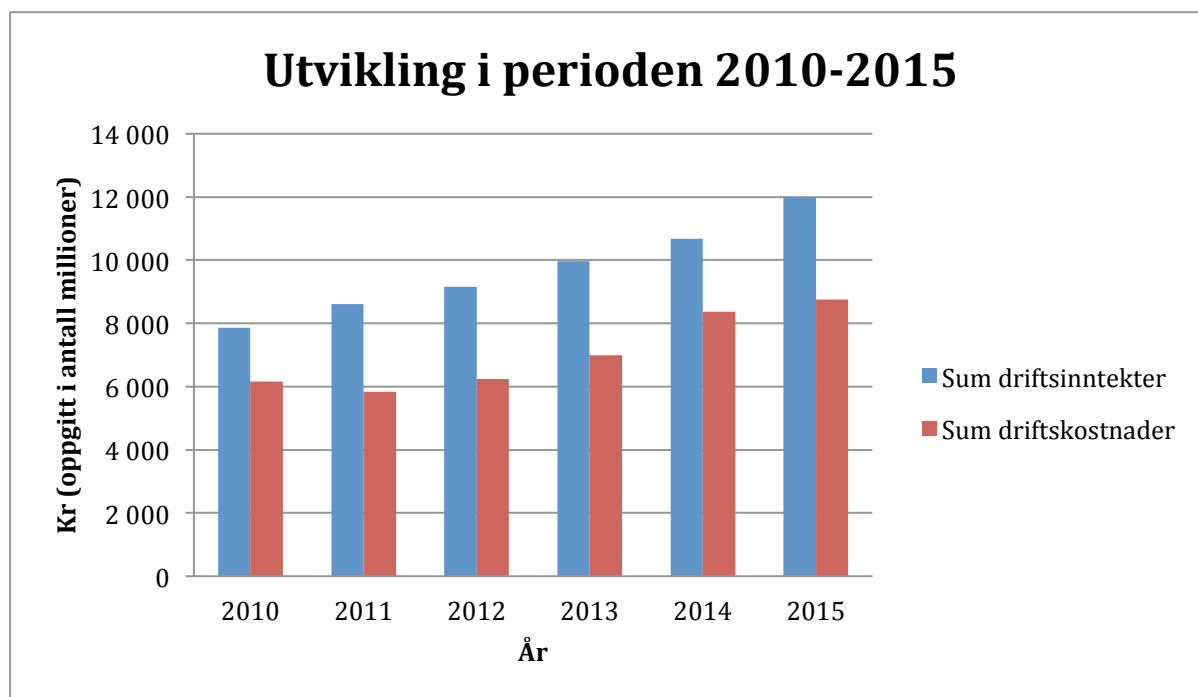
2.3.3 FOT-ruter

En av grunnene til at Avinor holder lufthavner som går med underskudd åpne, er at de er pålagt å holde åpent for FOT-ruter (forpliktelse til offentlig tjeneste), også kalt anbudsruiter. Dette er flyruiter som staten ved Samferdselsdepartementet mener er viktige for infrastrukturen i et land med så utfordrende topografi som Norge. Ruteprogrammet bestemmes av staten, mens salg og drift av flyruten er flyselskapenes ansvar. Operatøren som krever minst økonomisk bidrag fra staten for å drifte ruten, vinner anbudet [5]. I Norge er det tre aktører som betjener anbudsrutene, Widerøe flyveselskap AS, Danish Air Transport AS og North flying AS [6].

De fleste anbudsrutene ligger hovedsakelig i Nord-Norge, samt noen på Vestlandet. Hele 28 av Avinors 46 lufthavner ligger i landets tre nordligste fylker. Dette er i en landsdel hvor lange avstander mellom tettsteder og utfordringer for landbasert transport gjør luftfarten viktigere enn i noen annen landsdel (Avinor, 2015a). Anbudsrutene må derfor betjenes til tross for at det ikke er mulig å drive dette med fornuftig lønnsomhet, ettersom de spiller en fundamental rolle for stabil tilgang og leveranse av flytjeneste rundt om i landet. Anbudsrutene er ikke minst viktige for turismen, og gjør Norge tilgjengelig for besøkende fra utlandet, samtidig som de ivaretar nordmenns reisebehov i inn- og utland.

2.3.4 Finansiell informasjon

For perioden 2010-2015 kan Avinor vise til utelukkende positiv resultat før skatt. Inntektene i perioden har økt med 37%, samtidig som kostnadene har økt med 35%. I 2015 har Avinor oppnådd et historisk høyt resultat før skatt på 3,865 milliarder, positivt påvirket av gevinst ved salg av hotelleiendom på Gardermoen, bokført i regnskapet som finansinntekter.

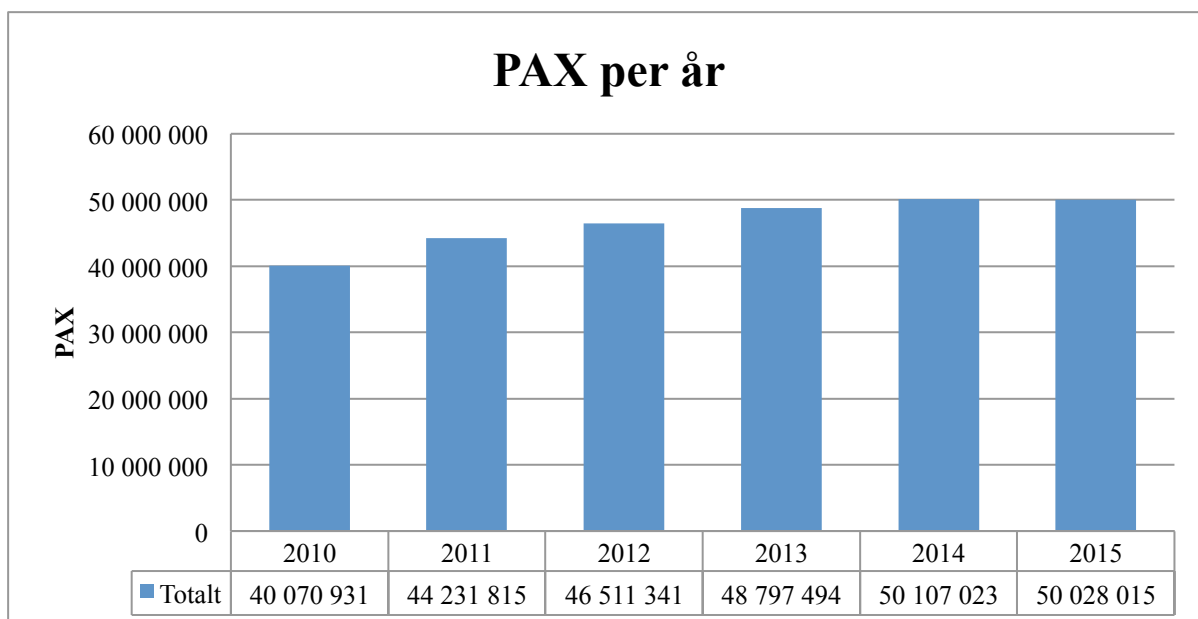


Figur 2 Utvikling i perioden fra Årsrapporter 2010-2015

Videre i dette kapitlet skal vi se på dagens tall, samt utviklingen i antall passasjerer (PAX), flybevegelser (ATM), inntekter og kostnader. Dette vil gi et oversiktlig bilde over konsernet og et innblikk i den finansielle situasjonen ved flyplassdriften i Norge.

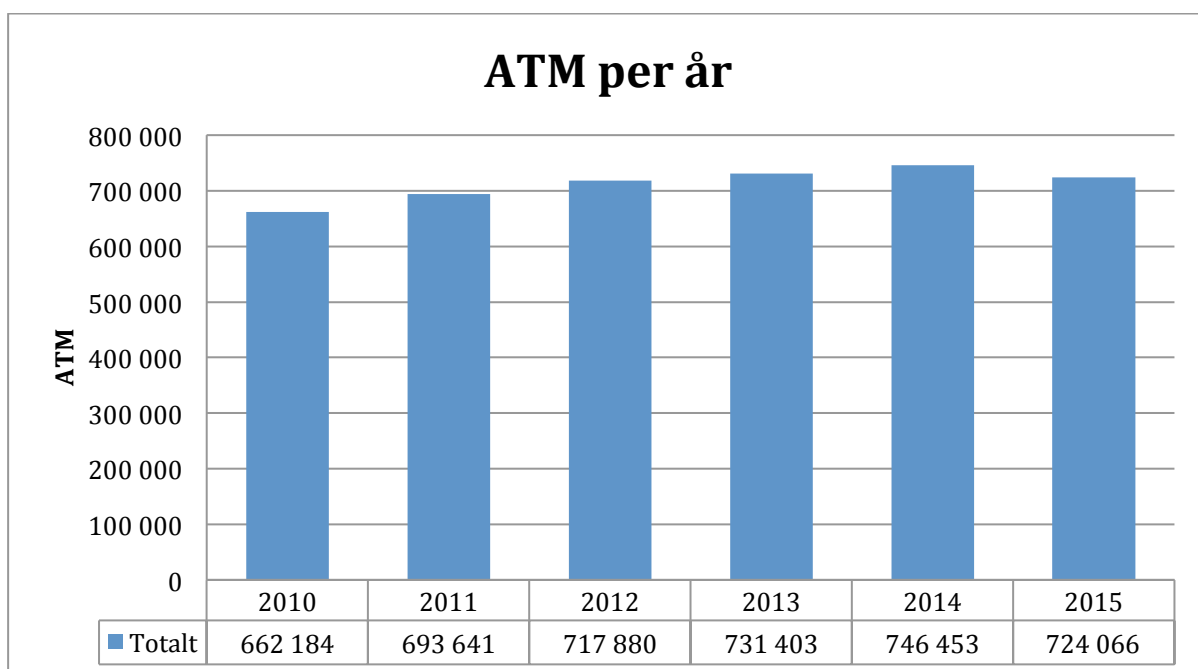
2.3.5 Passasjerer og flybevegelser

I likhet med resten av Europa har lufthavnene tilhørende Avinor opplevd en økning i antall passasjerer og flybevegelser. Antall registrerte passasjerer som reiste via lufthavnene til Avinor i år 2015 var 50 028 015 mot 40 070 931 i år 2010, noe som representerer en økning på 25% (se figur 3). Oslo Gardermoen har hatt utelukkende passasjervekst i perioden, mens man kan se en liten nedgang fra 2014 til 2015 hos de tre andre store lufthavnene, henholdsvis Bergen, Stavanger og Trondheim. De nasjonale og regionale lufthavnene følger den samme utviklingen som de store, mens man kan vise til en mer variert tendens hos de lokale lufthavnene. 14 av de 29 lokale lufthavnene er registrert med mindre passasjerer i 2015 enn i 2010, hvor åtte av disse befinner seg i Troms og Finnmark.



Figur 3 Utvikling i perioden fra Årsrapporter 2010-2015

Antall flybevegelser ved Avinors lufthavner har økt fra 662 184 i 2010 til 724 066 i 2015, en økning på 9%. Det er verd å legge merke til at selv om passasjerantallet ved noen lufthavner har gått ned, så har antall flybevegelser økt i samme tidsperiode. Dette gjelder spesielt for lufthavnene i Finnmark og Troms, noe som kan ses i sammenheng med at tilbudet for befolkningen fortsatt må eksistere til tross for varierende passasjerantall og få eksisterende alternativer til flytransport.



Figur 4 Antall flybevegelser i perioden 2010-2015

2.3.6 **Inntekter**

Historisk sett så har inntektene ved lufthavnene i Europa hovedsakelig blitt generert gjennom lande- og passasjeravgifter fra flyselskapene. En mindre del av inntektene har kommet fra kommersiell drift. Dette er inntekter som kommer fra utleie av areal til tax-free-butikker, servering og andre servicetilbud til passasjerer, utleie av areal til flyplasshoteller og parkeringsanlegg. Som nevnt tidligere, er det avgifter fra flyselskaper og passasjerer som har vært den største inntekten ved flyplasser. Det siste tiåret har derimot trenden snudd, hvor de kommersielle inntektene har fått en langt viktigere rolle ved flyplassdrift i Europa, noe som også er tilfelle for Avinor.

Av totale inntekter på 4,877 milliarder i år 2003, var 2,784 milliarder bokført som avgiftsinntekter, mens kommersielle inntekter stod for 1,526 milliarder. Siden da har de kommersielle inntektene økt mer enn avgiftsinntektene, og ble Avinors største finansieringskilde i 2014. Ved utgangen av 2015 hadde Avinor bokført totalt 12,781 milliarder i inntekter, hvor 5,250 (41%) kom fra avgifter og 5,364 (42%) fra kommersielle aktiviteter. Hovedandelen av de kommersielle inntektene kommer fra de store lufthavnene som innehar mest utenlandsreiser. Oslo Gardermoen bidro alene med 3,051 milliarder i 2015 og hadde allerede i 2006 dette som sin hovedinntektskilde.

For de nasjonale og regionale lufthavnene til Avinor er det avgifter som står for den største delen av inntektene, med unntak for Haugesund og Svalbard som genererer store inntekter fra henholdsvis duty-free-salg og gunstige skatteregler. Hos de øvrige lufthavnene i kategorien kan man vise til samme utvikling som hos de store, hvor kommersielle inntekter blir en stadig viktigere inntektskilde for Avinor. De lokale lufthavnene har ikke overraskende samme mønster i inntektsfordelingen som de nasjonale og regionale, med unntak av Fagernes, en relativt liten flyplass som operer med sesongbaserte charterturer. Ved utgangen av år 2015 var det syv av 46 lufthavner tilhørende Avinor som hadde mest inntekter generert gjennom kommersielle aktiviteter, mot tre av 46 i år 2010. Dette poengterer trenden med økte kommersielle inntekter som en stadig viktigere inntektskilde for flyplassdrift.

2.3.7 **Kostnader**

De tre største kostnadspostene til Avinor er lønn og personalkostnader, andre driftskostnader og interne kjøp. Ved utgangen av 2015 ble det bokført totalt 8,597 milliarder i sum driftskostnader, mot 6,344 milliarder i 2010. Kostnadene har stort sett økt jevnt gjennom

perioden med unntak av år 2014, hvor driftskostnadene sank fra 8,127 til 7,970 milliarder, noe som kan forklares med kutt i lønns- og personalkostnader i 2014.

En interessant observasjon er utviklingen til en av kostnadspostene under andre driftskostnader: sikkerhetskostnader. I 2003 sto sikkerhetskostnadene for 4,5% av de totale driftskostnadene. For perioden 2010-2015 så har sikkerhetskostnadene stabilisert seg på omkring 11% av de totale driftskostnadene og viser at Avinor har samme trenden som resten av Europa med økte sikkerhetskostnader. Sikkerhetssituasjonen i norsk luftfart er meget god per dags dato, men det ligger betydelige utfordringer og høye kostnader knyttet til å opprettholde og videreføre dette nivået både i forhold til nye nasjonale og internasjonale krav (Avinor, 2011a).

2.3.8 Forsvarsavtale

Noen lufthavner tilhørende Avinor driftes i samarbeid med Forsvaret. Det operative ansvaret for rullebanen som rydding, brøyting og brannsikkerhet fordeles etter Avinor og Forsvarets andel av flybevegelser. I praksis så fungerer det slik at den ene aktøren utfører en tjeneste for den andre og fakturerer de for deres andel av kostnadene.

Det er totalt seks lufthavner hvor Avinor har en fast avtale med Forsvaret. Det har vært en del uenigheter på vilkårene i avtalen siden år 2008, hvor det enda forhandles for å få plass en ny avtale. For Avinors sin del så betyr det at utbetalinger og innbetalinger ikke har økt siden 2008, noe som går utover den finansielle situasjonen ved tre av seks flyplasser.

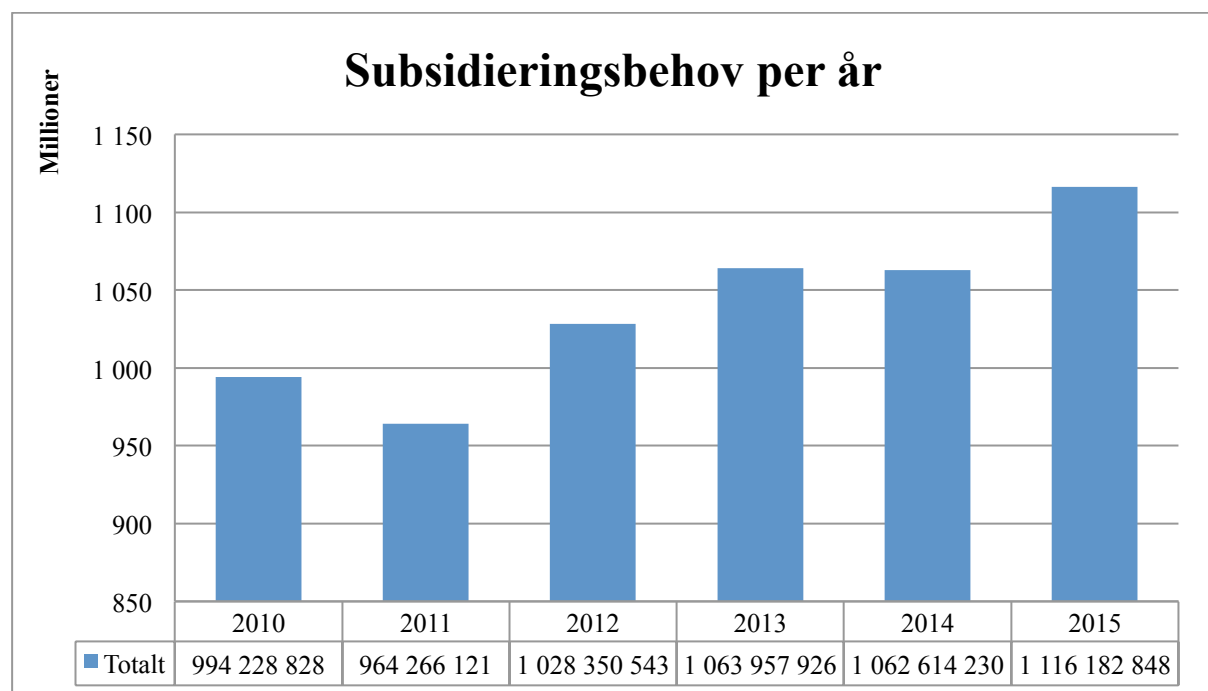
Forsvaret utfører tjenester for Avinor på Andøya, Bardufoss og Bodø. Avinor betaler Forsvaret for å håndtere sivil trafikk, slik at de får en billigere tjeneste i forhold til kostnaden de hadde fått med å ta jobben selv. De trenger ikke da å investere i nødvendig materiell for å holde rullebanen åpen, i tillegg til at Forsvaret benytter seg av vernepliktige til operasjonell drift og vedlikehold.

I Lakselv, Kirkenes og til dels Evenes er det Avinor som utfører tjenester for Forsvaret, noe som koster dem om lag 15-20 millioner kroner ekstra årlig. Årsaken til det er at Forsvaret er den største aktøren av flybevegelser, hvor over 50 % av alle flybevegelser er knyttet opp mot militær aktivitet og at faktureringsatsene tilhørende den gamle avtalen ikke tilsvarer reelt

kostnadsnivå. Den gamle avtalen fremstår derfor som lite gunstig for Avinor og har behov for å bli reforhandlet.

2.3.9 Subsidierting

Som nevnt tidligere i oppgaven er det kun syv av 46 lufthavner tilhørende Avinor som drives med overskudd. Konsernet opererer derfor som én finansiell enhet hvor overskuddet fra de lønnsomme lufthavnene må dekke tapene til de andre. Ved å se på årsregnskapet og EBIT for alle lufthavnene i perioden 2010-2015, kan man vise til at lufthavnene som går med underskudd, til sammen taper ca. 1 milliard kroner per år. Behovet for subsidier har også økt gjennom perioden. Ved utgangen av år 2015 ble det bokført 1,116 milliarder i samlet underskudd mot 994 millioner i 2010, en økning på 12%.



Figur 5 Subsidierting per år (2010-2015)

Fram til år 2012 var det faktisk bare seks lufthavner som gikk med overskudd, før Bodø kunne vise til overskudd ved utgangen av det aktuelle året. Av de 39 lufthavnene som gikk med underskudd i 2010, er det kun åtte som kan vise til mindre underskudd i 2015 enn ved utgangen av år 2010. To av disse, henholdsvis Florø og Andøya er kategorisert som lokale flyplasser som hovedsakelig har åpent for statsstøttede flyruter på kortbanenettet, mens resten tilhører nasjonale og regionale flyplasser.

Behovet for subsidier varierer mellom hver enkelt flyplass. Værøy som er en ren helikopterlufthavn kan vise til lavest underskudd på 13 millioner ved utgangen av 2015. Av alle lufthavnene er Lakselv verst i klassen med bokført underskudd på 56 millioner samme år. Det er i midlertidig interessant å legge merke til at de seks lufthavnene med størst underskudd er alle lokalisert i Nord-Norge.

Vi har tidligere vist til at selv om passasjerantallet ved noen lufthavner har gått ned, så har antall flybevegelser økt i samme tidsperiode. Dette gjaldt spesielt for lufthavnene i Finnmark og Troms, og kunne ses i sammenheng med at tilbudet i landsdelen fortsatt må eksistere på tross av varierende passasjerantall, fordi alternativer til flytransport eksisterer i liten grad.

Befolkningen i Norge har økt fra 4,9 millioner i 2010 til 5,2 millioner i 2015 og er prognostisert å øke til 6,3 millioner i 2040 [7]. Befolkningsveksten sammen med andre faktorer som økonomisk vekst, globalisering og endringer i næringsstrukturen kommer til å påvirke etterspørselen etter flyreiser (Avinor, 2011a). Basert på vekstprognosene og stadig nye krav fra internasjonale og nasjonale myndigheter vil det dermed være viktig å fokusere på effektiv drift av lufthavnene. Dette må foregå innenfor en finansielt forsvarlig ramme, også ved de mindre lufthavnene som ikke har forutsetninger for lønnsom drift.

3 Litteraturgjennomgang

Denne effektivitetsstudien benytter seg av DEA som benchmarkingverktøy for å måle operasjonelle prestasjoner hos de ulike lufthavnene tilhørende Avinor. En slik tilnærming har blitt benyttet av flere studier, og noen av disse og deres erfaringer vil bli presentert. Studiene varierer fra generell forskning på prestasjonsmåling og benchmarking ved flyplasser og flyplassdrift, til mer konkrete studier av prestasjoner ved ulike flyplasser internasjonalt gjennom DEA og Malmquist Produktivitetsindeks.

Blant annet er det tidligere blitt gjort effektivitets- og produktivitetsanalyser med ulike tilnærminger ved britiske (Parker, 1999), spanske (Martin og Roman, 2001), italienske (Barros og Dieke, 2008) og australske flyplasser (Assaf, 2011). Enkelte av disse blir gjennomgått på et mer detaljert nivå for å vise metoder og erfaringer. I tillegg til disse er det blitt gjort en internasjonal studie av Lin og Hong (2006) som brukte DEA for å vurdere 20 flyplasser tilknyttet ulike land og kontinenter. Det finnes også tidligere DEA-analyser av Avinor gjort av Merkert og Mangia (2012) og GAP (2012). Sistnevnte studie er særlig relevant for denne oppgaven på bakgrunn av metodene og funnene, og vil derfor bli næyere presentert ved kapittel 3.2.1.

3.1 Prestasjonsmåling ved flyplasser

Gjennom utviklingen som har vært innenfor flyplassdrift har det oppstått et økende behov for å kunne måle prestasjonene som leveres av flyplassene og deres ledelse. Humphreys og Francis (2002) viser til en utfordring omkring dette temaet. Flyplasser har flere interessenter: deres ledelse og ansatte, passasjerer, flyselskapene som den største kunden, og ikke minst regional og nasjonal økonomi. Nettopp dette gir en utfordring for hvordan man skal etablere et godt måleverktøy for prestasjonen til en flyplass. Behovet for måling ses på som en kritisk aktivitet for både drift på operasjonelt nivå for ledelsen, men også for det større bildet med flyplasser som en del av infrastrukturen til et land.

Humphreys og Francis (2002) viser til at det tradisjonelt sett har vært gjort prestasjonsvurdering omkring flyplasser som offentlige servicefasiliteter, ofte eid, driftet og subsidiert av staten, uten hensyn til kommersiell verdi. Målinger ble basert på ”Work Load Unit” (WLU) som er definert som en passasjer eller 100 kg gods håndtert. Med dette som grunnlag kunne man regne driftskostnader mot hver WLU. Dette bød på utfordringer, særlig ettersom det er store forskjeller i ressursbehov for gods som output, sammenlignet med

ressursbehov for output av passasjerer.

Med økt kommersielt press er man avhengig av nye mål for prestasjoner for å reflektere det endrede fokuset hos ledelsen, hvor kommersiell drift tidligere ikke har vært en kjerneaktivitet ved flyplasser. Blant annet vises det til at det må legges mer vekt på finansielle målinger for prestasjon innen det kommersielle området på flyplasser (shoppingmuligheter, parkeringsanlegg, hoteldrift, mm.). Humphreys og Francis (2002) trekker frem at prestasjonsmåling av flyplasser må tilpasses det dynamiske miljøet som flyplasser har utviklet seg innen.

Francis, Humphreys og Fry (2002) vurderer ”Best Practice Benchmarking” som et alternativ for måling av prestasjon ved flyplasser. De trekker frem benchmarking som et passende verktøy for ledelse da det gir muligheter til å overvåke og forbedre aspekter ved egen operasjonell drift gjennom sammenligning med og læring fra andre organisasjoner. På tross av utfordringene som benchmarkingen byr på, viser de til at dette er en metode som kan være godt egnet til å møte de ulike utfordringene som kommer av den dynamiske industrien flyplassdrift er.

3.2 Data Envelopment Analysis (DEA) ved flyplasser

Et studie som har sett på operasjonell prestasjon ved flyplasser gjennom DEA er Lin og Hong (2006). De viser til at det stadig stilles krav til raskere og mer effektive prosesser for fly, passasjerer og gods gjennom flyplasser. Flyselskaper får flere alternativer for etablering av baser og kan knytte seg mot ulike flyplasser. Dermed er det nødvendig for flyplassledelsen å identifisere beste praksis – for å selv kunne implementere praksisen hos seg selv. Det argumenteres også her for at DEA egner seg spesielt godt da det er et verktøy spesielt utviklet for sammenligning av operasjonell prestasjoner.

Studien er gjennomført for 20 ulike flyplasser som har skilt seg ut som de bedre i klassen på passasjerbehandling, godsbehandling og flybevegelser. Disse 20 flyplassene har blitt testet mot hverandre for fem ulike faktorer:

Eierskapsstruktur ved flyplassen, størrelsen på flyplass (målt i antall passasjerer), om flyplassen er kategorisert som hub, geografisk lokalisering av flyplass (tilknytning til verdensdel) og økonomisk vekst i landet hvor flyplassen er lokalisert (målt mot økonomisk vekst for verden).

I studien ble følgende inputvariabler brukt: antall ansatte, antall rullebaner, antall

parkeringsplasser, antall bagasjerullebånd og antall oppstillingsplasser for fly. For output ble antall passasjerer og kargobevegelser benyttet. Det ble brukt metoder for å ta høyde for både konstant og variabelt skalautbytte.

Blant funnene som ble avdekket i deres studie var at eierskapsstruktur ikke hadde betydning for operasjonell prestasjon. Ei heller klarte man å finne signifikante forskjeller i prestasjoner i vurdering mellom små og store flyplasser. Derimot kunne man se at flyplasser regnet som hub-flyplasser kunne vise til bedre operasjonell prestasjon enn flyplasser som falt utenfor den kategorien. Det samme gjaldt for geografisk plassering, men kun mellom enkelte regioner. Når det gjaldt økonomisk vekst, ble det funnet signifikant høyere operasjonell prestasjon for land i kategori ”høy vekst” i forhold til land i kategori ”lav vekst”.

Basert på disse funnene trekker Lin og Hong (2006) frem at man gjennom DEA kan finne aspekter ved flyplassdrift som trenger forbedring, og samtidig kan man bygge forståelse for hva som er underliggende faktorer for operasjonell prestasjon. Implikasjoner av funnene er også at for å øke effektivitet vil man trenge en høyere frekvens av flyvninger og økte internasjonale handelsaktiviteter.

En lignende studie om effektivitetsmålinger av flyplasser har blitt gjennomført i Spania av Martin og Roman (2001). En av hovedgrunnene til at denne studien var interessant for denne oppgaven er likheten mellom det spanske og det norske flyplass-systemet. Systemet består av 42 flyplasser som drives av Aeropuertos Españoles y Navegación Aérea (AENA). I likhet med Avinor, er det et offentlig eid selskap som ikke er subsidiert av staten og fungerer som et privat selskap regulert av kontraktsordninger. De senere årene har de skiftet til en mer kommersiell tilnærming med tettere samarbeid med privat sektor.

Formålet med studien var derfor å analysere effektiviteten til de spanske flyplassene, mens de fremdeles var statlig eid gjennom AENA. Martin og Roman (2001) anvendte DEA på målingene, ettersom de ønsket en metode som egnet seg best mulig til å måle totalfaktorproduktiviteten på flyplassene og finne relative prestasjoner. Videre ble det konkludert med at en variabel skalautbytte-tilnærming var best egnet, ettersom man hadde variasjon i skala for flyplassene.

For studien ble det benyttet en outputorientering, hvor fokuset var å øke produsert output uten å øke forbruk av input. Dette ettersom Martin og Roman (2001) viste til at valgte inputvariabler ble sett på som faste kostnader og vanskelig å påvirke for flyplassledelsen.

Inputvariablene som ble valgt var personalkostnader, kapitalkostnader og driftskostnader. Outputvariablene bestod av flybevegelser, antall passasjerer og antall tonn med frakt og post.

Funnene fra Martin og Roman (2001) ga en implikasjon på at det eksisterte rom for omstrukturering av lufttrafikken i Spania. De viste til at de mindre flyplassene framstod som ineffektiv ved å være en del av AENA-systemet, samtidig som de store effektive flyplassene hadde tydelige insentiver til å overta fullt eierskap over egen drift.

En annen studie (Barros og Dieke, 2008) målte effektivitet ved italienske flyplasser med DEA. Denne studien var todelt og utvidet DEA-studien gjennom Simar og Wilson (2007) sin metode for bootstrapping av DEA-scorer. Også i denne studien påpekes det at deregulering og liberalisering av luftfart har plassert flyplasser i et mer konkurranseutsatt miljø, som videre har stilt høyere krav til effektivitet ved flyplassene.

Første del av studien ble outputorientert DEA brukt for å estimere effektivitetsscorer og rangering av flyplasser basert på disse. Fra disse estimater ble det videre dannet konfidensintervall og varians gjennom asymptotisk teori og bootstrapping presentert av Simar og Wilson (2007). Datasettet var 31 italienske flyplasser i perioden 2001-2003. Datasettet ble bygd på følgende output for å beskrive aktivitet ved lufthavnene: antall fly, antall passasjerer, total frakt og post, kommersielle inntekter og avgiftsinntekter. Tilsvarende ble tre input vurdert: personalkostnader, andre driftskostnader og investert kapital.

Barros og Dieke (2008) fremhever at deres studie var ment å undersøke det statistiske grunnlag for å bruke DEA i sammenheng med måling av flyplasseffektivitet. De viser til at DEA er mye brukt ved slike målinger, men at metoden har sine begrensninger. Disse mener de kompenseres for ved bruk av bootstrapping presentert av Simar og Wilson (2007). Bidraget fra metoden er å bedre forklare DEAs effektivitetsnivåer og fremheve relevans i et statistisk perspektiv. Dette blir gjort ved at man finner standardavvik, varians og konfidensintervall for effektivitetsscorene.

En effektivitetsstudie av norske flyplasser har også blitt gjennomført av Merkert og Mangia (2012). Vinterforhold med snø og is har over tid gitt store problemer og forsinkelser hos europeiske nøkkelflyplasser. Det har ledet til store tap av inntekter og svekket omdømme. Spesielt regionale flyplasser med mindre kapital har opplevd store utfordringer med harde vinterforhold. Merkert og Mangia (2012) benyttet seg av en bootstrappet DEA-modell på norske flyplasser for å finne hvordan de mestret disse utfordringene. Et sentralt funn for deres

forskning var at regionale flyplasser i Norge gjennomsnittlig ikke presterte dårligere enn de større flyplassene, som for eksempel Oslo Gardermoen. Hovedfunnet fra resultatene var at god styring, nødvendig trening og gode forberedelser ga god mestring av vinterutfordringer og resulterte i effektiv flyplassdrift.

Studien anvendte DEA for å evaluere relativ prestasjon hos flyplassene, med hensyn på minimering av input gitt output. Inputorienteringen ble valgt med begrunnelse i at fokuset for studien var å vurdere ledelseshåndtering av input. Under dette lå en antakelse om at flyplassledelsen i større grad kunne påvirke input (som for eksempel personell), enn mer rigide og omgivelsesavhengige output. Merkert og Mangia (2012) argumenterer for deres valg av DEA med mulighet til å kombinere multiple input og output. På den måten kan man unngå å måtte velge mellom ulike misledende og motstridende partielle produktivitetsmål. For å overkomme svakheten med DEA som målefeil og støy i data, ble Simar og Wilson (2000, 2008) sin bootstrapping-teknikk benyttet.

3.2.1 Effektivitetsstudie av Avinor 2012

GAP (2012) anvendte DEA på operasjonelle og finansielle strukturer for å estimere effektiviteten ved ulike flyplasser tilknyttet ulike systemer. Totalt ble studien utført med et datasett bestående av 158 ulike flyplasser fra 16 europeiske land, hvorav 46 var norske og 45 av disse med Avinor-tilhørighet. Den enkelte flyplass utgjorde en enhet, "Decision Making Unit" (DMU). I tillegg ble det tatt hensyn til eventuelle problemer ved sammenligningen av flyplasser med ulike størrelser, og datasettet ble derfor fordelt i to kategorier:

- Store flyplasser (> 2 millioner antall passasjerer årlig): 56 i antall.
- Små flyplasser (< 2 millioner antall passasjerer årlig): 102 i antall.

For Avinors del ble fordelingen slik at de fire største flyplassene: Oslo, Bergen, Stavanger og Trondheim ble inkludert i datasettet "Store flyplasser", mens resterende 41 (Værøy er kun helikopterbase og derfor utelatt) ble inkludert i datasettet "Små flyplasser".

For begge datasettene ble de samme variablene brukt for både input og output. Følgende input ble inkludert: lønns- og personalkostnader, andre operative kostnader, godkjent rullebanekapasitet og total rullebanelengde. Outputvariablene bestod av kommersielle inntekter, antall passasjerer, kommersielle flybevegelser og total frakt og post betjent av flyplassene.

Studien benyttet seg av Bounded Adjusted Measure-modellen (BAM) presentert i Cooper et al. (2011). Dette er en ikke-orientert, additiv DEA-modell som vurderer inputreduksjoner og outputvekst simultant (GAP, 2012). I tillegg benyttet studien seg av Malmquist-produktivitetsindeks for å analysere produktivitetsendringer mellom perioder hos aktuelle enheter.

Gjennom studien ble det oppdaget at de fleste lokale og regionale flyplasser ikke var på den effektive fronten. De presterte langt dårligere enn sammenlignbare flyplasser i land som Island og Grønland, hovedsakelig på grunn av lave inntekter og høye kostnader. Analysen kunne også vise til at de store flyplassene ved Avinor var relativt effektiv i forhold til sammenlignbare flyplasser, men hadde en negativ trend i løpet av måleperioden. De kunne også vise til at det var en negativ trend i de europeiske landene, hvor pålagte sikkerhetsreguleringer var den største kostnadsdriveren. Studien viser til at Avinors flyplasser nøy en inntektsfordel ovenfor europeiske flyplasser som følge av økte duty free-grenser gjennom aktuell periode. Et av funnene fra analysen var at tilhørighet til et nasjonalt flyplasssystem, som Avinor, reduserte effektiviteten med omtrent 8-11 % sammenlignet med privateide flyplasser.

4 Teori og metode

Denne delen er en gjennomgang av teoretisk grunnlag for analysen av effektivitet og produktivitet hos Avinor. Dette omfatter definering av viktige begrep og utredning av modeller og metoder som vil bli brukt. Dette vil bli gjort på følgende vis; definering av begrepene ”effektivitet” og ”produktivitet”, en grundig gjennomgang av Data Envelopment Analysis (DEA) og Malmquists Produktivitetsindeks (MPI). Avslutningsvis vil det bli gjennomgått en statistisk tilnærming til DEA, hvor blant annet bootstrapping og asymptotiske hypotestester presenteres.

4.1 Effektivitet og produktivitet

I dagligtale brukes ofte effektivitet og produktivitet om hverandre og beskriver ofte samme fenomen. Dette er ikke tilfellet i denne oppgaven, hvor det blir gjort et skille mellom de to begrepene. Det man kan vise til som er felles for uttrykkene er at de er begge forholdstall som uttrykker en sammenheng mellom variabler.

Produktivitet brukes her som et mål på ytelse, som et forholdstall mellom output og input (Fried, Lovell & Schmidt, 2008). Det er et absolutt mål som forteller noe om nåværende status hos for eksempel en produksjonsenhet. Det er en beskrivelse av produksjonsprosessen, og kan illustreres gjennom følgende formel:

$$Produktivitet = \frac{output(y)}{input(x)} \quad (1)$$

Denne kan man igjen bruke til å skape relative mål: produktivitet i forhold til tidligere år eller produktivitet i forhold til andre.

Dette kan enkelt gjennomføres så lenge man har et én-til-én-forhold mellom input og output, det vil si at det kreves én type innsatsfaktor for å lage én type produkt. Som regel vil ikke dette være tilfellet ettersom de fleste produksjonsprosesser ofte krever flere innsatsfaktorer og i tillegg kan gi flere produkter. Derfor trenger man en metode for å måle produktivitet med multiple inputs og multiple outputs som kan vekte variablenes relative betydning i produksjonsprosessen. Et mål på dette er totalfaktorproduktivitet (TFP), som er et produktivitetsmål hvor alle faktorer i produksjonen inkluderes (Coelli, Rao, O’Donnell &

Battese, 2005). Den måles gjennom verdivektorer (for eksempel pris) for de ulike variablene. Her brukes u_r og v_r , for output r og input i :

$$TFP = \frac{\sum_{r=1}^s u_r y_r}{\sum_{i=1}^m v_i x_i} = \frac{\text{vektet sum output}}{\text{vektet sum input}}$$

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

(2)

En produktivitetsscore gir ikke mye informasjon før den sammenlignes med andre relevante produktivitetsscorer, for eksempel over flere perioder eller opp mot andre bedrifter. En slik sammenligning vil gi en effektivitetsscore. Effektivitet vurderes her som et relativt mål. Grad av hvor vellykket man er sammenlignet med det som er beste praksis av aktuell produksjonsprosess. Det vil si at man ser på hvordan produktiviteten er i forhold til det som vurderes som best mulig. Det kan være at man bør evne å produsere mer med gitt input eller produsere samme output med mindre bruk av input, eller en kombinasjon av disse (Fried et al., 2008). Effektivitet kan illustreres gjennom følgende formel:

$$Effektivitet = \frac{\frac{y_j}{x_j}}{\frac{y_{\text{beste praksis}}}{x_{\text{beste praksis}}}} = \frac{\text{produktivitet}_j}{\text{produktivitet}_{\text{beste praksis}}}$$

(3)

der man har bedrift j (hvor $j = 1, \dots, n$) relativt til beste praksis for aktuell produksjonsprosess. Hensikten her er å finne grad av måloppnåelse. Man vil få et svar på hvorvidt man bør klare å øke produksjon ved samme inputnivå eller holde produksjon på samme nivå med redusert inputnivå.

På denne måten vil bruken av uttrykkene ”produktivitet” og ”effektivitet” skilles. Hensikten er å kunne bruke to begreper som forklarer ulike fenomen, men likevel har en viss relevans for hverandre. Sammenhengen er klar: økes produktiviteten, økes også effektiviteten.

4.2 Data Envelopment Analysis (DEA)

For produksjonsprosesser med flere innsatsfaktorer og ulik betydning av hver innsatsfaktor kan det være vanskelig å måle produktivitetsscore av prosessen. Det er her DEA presenteres som en løsning. Enkelt forklart er det en metode som sammenligner input-output-forhold hos produksjonsenheter og identifiserer beste praksis(er). Ut fra beste praksis(er) lages det en

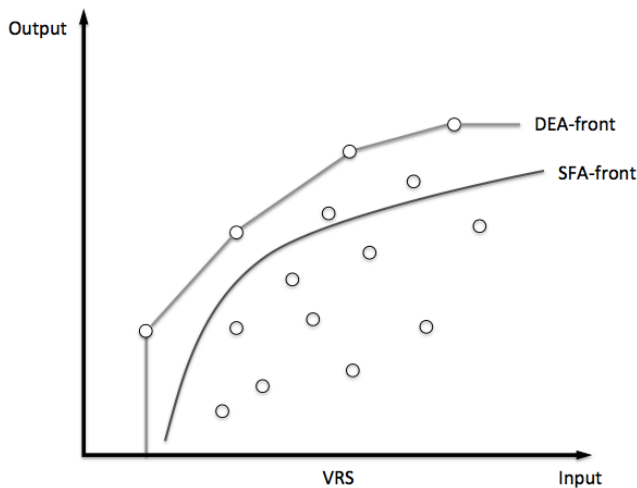
effektiv front som alle produksjonsenheter bør søke mot. For å finne svar på grad av ineffektivitet hos de øvrige enheten måles ”avstand” fra deres observasjon relativt til den effektive fronten.

Grunnlaget for DEA ble lagt av Farrell (1957) da teknisk effektivitet (TE) ble introdusert. TE ble definert som å produsere maksimal mengde output ut fra en gitt mengde input, eventuelt produsere en gitt mengde output med minimal mengde input. I Farrells artikkel ble hele DEA-problemet skissert grafisk, men uten matematisk formulering og derfor uten svar på hvordan man skulle løse problemet. Utgangspunktet for hans arbeid var at man på den tiden var avhengig av å kjenne priser på input for å finne produktivitet. Dermed fikk man problemer i produksjonsprosesser hvor enhetspriser ikke var kjent. Tradisjonelt sett ble prestasjonsmåling gjort med forholdstall, men dersom produksjonsprosesser hadde flere inputs/outputs fikk man et indeksproblem med vektning av disse. Løsningen fra Farrell (1957) var å måle effektivitet relativt til en effektiv faktorkombinasjon av samme størrelse som den enheten man søker å finne effektiviteten til. Det gjorde at man gikk fra å måle seg opp mot et uopnåelig ideal fra en teoretisk produktfunksjon, til å ta utgangspunkt i faktiske observasjoner og legge fokus på beste praksis.

DEA ble videreutviklet av Charnes, Cooper og Rhodes (1978), som løste multiple inputs (x) og outputs (y) gjennom lineær programmering (LP). Metoden de la frem var ikke-parametrisk og deterministisk fremstilling av effektivitetsmåling. I ikke-parametrisk ligger det at effektive enheter danner effektivitetsfronten, i stedet for at den beregnes på funksjonell form.

Deterministisk utgjør en antakelse om at alle observasjoner er riktige og at det ikke finnes rom for feil. Dermed vil DEA danne en front av observert utvalg og på denne måten estimere relative effektivitetsmål. Det vil si at dersom utvalget endres er det ikke gitt at det som i forrige utvalg var definert som effektivitetsfront fortsatt vil være det. Samtidig betyr det også at man i uansett utvalg vil finne noen som er effektive og representerer beste praksis.

Gjennom å være ikke-parametrisk og deterministisk skiller DEA seg fra metoder som Stochastic Frontier Analysis (SFA). Denne metoden er parametrisk og tar utgangspunkt i statistiske målinger og teorier (Aigner, Lovell & Schmidt, 1977).



Figur 6 DEA og SFA

Som vist i figur 6 vil det si at hvor DEA danner et produksjonsmulighetsområde og en front basert på faktiske observasjoner, er SFA basert på statistisk utfall for observasjonene. SFA krever funksjonell form og en produktfunksjon for å løse problemstillingene. For å oppnå denne er man avhengig av gode bransjekunnskaper og i tillegg kreves det at man gjør en del forutsetninger. Fordelen med SFA relativt til DEA er at metoden tillater målefeil og andre statistiske feil i datamaterialet uten at det påvirker effektivitetsscore hos de ulike enhetene. Komplikasjonene med å utvinne en egnet produktfunksjon for SFA gjør at DEA er mest egnet metode for denne studien.

4.2.1 Forutsetninger for DEA

Den viktigste forutsetningen for at DEA skal være en god metode for effektivitetsmålinger er homogenitet (Dyson et al., 2001). Det er en forutsetning som er ganske lett å akseptere, da den kun krever at det skal være en viss likhet i det man sammenligner. Det vil si at alle DMU-er inkludert i analysen må produsere relativt like produkter eller tjenester i forholdsvis like omgivelser, med sammenlignbar teknologi og innsatsfaktorer.

Forskjellen mellom ulike DEA-modeller skilles i hovedsak ved de forutsetninger som settes til teknologien (T), hvor det er fire forutsetninger som gjør seg gjeldende (Bogetoft og Otto, 2011). De forutsetningene er som følger:

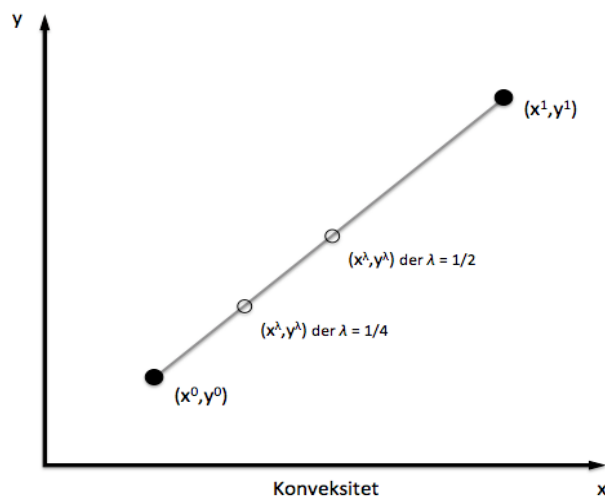
- 1 Fri avhenging av input og output. I dette ligger det en mulighet til å sløse, det vil si at man kan produsere mindre med mer input. Denne sammenhengen går begge veier: kan man produsere et visst kvantum av output med en gitt mengde input, kan man også produsere samme mengde output dersom inputmengden økes. Dersom et gitt kvantum input gir en

viss mengde output, kan også den samme mengden input gi en lavere mengde output.

Dette gir følgende sammenheng:

$$(x, y) \in T, \quad x' \geq x, \quad y' \leq y \quad \rightarrow \quad (x', y') \in T \quad (4)$$

- 2 Konveksitet. Dersom konveksitet er mulig vil man kunne utvide teknologien, noe som er spesielt nyttig dersom det kun er få observasjoner tilgjengelig. Gjennom å tillate konveksitet kan man få teknologier som er bedre i stand til å skille mellom gjennomsnittlige prestasjoner og det som faktisk er beste praksis. Dersom man har observasjoner (x^0, y^0) og (x^1, y^1) kan man gjennom konveksitet få observasjon(er) (x^λ, y^λ) dersom $0 \leq \lambda \leq 1$.



Figur 7 Konveksitet

Sammenhengen er da:

$$(x^0, y^0) \in T, \quad (x^1, y^1) \in T, \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \rightarrow (1 - \lambda)(x^0, y^0) + \lambda(x^1, y^1) \in T \quad (5)$$

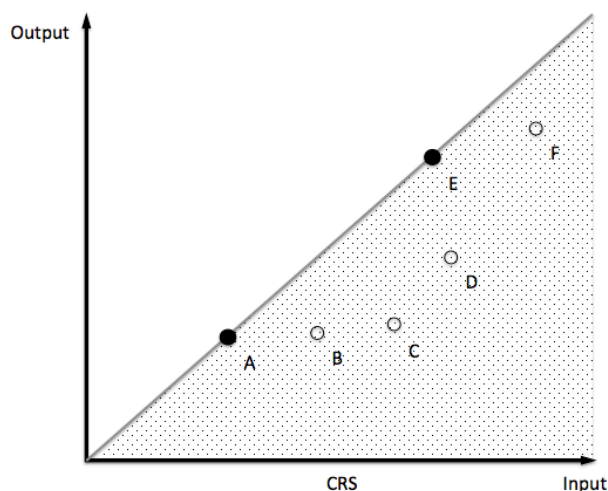
som betyr at enhver konveks kombinasjon av observerte produksjoner også er mulig.

- 3 Skalautbytte (return to scale). Denne forutsetningen er skillett mellom flere DEA-metoder, og går på hvordan skalering av observasjoner skal behandles.

Dersom modellen operer med konstant skalautbytte (constant return to scale - CRS) vil uansett mulig produksjonskombinasjon skaleres opp eller ned. Det betyr at:

$$(x, y) \in T, \quad \lambda \geq 0 \quad \rightarrow \quad \lambda(x, y) \in T \quad (6)$$

Grafisk vil dette bety at når punkt (x, y) er mulig, så vil alle punkter langs linja fra origo $(0, 0)$ og gjennom (x, y) være mulig.



Figur 8 Constant Return to Scale (CRS)

Illustrasjonen her viser at både punkt A og punkt E er kombinasjoner som danner effektivitetsfronten, mens øvrige kombinasjoner er ineffektive. Det skraverte området angir mulighetsområdet med CRS-tilnærming og gitte observasjoner.

En mindre ekstrem tilnærming er avtakende skalautbytte (decreasing return to scale – DRS) som tillater for enhver observert produksjonskombinasjon å nedskalere. Det vil si:

$$(x, y) \in T, \quad 0 \leq \lambda \leq 1 \quad \rightarrow \quad \lambda(x, y) \in T \quad (7)$$

Dersom man illustrerer dette grafisk betyr det at for den gitte produksjonsteknologien vil det være mulig for alle produksjonskombinasjoner mellom origo og gitt punkt (x, y) .

Forklaringen her er at output tenderer til å øke mindre enn hva input gjør, slik at det er mulig å skalere ned men ikke opp.

Motpolen til DRS er økende skalautbytte (increasing return to scale - IRS):

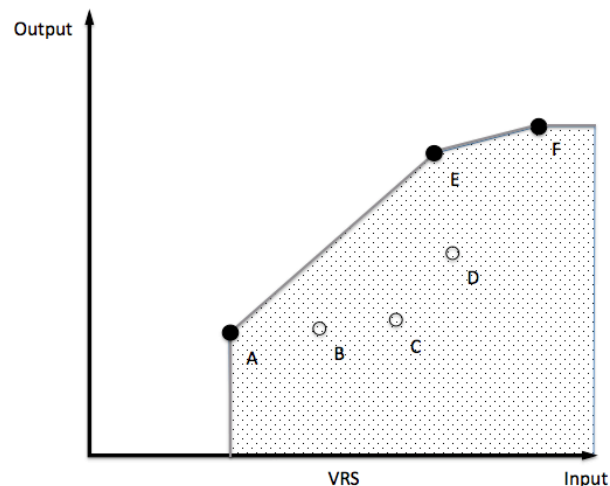
$$(x, y) \in T, \quad \lambda \geq 1 \quad \rightarrow \quad \lambda(x, y) \in T \quad (8)$$

hvor output tenderer til å øke i større grad enn hva input gjør.

I tillegg til disse kan man ha variabelt skalautbytte (variable return to scale – VRS).

Dersom modellen forutsetter VRS vil den kunne godkjenne både tiltakende, konstant og avtakende skalautbytte.

Illustrert får man da:



Figur 9 Variable Return to Scale (VRS)

Med samme punkter som figur 8 for CRS, vil man ved VRS få et ekstra punkt (F) som danner effektivitetsfronten. En annen forskjell er at man ikke lenger har konvekksitet mellom punktet A (nærmest origo) og origo.

- 4 Additiv-forutsetningen. Dersom metoden tillater additiv-forutsetningen vil det gjøre at summen av to observerte produksjonssammensetninger også vil være en mulig produksjonssammensetning:

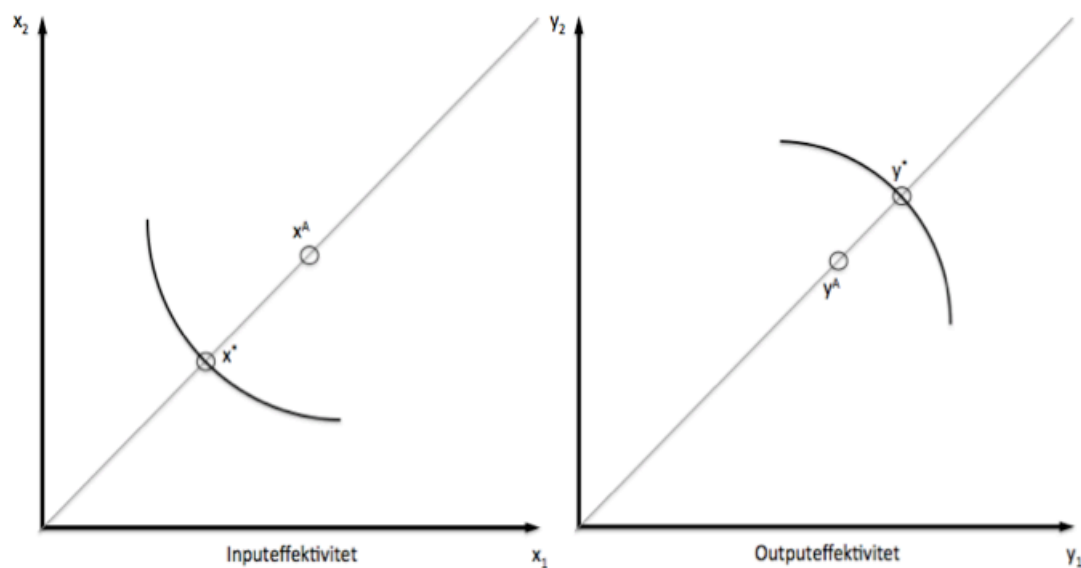
$$(x, y) \in T, \quad (x', y') \in T \quad \rightarrow \quad (x + x', y + y') \in T$$

(9)

Dette betyr også at summen av en observert produksjonssammensetning addert med seg selv også er mulig.

4.2.2 Inputorientering eller outputorientering

Avhengig av hensikt og formål med analysen man skal gjøre må man velge hvorvidt fokus skal ligge på input eller output. Dersom man skal dekke en etterspørsel i et marked og fritt kan justere bruk av input bør inputorientering foretrekkes (Fried et al., 2008). Enkelt forklart vil man ved valg av inputorientering søke å redusere input en viss mengde, uten at denne endringen skal redusere output tilsvarende. For outputorientering ønsker man å øke produsert output uten å øke forbruk av input. Det vil si at man gjør vurdering av hvor mye output må økes for at man skal kunne regnes som effektiv. Dette kan illustreres på følgende måte:



Figur 10 Input- og outputorientering

I figur 10 utgjør de krummede linjene effektivitetsfronten. Det vil si at for at en enhet skal være teknisk effektiv må den følge den rette linjen til den krummede linjen som krysser. For inputorientering er man mer effektiv jo nærmere man beveger seg mot origo, ettersom forbruk av de to inputene x_1 og x_2 avtar. Videre betyr dette at kombinasjonen x^A er ineffektiv og x^* er effektiv. Teknisk effektivitet defineres som avstanden fra origo til x^* delt på avstanden fra origo til x^A . Med en outputorientering vender man fokuset og søker avstand fra origo langs linja. Det betyr at kombinasjonen y^* er mer effektiv og ligger på den krummede effektivitetsfronten.

4.2.3 CCR-modellen

Cooper, Charnes og Rhodes (1978) utviklet en modell (heretter CCR) som baserer seg på konstant skalautbytte. Modellen er også laget for å kunne behandle både input- og outputorientering. Modellen løser håndtering av multiple inputs og output gjennom lineær programmering (LP). Et LP-problem er todelt og består av følgende elementer: en objektfunksjon som skal optimeres mot enten maksimering eller minimering og begrensninger som ikke kan brytes. Ut av dette får man CCR-primale – multiplikatormodellen, som gir følgende oppsett i inputorientering:

$$\text{Max } \theta = \sum_{r=1}^s u_r y_{r0}$$

når

$$\begin{aligned}
\sum_{i=1}^m v_i x_{i0} &= 1 \\
\sum_{r=1}^s u_r y_{rj} &\leq \sum_{i=1}^m v_i x_{ij} \quad (j = 1, \dots, n) \\
u_r, v_i &> 0 \quad (r = 1, \dots, s) \quad (i = 1, \dots, m)
\end{aligned}
\tag{10}$$

I tillegg til CCR-primalen finner man motsetningen CCR-dualen. Dette er en envelopment-modell. Sammenhengen mellom primalen og dualen er at de alltid vil være motsatt, det vil si at hvor den ene maksimerer vil den andre søke mot å minimere. CCR-dualen – envelopment-modell, gir følgende oppsett for inputorientering:

Minimer w_0

når:

$$x_{i0} \cdot w_0 \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} \quad (i = 1, \dots, m)$$

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

$$\lambda_j \geq 0 \quad (j = 1, \dots, n)$$

(11)

w_0 brukes her som en faktor for å skalere x_{i0} mot et minimum og er et mål for total teknisk effektivitet (TE_{CRS}). Hensikten med dualen er å nedskalere inputvektoren proporsjonalt mot et punkt på effektivitetsfronten. Det fører til at ressursbruk går ned til et punkt hvor man finner en eller flere effektive DMU_j.

Formlene her er presentert gitt inputorientering, men de outputorienterte modellene er utledet på samme måte.

4.2.4 BCC-modellen

Der CCR-modellen forholder seg til forutsetning om konstant skalautbytte (CRS), altså antakelsen om at skala ikke påvirker mulig produktivitet, har det etter hvert blitt utviklet andre tilnærminger som gir rom for andre forhold med hensyn på skala. Blant de viktigste tilnærmingene her finner man BCC-modellen (Banker, Charnes og Cooper, 1984). Denne modellen ønsker å vise situasjoner hvor konstant skalautbytte ikke er tilfellet, for eksempel

ved imperfekt konkurranse, offentlige reguleringer og finansielle restriksjoner (Coelli et al., 2005). BCC-modellen gjør i stedet antakelse om variabelt skalautbytte (VRS). Dette gjøres gjennom å inkludere en ekstra restriksjon i dualformuleringen. Dette gir følgende oppsett for BCC-modellen og beregning av ren teknisk effektivitet (TE_{VRS}):

Min W_0

når:

$$w_0 \cdot x_{i0} \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j \cdot x_{ij} \quad (i = 1, \dots, m)$$

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

$$\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$$

$$\lambda_j \geq 0, \quad (j = 1, \dots, n)$$

(12)

Viktig å merke seg i dette oppsettet er det nye leddet med $\sum_{j=1}^n \lambda_j = 1$ som gjør at alle sammenligningspunkter må være konvekse kombinasjoner av observasjoner. Dette gjør at referansepunkt ikke vil være en opp- eller nedskalering av faktisk observerte enheter.

Restriksjonen gjør det lettere å havne på fronten. λ_j forteller også mer om skalaegenskapene til aktuelle DMUer:

$\sum \lambda = 1$ betyr at enheten er effektiv med tanke på skala.

$\sum \lambda > 1$ betyr at enheten opererer i et område med avtakende skalautbytte, noe som kan indikere at den er for stor og burde vært mindre.

$\sum \lambda < 1$ betyr at enheten er operer i et område med tiltakende skalautbytte, og dermed er for liten og burde vært større.

4.2.5 Slakk og pareto-optimalitet

De effektivitetsmålene man oppnår gjennom DEA er basert på lineære likninger. Dette betyr at man kan få slakk mellom referansepunkt og den faktiske referanseenheten. Det vil si at det er en differanse mellom referanseenheten og det faktiske referansepunktet.

Beregninger av dette kan gjøres på følgende måte:

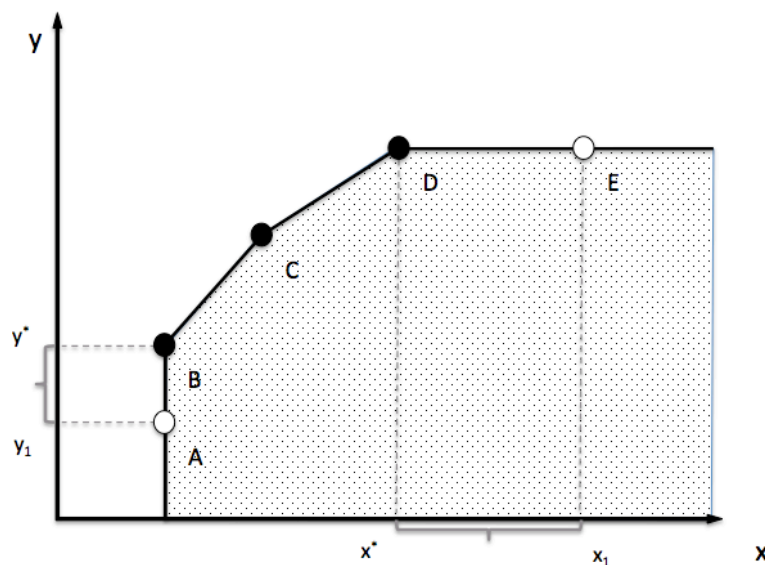
For output:

$$S_r^+ = \sum_{j=1}^n y_{rj} \lambda_j - y_{r0} \quad (r = 1, \dots, s) \quad (13)$$

For input:

$$S_r^- = w_0 x_{i0} \sum_{j=1}^n x_{ij} \lambda_j \quad (i = 1, \dots, m) \quad (14)$$

I disse beregningene er S_r^+ og S_r^- slakkverdiene for henholdsvis output og input. Dersom en bedrift er effektiv, dvs. har $w_0 = 1$, og samtidig har slakkverdi $S_r^+ = S_r^- = 0$ vil den være pareto-optimal. Det vil si at den finner seg i en situasjon hvor en er effektiv men ikke kan endre på mengde input eller output uten å havne utenfor mulighetsområdet. Dette er vist grafisk i figur 11.



Figur 11 Slakk i en VRS-modell

Samtlige punkter markert i denne grafen er på fronten, men det er verdt å merke seg punkt A og E. Disse punktene har mulighet til å korrigere enten input eller output. Dersom man ser på punkt A, kan man øke mengden output (y_1) til y^* uten at dette skal legge beslag på større mengder input. For punkt E er situasjonen motsatt: man kan redusere mengden input (x_1) som brukes til x^* , uten at dette vil redusere mengden output som produseres. Det betyr at punktene A og E har forbedringspotensial og dermed ikke er paretoeffektiv.

4.2.6 Skalaeffektivitet

Skalaeffektivitet forteller i hvor stor grad en enhet er nær den optimale skalastørrelsen.

Sammenhengen er at økende skalaeffektivitet betyr at enheten kommer nærmere optimal

skalastørrelse. Dette er et mål som forteller hva enheten har på å tjene gjennom å gjøre justering av skala (Banker et al., 1984). Skalaeffektivitet finnes gjennom følgende utregning:

$$\text{Skalaeffektivitet} = \frac{TE_{CRS}}{TE_{VRS}} \quad (15)$$

I utgangspunktet vil kjennskap til grad av skalaeffektivitet gi grunnlag for bedre vurderinger på strategisk nivå ettersom det er en indikasjon på om man bør ekspandere eller eventuelt redusere. I praksis kan dette likevel by på problemer dersom markedet ikke har fullkommen konkurranse eller naturlige begrensninger for enheter med tanke på justering av produksjonsnivå (Bogetoft & Otto, 2011).

4.2.7 Supereffektivitet

Gjennom DEA får man en rangering av effektivitet hos de ulike enhetene. Rangeringen gjøres ved at jo nærmere man kommer en effektivitetsscore lik 1, jo mer effektiv er man. Det betyr videre at metoden ikke gir en rangering av de enhetene med effektivitetsscore lik 1. Andersen og Petersen (1993) introduserte supereffektivitet som en metode for å rangere de effektive. Det vil si at man gjennom supereffektivitet gjør det mulig å oppnå en høyere score enn 1 og dermed rangere de med høyest score som de mest effektive av de effektive. Gitt forutsetning om CRS og inputorientering har man følgende sammenheng:

$$\begin{aligned} & \text{Min } w_0^{super} \\ & \text{når} \\ & w_0 \cdot x_{i0} \geq \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j \cdot x_{ij} \quad (i = 1, \dots, m) \\ & \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq 0}}^n \lambda_j \cdot y_{ij} \geq y_{r0} \quad (r = 1, \dots, s) \\ & \lambda_j \geq 0, j \neq 0 \quad (j = 1, \dots, n) \end{aligned} \quad (16)$$

Bruk av supereffektivitet som rangering av effektive enheter har i ettertiden blitt møtt med kritikk, hvor spesielt enheter med unike kombinasjoner av input/output får høy supereffektivitet. Supereffektivitet har likevel en funksjon, hvor Banker og Chang (2006) anbefaler å bruke metoden for å identifisering av outliers i datasettet, fremfor å rangere effektive enheter. Outliers er observasjoner som scorer unaturlig høyt eller lavt på effektivitet, og dermed ikke er sammenlignbare med øvrige observasjoner. I hovedsak ligger det tre

grunner for dette: typografiske feil, ugyldige observasjoner eller uvanlige observasjoner (Coelli et al., 2005). Enheter kan betraktes som outliers dersom supereffektiviteten er høy. Enheten har da signifikant innvirkning på fronten og er kunstig effektiv, noe som gjør at man bør vurdere å fjerne denne enheten fra datasettet. En begrensning med å bruke supereffektivitet som metode for å oppdage outliers er at metoden kun vurderer de effektive enhetene og finner outliers blant dem.

4.3 Malmquist-produktivitetsindeks

Prestasjoner hos enheter, men også teknologi, vil ofte variere og endres over tid, noe som krever målinger som fanger opp slike endringer. I tillegg til å måle endringer hos enheter over tid, bør man også ha målinger for om endringer skyldes teknologiskift eller enhetsspesifikke tiltak. Malmquist (1953) utviklet en metode for å sammenligne utvikling for en enhet over tid gjennom bruk av indifferenskurver ved valg mellom to goder. Denne metoden ble bygd videre av Caves, Christensen & Diewert (1982) (heretter: CCD) som foreslo bruk av distansefunksjoner med input- eller outputorientering, som dermed gjorde det mulig å håndtere flere inputs og outputs.

En måte å fremstille Malmquist-indeksen på er presentert av Bogetoft og Otto (2011). Her definerer man $E_j(s,t)$ som mål på enhet j sin prestasjon i periode s mot teknologien i periode t . Dette kan være Farrells inputeffektivitet

$$E_j(s,t) = \min\{w > 0 \mid (wx_j^s, y_j^s) \in T^t\} | CRS \quad (17)$$

Der man skiller teknologi og produksjonsdata avhengig av hvilken periode de er tilknyttet.

For å måle forbedringer for enheten fra periode s til periode t kan man se på effektivitetsendringen sammenlignet med en fast teknologi. Setter man for eksempel teknologi for periode s som benchmark gir det følgende Malmquist-produktivitetsindeks for input i perioden:

$$MPI^s = \frac{E_{CRS}(t,s)}{E_{CRS}(s,s)} \quad (18)$$

MPI^s er målet på endring relativt til teknologi s . Alternativ kan man snu på det og sette teknologi t som fast teknologi, noe som gir følgende Malmquist-produktivitetsindeks for input:

$$MPI^t = \frac{E_{CRS}(t, t)}{E_{CRS}(s, t)} \quad (19)$$

Malmquist-indeksen er et geometrisk snitt av disse to scorene, ettersom det ikke finnes en grunn til å foretrekke den ene over den andre. Det gir følgende sammenheng:

$$MPI(s, t) = \sqrt{MPI^s \cdot MPI^t} = \sqrt{\frac{E_{CRS}(t, s)}{E_{CRS}(s, s)} \cdot \frac{E_{CRS}(t, t)}{E_{CRS}(s, t)}} \quad (20)$$

Ut fra denne får man en relativ indeks med likevektstall lik 1. Det gir følgende sammenheng:

$MPI(s, t) = 1$, betyr at man ikke har hatt endring fra grunnperiode s til ny periode t .

$MPI(s, t) > 1$, betyr at man har hatt fremgang fra grunnperiode s til ny periode t .

$MPI(s, t) < 1$, betyr at man har hatt tilbakegang fra grunnperiode s til ny periode t .

4.3.1 "Catching up"-effekt og frontskift

Et bidrag til utvikling av Malmquist-indeksen ble gjort av Färe, Grosskopf, Lindgren & Roos (1992) som viste hvordan man kunne løse Malmquist med DEA. Dette ble kjent som Adjacent Malmquist Productivity Index: en numerisk løsning av produktivitetsindeksen som LP-problem gjennom DEA. Det ga følgende sammenheng:

$$MPI(s, t) = \frac{E_{CRS}(t, t)}{E_{CRS}(s, s)} \cdot \sqrt{\frac{E_{CRS}(t, s)}{E_{CRS}(t, t)} \cdot \frac{E_{CRS}(s, s)}{E_{CRS}(s, t)}} = EE_{CRS}(s, t) \cdot TE_{CRS}(s, t) \quad (21)$$

Med dette fikk man også en mulighet til å dekomponere indeksen i to ulike endringer. Den ene er effektivitetsendring eller "catching up"-effekt som uttrykker hvorvidt en enhet har hatt relativ økning i produktivitet fra grunnperiode s til ny periode t , og dermed beveget seg nærmere fronten. Alternativet er selvsagt om man har hatt relativt nedgang og dermed fått større avstand til fronten.

$$EE_{CRS}(s, t) = \text{Effektivitetsendring} = \frac{E_{CRS}(t, t)}{E_{CRS}(s, s)} \quad (22)$$

Den andre komponenten er frontendring (FE) eller teknologisk endring. Dette er et geometrisk gjennomsnitt av endring i fronten fra grunnperiode s til ny periode t . Denne komponenten forteller i hvilken grad man har sett endring i teknologi fra s til t .

$$FE_{CRS}(s, t) = \text{Frontendring} = \sqrt{\frac{E_{CRS}(t, s)}{E_{CRS}(t, t)} \cdot \frac{E_{CRS}(s, s)}{E_{CRS}(s, t)}} \quad (23)$$

Betydningen av å kunne dekomponere MPI er stor ettersom det gir mulighet til å tolke om endring i produktivitet for en DMU skyldes endring hos DMUen selv eller endringer i teknologien gjeldende for hele bransjen. Alternativt en kombinasjon av begge komponenter, men man får likevel vite forholdet for påvirkning.

4.3.2 Malmquistindeks med variabelt skalautbytte

Färe, Grosskopf, Norris & Zhang (1994) gjorde det mulig å gjennomføre MPI-måling med VRS. Et tillegg til dette var Ray og Deslis (1997) introduksjon av ytterligere en dekomponering: *SCH*. Dette er produktet av endringen som oppstår i skalaeffektivitet og endringen i skalateknologi. Dersom man ønsker inputorientering får man følgende sammenheng:

$$MPI(s, t) = EE(s, t)_{VRS} * TE(s, t)_{VRS} * SCH \quad (24)$$

der

$$EE(s, t)_{VRS} = \text{Effektivitetsendring}_{VRS} = \frac{E_{VRS}(t, t)}{E_{VRS}(s, s)} \quad (25)$$

$$FE(s, t)_{VRS} = \text{Frontendring}_{VRS} = \sqrt{\frac{E_{VRS}(t, s)}{E_{VRS}(t, t)} \cdot \frac{E_{VRS}(s, s)}{E_{VRS}(s, t)}} \quad (26)$$

$$SCH = \sqrt{\frac{SE(t, s)}{SE(s, s)} \cdot \frac{SE(t, t)}{SE(s, t)}} \quad (27)$$

og dersom man skriver SCH fullstendig ut:

$$SCH = \sqrt{\frac{\frac{E_{CRS}(t, s)}{E_{VRS}(t, s)} \cdot \frac{E_{CRS}(t, t)}{E_{VRS}(t, t)}}{\frac{E_{CRS}(s, s)}{E_{VRS}(s, s)} \cdot \frac{E_{CRS}(s, t)}{E_{CRS}(s, t)}}} \quad (28)$$

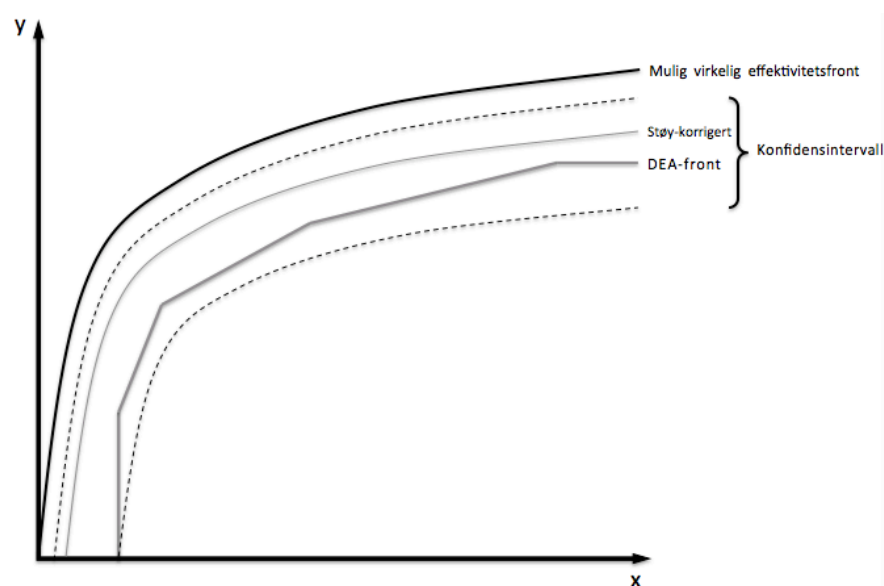
Ved denne tilnærmingen utvider man Malmquist produktivitetsindeks fra teknologisk- og effektivitetsendring, til å også inkludere SCH. Denne tilnærmingen gjør også at fokuset er på VRS, og gir svar på endring for ren teknisk effektivitet og skift i VRS-fronten.

4.4 Statistisk tilnærming til DEA

Etttersom DEA er en deterministisk metode utelukkes for eksempel hypotesetester som statistiske modeller og metoder kan tilby. Metoden justerer ikke for støy og mulig usikkerheter, noe som betyr at de resultater som fremkommer potensielt kan være upresise. Vurderingen DEA gjør er av de faktiske observasjonene – hvor de observerte beste blir definert som de best mulige. I denne sammenheng er det naturlig å søke mot statistiske vurderinger som kan understøtte DEA-vurderingene eller eventuelt vise usikkerhet rundt funnene.

4.4.1 Bootstrapping

En mer teoretisk tilnærming av DEA ble gjennomført av Simar og Wilson (1998) ved bootstrapping. Hensikten her er at hvor DEA kun gir relative mål mot virkelige observasjoner, skal man gjennom bootstrapping kunne skape en mer teoretisk front. Det vil si at der en DEA-effektivitetsscore forteller at observasjoner på fronten er best og bedre prestasjoner ikke kan skapes, skal bootstrapping finne det som er teknisk mulig. Dette gjøres gjennom trekking, hvor man trekker et tilfeldig utvalg av observasjonene flere ganger, gjerne 2000 ganger (Simar & Wilson, 2000), og beregner DEA-score for hvert utvalg. Dette gir et konfidensintervall for den effektive fronten, varians og støy-korrigert effektiv produksjonsfront.



Figur 12 Bootstrapping

Bootstrapping tar utgangspunktet i at man har observasjoner $(x^1, y^1), \dots, (x^n, y^n)$ med tilhørende Farrell inputeffektivitetsmål E^1, \dots, E^n . Disse kan finnes gjennom følgende formel:

$$E_j = \min\{w \in \mathbb{R}_+ \mid (wx_j, y_j) \in T\} \quad (29)$$

Varians av dette kan beregnes slik

$$\frac{1}{j-1} \sum_{j=1}^n (E_j - \bar{E})^2 \quad (30)$$

Ettersom variansformelen forutsetter at alle enheter har effektivitetsscore basert på en fordeling med samme gjennomsnitt (\bar{E}) og forskjeller i score er tilfeldig og ikke systematisk er den uegnet her. Godtar man disse forutsetningene gjør det også at enheter med høy effektivitetsscore presterer bra basert på tilfeldighet og ikke pga. gode prestasjoner.

Dette gjør at man må finne en alternativ tilnærming. Ut fra et utvalg

$X = \{(x^1, y^1), \dots, (x^N, y^N)\}$ av input og output fra n enheter kan man estimere et teknologiset, T , gjennom DEA gitt variabelt skalautbytte:

$$\hat{T} = \left\{ (x, y) \mid x \geq \sum_{j=1}^n \lambda_j x_j, y \leq \sum_{j=1}^n \lambda_j y_j, \lambda_j \geq 0, \sum_{j=1}^n \lambda_j = 1 \right\} \quad (31)$$

Videre kan man bruke denne teknologien for å estimere DEA effektivitetsscorer:

$$\hat{E}_j = \min\{w \in \mathbb{R}_+ \mid (wx_j, y_j) \in \hat{T}\} \text{ for } (j = 1, \dots, n) \quad (32)$$

hvor \hat{T} er det estimerte teknologiset for T .

Videre kan dette brukes for å danne antakelse om at utvalg $X = \{(x^1, y^1), \dots, (x^n, y^n)\}$ utgjør en realisering av identiske og uavhengige fordelte tilfeldige variabler (X, Y) under sannsynlighetsfordeling, \mathcal{P} , fra teknologi, T . Dette gir en antakelse om at man ikke har observerbar usikkerhet.

Fordelingen av \hat{E}_j og \hat{T} er avhengig av fordeling for utvalget X som er generert av den ukjente sannsynlighetsfordelingen \mathcal{P} . For å få et presist estimat \mathcal{P}^* av \mathcal{P} kan man benytte bootstrapping. Estimert \mathcal{P}^* brukes for å generere et utvalg X^* , som man videre kan kalkulere et DEA-estimat, T^* , av teknologien. Man kan da danne et effektivitetsestimat gjennom:

$$E_j^* = \min\{w \in \mathbb{R}_+ \mid (wx_j, y_j) \in T^*\} \quad \text{der } j = (1, \dots, n) \quad (33)$$

Når dette gjentas flere ganger, vil man få flere ulike estimater av E_j^* som videre kan brukes for å beregne empirisk varians og standardavvik av E_j .

Ettersom man minimerer ut fra et mindre teknologisett ($\hat{T} \subset T$) vil man få en skjevhet i DEA-estimatet der \hat{E}_j vil være større eller like stort som E_j^* . Teknologisettet (\hat{T}) sin størrelse er avhengig av utvalget, noe som gjør E_j sensitiv til variasjoner i den estimerte fronten. Denne oppover-skjevheten kan elimineres gjennom å estimere grad av bias og korrigere fronten for å få et bias-korrigert estimat.

$$bias_j = EV(\hat{w}_j) - w_j \quad (34)$$

$EV(\hat{w}_j)$ kan ikke finnes uten den ukjente fordelingen av w_j , men gjennom bootstrapping er det mulig å estimere w_j^b . Bootstrap-estimatet av skjevheten er:

$$bias_j^* = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B w_j^b - \hat{w}_j = \bar{w}_j^* - \hat{w}_j \quad (35)$$

Videre er da bias-korrigert estimat av w_j :

$$\tilde{w}_j = \hat{w}_j - bias_j^* = \hat{w}_j - (\bar{w}_j^* - \hat{w}_j) = 2\hat{w}_j - \bar{w}_j^* \quad (36)$$

Grad av nøyaktighet på estimatene kan avgjøres basert på variansen til bootstrap-estimatet:

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{1}{B} \sum_{b=1}^B (w_j^b - \bar{w}_j^*)^2 \quad (37)$$

For å bootstrappe MPI kan man følge Simar og Wilson (1999) sin metode.

MPI(s,t) beregnes for hver enhet (DMU) og dekomponeres i EE(s,t) og FE(s,t) som forklart i tidligere kapitler. For bootstrapping trekkes det et datasett for hver enhet j og periode s for å danne et bootstrappet referanseteknologisett $\vartheta^* = (X_{js}^*, Y_{js}^*)$ der $j = (1, \dots, n)$

Dette datasettet brukes videre til å beregne bootstrap-estimat av MPI(s,t) for hver DMU.

Estimatet blir følgende: $\widehat{MPI}(s, t)_j^*$.

Trekking gjøres B ganger for å oppnå et bootstrappet utvalg, der Simar & Wilson(2000) anbefaler at trekking gjøres 2 000 ganger, dvs. $B = 2\,000$. Utvalget blir følgende:

$$\hat{\theta}^* = \{\widehat{MPI}(s, t)_j^*, \dots, \widehat{MPI}(s, t)_j^{B^*}\}$$

Dette utvalget brukes for å beregne bias-korrigerede estimater og 95%-konfidensintervaller for MPI og dekomponering. Det gir bootstrap-estimatene $\widehat{MPI}_j^*(s, t)(b)$, $\widehat{EE}_j^*(s, t)(b)$ og $\widehat{FE}_j^*(s, t)(b)$ som kan erstatte virkelige verdier.

4.4.2 Asymptotiske tester: Banker-tester

DEA er en ikke-statistisk tilnærming, men samtidig kan effektivitetsestimater fra DEA tilegnes enkelte statistiske egenskaper. Man kan gjennomføre hypotesetester og sammenligne DEA-modeller mot hverandre: man vurderer variablene og kan dermed validere modellen. En mulighet for dette er asymptotiske tester (Banker, 1993) hvor det presenteres to typer parametriske tester: test av modellforutsetninger og test av forskjell mellom grupper.

For å teste modellforutsetningene skiller man ikke mellom grupper av observasjoner, men mellom to sett av modellforutsetninger eller teknologiset. Det undersøker om estimert teknologi kan korrigeres gjennom økte restriksjoner og fortsatt være egnet for datasettet. Man tar utgangspunkt i teknologi T_1 og T_2 , der T_2 er alternativ teknologi med ekstra restriksjoner. Man lar fordelingen av effektivitetsscore for n bedrifter under de to teknologiene T_1 og T_2 være g_1 og g_2 .

Det gir følgende hypoteser:

$$H_0: g_1 = g_2 \quad \text{mot} \quad H_1: g_1 \neq g_2$$

Dersom man får betydelig forskjell i effektivitet fra de to ulike teknologisetene betyr det at teknologiene er ulike og nullhypotese må forkastes. Det betyr at man bør vektlegge T_2 med ekstra restriksjoner som utgjør en forskjell. Er derimot effektivitetsscoren omtrent lik bør man beholde nullhypotese.

Med antakelse om eksponentiell fordeling av effektivitetsestimater – finner man teststatistikken slik:

$$T_{EK} = \frac{\sum_{j=1}^n t(E_j^1)}{\sum_{j=1}^n t(E_j^2)} \quad (j = 1, \dots, n)$$

(38)

der E_j^1 og E_j^2 viser inputeffektivitet hos enhet j basert på T_1 og T_2 . Dette beregnes mot den kritiske verdi for f-distribusjon med $E(2n_1, 2n_2)$ frihetsgrader.

Under antakelse om halvnormal fordeling kalkuleres test-statistikk på følgende måte:

$$T_{HN} = \frac{\sum_{j=1}^n t(E_j^1)^2}{\sum_{j=1}^n t(E_j^2)^2} \quad (39)$$

som vurderes mot kritisk f-verdi med $E(n_1, n_2)$ frihetsgrader for test av H_0 og forkastes dersom T_{EK} er større enn 95%-kvantilen.

Den andre muligheten er å teste om det er forskjell mellom grupperinger av datasettet. Man har et sett med enheter n – som deles inn i to grupper: $n = n_1 + n_2$.

Videre ønsker man å finne ut om det er signifikant forskjell på effektiviteten mellom de to gruppene: g_1 og g_2 . Det gir test av følgende hypoteser:

$$H_0: g_1 = g_2 \text{ mot } H_1: g_1 \neq g_2$$

Under nullhypotese har de to gruppene samme fordeling av effektivitet, og ratio:

$$T_{EK} = \frac{\sum_{j \in n_1} t(E_j)/n_1}{\sum_{j \in n_2} t(E_j)/n_2} \quad (40)$$

som er forholdet mellom to asymptotiske fordelinger – og derfor er asymptotisk fordelt som Fisher-fordeling med $2n_1$ og $2n_2$ frihetsgrader: $T_{EK} \sim E(2n_1, 2n_2)$.

T_{EK} kan være både større enn og mindre enn 1 – derfor er testen tosidig.

Med antakelse om at virkelig effektivitet er $\theta = I + \epsilon$ der ϵ er eksponentielt fordelt – kan man bruke $t(E) = E - I$, slik at:

$$T_{EK} = \frac{\sum_{j \in n_1} t(E_j - 1)/n_1}{\sum_{j \in n_2} t(E_j - 1)/n_2} \quad (41)$$

hvor man forkaster hypotesen dersom T_{EK} er større enn 95%-kvantilen i fordelingen $E(2n_1, 2n_2)$.

Under halvnormal fordeling, så er $\sum_{j=1}^n t(E_j)_2$ asymptotisk fordelt med n frihetsgrader. Det gir test:

$$T_{HN} = \frac{\sum_{j \in n_1} t(E_j)^2/n_1}{\sum_{j \in n_2} t(E_j)^2/n_2} \tag{42}$$

som har fordeling $E(n_1, n_2)$.

5 Datagrunnlag

For vår studie har vi fått tilsendt den nødvendige dataen i sin helhet fra Avinor. Dataen er basert på detaljerte årsregnskaper, antall flybevegelser og passasjerer for hele Avinor-konsernet, samt hver enkelt flyplass tilhørende Avinor for perioden 2002-2015. Dataen har blitt sortert og filtrert i henhold til den mest optimale tilnærmingen for en DEA-studie, hvor vi hovedsakelig har lagt mest vekt på de nødvendige variablene til analysen for perioden 2010-2015.

5.1 Validitet og reliabilitet

Ved statistiske analyser er det vanlig å ta hensyn til feilnoteringer og tilfældigheter. Som nevnt tidligere i oppgaven så er DEA en deterministisk metode som belager seg på at de registrerte observasjonene er riktige. Validitet og reliabilitet er derfor uttrykk som ofte trekkes inn for å vurdere hvor pålitelige og troverdige resultater fra en DEA-studie er.

Et sentralt spørsmål i selve analysen av data er hvor godt, eller relevant den innsamlede dataen representerer virkeligheten. Dette er omtalt som validitet i forskningslitteraturen og det skiller mellom tre forskjellige former: begrepsvaliditet, intern validitet og ytre validitet. Validitet trenger ikke å bli oppfattet som absolutt med en antagelse om at dataen enten er valid eller ikke, men heller som et kvalitetskrav som kan være tilnærmet oppfylt (Johannessen, Kristoffersen & Tufte, 2011).

Begrepsvaliditet omhandler relasjonen mellom den formulerte problemstillingen som er utformet for oppgaven og de konkrete dataene. I denne studien vil et begrepsvalid mål gi et godt og helhetlig bilde på ressursbruken som er nødvendig for flyplassdrift. Lønns- og personalkostnader og andre driftskostnader utgjør de største kostnadspostene som er knyttet til flyplassdrift og står for den største delen av ressursbruken til Avinor.

Om en undersøkelse har en klar årsakssammenheng mellom to fenomener og man klarer å påvise at én variabls påvirkning enten har eller ikke har effekt på en annen variabel, så er det en sterk intern validitet. Den interne validiteten dreier seg med andre ord om hvorvidt undersøkelsen er egnet til å påvise årsakssammenhenger eller ikke (Johannessen et al., 2011). I en DEA-studie vil det være særlig viktig å fokusere på sammenhengen mellom gitt input og output. I denne studien kan man forbinde det med innsatsfaktorers påvirkning på

effektiviteten, for eksempel hvordan påvirkning på lønns- og personalkostnader har på effektiviteten ved flyplassdrift.

I den avsluttende delen av studien er det videre et spørsmål om resultatene kan praktiseres utover sitt eget studie og overføres til for eksempel et større utvalg eller annet geografisk nedslag. I forskningslitteraturen er dette definert som ytre validitet. Selv om flyplassdrift foregår i hele verden og Europa, er Avinor et spesielt tilfelle. Norge er det landet i Europa som har flest offentlig forpliktete flyruter (FOT-ruter), hvor Avinor eier de fleste flyplassene tilknyttet FOT-ruter og kortbanenettet. Det vil derfor være vanskelig å generalisere studien til alle lufthavnene i verden, men kan for eksempel være sammenlignbar for land med lignende system for luftnettet som for eksempel Spania eller Tyrkia.

En av de mest grunnleggende spørsmålene innenfor forskning er påliteligheten til dataen som blir analysert. Dette defineres som reliabilitet og knytter seg til nøyaktigheten på dataen som samles inn, hvilken data som brukes, måten det samles inn på, samt hvordan det bearbeides før det analyseres i studien. En vanlig å måte å teste reliabiliteten på er å utføre samme studie på samme utvalget på et annet tidspunkt. Skulle det vise seg at resultatene blir de samme er det et tegn på høy reliabilitet (Johannessen et al., 2011).

Dataen for denne studien baserer seg på detaljerte årsregnskaper fra Avinor, hvor den videre har blitt sortert og gjort klar for en effektivitetsanalyse. Underveis i prosessen kan det derfor ha oppstått feilrapporteringer som følge av menneskelige svikt. Ekstreme og unormale verdier blir nøye gjennomgått og ekskludert gjennom en outlieranalyse, for å styrke reliabiliteten til denne studien.

5.2 Variabelvalg

Dyson et al. (2001) viser at ved valg av input og output er det i hovedsak fire ting som bør vektlegges. Det er som følger:

- 1) Anvend hele spekteret av brukte ressurser i prosessen
- 2) Inkluder aktivitet som gjøres på alle nivåer i prosessen.
- 3) Valg av input og output må være felles for alle enheter.
- 4) Inkludering av omgivelsesvariabler må vurderes – og anvendes dersom behovet er der.

En ekstra anbefaling er å unngå for mange variabler i analysen. Dette kan påvirke resultatet, og man har en generell regel som forteller at antallet nødvendige DMU-er økes for økt antall inkluderte variabler. En grunnregel presentert av Bowlin (1998) er:

$$\text{Antall DMU} = 3(\text{antall input} + \text{antall output}) \quad (43)$$

Et problem man kan møte ved valg av variabler er korrelasjon. Dersom korrelasjonen mellom inputvariabler er sterk kan det gi upresise effektivitetsresultater. Derfor må det vurderes hvorvidt en effektivitetsscore endres når sterkt korrelerte variabler kuttes. Dersom det ikke gir en endring betyr det at variabelen ikke har sammenheng med outputvariabel. Med andre ord er den overflødig og bør fjernes.

Som vist i påfølgende tabell 3 er det relativt høy korrelasjon mellom variablene benyttet i denne analysen. Dette må også ses i lys av at aktiviteter på en lufthavn er tett tilknyttet hverandre. For eksempel er den høyeste korrelasjonen (0,983) mellom PAX og ATM, altså passasjerantall og antall flybevegelser. Sammenhengen her er klar: uten flybevegelser vil det ikke være passasjertrafikk, men samtidig vil man ved lav passasjertrafikk ha et lavere behov for flybevegelser. Dette kan også knyttes mot punkt 1 i Dyson et al. (2001) sin liste som forteller at man bør anvende hele spekteret av ressurser. Så selv med en høy korrelasjon fordrer ATM og PAX ulike forutsetninger og genererer andre inntekter, og det er derfor nødvendig å ha med begge variablene.

Tabell 3 Korrelasjonsmatrise for variabler (2015)

2015	Lønns-kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Lønnskostnader	1					
Andre driftskostnader	0,895	1				
Kommersielle inntekter	0,932	0,905	1			
PAX	0,961	0,948	0,975	1		
ATM	0,949	0,950	0,959	0,983	1	
Frakt og post	0,947	0,931	0,939	0,961	0,972	1

For øvrige år finnes korrelasjonsmatriser for variablene i vedlegg 1.

5.2.1 Inputvariabler

For denne studien har det blitt identifisert og vurdert flere innsatsfaktorer som vi mener er naturlige for lufthavndrift. Vi har sett på tidligere effektivitetsstudier av lufthavndrift og

registrert at det var særlig to variabler som ble brukt ofte. Følgende inputvariabler ble dermed valgt: lønns- og personalkostnader og andre driftskostnader. Disse variablene utgjør de største kostnadspostene ved driften til Avinor og fremstår derfor som forklarende for driften.

Lønnskostnader

Lønns- og personalkostnader er den største kostnadsposten til Avinor og er en naturlig innsatsfaktor å benytte seg av ved måling av arbeidsproduktivitet. Den består blant annet av lønn, pensjon, godtgjørelser og andre personalkostnader.

Andre driftskostnader

Andre driftskostnader er alle øvrige kostnader forbundet med den operasjonelle driften av lufthavnene. Dette inkluderer blant annet materiell, reparasjon og vedlikehold, leie av lokaler, strøm og outsourcing av tjenester (for eksempel sikkerhet). Denne kostnadsposten er den nest største til Avinor og kartlegger nødvendige oppgaver for lufthavndrift i Norge.

5.2.2 Output

Ved valg av outputvariabler til denne studien har vi igjen valgt å se mot lignende studier for å identifisere de hyppigste outputvariablene. De produksjonsmålene som er naturlig å tallfeste ved driften, er inntektene den aktuelle lufthavnen genererer i forhold til passasjerantallet den betjener årlig, flybevegelser fra og til lufthavnen og frakt. Følgende variabler ble valgt for output:

Kommersielle inntekter

Kommersielle inntekter er i årsregnskapene til Avinor definert som ”Salgsinntekter varer og tjenester” og inkluderer inntekter som ikke er knyttet opp mot lande- og passasjeravgifter fra flyselskapene. Disse inntektene består av blant annet utleie av areal til tax-free-butikkene, servering og andre servicetilbud til passasjerene, utleie av areal til flyplasshotell og parkeringsanlegg.

Før valget falt på kommersielle inntekter som en av outputvariablene, ble andre alternativer vurdert: avgiftsinntekter og totale inntekter (kommersielle og avgiftsinntekter). Det ble foretatt korrelasjonstesting av variablene hvor verdien av korrelasjonen viste seg å være veldig høy når avgiftsinntekter ble inkludert. Dermed ble det optimale for studien å bruke kommersielle inntekter fremfor de to øvrige alternativene.

PAX - Passasjerer

Denne variabelen består av det totale antallet passasjerer hver lufthavn betjente årlig, inkludert ankomst, avganger, transfer og transitt.

ATM (Air Traffic Movements) - Flybevegelser

ATM-variabelen er alle registrerte flybevegelser per år ved hver enkelt lufthavn, inkludert avgang og ankomst.

Frakt og post

Den siste outputvariabelen er definert som samlet sum frakt og post betjent årlig av lufthavnene målt i antall kilo.

5.3 Datautvalget

For denne studien har vi valgt å inkludere 43 av de 46 lufthavnene tilhørende Avinor, noe som blir forklart nærmere i kapitlet 5.4. Datasettet skal gi et så helhetlig bilde av konsernet som mulig, samtidig som det gir de ineffektive lufthavnene tilstrekkelig med referansepunkter. Ingen lufthavner tilhørende Avinor er av identisk størrelse, samtidig som det er en betydelig forskjell mellom den største lufthavnen og den minste målt i antall passasjerer.

Oslo Gardermoen, som betjente omlag 24 millioner passasjerer i 2015, er ca. fire ganger så stor som den nest største lufthavnen i datasettet, Bergen. Til sammenligning er Berlevåg den minste lufthavnen i datasettet og betjente 5 949 passasjerer i 2015. Et annet spesielt tilfelle i datasettet er Værøy lufthavn, som er en ren helikopterhavn. Tidligere i oppgaven ble det også nevnt seks lufthavner som drives i samarbeid med Forsvaret, hvor tre av disse nøt fordelene med reduserte kostnader. Særlig Andøya skilte seg ut og oppnådde en kunstig høy effektivitetsscore. Dette blir forklart nærmere i neste kapittel som omfatter outliers.

I tillegg til å analysere hele utvalget av lufthavner samlet sett, ble det også foretatt tester for å se om ulike grupper av lufthavner hadde signifikante forskjeller i effektivitetsscore. Det første alternativet som ble vurdert var Avinors inndeling av lufthavnene, kategorisert etter fysisk størrelse (rullebane), kapasitet til å ta i mot ulike fly og geografisk plassering. Ved denne fordelingen ble alle store, nasjonale og regionale, totalt 16 (en fjernet som outlier) lufthavner

gruppert som ”Store lufthavner ”, mens de resterende 27 (to fjernet som outliers) lokale ble gruppert som ”Små lufthavner” (se tabell 2). Dette ble gjort for å se om en lufthavns interne forutsetninger påvirket effektiviteten.

For den andre fordelingen ble det satt en grense på 200 000 passasjerer med gruppe ”Over” ($PAX > 200\,000$ årlig) og gruppe ”Under” ($PAX < 200\,000$ årlig). Antallet lufthavner i de to gruppene varierte i løpet av perioden fra 13 til 15, hvor blant annet Bardufoss oversteg grensen i 2012-2015 og Florø i 2013 og 2014, men falt ut igjen for 2015. Ved denne inndelingen ble regionale lufthavner som Svalbard og Lakselv i gruppen ”Under” i forhold til det første alternativet. Hovedpoenget med denne inndelingen var dermed å se om passasjergjennomstrømming påvirket effektivitet og hvordan denne effekten var sammenlignet med effekten av å være kategorisert etter fysisk størrelse, kapasitet og geografisk plassering. Grensen ble satt lik 200 000 passasjerer årlig for å få to grupper uten for store forskjeller mellom laveste og høyeste verdi internt i gruppa, i tillegg til at det var meningen å få et respektabelt antall enheter i hver gruppe.

For beregning av både DEA og MPI ble hele utvalget justert for outliers brukt (43 enheter). Dette er begrunnet i å sikre tilstrekkelig med observasjoner og referansepunkter for analysen. En gruppering av dataene før analysen ble kjørt ville resultert i for få enheter og observasjoner. Etersom tilgangen til den nødvendige dataen var tilstrekkelig gjennom hele perioden, så har antall observasjoner og variabler holdt seg konstant for alle årene. Det har ikke vært frafall av etablerte eller tilførsel av nye enheter underveis i perioden.

5.4 Outliers

Outliers er enkelte observasjoner som i et gitt datasett kan skille seg ut fra resten av utvalget og kan påvirke modellen til å gi et urealistisk bilde. Ved en DEA-analyse kan outliere utvide den effektive fronten og dermed påvirke evalueringen av andre observasjoner. Dette er noe man vil unngå da de ineffektive DMU-ene må ha sammenlignbare enheter.

Outliers kan deles inn i tre grupper. Den første gruppen av outliere kommer på grunn av feil i data og slike bør bli enten korrigert eller vurdert fjernet i den grad det er mulig, da de ikke reflekterer den virkelige produksjonsprosessen. Den andre gruppen består av observasjoner som ikke nødvendigvis er feil, men veldig unormale. Disse bør identifiseres og fjernes da de endrer modellen til å passe unormale observasjoner. Den siste gruppen av outliers er

observasjoner som presterer ekstremt bra eller dårlig i forhold til datasettet. Det er akseptert med ulike størrelse på enhetene i en analyse, men det kan likevel gi et problem dersom man får enheter i ytterpunktene – altså for små eller for store enheter. Det vil være en tendens at små og store enheter vil bli overvurdert på effektivitetsmålinger. Ettersom disse ligger på et annet prestasjonsnivå enn resten av utvalget og ikke bør sammenlignes med andre, kan man vurdere å fjerne de (Bogetoft og Otto, 2011).

En metode som brukes for å identifisere outliers i en DEA-modell er å se på supereffektiviteten. Vi har tidligere forklart begrepet supereffektivitet i kapittel 4.2.7. For denne studien har denne metoden blitt benyttet for å identifisere potensielle outliers. Dette er observasjoner som skiller seg ut og kan ha ekstreme verdier i forhold til resten av datasettet. Lufthavnene som hadde høyere supereffektivitetsscore enn 2 for en eller flere perioder, ble ekskludert fra datasettet. Det viste seg at Andøya lufthavn blant annet hadde en supereffektivitetsscore på 4,1 i 2010. Ved å ha slike ekstreme verdier kan det påvirke resten av DMU-ene i datasettet til å oppnå en ikke representativ effektivitetsscore.

I tillegg er Oslo Gardermoen betydelig større enn alle andre lufthavner i datasettet, mens Værøy er en ren helikopterhavn. De vil derfor ikke være sammenlignbar med de øvrige lufthavnene i datasettet og er ikke i samsvar med homogenitetsprinsippet. For å unngå nettopp dette ble Oslo Gardermoen, Værøy helikopterhavn og Andøya lufthavn ekskludert fra datasettet. Gjenstående ble 43 av 46 lufthavner.

5.5 Valg av modell

Ved vurdering av CRS- eller VRS-modell benyttet vi oss av hypotesetestene forklart nærmere i teori- og metodekapitlet 4.4.2. Nullhypotesen i dette tilfelle vil være at effektivitetsscorene er lik under de to ulike skalaantagelsene ($H_0: E_{CRS} = E_{VRS}$), mens alternativhypotesen tilsier det motsatte. ($H_1: E_{CRS} \neq E_{VRS}$) Resultatene for både T_{EK} og T_{HN} vises i tabellene under.

Tabell 4 Eksponentiell fordeling, for valg av modell.

TEX	Kalkulert verdi	Sign. 95%	Kritisk verdi
2010	2,303	*	1,429
2011	2,470	*	1,429
2012	2,381	*	1,429
2013	2,852	*	1,429
2014	2,301	*	1,429
2015	2,020	*	1,429

Tabell 5 Halvnormal fordeling, for valg av modell.

THN	Kalkulert verdi	Sign. 95%	Kritisk verdi
2010	3,624	*	1,661
2011	4,390	*	1,661
2012	4,032	*	1,661
2013	5,684	*	1,661
2014	4,447	*	1,661
2015	3,364	*	1,661

Resultatene viser at den kalkuleerte verdien er større enn den kritiske verdien for alle år. Det vil si at effektiviteten ikke er den samme under antagelsen om konstant- og variabelt skala-utbytte, og nullhypotesen kan dermed forkastes. Basert på resultatene fra denne testen blir begge modellene anvendt i effektivitetsanalysen, men med signifikant forskjell er det naturlig å ha fokus på VRS. Det vil likevel være interessant å se hvor mange og hvilke lufthavner er effektiv under VRS sammenlignet med CRS. Ved å ha effektivitetsscorene tilgjengelig fra begge modellene, blir også skalaeffektiviteten beregnet og kommentert i denne studien.

5.6 Valg av orientering

I kapitlet 4.2.2 ble det forklart nærmere om valg av input- eller outputorientering. Ved inputorientering ligger fokuset på input hvor man søker å redusere input en viss mengde, uten at denne endringen skal redusere output tilsvarende. For outputorientering ønsker man å øke produsert output uten å øke forbruk av input.

I luftfartsbransjen, særlig med tanke på lufthavner og drift, vil det være vanskelig for aktøren å kontrollere omgivelsesavhengige outputvariabler som for eksempel passasjerer, flybevegelser og frakt. Innsatsfaktorer som lønn- og personalkostnader og andre driftskostnader vil være lettere å justere, samtidig som man kan selv bestemme innenfor hvilke rammer dette skal foregå. Gjennom aktualiseringen av temaet ble det i tillegg avdekket at Avinor skal kutte kostnader med 1,5 milliard kroner for å effektivisere driften de neste tre årene. På bakgrunn av disse argumentene falt valget i denne studien på en inputorientert modell.

5.7 Indeksjustering

Perioden 2010-2015 er utgangspunktet for denne oppgaven, hvor vi fikk tilsendt den nødvendige dataen for å måle effektiviteten ved lufthavnene til Avinor. Perioden strekker seg

over seks år, hvor enkelte outputvariabler består av inntektstall og inputvariabler består av kostnader. Over en slik periode vil inflasjonen bidra til at prisnivået og pengeverdien endres. Det vil derfor være nødvendig å inflasjonsjustere variablene for å gi et riktig bilde av utviklingen.

Justeringen av inflasjonen er foretatt gjennom Statistisk sentralbyrå (SSB) sin konsumprisindeks [8]. Det er ikke blitt gjort spesifikt for transportindekser, men er basert på utviklingen av kroneverdien gjennom årene. Dette begrunnes i at Avinor og deres lufthavner ikke direkte kan knyttes opp mot transportpriser og reiser, men er en tilbyder av infrastruktur. Ved justering for inflasjon ble 2015 satt som basisår, og øvrige år ble beregnet til 2015-nivå.

5.8 Deskriptiv statistikk

Tabell 6 viser gjennomsnittet, maksimum- og minimumsverdi samt standardavviket for input- og outputvariablene brukt i denne studien. Som det fremkommer i tabellen, er datamaterialet preget av store forskjeller mellom de enkelte lufthavnene.

Tabell 6 Deskriptiv statistikk for variablene (2010-2015)

2010	Lønns- kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Gj.snitt	22 362 087	26 300 329	28 226 265	483 506	10 363	441 706
Maks.	102 007 408	179 651 808	351 972 161	4 905 041	86 890	2 632 298
Min.	3 199 908	3 384 369	205 986	4 045	1 046	1
Std.avvik	21 252 018	37 539 636	73 551 359	1 044 938	17 514	716 881
2011	Lønns- kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Gj.snitt	23 428 073	26 232 491	32 181 250	534 118	10 833	507 603
Maks.	112 055 139	174 077 796	391 916 023	5 447 574	93 502	3 900 762
Min.	3 240 948	3 610 484	114 004	5 412	1 082	155
Std.avvik	22 548 711	37 268 108	82 540 186	1 161 355	18 682	920 919
2012	Lønns- kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Gj.snitt	24 480 147	27 603 737	36 092 365	562 866	11 241	489 049
Maks.	120 692 929	176 484 300	430 182 722	5 610 540	94 287	3 229 418
Min.	3 649 941	3 834 156	121 192	2 294	1 046	119
Std.avvik	24 639 390	39 298 422	92 445 264	1 219 872	19 288	878 967
2013	Lønns- kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Gj.snitt	26 177 355	29 954 953	41 210 697	595 842	11 453	652 044
Maks.	132 170 898	187 038 137	484 490 280	6 102 905	96 865	6 397 589
Min.	3 941 567	4 087 200	140 438	4 069	1 077	-
Std.avvik	26 605 749	43 027 929	104 527 077	1 316 932	19 780	1 499 519
2014	Lønns- kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Gj.snitt	25 848 528	30 586 714	44 726 036	600 434	11 662	774 101
Maks.	129 360 741	178 352 289	515 095 884	6 078 719	94 614	8 590 438
Min.	3 885 277	3 881 996	190 752	6 060	1 078	2
Std.avvik	25 899 636	42 386 212	113 734 278	1 322 293	19 872	1 847 225
2015	Lønns- kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Gj.snitt	26 425 079	28 671 074	43 966 648	588 670	11 276	865 673
Maks.	121 098 201	179 202 900	505 837 111	5 946 136	89 097	8 062 926
Min.	4 097 672	3 788 589	213 472	5 949	1 049	-
Std.avvik	25 151 109	40 762 948	111 922 612	1 288 743	18 850	1 949 065

6 Resultater

Resultatene fra analysen av datamaterialet blir presentert i dette kapitlet. Innledningsvis vil hver enkelt effektivitetsscore for de 43 lufthavnene i datasettet bli presentert. Scorene har blitt utregnet ved bruk av DEA for perioden 2010-2015 med antakelse om konstant- og variabelt skalaautbytte. Ved bruk av disse har skalaeffektiviteten blitt beregnet og vil bli presentert, i tillegg til resultatene fra bootstrapping. Avslutningsvis i dette kapitlet vil resultatene og bootstrapping av MPI bli presentert.

For utføring av analysen er R 2.15.3 og R 3.2.2 benyttet. Tilleggspakkene ”Benchmarking” (utviklet av Bogetoft & Otto) og ”FEAR” (Wilson, 2006) er også brukt. Utledning i R finnes i vedlegg 10. Dataene er i ettertid sortert og fremstilt i Microsoft Office Excel 2011.

6.1 Resultater fra Data Envelopment Analysis

6.1.1 Total teknisk Effektivitet

I kapitlet 4.2.3 ble metoden for å regne ut den totale tekniske effektiviteten (TE_{CRS}) introdusert. Denne metoden beregnes ved antakelse om konstant skalaautbytte og resultatene er presentert her for hver lufthavn i tabell 7 på neste side.

Resultatene viser den totale tekniske effektiviteten for hver lufthavn i den aktuelle perioden 2010-2015. De som er markert med grå bakgrunn er de effektive enhetene, dvs. at de innehar en effektivitetsscore som er lik 1. Lufthavnene er gruppert etter kategoriseringen forklart i kapitlet 2.6.1. De store lufthavnene er utelukkende effektiv gjennom hele perioden, mens man kan vise til en mer variert tendens hos de øvrige enhetene. Det er interessant å legge merke til at lufthavnene som drives fordelaktig i samarbeid med Forsvaret, henholdsvis Bodø og Bardufoss, også er effektiv gjennom hele måleperioden. De øvrige lufthavnene inkludert i forsvarsavtalen, Lakselv, Kirkenes og Evenes er alle ineffektive gjennom perioden, hvor Lakselv kan vise til lavest effektivitetsscore av samtlige enheter i datasettet i 2010.

Tabell 7 Total teknisk effektivitet (TE_{CRS}) i perioden 2010-2015

Kategori	Flyplasser	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Store Lufthavner	Bergen	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Stavanger	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Trondheim	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Nasjonale Lufthavner	Bodø	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Kristiansand	0,731	0,693	0,665	0,629	0,612	0,639
	Tromsø	0,965	1,000	1,000	0,914	0,876	0,959
	Ålesund	0,763	0,718	0,717	0,734	0,756	0,731
Regionale Lufthavner	Alta	0,343	0,574	0,558	0,480	0,495	0,559
	Bardufoss	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Evenes	0,557	0,523	0,511	0,682	0,583	0,478
	Haugesund	0,484	0,524	0,628	0,638	0,641	0,555
	Kirkenes	0,740	0,803	0,789	0,598	0,532	0,609
	Kristiansund	0,935	0,840	0,873	0,995	0,882	0,958
	Lakselv	0,303	0,467	0,395	0,650	0,783	0,392
	Molde	1,000	1,000	1,000	0,879	1,000	1,000
	Svalbard	0,498	0,582	0,623	0,550	0,632	0,627
Lokale: Troms og Finnmark	Berlevåg	0,599	0,591	0,474	0,390	0,429	0,486
	Båtsfjord	0,545	0,627	0,504	0,476	0,472	0,556
	Hammerfest	0,748	0,622	0,740	0,610	0,664	0,904
	Hasvik	0,422	0,408	0,327	0,332	0,367	0,425
	Honningsvåg	0,545	0,483	0,442	0,416	0,421	0,534
	Mehamn	0,486	0,491	0,384	0,344	0,355	0,422
	Sørkjosen	0,496	0,496	0,513	0,509	0,472	0,598
	Vadsø	0,981	1,000	0,944	0,846	0,848	1,000
	Vardø	0,721	0,708	0,657	0,525	0,502	0,787
Lokale: Nordland	Brønnøysund	1,000	1,000	1,000	0,997	0,720	0,819
	Leknes	0,592	0,630	0,576	0,552	0,516	0,637
	Mo i Rana	0,866	0,846	0,769	0,781	0,718	0,879
	Mosjøen	0,833	0,850	0,822	0,724	0,690	0,846
	Narvik	0,474	0,395	0,196	0,340	0,364	0,383
	Røst	0,412	0,422	0,357	0,375	0,355	0,420
	Sandnessjøen	0,884	0,927	0,867	0,950	0,715	0,883
	Stokmarknes	0,709	0,682	0,667	0,588	0,560	0,745
	Svolvær	0,564	0,660	0,563	0,422	0,438	0,489
Lokale: Sør- og Midt Norge	Fagernes	0,407	0,437	0,406	0,333	0,299	0,395
	Florø	1,000	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000
	Førde	0,767	0,717	0,669	0,617	0,645	0,690
	Namsos	0,617	0,616	0,579	0,564	0,532	0,657
	Røros	0,419	0,388	0,432	0,385	0,394	0,432
	Rørvik	0,523	0,524	0,458	0,511	0,532	0,591
	Sandane	0,389	0,638	0,588	0,550	0,530	0,612
	Sogndal	0,816	0,759	0,795	0,723	0,697	0,835
	Ørsta Volda	0,813	0,716	0,752	0,717	0,704	0,786

For å vise endringene for hele datasettet vil det være interessant å se på gjennomsnittet, minimumsverdien og standardavviket. Dette er presentert i tabell 8 under.

Tabell 8 Total teknisk effektivitet (TE_{CRS}) samlet i perioden 2010-2015

År	Gjennomsnitt	Min.	Std.avvik	Effektive	Andel eff. (n=43)
2010	0,696	0,303	0,225	8	19 %
2011	0,706	0,388	0,207	9	21 %
2012	0,680	0,196	0,229	9	21 %
2013	0,659	0,332	0,225	6	14 %
2014	0,645	0,299	0,214	7	16 %
2015	0,705	0,383	0,213	8	19 %

Resultatene viser at gjennomsnittlig TE_{CRS} har hatt en varierende tendens i perioden, men har økt fra 69,6% i 2010 til 70,5% i 2015. Den laveste verdien på 64,5% ble registrert i 2014, mens den høyeste er ved slutten av perioden på 70,5%. Lavest observerte TE_{CRS} har økt fra 30,3% ved utgangspunktet til 38,3% i slutten av måleperioden, men var helt nede på 29,9% i 2014 som også var det året med lavest gjennomsnittlig TE_{CRS} . Standardavviket har holdt seg relativt stabil gjennom årene.

Tabell 8 viser også antall effektive lufthavner hvert år under antakelsen om konstant skalautbytte. I likhet med den gjennomsnittlige effektiviteten har antallet effektive enheter variert gjennom perioden. Det er derimot samme antallet lufthavner som er effektiv ved begynnelsen og slutten av perioden. 2013 skiller seg ut med seks effektive enheter mot ni i både 2011 og 2012. Det er verdt å merke seg at selv om antallet effektive lufthavner er det samme ved starten og slutten av perioden, så har den lavest observerte TE_{CRS} økt. Dette impliserer en viss variasjon, men at lufthavnene samlet sett har blitt mer effektiv selv om antallet effektive enheter er uforandret. Man skal likevel være forsiktig med å sammenligne resultatene for ulike år da målingene er relative og ikke absolutte.

6.1.2 Ren teknisk effektivitet

I kapitlet 4.2.4 ble det forklart om beregning av ren teknisk effektivitet (TE_{VRS}). Ved denne metoden regnes effektiviteten ut ved antagelse om variabelt skalautbytte og inneholder en ekstra restriksjon som gjør det mulig for flere enheter å oppnå en høyere effektivitetsscore enn ved konstant skalautbytte. Dette er som følge av at fronten legger seg tettere rundt de faktiske observasjonene.

Resultatene for hver enkelt lufthavn vises i tabell 9 på neste side. Som det fremkommer i tabellen, gir VRS-fronter flere effektive enheter enn under forutsetning om CRS. Særlig de lokale lufthavnene i datasettet blir mer effektive, slike som Hasvik, Vardø, Fagernes og Røros. I likhet med TE_{CRS} er de store lufthavnene og de som drives fordelaktig i samarbeid med Forsvaret, utelukkende effektiv gjennom hele perioden.

Ved antagelse om konstant skalautbytte var det like mange effektive enheter ved begynnelsen og slutten av perioden. Selv om det er flere effektive enheter under variabelt skalautbytte, kan man vise til at antall effektive enheter har gått ned i perioden fra 15 til tolv. I 2013 ble det registrert flest effektive lufthavner med 16, mens 2013 var ”bunnåret” med ni effektive lufthavner.

Tabell 9 Ren teknisk effektivitet (TE_{VRS}) i perioden 2010-2015

Kategori	Flyplasser	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Store Lufthavner	Bergen	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Stavanger	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Trondheim	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Nasjonale Lufthavner	Bodø	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Kristiansand	0,786	0,758	0,732	0,743	0,719	0,712
	Tromsø	1,000	1,000	1,000	0,945	0,891	0,973
	Ålesund	0,835	0,814	0,822	0,868	0,865	0,844
Regionale Lufthavner	Alta	0,448	0,655	0,666	0,587	0,580	0,621
	Bardufoss	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Evenes	0,622	0,605	0,594	0,765	0,662	0,550
	Haugesund	0,608	0,637	0,727	0,748	0,758	0,697
	Kirkenes	0,815	0,873	0,871	0,707	0,633	0,682
	Kristiansund	0,939	0,848	0,879	1,000	0,904	0,971
	Lakselv	0,456	0,585	0,524	0,923	0,971	0,565
	Molde	1,000	1,000	1,000	0,958	1,000	1,000
	Svalbard	0,608	0,732	0,765	0,724	0,803	0,775
Lokale: Troms og Finnmark	Berlevåg	0,981	1,000	0,927	0,863	0,878	0,806
	Båtsfjord	0,812	0,923	0,848	0,843	0,819	0,769
	Hammerfest	1,000	0,680	0,755	0,630	0,676	0,909
	Hasvik	1,000	1,000	0,969	1,000	1,000	1,000
	Honningsvåg	0,793	0,796	0,779	0,814	0,760	0,762
	Mehamn	0,816	0,851	0,689	0,720	0,667	0,682
	Sørkjosen	0,876	0,894	0,983	1,000	0,885	0,870
	Vadsø	1,000	1,000	1,000	0,959	0,973	1,000
	Vardø	1,000	1,000	1,000	1,000	0,888	1,000
Lokale: Nordland	Brønnøysund	1,000	1,000	1,000	1,000	0,782	0,828
	Leknes	0,727	0,776	0,712	0,710	0,666	0,732
	Mo i Rana	0,906	0,918	0,877	0,902	0,837	0,923
	Mosjøen	0,895	0,930	0,918	0,847	0,839	0,915
	Narvik	0,765	0,742	0,461	0,761	0,753	0,685
	Røst	0,925	0,990	0,978	1,000	0,913	0,934
	Sandnessjøen	0,916	0,954	0,953	1,000	0,849	0,908
	Stokmarknes	0,811	0,820	0,817	0,771	0,715	0,861
	Svolvær	0,723	0,832	0,737	0,670	0,625	0,650
Lokale: Sør- og Midt Norge	Fagernes	1,000	1,000	1,000	1,000	0,869	1,000
	Florø	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Førde	0,909	0,886	0,860	0,870	0,874	0,818
	Namsos	0,827	0,882	0,861	0,883	0,824	0,818
	Røros	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Rørvik	0,784	0,799	0,719	0,822	0,816	0,778
	Sandane	0,866	0,935	0,962	1,000	0,928	0,876
	Sogndal	0,894	0,895	0,906	0,872	0,850	0,902
	Ørsta Volda	0,989	0,868	0,931	0,947	0,896	0,904

Gjennomsnittlig TE_{VRS} er høyere enn TE_{CRS} og har holdt seg relativt stabil gjennom hele perioden, men falt fra 86,8% i 2010 mot 85,4% i 2015. I likhet med TE_{CRS} så er 2014 det året som hadde lavest gjennomsnittlig TE_{VRS} . Lavest verdi på 44,8% ble registrert ved starten av perioden og har hatt en varierende tendens, men er likevel høyere i 2015 på 55,0%.

Standardavviket har holdt seg stabilt lavt. Selv om antallet effektive lufthavner har gått ned kan man vise til samme konklusjon som ved TE_{CRS} , lufthavnene presterer samlet sett høyere i 2015 enn i 2010.

Tabell 10 Ren teknisk effektivitet (TE_{VRS}) samlet perioden 2010-2015

År	Gjennomsnitt	Min.	Std.avvik	Effektive	Andel eff. (n=43)
2010	0,868	0,448	0,149	15	35 %
2011	0,881	0,585	0,124	15	35 %
2012	0,866	0,461	0,143	13	30 %
2013	0,880	0,587	0,124	16	37 %
2014	0,846	0,580	0,122	9	21 %
2015	0,854	0,550	0,135	12	28 %

6.1.3 Skalaeffektivitet

Ved å ha resultatene for både CRS og VRS kan man beregne skalaeffektiviteten. Denne forteller oss i hvor stor grad en enhet er nær den optimale skalastørrelsen og er skalaeffektiv med en score lik 1, dvs. at den er effektiv både ved konstant- og variabelt skalautbytte

Resultatene vises i tabell 11 under:

Tabell 11 Gjennomsnittlig skalaeffektivitet (SE) i perioden 2010-2015

År	Gjennomsnitt	Min.	St.avvik
2010	0,798	0,407	0,189
2011	0,801	0,388	0,188
2012	0,781	0,337	0,205
2013	0,748	0,332	0,215
2014	0,760	0,345	0,201
2015	0,821	0,395	0,178

Det er totalt fem lufthavner som er effektive ved både konstant- og variabelt skalautbytte og driver på den optimale skala, de store lufthavnene, samt Bodø og Bardufoss. Gjennomsnittlig skalaeffektivitet har holdt seg på et stabilt nivå gjennom perioden hvor den laveste verdien på 74,8 % ble registrert i 2013, mens den høyeste verdien er observert i 2015 med en score på 82,1%. Dette betyr at lufthavnene kunne gjennomsnittlig ha brukt fra 17,9 % til 25,2 % mindre av ressursene sine ved en optimal skalatilnærming.

Tabell 12 Skalaeffektivitet (SE) for enhetene

Kategori	Flyplasser	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Store Lufthavner	Bergen	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Stavanger	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Trondheim	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Nasjonale Lufthavner	Bodø	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Kristiansand	0,930	0,915	0,908	0,846	0,850	0,898
	Tromsø	0,965	1,000	1,000	0,967	0,982	0,986
	Ålesund	0,914	0,882	0,871	0,846	0,874	0,865
Regionale Lufthavner	Alta	0,767	0,877	0,838	0,817	0,853	0,902
	Bardufoss	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Evenes	0,895	0,864	0,860	0,891	0,881	0,868
	Haugesund	0,795	0,822	0,864	0,853	0,846	0,795
	Kirkenes	0,909	0,919	0,906	0,846	0,841	0,893
	Kristiansund	0,995	0,991	0,993	0,995	0,975	0,986
	Lakselv	0,665	0,797	0,753	0,704	0,807	0,694
	Molde	1,000	1,000	1,000	0,917	1,000	1,000
	Svalbard	0,819	0,795	0,814	0,760	0,787	0,809
Lokale: Troms og Finnmark	Berlevåg	0,611	0,591	0,511	0,452	0,489	0,602
	Båtsfjord	0,671	0,679	0,594	0,565	0,576	0,723
	Hammerfest	0,748	0,914	0,980	0,967	0,982	0,995
	Hasvik	0,422	0,408	0,337	0,332	0,367	0,425
	Honningsvåg	0,687	0,607	0,568	0,511	0,554	0,700
	Mehamn	0,596	0,577	0,558	0,477	0,532	0,619
	Sørkjosen	0,566	0,555	0,521	0,509	0,533	0,688
	Vadsø	0,981	1,000	0,944	0,882	0,872	1,000
	Vardø	0,721	0,708	0,657	0,525	0,565	0,787
Lokale: Nordland	Brønnøysund	1,000	1,000	1,000	0,997	0,920	0,989
	Leknes	0,815	0,812	0,810	0,777	0,775	0,870
	Mo i Rana	0,956	0,922	0,877	0,865	0,859	0,953
	Mosjøen	0,931	0,913	0,896	0,854	0,823	0,925
	Narvik	0,620	0,532	0,425	0,447	0,483	0,558
	Røst	0,446	0,426	0,365	0,375	0,389	0,449
	Sandnessjøen	0,966	0,971	0,910	0,950	0,842	0,972
	Stokmarknes	0,873	0,832	0,816	0,762	0,784	0,865
	Svolvær	0,781	0,793	0,765	0,631	0,701	0,752
Lokale: Sør- og Midt Norge	Fagernes	0,407	0,437	0,406	0,333	0,345	0,395
	Florø	1,000	0,995	1,000	1,000	1,000	1,000
	Førde	0,843	0,810	0,778	0,709	0,738	0,844
	Namsos	0,747	0,698	0,672	0,639	0,646	0,804
	Røros	0,419	0,388	0,432	0,385	0,394	0,432
	Rørвик	0,667	0,656	0,637	0,622	0,652	0,760
	Sandane	0,449	0,683	0,611	0,550	0,572	0,699
	Sogndal	0,913	0,848	0,877	0,829	0,820	0,926
	Ørsta Volda	0,823	0,826	0,809	0,757	0,786	0,869

Ikke overraskende er det generelt høye resultater ved de store, nasjonale og regionale lufthavnene, mens de lokale har lavere score og drar den gjennomsnittlige skalaeffektiviteten ned. Det fremkommer i tabell 11 at den laveste verdien på 33,2 % ble registrert i 2013, samtidig som den har falt fra 40,7 % i 2010 til 39,5 % i 2015. Likevel har den gjennomsnittlige skalaeffektiviteten økt fra 79,8 % i begynnelsen til 82,1% ved slutten av perioden. Dette impliserer at lufthavnene samlet sett presterer på et høyere nivå i 2015, mens de minst skalaeffektive enhetene har beveget seg i feil retning.

6.1.4 Inndeling: Store lufthavner og små lufthavner

Det var også ønskelig å undersøke hvorvidt man kunne se signifikante forskjeller i effektivitetsscorene fra analysen ved inndeling av flyplasser i kategorier. Inndelingen ble todelt og gjort som følger: Store, nasjonale og regionale lufthavner ble kategorisert som ”Store” og bestod av 16 lufthavner. De lokale lufthavnene tilknyttet subsidierte kortbaneruter ble kategorisert som ”Små” og utgjorde totalt resterende 27 lufthavner. Ved valg av gruppering ble også Banker-hypotesetestene brukt. Nullhypotesen i dette tilfelle var at det ikke var noe forskjell i effektivitetsscorene til de to gruppene ($H_0: E_{\text{Store}} = E_{\text{Små}}$), mens alternativhypotesen sa at gjennomsnittlig effektivitet er forskjellige mellom gruppene ($H_1: E_{\text{Store}} \neq E_{\text{Små}}$). Resultatene fra hypotesetestingen under VRS er presentert i tabellene under.

Tabell 13 Eksponentiell fordeling, gruppeinndeling: Store og små

TEX	Kalkulert verdi	S	TEXqf1	TEXqf2
2010	1,748		0,520	1,826
2011	1,601		0,520	1,826
2012	1,217		0,520	1,826
2013	1,100		0,520	1,826
2014	0,845		0,520	1,826
2015	1,200		0,520	1,826

Tabell 14 Halvnormal fordeling, gruppeinndeling; Store og små

THN	Kalkulert verdi	S	THNqf1	THNqf2
2010	3,799	*	0,386	2,337
2011	2,787	*	0,386	2,337
2012	1,491		0,386	2,337
2013	1,293		0,386	2,337
2014	1,073		0,386	2,337
2015	1,892		0,386	2,337

Resultatene viser at den kalkulererte verdien var innenfor konfidensintervallene alle år for eksponentiell fordeling, mens den befant seg utenfor konfidensintervallene i årene 2010-2011 ved halvnormal fordeling. Det fremkommer av resultatene at det ikke er statistisk signifikant forskjell mellom gruppene for alle år, mens nullhypotesen forkastes i år 2010-2011. Det vil derfor være interessant å se på den gjennomsnittlige effektivitetsscoren ved de ulike grupperingene i de aktuelle årene. For resten av perioden, vil det være interessant å se på forholdet mellom gruppene over tid selv om det ikke er påvist statistisk signifikant forskjell.

Det ble også kjørt tester under antakelse om konstant skalautbytte. Disse og tilhørende resultater er presentert i vedlegg 2 og 3. Her ble det funnet statistisk signifikant forskjell for flere av årene i perioden, men ettersom samme metode ga flere signifikante funn og større forskjeller ved annen inndeling ble heller det fokus. Dette er nærmere forklart under 6.1.6 og 6.1.7.

6.1.5 DEA-resultater for inndeling: Store og små lufthavner

Som nevnt ble det gjort en todeling av resultatene i kategoriene ”Små” og ”Store” lufthavner. Dette ble gjort på bakgrunn av Avinors egen inndeling av de ulike enhetene. Dette ga følgende statistikk for de to gruppene under antakelse om variabelt skalautbytte:

Tabell 15 DEA-resultater for Store flyplasser (VRS)

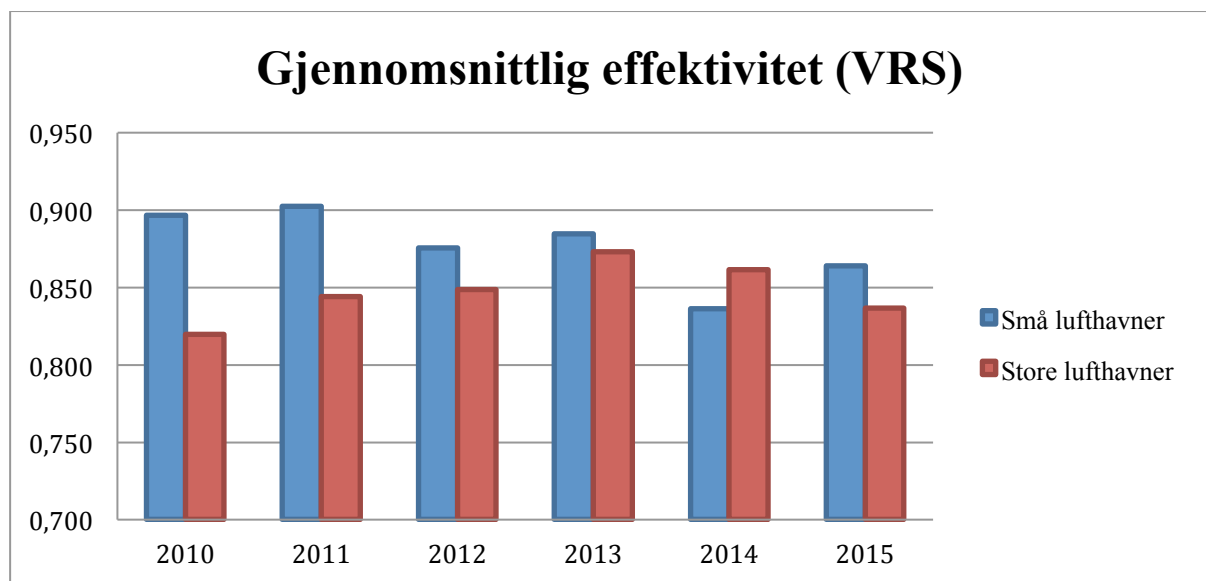
Store (n=16)	Gjennomsnitt	Min.	Standardavvik	Antall effektive	Andel effektive
2010	0,820	0,448	0,207	7	44 %
2011	0,844	0,585	0,162	7	44 %
2012	0,849	0,524	0,164	7	44 %
2013	0,873	0,587	0,138	6	38 %
2014	0,862	0,580	0,150	6	38 %
2015	0,837	0,550	0,176	6	38 %

Tabell 16 DEA-resultater for Små flyplasser (VRS)

Små (n=27)	Gjennomsnitt	Min.	Standardavvik	Antall effektive	Andel effektive
2010	0,897	0,723	0,094	8	30 %
2011	0,903	0,680	0,092	8	30 %
2012	0,876	0,461	0,132	6	22 %
2013	0,885	0,630	0,116	10	37 %
2014	0,836	0,625	0,105	3	11 %
2015	0,864	0,650	0,106	6	22 %

Resultatene viste at de mindre flyplassene jevnt over hadde en høyere gjennomsnittlig effektivitetsscore enn hva man fant tilsvarende år for de store (Se figur 13).

Forklaringen på dette ligger i et høyere standardavvik og et betydelig lavere minimumspunkt for de store samtlige år. Unntaket er 2014 hvor man har høyere gjennomsnittlig effektivitet for Store enn for Små. Dette bør videre ses i sammenheng med det spesielt lave antallet effektive enheter (tre stykk) for Små i 2014, mens dette antallet for Store er seks eller syv for samtlige år, inkl. 2014. En merknad her er likevel at forskjellen mellom gruppene dette året ikke ble funnet signifikant under testing.



Figur 13 Gjennomsnittlig effektivitet (VRS) for gruppeinndeling

6.1.6 Inndeling: Passasjertrafikk over og under 200 000 årlig

I tillegg til å følge Avinors egen inndeling av flyplassene var det ønskelig å se om det var forskjeller på effektivitetsscorer for flyplasser avhengig av passasjergjennomstrømming. For hvert år ble det satt en grense på 200 000 passasjerer, hvor flyplassene ble delt inn i to grupper: "Over 200 000" og "Under 200 000". Med varierende passasjertrafikk for hvert år førte det til at to enheter beveget seg mellom gruppene underveis. Den regionale lufthavnen Bardufoss gjorde sin inntreden blant de store fra og med 2012 og ble værende ut hele perioden, mens Florø var blant de store kun for 2013 og 2014. En merknad her er at Florø, gruppert som lokal flyplass av Avinor, flyttet seg opp, samtidig som de regionale flyplassene Svalbard og Lakselv flyttet seg ned. Dermed vil man her få et større fokus utelukkende på

passasjerantall og –vekst, fremfor Avinors egen gruppering som legger til grunn størrelse på rullebane, flybevegelser til og fra utland, osv.

Også her ble Banker-tester brukt for å teste for forskjeller mellom gruppene. Igjen var nullhypotese at effektivitetsscore for gruppe med over 200 000 PAX var lik effektivitetsscore for gruppe med under 200 000 PAX ($H_0: E_{\text{Over}} = E_{\text{Under}}$). Ulíkt fra kapittel 6.1.4, ble det her tatt utgangspunkt i CRS-tallene også. Resultatene er presentert i følgende tabeller:

Tabell 17 Eksponentiell fordeling, Inndeling med passasjergrense

TEX	Kalkulert verdi	S	TEXqf1	TEXqf2
2010	0,542		0,494	1,857
2011	0,520		0,494	1,857
2012	0,407	*	0,504	1,843
2013	0,374	*	0,513	1,833
2014	0,387	*	0,513	1,833
2015	0,512		0,504	1,843

Tabell 18 Halvnormal fordeling, Inndeling med passasjergrense

THN	Kalkulert verdi	S	THNqf1	THNqf2
2010	0,507		0,352	2,372
2011	0,434		0,352	2,372
2012	0,297	*	0,365	2,355
2013	0,267	*	0,376	2,344
2014	0,300	*	0,376	2,344
2015	0,459		0,365	2,355

Testene viste signifikant forskjell mellom gruppene i 2012, 2013 og 2014 for både eksponentiell og halvnormal fordeling. De øvrige årene er kalkulert verdi innen konfidensintervall og nullhypotesen kunne ikke forkastes. Selv om disse verdiene ikke ga signifikant forskjell mellom gruppene blir også disse verdiene presentert for å vise det relative forholdet over tid.

Testen ble også gjennomført med antakelse om VRS, der testene for verken eksponentiell eller halvnormal fordeling ga signifikante verdier. Det betyr at vi under VRS kan beholde nullhypotese og at det dermed ikke finnes signifikante forskjeller mellom effektivitetsscorene for lufthavner Over og Under 200 000 passasjerer. Testresultatene finnes i vedlegg 4.

6.1.7 DEA-resultater for inndeling: Passasjertrafikk over og under 200 000 årlig

Prestasjonene for gruppene er presentert i følgende tabeller:

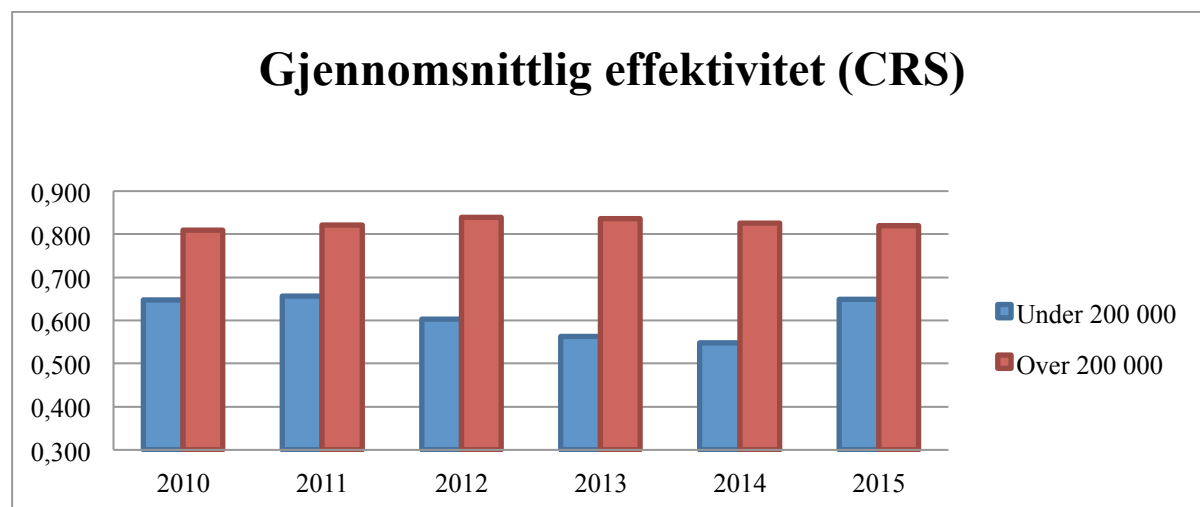
Tabell 19 DEA-resultater (CRS) for lufthavner med over 200 000 PAX årlig

Over	Gjennomsnitt	Min.	Std.avvik	Antall	Antall effektive	Andel effektive
2010	0,809	0,343	0,228	13	5	38,5 %
2011	0,821	0,523	0,195	13	6	46,2 %
2012	0,839	0,511	0,188	14	7	50,0 %
2013	0,837	0,480	0,188	15	6	40,0 %
2014	0,825	0,495	0,200	15	7	46,7 %
2015	0,821	0,478	0,210	14	6	42,9 %

Tabell 20 DEA-resultater (CRS) for lufthavner med under 200 000 PAX årlig

Under	Gjennomsnitt	Min.	Std.avvik	Antall	Antall effektive	Andel effektive
2010	0,648	0,303	0,209	30	4	13,3 %
2011	0,656	0,388	0,194	30	4	13,3 %
2012	0,604	0,196	0,208	29	3	10,3 %
2013	0,563	0,332	0,184	28	0	0,0 %
2014	0,548	0,299	0,151	28	1	3,6 %
2015	0,649	0,383	0,194	29	3	10,3 %

Av disse fremkommer det klart en forskjell i gjennomsnittlig prestasjon for gruppene (se også figur 14), der flyplassene med over 200 000 passasjerer årlig hvert år har høyere score og ligger over 80,0%. På det meste skiller 27,7% (i 2014: 82,5% – 54,8%) i gjennomsnittlig effektivitetsscore mellom gruppene, mens forskjellen er minst i 2010 med 16,1% (80,9%-64,8%). I tillegg kan det observeres at standardavvik hos begge gruppene er ganske jevn og uten større variasjoner.



Figur 14 Gjennomsnittlig effektivitet (CRS) for inndeling med passasjergrense

En spesiell bemerkning fra disse resultatene er for de signifikante årene 2013 og 2014 hvor lufthavnene med under 200 000 PAX hadde henholdsvis ingen og én effektiv enhet, mens det for den andre gruppen ikke kunne observeres en større endring i antall effektive.

Videre kan dette knyttes opp mot VRS-resultatene for tilsvarende inndeling. Av de asymptotiske hypotesetestene (vedlegg 4) fremkom det at det ikke kunne påvise signifikant forskjeller i effektivitetsscorer for gruppene. DEA-resultatene for VRS er presentert i følgende tabeller:

Tabell 21 DEA-resultater (VRS) for lufthavner med over 200 000 PAX årlig

Over	Gjennomsnitt	Min.	Standardavvik	Antall	Antall effektive	Andel effektive
2010	0,850	0,448	0,187	13	6	46 %
2011	0,861	0,605	0,155	13	6	46 %
2012	0,878	0,594	0,146	14	7	50 %
2013	0,888	0,587	0,140	15	7	47 %
2014	0,868	0,580	0,156	15	7	47 %
2015	0,861	0,550	0,170	14	6	43 %

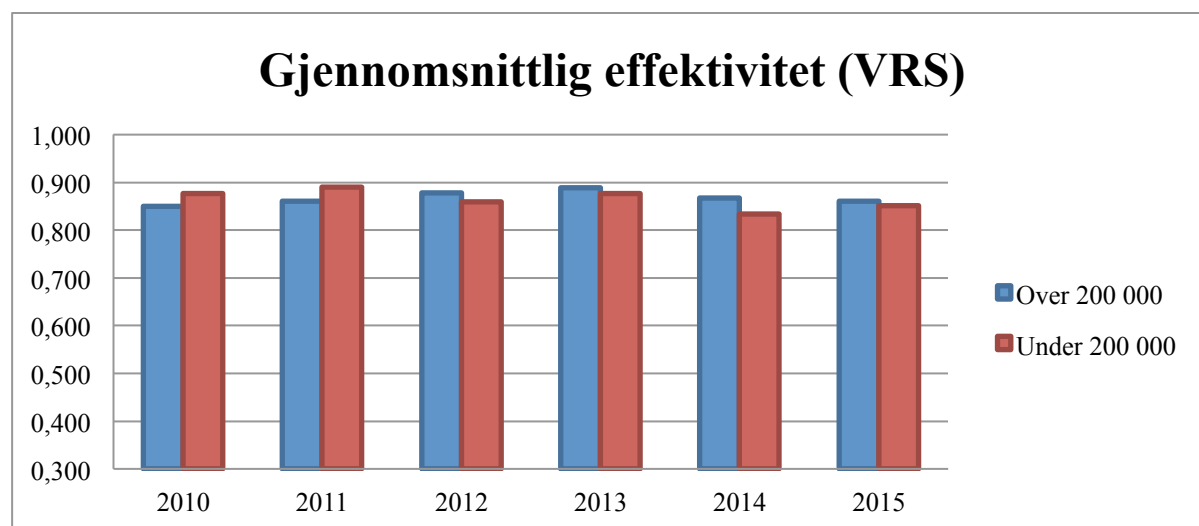
Tabell 22 DEA-resultater (VRS) for lufthavner med under 200 000 PAX årlig

Lav	Gjennomsnitt	Min	Standardavvik	Antall	Antall effektive	Andel effektive
2010	0,876	0,456	0,132	30	9	30 %
2011	0,890	0,585	0,110	30	9	30 %
2012	0,860	0,461	0,144	29	6	21 %
2013	0,876	0,630	0,116	28	9	32 %
2014	0,834	0,625	0,101	28	2	7 %
2015	0,851	0,565	0,117	29	6	21 %

Resultatene viser at forholdet er ganske jevnt, men for 2010 og 2011 er gjennomsnittlig effektivitet høyere for lufthavner med under 200 000 passasjerer. Dette snur fra og med 2012 og varer ut perioden, likevel må det påpekes at forskjellen er svært liten (på det meste: 3,3% i 2014) og ikke funnet signifikant under asymptotiske tester.

Som poengtert i kapittel 5.5 ble det funnet ut at VRS-tilnærming er den mest optimale for denne studien, og bør foretrekkes over CRS. Derfor er det spesielt interessant å se de store forskjellene som fremkommer i gjennomsnittlig effektivitet under gruppeinndelingen. Der figur 14 viser store forskjeller mellom gruppene gitt CRS, kan figur 15 vise at det knapt finnes forskjell mellom gruppene forutsatt VRS. Det betyr at ved å sammenligne enhetene

mot andre relevante enheter på samme størrelsesnivå, ser man at flere enheter er effektive gitt deres størrelse. I og med at lufthavndrift er betinget av omgivelsesavhengige variabler som for eksempel befolkningsgrunnlag, betyr det at man vanskelig kan gjøre en lufthavn større.



Figur 15 Gjennomsnittlig effektivitet (VRS) for inndeling med passasjergrense

6.2 Bootstrapping av DEA

Kapittel 4.4.1 forklarer nærmere om bootstrapping som går ut på å skape en mer teoretisk front enn den estimert ved DEA. Der DEA-effektivitetsscoren forteller at observasjoner på fronten er best samtidig som bedre prestasjoner ikke kan skapes, skal bootstrapping finne det som er teknisk mulig. Resultatene med et øvre konfidensintervall på 97,5% og nedre konfidensintervall på 2,5% vises tabell 23 under.

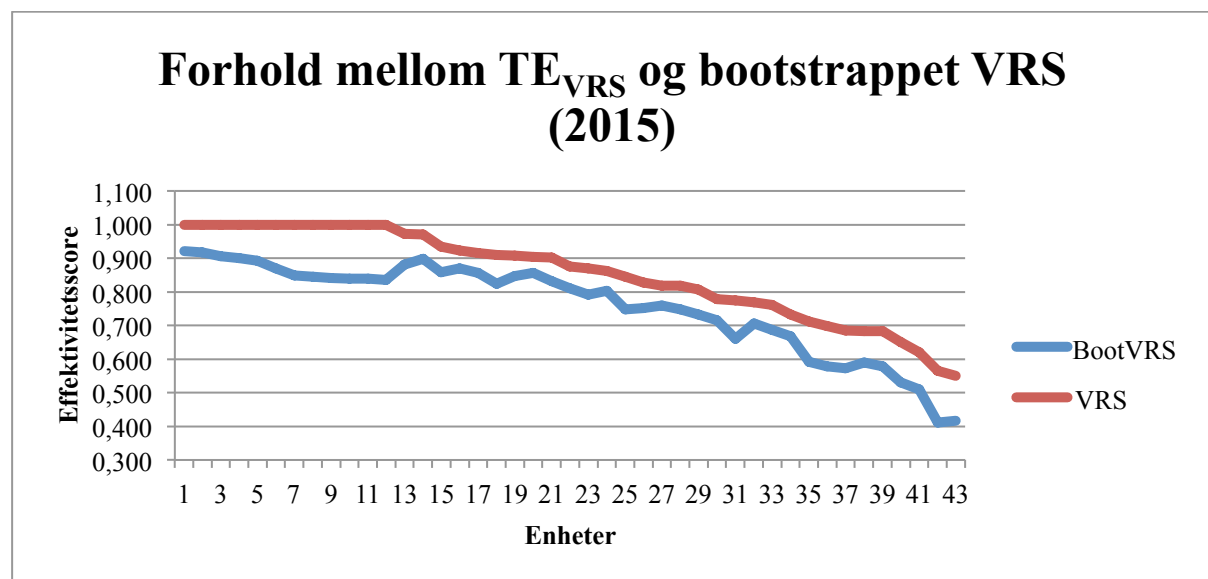
Tabell 23 Bootstrapping av DEA for perioden 2010-2015

År	TE _{VRS}	Boot _{VRS}	Bias	97,50 %	2,50 %
2010	0,868	0,767	0,102	0,863	0,721
2011	0,881	0,799	0,082	0,877	0,751
2012	0,866	0,767	0,098	0,861	0,723
2013	0,880	0,807	0,074	0,876	0,763
2014	0,846	0,752	0,094	0,840	0,717
2015	0,854	0,733	0,097	0,849	0,718

Sammenlignet med ren teknisk effektivitet er fronten ved bootstrapping nå skjøvet utover slik at den gjennomsnittlige effektiviteten er lavere enn ved VRS. Høyeste verdien for gjennomsnittlig TE_{VRS} i den aktuelle perioden er 88,1% (2011) mot 80,7% (2013) for

Boot_{VRS}. Grunnen til dette er nevnt ovenfor: bootstrapping viser at det er teknisk mulig å utnytte ressursene sine bedre enn det datasettet oppnådde ved DEA under antagelsen om variabelt skalautbytte. Bias er differansen mellom effektivitetsscoren beregnet ved VRS og Boot_{VRS}. Ved å se på den bias-korrigerte fronten kan man vise til at gjennomsnittlig effektivitet synker mellom 7,4% og 10,2%.

Påfølgende figur 16 viser forholdet mellom VRS-scorene og tilhørende bootstrappet VRS-score for enhetene i 2015. Enhetene er sortert etter fallende effektivitetsscore fra høyre. Figuren viser at en sortering etter bootstrapping ville endret rekkefølgen, dvs. at man hadde fått endringer i de relative forholdene mellom enhetene. Resultatene for hvert år er presentert på enhetsnivå i vedlegg 5.



Figur 16 Forhold mellom TE_{VRS} og bootstrappet VRS (2015)

6.3 Resultater fra Malmquist Produktivetsindeks

For MPI, som måler dynamisk endring over tid, er det nødvendig å finne score for ulike perioder. I denne sammenheng har vi definert og funnet score for følgende perioder: 2010 til 2011, 2011 til 2012, 2012 til 2013, 2013 til 2014, 2014 til 2015 og i tillegg 2010 til 2015. Samtlige perioder har de samme 43 flyplassene i utvalget.

Ved å gjennomføre en bootstrapping av MPI-scorer får man konfidensintervaller. I disse utvalgende har man følgende sammenheng: dersom intervallet inneholder verdien 1, vil man

ikke være i stand til å vurdere om endringen i MPI er signifikant forskjellig fra 1. Det betyr videre at man dersom 95%-konfidensintervallet fra nedre til øvre konfidensintervall går utenom 1, enten over eller under, kan man slå fast at MPI-verdien er signifikant for et 95%-konfidensnivå. I påfølgende tabeller presenteres gjennomsnittlige verdier for ulike testede indekser og for konfidensintervallet. Signifikansnivået (S) er markert med følgende sammenheng:

* tilsvarer 95%

** tilsvarer 97,5%

*** tilsvarer 99,5%

6.3.1 CRS: Effektivitetsendring og frontendring

Analysen ga følgende gjennomsnittlig MPI for de ulike periodene – dekomponert i effektivitetsendring og teknologisk endring. Effektivitetsendring (EE_{CRS}) viser relativ endring for enheten til fronten – også kjent som catching-up-effekt. Teknologisk endring (FE_{CRS}) viser hvorvidt det har vært endring i fronten. For alle mål er utgangspunktet en verdi på 1 – dvs. at fremgang kan registreres ved verdier over 1. Tilsvarende vil verdier under 1 være tilbakegang.

Tabell 24 MPI dekomponert under CRS (n=43)

Periode	MPI	Effektivitetsendring (EE_{CRS})	Frontendring (FE_{CRS})
2010-2011	1,031	1,038	0,997
2011-2012	0,978	0,953	1,027
2012-2013	0,969	0,986	0,985
2013-2014	1,027	0,988	1,037
2014-2015	1,088	1,116	0,981
2010-2015	1,063	1,033	1,028

Resultatene i tabell 24 er basert på gjennomsnittlig score for hele utvalget i de aktuelle periodene. Av disse fremkommer det at gjennomsnittlig MPI varierer. Både 2010-2011 (3,1%), 2013-2014 (2,7%) og 2014-2015 (8,8%) viser til klar fremgang. For 2010-2011 og 2014-2015 er hovedtyngden av denne endringen basert på effektivitetsendring, mens den for 2013-2014 er på frontendring. En vurdering hele perioden 2010-2015 viser klar fremgang i MPI med en økning på 6,3%.

Tabell 25 Frekvenstabell for MPI (n=43)

MPI	< 0,8	0,8 -	0,9 -	1,0 -	1,1 -	1,2 -	1,3 -	1,4 -	1,5 -	1,6 -	1,7 -	> 1,8
2010-2011	1	4	19	13	3		1			1	1	
2011-2012	1	7	18	11	4	2						
2012-2013	4	7	20	6	4		1					1
2013-2014	2	1	17	17	3	1				2		
2014-2015	1	2	6	13	14	5	1	1				
2010-2015	4	7	10	9	3	4	2	1	1	1		1

Frekvenstabellen for MPI viser at flere av periodene har flertallet av enhetene med $MPI < 1$. Spesielt kan det være verdt å merke seg at 2010-2011 har 24 av 43 enheter med tilbakegang, samtidig som samme periode har en gjennomsnittlig forbedring. Dette kan forklares av at verdiene er mer ekstreme for $MPI > 1$, enn for $MPI < 1$. Dette er gjennomgående for hele studien med høyeste score på 1,828 (2010-2015) og laveste score på 0,551 (2012-2013).

Påfølgende tabell 26 viser utvikling i MPI for samtlige enheter, hvor alle enheter med økning ($MPI > 1$) er markert i grått felt. Trenden her er også at de største flyplassene har notert seg for de fleste økningene i MPI. En annen observasjon som kan gjøres er at man i perioden 2014-2015 har fremgang for samtlige flyplasser med unntak av ni stykk. Særlig interessant er det å observere at alle lokale (utenom tre) markerer seg med fremgang.

Tabell 26 MPI og signifikansnivå for alle enheter

	Flyplass	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2010-2015
Store luft-havner	Bergen	1,082 ***	0,974	1,070	1,123 ***	0,998	1,239 ***
	Stavanger	1,100 ***	1,002	1,130 ***	1,111 ***	1,056 *	1,378 ***
	Trondheim	1,044 ***	0,974 **	1,077 *	1,032	1,029	1,221 ***
Nasjonale luft-havner	Bodø	1,060 ***	1,012	0,920 **	1,034	1,203 ***	1,171 ***
	Kristiansand	1,049 **	0,975 ***	0,955 ***	0,995	1,026 **	1,054
	Tromsø	1,083 ***	1,071 ***	0,902 ***	1,090 ***	1,163 ***	1,267 ***
	Ålesund	1,086 ***	0,975 ***	1,081	1,077 ***	0,965 ***	1,213 ***
Regionale lufthavner	Alta	1,721 ***	1,001	0,874 ***	1,050 ***	1,108 ***	1,695 ***
	Bardufoss	1,022	0,945 ***	0,928 ***	1,058 ***	0,982 ***	0,949 ***
	Evenes	1,065 ***	0,972 ***	1,344 ***	1,095 ***	0,866 **	1,094 ***
	Haugesund	1,170 ***	1,269 ***	1,076 ***	1,125 ***	0,850 ***	1,471 ***
	Kirkenes	1,004	1,051 ***	0,695 ***	0,961 ***	1,144 ***	0,930 ***
	Kristiansund	0,915 ***	1,079 ***	1,167 ***	0,892 ***	1,012 ***	1,037 ***
	Lakselv	1,154 ***	0,874 ***	1,190 ***	1,670 ***	0,609 ***	1,352 ***
	Molde	1,094 ***	1,060 ***	0,511 ***	1,640 ***	1,210 ***	1,138 ***
	Svalbard	1,341 ***	1,047 ***	0,992 ***	1,264 ***	1,035 ***	1,828 ***
Lokale: Troms og Finnmark	Berlevåg	0,960 ***	0,834 ***	0,801 ***	1,073 ***	1,066 ***	0,745 ***
	Båtsfjord	1,120 ***	0,835 ***	0,909 ***	0,969 ***	1,112 ***	0,928 ***
	Hammerfest	0,856	1,233 ***	0,788 ***	1,068 ***	1,304 ***	1,043
	Hasvik	0,942 ***	0,827 ***	0,977	1,077 ***	1,096 ***	0,901 ***
	Honningsvåg	0,862 ***	0,953 ***	0,921 ***	1,007	1,215 ***	0,900 ***
	Mehamn	0,975 ***	0,845 ***	0,912 ***	1,012	1,124 ***	0,816 ***
	Sørkjosen	0,974 ***	1,073 ***	1,024 ***	0,904 ***	1,183 ***	1,146 ***
	Vadsø	0,943 ***	0,923 ***	0,842 ***	0,998	1,147 ***	0,874 ***
	Vardø	0,957 ***	0,964 ***	0,808 ***	0,931 ***	1,468 ***	1,019 ***
Lokale: Nordland	Brønnøysund	0,979 ***	1,014	0,898 ***	0,720 ***	1,089 ***	0,736 ***
	Leknes	0,957 ***	0,915 ***	0,937 **	0,925 ***	1,170 ***	0,989
	Mo i Rana	0,972 ***	0,924 ***	0,965 *	0,905 ***	1,162 ***	0,943 ***
	Mosjøen	0,916 ***	0,960 ***	0,815 ***	0,944 ***	1,179 ***	0,878 ***
	Narvik	0,825 ***	0,535 ***	1,721 ***	1,042 ***	0,983	0,770 ***
	Røst	0,996 ***	0,876 ***	0,992	0,928 ***	1,117 ***	0,923 ***
	Sandnessjøen	0,983 ***	0,916 ***	0,982	0,762 ***	1,192 ***	0,876 ***
	Stokmarknes	0,946 ***	1,055 ***	0,914 ***	0,928 ***	1,234 ***	1,044 ***
	Svolvær	1,030 ***	0,852 ***	0,733 ***	1,027	1,055 **	0,790 ***
Lokale: Sør- og Midt-Norge	Fagernes	1,098 ***	0,935 ***	0,853 ***	0,910 ***	1,256 ***	0,995
	Florø	0,793	1,137 ***	1,050 ***	0,992 *	0,909 ***	0,878
	Førde	0,935 ***	0,984 ***	0,957 ***	1,018 ***	0,995	0,895 ***
	Namsos	0,972 ***	0,976 ***	0,998	0,919 ***	1,153 ***	1,013 **
	Røros	0,935 ***	1,130 ***	0,928 ***	1,027 **	1,027 ***	1,025 ***
	Rørvik	0,979 ***	0,907 ***	1,133 ***	1,017 ***	1,046 ***	1,066 ***
	Sandane	1,633 ***	0,962 ***	0,961 ***	0,947 ***	1,081 ***	1,522 ***
	Sogndal	0,905 ***	1,100 ***	0,933 ***	0,940 ***	1,121 ***	0,969 ***
	Ørsta Volda	0,891 ***	1,103 ***	0,990 ***	0,965 ***	1,031 ***	0,968 ***

Øvrige resultater for dekomponering av MPI på enhetsnivå finnes i vedlegg, der effektivitetsendring finnes i vedlegg 6 og teknologisk endring i vedlegg 7.

6.3.2 VRS: Ren effektivitetsendring, ren teknologisk endring og SCH

Tabell 27 MPI dekomponert under VRS (n=43)

Periode	MPI	Ren effektivitetsendring (EE_{VRS})	Ren frontendring (FE_{VRS})	SCH
2010-2011	1,031	1,027	0,991	1,013
2011-2012	0,978	0,982	1,000	0,994
2012-2013	0,969	1,033	0,926	1,002
2013-2014	1,027	0,962	1,042	1,017
2014-2015	1,088	1,014	1,063	1,012
2010-2015	1,063	0,993	1,002	1,049

Med antakelse om variabelt skalautbytte kan man dekomponere MPI i tre deler. Den første er ren teknisk effektivitet (EE_{VRS}). Den har variert i perioden og viser økning annenhver periode. Høyeste økning har man i perioden 2012-2013 (3,3%), men samtidig har man størst nedgang påfølgende periode (2013-2014) med 3,8% nedgang. Likevel må dette ses i sammenheng med effektivitetsendring (EE_{CRS}) under konstant skalautbytte. I motsetning til under CRS hvor 2010-2015 har oppløftende 3,3% økning, har man under VRS en tilbakegang på 0,7%. Endringen for den enkelte lufthavn kan finnes i tabell 27.

Videre for ren teknologisk endring (FE_{VRS}) kan man se en litt mer oppløftende trend, hvor fire av seks perioder noterer seg for fremgang. Særlig de to siste periodene (2013-2014 og 2014-2015) skiller seg ut med gjennomsnittlig økning på 4,2% og 6,3%. Likevel er det et større positivt skift for CRS-fronten (2,8%) enn hva man finner for VRS (0,2%) når man vurderer hele perioden under ett (2010-2015). Individuell endring i ren teknologisk endring er presentert i tabell 28. Fra den kan man se at flyplasser tilhørende gruppene: nasjonale og regionale jevnt over har fremgang samtlige perioder, men at det i hovedsak er endringer som ikke er signifikante. En annen bemerkning er at perioden 2014-2015 har fremgang for 35 av 43, hvorav 19 er signifikant.

Skalaindeksen SCH viser en positiv utvikling gjennom perioden med unntak for 2011-2012, hvor det er registrert et fall på 0,6%. Skalaindeksen er presentert på enhetsnivå med signifikans i vedlegg 8.

Tabell 28 EE_{VRS} og signifikansnivå – for alle enheter

Kategori	Flyplass	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2010-2015
Store luft-havner	Bergen	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Stavanger	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Trondheim	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Nasjonale lufthavner	Bodø	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Kristiansand	0,964	0,966	1,015	0,968	0,989	0,906 *
	Tromsø	1,000	1,000	0,945	0,943	1,092	0,973
	Ålesund	0,974	1,011	1,055	0,997	0,976	1,011
Regionale lufthavner	Alta	1,463 ***	1,017	0,882 **	0,987	1,070	1,387 ***
	Bardufoss	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Evenes	0,973	0,981	1,289 ***	0,865 ***	0,831 **	0,885 ***
	Haugesund	1,047	1,141 **	1,029	1,014	0,920	1,146 *
	Kirkenes	1,072	0,997	0,812 **	0,896 ***	1,078	0,838 ***
	Kristiansund	0,903	1,037	1,138 **	0,904 **	1,074	1,034
	Lakselv	1,284 ***	0,896 **	1,761 ***	1,052	0,582 ***	1,240 ***
	Molde	1,000	1,000	0,958	1,044	1,000	1,000
	Svalbard	1,204 ***	1,045	0,947	1,109	0,966	1,275 ***
Lokale: Troms og Finnmark	Berlevåg	1,019	0,927	0,931	1,017	0,919 **	0,822 ***
	Båtsfjord	1,136 ***	0,919 **	0,994	0,971	0,940 **	0,947
	Hammerfest	0,680 ***	1,110	0,835 **	1,073	1,344 ***	0,909
	Hasvik	1,000	0,969	1,032	1,000	1,000	1,000
	Honningsvåg	1,003	0,978	1,045	0,934 ***	1,002	0,960
	Mehamn	1,043	0,810 ***	1,044	0,926 **	1,024	0,836 ***
	Sørkjosen	1,020	1,099 **	1,017	0,885 ***	0,983	0,992
	Vadsø	1,000	1,000	0,959	1,015	1,028	1,000
	Vardø	1,000	1,000	1,000	0,888 ***	1,126	1,000
Lokale: Nordland	Brønnøysund	1,000	1,000	1,000	0,782 ***	1,059	0,828 *
	Leknes	1,067 **	0,917 ***	0,998	0,938 *	1,099 ***	1,007
	Mo i Rana	1,013	0,956	1,029	0,927 ***	1,103 ***	1,018
	Mosjøen	1,039	0,987	0,923	0,990	1,091 **	1,023
	Narvik	0,970	0,621 ***	1,650 ***	0,988	0,910 *	0,896 ***
	Røst	1,070	0,988	1,022	0,913 *	1,023	1,010
	Sandnessjøen	1,042	0,999	1,049	0,849 ***	1,070	0,992
	Stokmarknes	1,010	0,996	0,944	0,927 **	1,205 ***	1,062 *
	Svolvær	1,151 ***	0,886 ***	0,909 *	0,933 **	1,040	0,900 **
Lokale: Sør- og Midt-Norge	Fagernes	1,000	1,000	1,000	0,869 ***	1,151 **	1,000
	Florø	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Førde	0,974	0,971	1,011	1,005	0,935 **	0,899 ***
	Namsos	1,067 **	0,976	1,025	0,933 **	0,993	0,989
	Rørøst	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Rørvik	1,020	0,899 ***	1,143 ***	0,993	0,953 **	0,992
	Sandane	1,079 *	1,029	1,039	0,928 ***	0,944	1,012
	Sogndal	1,001	1,012	0,963	0,974	1,061	1,008
	Ørsta Volda	0,878 ***	1,073 *	1,018	0,945 **	1,010	0,915 **

Tabell 29 FE_{VRS} og signifikansnivå – for alle enheter

Kategori	Flyplass	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2010-2015
Store luft-havner	Bergen	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Stavanger	NA	1,026	NA	NA	1,053	NA
	Trondheim	1,049	0,973	NA	1,032	1,027	NA
Nasjonale lufthavner	Bodø	1,129	0,986	1,014	1,039	1,235 **	NA
	Kristiansand	1,075	1,008	0,977	1,026	1,024	1,183 **
	Tromsø	1,661 **	1,072 **	0,955	1,156 **	1,069	NA
	Ålesund	1,083	0,982	1,003	1,053	0,995	1,143 **
Regionale lufthavner	Alta	1,014	1,006	0,997	1,037	1,024	1,032
	Bardufoss	1,042	0,927	0,835 *	1,032	0,983	0,872
	Evenes	1,085	0,982	0,982	1,247 ***	1,057	1,204 ***
	Haugesund	1,059	1,032	1,008	1,088 **	0,995	1,158 **
	Kirkenes	0,915	1,051 *	0,874 ***	1,077 *	1,077	1,123 **
	Kristiansund	1,015	1,039	1,018	0,997	0,948	1,004
	Lakselv	0,837 **	1,011	0,661 ***	1,353 ***	1,234 ***	0,992
	Molde	NA	1,185 **	0,574 ***	1,465 ***	1,192 *	2,046 ***
	Svalbard	1,073	0,981	1,037	1,085 **	1,058	1,277 ***
Lokale: Troms og Finnmark	Berlevåg	0,947	0,929 *	0,907 ***	1,012	1,129 ***	0,912 **
	Båtsfjord	0,938 **	0,971	0,906 ***	0,995	1,130 ***	0,921 **
	Hammerfest	0,989	1,034	0,943 *	0,970	0,984	0,919
	Hasvik	0,944	0,902 **	0,935	1,039	1,061	0,879 **
	Honningsvåg	0,938 **	0,977	0,905 ***	1,004	1,160 ***	0,922 **
	Mehamn	0,933 *	1,066	0,896 *	1,036	1,025	0,956
	Sørkjosen	0,957	0,950	0,931 **	1,002	1,140 ***	0,949
	Vadsø	0,946	0,946	0,909 ***	0,953 **	1,095 ***	0,860 ***
	Vardø	0,952	0,944	0,896 ***	0,997	1,175 ***	0,958
Lokale: Nordland	Brønnøysund	0,979	1,012	0,898 **	0,958	1,044 **	0,898 **
	Leknes	0,911 ***	0,995	0,944 *	1,009	1,032 *	0,917 ***
	Mo i Rana	0,966	0,979	0,946 **	0,971	1,049 **	0,929 *
	Mosjøen	0,929	0,967	0,907 ***	0,978	1,051 ***	0,876 ***
	Narvik	0,961	1,042	0,893 **	1,041 *	1,070	0,978
	Røst	0,947	0,879 ***	0,954	1,042	1,061	0,894 **
	Sandnessjøen	0,951	0,920 **	0,912	0,940 **	1,081 ***	0,887 ***
	Stokmarknes	0,947 **	1,058 ***	0,982	1,010	0,970	0,952
	Svolvær	0,893 ***	1,009	0,919 **	1,032	0,994	0,911 *
Lokale: Sør- og Midt-Norge	Fagernes	1,016	1,009	0,851 ***	1,042	1,079 *	0,976
	Florø	0,788 ***	1,112 **	1,054	0,989	0,920	0,838 ***
	Førde	0,972	0,999	0,956 **	1,004	1,047	0,969
	Namsos	0,951 *	1,015	0,936 ***	0,993	1,098 ***	0,949 *
	Røros	0,954	1,074	0,901	1,038	1,028	0,979
	Rørвик	0,958	1,012	0,933 **	0,995	1,080 ***	0,946
	Sandane	0,976	0,940	0,938 **	1,021	1,114 **	0,942 *
	Sogndal	0,951 *	1,035 *	0,973	0,976	1,033 *	0,940
	Ørsta Volda	1,001	0,985	0,960 *	1,005	1,019	0,992

7 Diskusjon og konklusjon

Formålet med denne studien er å vise utviklingen i effektivitet og produktivitet hos lufthavner tilhørende Avinor AS for perioden 2010-2015, og samtidig se hvordan ulike grupper av lufthavner presterer sammenlignet med hverandre. Innledningsvis vil derfor resultatene for hele utvalget bli diskutert, med en påfølgende del om funnene på enhetsnivå. Deretter vris fokuset over på de ulike inndelingene av lufthavner, henholdsvis Avinors egen inndeling med kategorisering av lufthavnene og en fastsatt PAX-grense på 200 000. Dette beregnes ved hjelp av DEA og MPI.

7.1 Effektivitetsnivå og utvikling for hele utvalget

Gjennomsnittlig total teknisk effektivitet beregnet ved DEA har variert fra 69,6% i 2010 til 70,5% i 2015 gjennom den aktuelle perioden. For å se på produktivitetsendringen i perioden er det nødvendig å se på MPI som måler dynamisk endring over tid og kan dekomponeres i effektivitetsendring og teknologisk endring. Resultatene viser at MPI har også hatt en varierende tendens med fremgang i periodene 2010-2011, 2013-2014, 2014-2015 og tilbakegang i periodene 2011-2012 og 2012-2013. For hele måleperioden 2010-2015 er det registrert en fremgang på 6,3% i MPI, hvor det er 3,3% og 2,8% fremgang i effektivitets- og teknologisk endring. Dette betyr at lufthavnene til Avinor samlet sett har nærmet seg den effektive fronten samtidig som selve fronten har forbedret seg. Dette underbygger resultatene fra DEA som tilsier at den gjennomsnittlige TE_{CRS} er høyere ved slutten enn ved begynnelsen av perioden.

Resultatene viser at den gjennomsnittlig TE_{VRS} har holdt seg relativt stabil gjennom perioden. Det har vært små variasjoner fra 86,8% i 2010 til 85,4% i 2015. I motsetning til den gjennomsnittlige totale tekniske effektiviteten EE_{CRS} , så viser resultatene fra MPI at den gjennomsnittlige EE_{VRS} har hatt et liten tilbakegang på 0,7%. Dette er en marginal endring som impliserer at lufthavnene har holdt seg på et relativt stabilt nivå gjennom perioden. Ren teknologisk endring FE_{VRS} har også holdt seg på et stabilt nivå, med mest merkbar økning i periodene 2013-2014 og 2014-2015 med henholdsvis 4,2% og 6,3%. For hele perioden 2010-2015 kan man registrere en marginal økning på 0,2%, noe som igjen impliserer at effektiviteten til lufthavnene tilhørende Avinor har holdt seg på et relativt stabilt nivå gjennom den aktuelle perioden. Skalaindeksen SCH står for en økning på 4,9% i skalaeffektivitet i samme periode.

Basert på resultatene fra DEA kan man vise til at både TE_{CRS} og TE_{VRS} hadde dårligste gjennomsnittscore i år 2014, med henholdsvis 64,5% og 84,6%. Resultatene fra MPI underbygger dette da både EE_{CRS} og EE_{VRS} hadde en tilbakegang i perioden 2013-2014 på henholdsvis 1,2% og 3,8%. TE_{CRS} og TE_{VRS} kan derimot vise til fremgang i samme periode. Dette betyr at selv om noen lufthavner har forbedret sin effektivitet, har lufthavnene tilhørende Avinor samlet sett beveget seg fra den effektive fronten, og 2014 kan ses på som bunnåret i måleperioden. Andelen av effektive lufthavner under TE_{VRS} var også på sitt laveste nivå det samme året, med ni effektive mot for eksempel 16 i år 2013. I tillegg kan man vise til at det er totalt 27 lufthavner som er registrert med lavere TE_{VRS} i 2014 enn i 2013.

Resultatene fra MPI for 2013-2014 viser også at det er 27 lufthavner som har hatt en tilbakegang i ren teknisk effektivitet, hvor 18 viste signifikant nedgang også etter bootstrapping. Dette betyr at selv om Avinor samlet sett har hatt en forbedring i effektivitet og produktivitet, har flertallet av enhetene blitt mindre teknisk effektiv. Årsaken er at de mest effektive lufthavnene har forbedret teknologisettingen som gjør at de utnytter ressursene sine bedre og dermed har utvidet den effektive fronten. De mest ineffektive lufthavnene har derimot beveget seg i feil retning gjennom perioden og drar den gjennomsnittlige effektiviteten ned. Dette underbygges av observasjonen tidligere i kapitlet, hvor man kunne vise til en produktivitetfremgang på 6,3%, teknologisk fremgang på 0,2% og en tilbakegang i effektivitetsendring på 0,7%.

Gjennomsnittlig skalaeffektivitet har holdt seg stabil i måleperioden og har variert mellom 79,8% i 2010 til 82,1% i 2015. Det kan ses på som et relativt høyt nivå tatt i betraktning at det er stor forskjell på de største og de minste lufthavnene tilhørende Avinor målt i antall passasjerer, hvor den laveste enkeltverdien registrert i 2015 er helt nede på 39,5%. I tillegg til en økning i gjennomsnittlig skalaeffektivitet, viser også SCH en positiv utvikling med fremgang på 4,9% i perioden 2010-2015. Det vil si at Avinors lufthavner er kommet nærmere optimal skalatilpasning. Den eneste perioden registrert med tilbakegang er 2011-2012, hvor det er registrert et marginalt fall på 0,6%. Resultatene fra skalaeffektivitet viser også at det er totalt 28 lufthavner som er registrert med lavere score i 2012 enn i 2011 og antyder at majoriteten av lufthavnene bevegde seg fra den optimale skalaen i den aktuelle perioden.

Resultatene fra bootstrapping viser at den gjennomsnittlige effektiviteten synker mellom 7,4% og 10,2% sammenlignet med VRS-resultatene. Bootstrapping er en statistisk metode som

viser hva som er teknisk mulig, i motsetning til DEA-scorene som avgjøres av relativ prestasjon i utvalget. Bootstrappede scorer viser at det er teknisk mulig å utnytte ressursene sine bedre enn det som er beregnet ved DEA, og dermed produsere samme output med mindre input. Basert på resultatene har lufthavnene tilhørende Avinor en forbedringspotensial for ressursutnyttelse, hvor særlig enheter på fronten viste rom for forbedring. Dette impliserer at selv om enheter har effektivitetsscore lik 1 og regnes som effektiv, har de likevel mulighet til å strekke seg etter en teoretisk mulig front.

7.2 Effektivitetsnivå og utvikling på enhetsnivå: Spesielle funn

Denne studien har vært ment for å undersøke på enhetsnivå så vel som for hele utvalget av lufthavner. Derfor blir det her presentert spesielle funn for enheter som har skilt seg ut i perioden.

Som nevnt var det en økning på 6,9% i MPI totalt sett i perioden 2010-2015. Denne fremgangen er ledet av 22 enheter som har vist total fremgang, hvor 19 av disse har vist seg signifikante etter bootstrapping. En bemerkning her er at det gjelder for samtlige store, nasjonale og syv av ni regionale. Det betyr at det kun var åtte av totalt 27 lokale lufthavner som viste fremgang. Høyeste oppgang ble funnet for Svalbard med 82,8% økning, Alta med 69,5% og Sandane 52,2%. På motsatt side var Brønnøysund med nedgang på 26,4%, Berlevåg med 25,5% og Narvik med 23,0%. Felles for disse tre var blant annet nedgang i passasjerantall fra 2010 til 2015. For totalt åtte av 43 lufthavner ble det ikke funnet signifikant endring i perioden.

I tillegg var det to enheter som viste merkelig store svingninger i MPI underveis i perioden: Lakselv og Narvik. For Lakselv ble det totalt registrert en oppgang på 35,2%, men med fall på 12,6% (2011-2012) og 39,1%(2014-2015) underveis. Oppgangen kan knyttes mot 2013-2014 hvor økningen er på hele 67,0%, og skyldes en signifikant økning i kommersielle inntekter og frakt. Det var bokført 2,6 millioner kr i kommersielle inntekter og 342 100 kg frakt i 2013 mot 9,8 millioner kr i kommersielle inntekter og 638 630 kg frakt i 2014. Øvrige perioder hadde mindre oppgang på 15,4% (2010-2011) og 19,0% (2012-2013). Det må også poengteres at Lakselv hadde det største underskuddet i utvalget for 2015. Narvik ender totalt sett med et fall i relativ produktivitet på 33,0%, noe som særlig kan knyttes mot 2010-2011 (-17,5%) og 2011-2012 (-46,5%). Den største nedgangen i perioden 2011-2012 kan knyttes mot en økning i andre driftskostnader. I 2012 var det bokført 14,6 millioner kr i andre

driftskostnader, mens i resten av perioden lå de stabilt på omkring 6,5 millioner kr. Derfor kan økningen i påfølgende periode (2012-2013) på 72,1% forklares med at andre driftskostnader falt til et normalt nivå igjen.

Målinger av MPI for 2014-2015 skilte seg ut i positiv forstand med oppgang for totalt 34 enheter (33 signifikant). Særlig er det verdt å merke seg at åtte (alle lokale) av disse registrerer seg for fremgang kun denne perioden, og dermed har tilbakegang eller stillstand for øvrige perioder. Blant disse skiller Vardø seg ut med en økning på 46,8%, mens de andre ligger mellom 11,7% og 19,2%.

At det registreres et produktivitetshopp fra 2014 til 2015 kan knyttes mot at 2014 skiller seg ut i negativ retning for det generelle nivået. Det var året med lavest gjennomsnittlig effektivitetsscore for både CRS og VRS. Samtidig kan dette knyttes mot generell produktivitetsendring på 2,7% fra 2013 til 2014, med fremgang i fronten på 3,7% og fall i effektivitetsendring på 1,2%. Dvs. at de mest effektive hadde fremgang, mens avstanden til fronten ble større for de øvrige. En forklaring på dette kan være at 2014 var året med høyest passasjerantall, hvor majoriteten av passasjervekst lå hos de største lufthavnene.

Under både CRS og VRS er det mulig å finne gjentakende relativ plassering for enkelte enheter – både positivt og negativt. Blant de positive noteringene finner man de store lufthavnene: Bergen, Stavanger og Trondheim, i tillegg til Bodø og Bardufoss, som 100% effektiv hvert år. Andre som inkluderes ved overgang fra CRS til VRS er Florø (5/6 år under CRS) og mer overraskende Røros (fra 0/6 år under CRS).

”Mørketallene” viste større svingninger avhengig av skalautbytte. Forutsatt CRS var de seks lokale lufthavnene: Fagernes, Hasvik, Mehamn, Narvik (dårligste enhet i to av seks perioder), Røst og nevnte Røros blant de tolv dårligste hvert år. Det ble endringer i disse observasjonene gitt VRS, der regionale lufthavner hadde den dårligste enheten fem av totalt seks år. Spesielt Alta, blant de fire dårligste hvert år og aller verst tre, og Evenes, blant de fem dårligste i fem av seks år og aller verst ett, skiller seg ut.

I kapittel 2.3.2 ble det også nevnt at det var totalt syv av 46 lufthavner tilhørende Avinor som gikk med overskudd i 2015. Det var de fire store og de nasjonale lufthavnene, utenom Tromsø som gikk med underskudd alle årene. Oslo Gardermoen har som nevnt tidligere blitt utelatt

fra datasettet, og dermed er det seks av 46 lufthavner som kan vise til positivt resultat i dette utvalget. Alle de store lufthavnene og Bodø er effektive gjennom hele perioden under CRS og VRS, mens Kristiansand og Ålesund er ineffektive i forhold til fronten gjennom hele perioden. Det er interessant å legge merke til at Tromsø, som er i samme kategorien som Kristiansand og Ålesund, er effektiv i 2011 og 2012 under CRS og 2010, 2011 og 2012 under VRS. I de andre periodene har de også høyere effektivitetsscore enn de aktuelle lufthavnene. En bemerkning for Tromsø er at de er blant åtte lufthavner som har redusert underskudd fra 2010 til 2015. Det betyr at positivt resultat ikke er en garanti for effektivitet. Selv om Kristiansand og Ålesund kan vise til overskudd, har de forbedringspotensial for deres ressursutnyttelse.

7.3 Effektivitetsnivå og utvikling for grupper

7.3.1 Avinors egen inndeling: Store og Små

Resultatene fra denne inndelingen er basert på de interne forutsetningene til Avinor. Den første gruppen "Store lufthavner" består av store, nasjonale og regionale lufthavner, mens den andre gruppen "Små lufthavner" består av lokale lufthavner. Asymptotiske hypotesetester viste at det var signifikante forskjeller i effektivitet hos de to gruppene under VRS for 2010 og 2011, men ikke øvrige år. De små lufthavnene kan vise til høyere gjennomsnittlig TE_{VRS} samtidig som de har høyere minimumsobservasjoner. På det meste er det registrert en forskjell på 27,5% i 2010 mellom den laveste verdien for de to gruppene. Det kan forklares av et høyt standardavvik for kategori "Store", med blant annet lufthavnene Alta og Lakselv, som presterer vesentlig dårligere enn resten av gruppen og drar den gjennomsnittlige effektiviteten ned.

Det er derimot interessant å legge merke til at både den gjennomsnittlige effektiviteten og minimumsverdien hos de "Store lufthavner" har økt i perioden, i motsetning til "Små lufthavner". Resultatene fra MPI viser også at det er prosentvis flere store lufthavner (37,5%) enn små (25,9%) som har hatt fremgang i perioden 2010-2015. Det var totalt seks lufthavner hos de store som har hatt fremgang, hvor fire var signifikante. Til sammenligning var det syv lufthavner med fremgang hos de små, hvor det var kun en som var signifikant. Tabell 29 viser den teknologiske endringen (FE_{VRS}) i perioden. Av alle lufthavnene er det utelukkende de som tilhører gruppen "Store" som har hatt fremgang, mens alle "Små" har hatt en tilbakegang.

7.3.2 Inndeling etter passasjertrafikk: Over og Under 200 000

I tillegg til Avinors inndeling var det ønskelig å se i hvilken grad passasjergjennomstrømming var en påvirkende faktor for effektiviteten. Lufthavnene ble dermed delt i to grupper, de som betjente over 200 000 passasjerer årlig og de under. Antallet lufthavner i hver kategori varierte i perioden, men majoriteten av lufthavnene var i kategorien Under 200 000 passasjerer årlig (28-30 av totalt 43). Banker-testen viste at det var signifikant forskjell mellom gruppene i årene 2012, 2013 og 2014 gitt CRS.

Et funn var at gjennomsnittlig TE_{CRS} er betydelig høyere for store lufthavner som betjener over 200 000 passasjerer årlig enn for de små. Den største forskjellen på 27,7% ble registrert i 2014. De store lufthavnene kan også vise til et høyere gjennomsnittlig TE_{CRS} i 2015 på 82,1% enn 80,9% i 2010. Til sammenligning har de små lufthavnene holdt seg på et stabilt nivå gjennom perioden med 64,8% i 2010 og 64,9% i 2015. I tillegg kan man nevne at lufthavner som tilhørte de store lufthavnene i forrige inndeling, Lakselv og Svalbard, har relativt dårlige prestasjoner sammenlignet med de øvrige under CRS.

Basert på funnene fra CRS-resultatene ville det vært naturlig å anta at høyest mulig passasjerantall var en betydelig faktor for effektiv drift. Dette må likevel vurderes i sammenheng med resultatene fra VRS, hvor det ble konkludert med at det ikke fantes signifikante forskjeller mellom gruppene. Gjennomsnittlig score for gruppene viste at lufthavner under 200 000 passasjerer presterte minimalt bedre enn lufthavner over denne grensa for årene 2010 og 2011. Derimot snudde dette fra og med 2012, hvor lufthavner over grensa var mest effektiv resterende perioder. Forskjellene var små og ble ikke funnet signifikant.

En vurdering av resultatene fra CRS og VRS forteller at lufthavnene ikke blir mer effektive ved å være over eller under et visst nivå av passasjertrafikk årlig, gitt at de sammenlignes mot relevante enheter. Lufthavndrift er, som tidligere diskutert, betinget av omgivelsesavhengige faktorer som befolkningsgrunnlag. Hadde man derimot lagt til grunn konstant skalautbytte og antatt at enhetene lett kunne endre produksjonsstørrelse, vises det at lufthavner under 200 000 passasjerer årlig har hatt en lavere ressursutnyttelse enn de over 200 000.

7.3.3 Forsvarsavtalen

I kapitlet 2.3.8 ble det nevnt at noen lufthavner drives i samarbeid med Forsvaret, hvor to av de nøy fordeler i form av reduserte kostnader, henholdsvis Bodø og Bardufoss. Resultatene fra DEA viser at disse er utelukkende effektiv gjennom hele perioden under antagelsen om både konstant og variabelt skalautbytte. Ved å se på resultatene fra MPI i tillegg kan man vise til at begge har holdt seg relativt stabil gjennom perioden. Fra 2010 til 2015 økte Bodøs MPI med 17,1%, mens Bardufoss hadde en nedgang på 5,1%.

Lufthavnene med ekstrakostnader som følge av avtalen: Evenes, Kirkenes og Lakselv, er utelukkende ineffektive gjennom hele perioden under CRS og VRS. Disse presterer relativt dårlig sammenlignet med andre, hvor Lakselv også har den laveste effektivitetsscoren på 30,3%, av alle lufthavnene i utvalget i 2010 under CRS. Likevel bør det bemerkes at Lakselv kan vise til fremgang på 35,2% i MPI i perioden 2010-2015, hvor spesielt 2013-2014 påvirker med en økning på 67,0%. Tilsvarende har Evenes hatt fremgang fra 2010 til 2015 med 9,4%, tross et fall på 13,4% fra 2014 til 2015. Kirkenes har i perioden 2010-2015 redusert produktiviteten sin med 7,0%.

Basert på disse resultater, er kostnadene knyttet til lufthavndrift en utslagsgivende faktor for effektivitet. Forsvarsavtalen fremstår derfor som et gode for halvparten av lufthavnene i form av reduserte kostnader og bidrar til økt effektivitet. På de lufthavnene hvor Avinor utfører tjenester for Forsvaret, er effektiviteten betydelig svekket og bidrar til å dra ned effektiviteten til Avinors lufthavner samlet sett. Det må likevel bemerkes at det er vanskelig å påvise produktivitetssendring fra 2010-2015 som konsekvens av forsvarsavtalen, ettersom lufthavnene hadde veldig varierende utvikling.

7.4 Konklusjon

Hensikten for denne studien var å analysere effektivitets- og produktivitetsutvikling ved Avinors lufthavner perioden 2010-2015. Avinor er i en fase der effektiv drift gjør seg stadig mer gjeldende og hvor de trenger å identifisere forbedringsmuligheter. Oppgaven har vært en gjennomgang av lufthavnene på både enhetsnivå, i grupper og for Avinor som samlet enhet.

Det generelle effektivitetsnivået for Avinors lufthavner har variert mellom 64,5% og 70,6% i perioden for CRS. Tilsvarende for VRS, som foretrukket tilnærming, har gjennomsnittlig effektivitetsgrad vært på et høyt nivå og variert mellom 84,6% og 88,1%. Endringene i

generell effektivitet har dermed vært små og uten en klar trend. Bootstrapping viste gjennom en bias-korrigert VRS-front at de effektive enhetene kan utnytte sine ressurser bedre enn de gjør i dag. Avinors lufthavner holder generelt et høyt nivå, men med relativt store svingninger blant enhetene eksisterer det definitivt forbedringspotensial for driften.

En positiv registrering for Avinor, er at det totalt sett er funnet en produktivitetsfremgang fra 2010 til 2015 på 6,3%. Denne fremgangen er todelt, hvor man finner 3,3% i ren effektivitetsendring for enhetene og 2,8% fremgang i benyttet teknologi. Det vil si at den effektive fronten har forbedret seg i perioden, samtidig som enhetene samlet sett har nærmet seg fronten. Knyttet til Avinors lufthavner betyr det at de beste enhetene har blitt bedre og satt en høyere standard, samtidig som det generelle nivået på alle lufthavner har kommet relativt nærmere de beste. Dekomponeringen av produktivitetsfremgangen under VRS viste at den største delen av fremgangen lå i en mer optimal skalatilnærming i 2015 enn i 2010.

Tester ble også gjennomført for å lete etter forskjeller mellom grupperinger av flyplasser. Inndeling basert på forutsetninger som fysisk størrelse, type flyruter og geografisk plassering ga to grupper: store og små lufthavner. Denne inndelingen viste at små lufthavner hadde et høyere gjennomsnitt for effektivitet. En observasjon her var et høyt standardavvik for store lufthavner, der særlig noen av lufthavnene skilte seg ut negativt med lave scorere. Inndelingen basert på passasjergrunnlag delte lufthavnene i to grupper: over og under 200 000 passasjerer årlig. Gitt konstant skalautbytte ble det funnet at lufthavner med høy passasjertrafikk var betydelig mer effektive enn lufthavner med færre passasjerer. Denne forskjellen forsvant med overgang til foretrukket VRS-tilnærming, og det kunne ikke påvises ulikhet mellom gruppene.

Studiens gjennomgang av Avinor har understreket at lufthavndrift i Norge er utfordrende. Avinor er pliktig å følge sitt samfunnsansvar og være en tilbyder av transportmuligheter for hele landet, samtidig som de skal jobbe med kommersielt fokus og lønnsom drift. Likevel må det poengteres at selv om lønnsom drift virker som et fjernt ideal for flertallet av undersøkte enheter, finnes det betydelig rom for effektivisering og økt produktivitet for Avinors lufthavner.

Referanseliste:

- ACI Europe. (2015a), *Economics Report 2014*. Brüssel: ACI Europe, . Hentet fra <https://www.aci-europe.org/policy/position-papers.html?view=group&group=1&id=6>
- ACI Europe. (2015b), *The Impact of an Airport*. Brüssel: ACI Europe. Hentet fra <https://www.aci-europe.org/policy/position-papers.html?view=group&group=1&id=6>
- ACI Europe & Association of European Airlines (AEA). (2011), *Joint Briefing: Aviation Security: 10 Years on From 9/11*. Brüssel: ACI Europe & Association of European Airlines (AEA).
- Aigner, D., Lovell, C. A. K., & Schmidt, P. (1977). Formulation and estimation of stochastic frontier production function models. *Journal of Econometrics*, 6(1), 21-37. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076\(77\)90052-5](http://dx.doi.org/10.1016/0304-4076(77)90052-5)
- Andersen, P., & Petersen, N. C. (1993). A procedure for ranking efficient units in data envelopment analysis. *Management science*, 39(10), 1261-1264.
- Assaf, A. (2011). Bootstrapped Malmquist indices of Australian airports. *The Service Industries Journal*, 31(5), 829-846.
- Avinor. (2011a), *Sektorplan for Avinor* Oslo: Avinor. Hentet fra <http://www.ntp.dep.no/dokumentliste/attachment/501141/binary/812244?ts=13ff277d8e0>
- Avinor. (2011b), *Årsrapport 2010*. Oslo: Avinor. Hentet fra <https://avinor.no/globalassets/konsern/om-oss/rapporter/arsrapport-2010.pdf>
- Avinor. (2012), *Årsrapport 2011*. Oslo: Avinor. Hentet fra <https://avinor.no/globalassets/konsern/om-oss/rapporter/arsrapport-2011.pdf>
- Avinor. (2013), *Årsrapport 2012*. Oslo: Avinor. Hentet fra <https://avinor.no/globalassets/konsern/om-oss/rapporter/arsrapport-2012.pdf>
- Avinor. (2014), *Årsrapport 2013*. Oslo: Avinor. Hentet fra <https://avinor.no/globalassets/konsern/om-oss/rapporter/arsrapport-2013-no.pdf>

- Avinor. (2015a), *Rapport om samfunnsansvar 2014*. Oslo: Avinor. Hentet fra <https://avinor.no/globalassets/konsern/om-oss/rapporter/avinors-samfunnsansvar-2014.pdf>
- Avinor. (2015b), *Årsrapport 2014*. Oslo: Avinor. Hentet fra <https://avinor.no/globalassets/konsern/om-oss/rapporter/arsrapport-2014.pdf>
- Avinor. (2016), *Års- og samfunnsansvarsrapport 2015*. Oslo: Avinor. Hentet fra <https://avinor.no/globalassets/konsern/om-oss/rapporter/avinor-arsrapport-2015.pdf>
- Banker, R. (1993). Maximum likelihood, consistency and DEA statistical foundations. *Management Science*, 39, 1265-1273.
- Banker, R. D., & Chang, H. (2006). The super-efficiency procedure for outlier identification, not for ranking efficient units. *European Journal of Operational Research*, 175(2), 1311-1320.
- 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. doi: doi:10.1287/mnsc.30.9.1078
- Barros, C. P., & Dieke, P. U. (2008). Measuring the economic efficiency of airports: A Simar–Wilson methodology analysis. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 44(6), 1039-1051.
- Bogetoft, P., & Otto, L. (2011). *Benchmarking with DEA, SFA, and R. Vol. 157 of International Series in Operations Research & Management Science*: Springer.
- Bowlin, W. F. (1998). Measuring performance: An introduction to data envelopment analysis (DEA). *The Journal of Cost Analysis*, 15(2), 3-27.
- Caves, D. W., Christensen, L. R., & Diewert, W. E. (1982). The economic theory of index numbers and the measurement of input, output, and productivity. *Econometrica: Journal of the Econometric Society*, 1393-1414.
- 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, T. J., Rao, D. S. P., O'Donnell, C. J., & Battese, G. E. (2005). *An introduction to efficiency and productivity analysis*: Springer Science & Business Media.
- 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. doi: [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217\(00\)00149-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-2217(00)00149-1)

- Farrell, M. J. (1957). The Measurement of Productive Efficiency. *Journal of the Royal Statistical Society. Series A (General)*, 120(3), 253-290. doi: 10.2307/2343100
- Francis, G., Humphreys, I., & Fry, J. (2002). The benchmarking of airport performance. *Journal of Air Transport Management*, 8(4), 239-247.
- Fried, H. O., Lovell, C. K., & Schmidt, S. S. (2008). *The measurement of productive efficiency and productivity growth*: Oxford University Press.
- Färe, R., Grosskopf, S., Lindgren, B., & Roos, P. (1992). *Productivity changes in Swedish pharmacies 1980–1989: A non-parametric Malmquist approach*: Springer.
- Färe, R., Grosskopf, S., Norris, M., & Zhang, Z. (1994). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries. *The American economic review*, 66-83.
- German Airport Performance (GAP). (2012), *Comparative study (benchmarking) on the efficiency of Avinor's airport operations*. Berlin:GAP
- Graham, A. (2014). *Managing Airports 4th Edition: An International Perspective*: Routledge.
- Humphreys, I., & Francis, G. (2002). Performance measurement: a review of airports. *International Journal of Transport Management*, 1(2), 79-85.
- Johannessen, A., Kristoffersen, L., & Tufte, P. A. (2011). *Forskningsmetode for økonomisk-administrative fag* (3. utgave). Oslo: Abstrakt forlag.
- Lin, L., & Hong, C. (2006). Operational performance evaluation of international major airports: An application of data envelopment analysis. *Journal of Air Transport Management*, 12(6), 342-351.
- Malmquist, S. (1953). Index numbers and indifference surfaces. *Trabajos de Estadística y de Investigación Operativa*, 4(2), 209-242.
- Martín, J. C., & Roman, C. (2001). An application of DEA to measure the efficiency of Spanish airports prior to privatization. *Journal of Air Transport Management*, 7(3), 149-157.
- Merkert, R., & Mangia, L. (2012). Management of airports in extreme winter conditions—some lessons from analysing the efficiency of Norwegian airports. *Research in Transportation Business & Management*, 4, 53-60.
- Parker, D. (1999). The performance of BAA before and after privatisation: A DEA study. *Journal of Transport Economics and Policy*, 133-145.
- Ray, S. C., & Desli, E. (1997). Productivity growth, technical progress, and efficiency change in industrialized countries: comment. *The American Economic Review*, 87(5), 1033-1039.

- Simar, L., & Wilson, P. W. (1998). Sensitivity analysis of efficiency scores: How to bootstrap in nonparametric frontier models. *Management science*, 44(1), 49-61.
- Simar, L., & Wilson, P. W. (1999). Estimating and bootstrapping Malmquist indices. *European Journal of Operational Research*, 115(3), 459-471.
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2000). A general methodology for bootstrapping in non-parametric frontier models. *Journal of applied statistics*, 27(6), 779-802.
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2007). Estimation and inference in two-stage, semi-parametric models of production processes. *Journal of econometrics*, 136(1), 31-64.
- Simar, L., & Wilson, P. W. (2008). Statistical inference in nonparametric frontier models: recent developments and perspectives. *The Measurement of Productive Efficiency (H. Fried, CAK Lovell and SS Schmidt Eds)*, Oxford University Press, Inc, 421-521.
- Wilson, P. W. (2006). FEAR: A Software Package for Frontier Efficiency Analysis with R.

Nettkilder:

- [1] Avinor. *Avinor omstiller- reduserer med rundt 80 årsverk for å effektivisere virksomheten*.
 Webside:
<http://media.avinor.no/pressreleases/avinor-omstiller-reduserer-med-rundt-80-aarsverk-for-aa-effektivisere-virksomheten-1292248>
 Hentet: 14.10.2016
- [2] ACI Europe. *Aviation Liberalisation & External Relations*. Webside:
<https://www.aci-europe.org/policy/positionpapers.html?view=group&group=1&id=25>
 Hentet: 15.01.2016
- [3] ACI Europe. *Airport Economics, Finance & Ownership*. Webside:
<https://www.aci-europe.org/policy/positionpapers.html?view=group&group=1&id=6>
 Hentet: 15.01.2016
- [4] Norair Forwarding AS. *Flyplasser i Norge*. Webside:
<http://www.norair.no/c-162-Flyplasser-i-Norge.aspx>
 Hentet: 14.05.16
- [5] Widerøe. *Derfor får du ikke Eurobonus-poeng på anbudsruiter*. Webside:
<http://blogg.wideroe.no/derfor-far-du-ikke-eurobonus-poeng-pa-anbudsruiter/>
 Hentet: 17.02.2016
- [6] VG. *Disse selskapene skal fly regionalt i Norge*. Webside:

<http://www.vg.no/forbruker/reise/reiselivsnyheter/disse-selskapene-skal-fly-regionalt-i-norge/a/10075971/>

Hentet: 17.02.2016

[7] Statistisk Sentralbyrå (SSB). *Befolkningsframskrivinger, 2014-2100*. Webside:

<https://www.ssb.no/befolkning/statistikker/folkfram/aar/2014-06-17>

Hentet: 02.03.2016

[8] Statistisk Sentralbyrå (SSB). *Konsumprisindeksen, januar 2016*. Webside:

<https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/statistikker/kpi/maaned/2016-02-10?fokus=true>

Hentet: 20.01.2016

Vedlegg

Vedlegg 1 Korrelasjonsmatrise for variabler (2010-2014)

2010	Lønns-kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Lønnskostnader	1					
Andre driftskostnader	0,945	1				
Kommersielle inntekter	0,919	0,933	1			
PAX	0,950	0,977	0,968	1		
ATM	0,937	0,963	0,955	0,983	1	
Frakt og post	0,841	0,822	0,710	0,788	0,815	1

2011	Lønns-kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Lønnskostnader	1					
Andre driftskostnader	0,962	1				
Kommersielle inntekter	0,936	0,940	1			
PAX	0,960	0,982	0,970	1		
ATM	0,946	0,964	0,957	0,982	1	
Frakt og post	0,880	0,873	0,793	0,844	0,865	1

2012	Lønns-kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Lønnskostnader	1					
Andre driftskostnader	0,957	1				
Kommersielle inntekter	0,937	0,956	1			
PAX	0,964	0,983	0,969	1		
ATM	0,948	0,961	0,955	0,981	1	
Frakt og post	0,854	0,831	0,762	0,810	0,827	1

2013	Lønns-kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Lønnskostnader	1					
Andre driftskostnader	0,913	1				
Kommersielle inntekter	0,937	0,913	1			
PAX	0,965	0,952	0,978	1		
ATM	0,953	0,945	0,961	0,983	1	
Frakt og post	0,959	0,946	0,952	0,980	0,978	1

2014	Lønns- kostnader	Andre driftskostnader	Kommersielle inntekter	PAX	ATM	Frakt og post
Lønnskostnader	1					
Andre driftskostnader	0,902	1				
Kommersielle inntekter	0,939	0,902	1			
PAX	0,966	0,944	0,977	1		
ATM	0,954	0,938	0,960	0,982	1	
Frakt og post	0,964	0,920	0,954	0,971	0,968	1

Vedlegg 2 Banker-test: Eksponentiell og halvnormal fordeling, Store og små lufthavner (CRS)

TEX	Kalkulert verdi	S	TEXqf1	TEXqf2
2010	0,663		0,520	1,826
2011	0,590		0,520	1,826
2012	0,520	*	0,520	1,826
2013	0,480	*	0,520	1,826
2014	0,449	*	0,520	1,826
2015	0,641		0,520	1,826

THN	Kalkulert verdi	S	THNqf1	THNqf2
2010	0,728		0,386	2,337
2011	0,537		0,386	2,337
2012	0,428		0,386	2,337
2013	0,348	*	0,386	2,337
2014	0,329	*	0,386	2,337
2015	0,629		0,386	2,337

Vedlegg 3 DEA-resultater (CRS) for Store og Små lufthavner

Store (n=16)	Gjennomsnitt	Min.	Standardavvik	Antall effektive	Andel effektive
2010	0,770	0,303	0,256	6	38 %
2011	0,795	0,467	0,210	7	44 %
2012	0,797	0,395	0,213	7	44 %
2013	0,797	0,480	0,193	5	31 %
2014	0,800	0,495	0,192	6	38 %
2015	0,782	0,392	0,227	6	38 %

Små (n=27)	Gjennomsnitt	Min.	Standardavvik	Antall effektive	Andel effektive
2010	0,653	0,389	0,196	2	7 %
2011	0,653	0,388	0,189	2	7 %
2012	0,610	0,196	0,212	2	7 %
2013	0,577	0,332	0,205	1	4 %
2014	0,553	0,299	0,170	1	4 %
2015	0,660	0,383	0,195	2	7 %

Vedlegg 4 Banker-test: Eksponentiell og halvnormal fordeling, PAX-grense (VRS)

TEX	Kalkulert verdi	S	TEXqf1	TEXqf2
2010	1,208		0,494	1,857
2011	1,262		0,494	1,857
2012	0,870		0,504	1,843
2013	0,903		0,513	1,833
2014	0,798		0,513	1,833
2015	0,933		0,504	1,843

THN	Kalkulert verdi	S	THNqf1	THNqf2
2010	1,703		0,352	2,372
2011	1,734		0,352	2,372
2012	0,875		0,365	2,355
2013	1,089		0,376	2,344
2014	1,071		0,376	2,344
2015	1,302		0,365	2,355

Vedlegg 5 Bootstrapping av VRS-resultater på enhetsnivå

Lufthavn	2010		2011		2012		2013		2014		2015	
	Boot	Bias	Boot	Bias	Boot	Bias	Boot	Bias	Boot	Bias	Boot	Bias
Bergen	0,842	0,158	0,863	0,137	0,846	0,154	0,869	0,131	0,839	0,161	0,840	0,160
Stavanger	0,859	0,141	0,881	0,119	0,839	0,161	0,881	0,119	0,856	0,144	0,836	0,164
Trondheim	0,893	0,107	0,918	0,082	0,915	0,085	0,933	0,067	0,913	0,087	0,893	0,107
Bodø	0,839	0,161	0,865	0,135	0,842	0,158	0,864	0,136	0,838	0,162	0,840	0,160
Kristiansand	0,697	0,088	0,684	0,073	0,627	0,105	0,663	0,080	0,610	0,109	0,591	0,121
Tromsø	0,858	0,142	0,920	0,080	0,876	0,124	0,872	0,073	0,807	0,084	0,881	0,092
Ålesund	0,738	0,097	0,728	0,086	0,722	0,100	0,783	0,085	0,758	0,107	0,747	0,097
Alta	0,244	0,203	0,575	0,080	0,557	0,109	0,492	0,095	0,456	0,123	0,510	0,110
Bardufoss	0,844	0,156	0,862	0,138	0,846	0,154	0,865	0,135	0,838	0,162	0,839	0,161
Evenes	0,536	0,086	0,526	0,080	0,492	0,102	0,693	0,072	0,532	0,131	0,416	0,134
Haugesund	0,470	0,139	0,519	0,119	0,613	0,114	0,665	0,083	0,640	0,118	0,578	0,119
Kirkenes	0,725	0,090	0,806	0,067	0,778	0,092	0,629	0,078	0,534	0,099	0,589	0,093
Kristiansund	0,852	0,087	0,771	0,077	0,797	0,082	0,935	0,065	0,815	0,089	0,897	0,074
Lakselv	0,245	0,211	0,472	0,113	0,382	0,143	0,880	0,043	0,875	0,096	0,411	0,154
Molde	0,839	0,161	0,864	0,136	0,848	0,152	0,902	0,056	0,854	0,146	0,845	0,155
Narvik	0,699	0,066	0,668	0,074	0,276	0,185	0,695	0,066	0,654	0,098	0,573	0,112
Svalbard	0,463	0,145	0,639	0,093	0,656	0,109	0,634	0,090	0,696	0,107	0,661	0,114
Berlevåg	0,908	0,073	0,930	0,070	0,863	0,065	0,810	0,053	0,820	0,058	0,733	0,073
Båtsfjord	0,750	0,062	0,866	0,057	0,787	0,062	0,802	0,041	0,774	0,045	0,706	0,063
Hammerfest	0,910	0,090	0,590	0,090	0,651	0,104	0,521	0,109	0,543	0,134	0,824	0,085
Hasvik	0,899	0,101	0,916	0,084	0,896	0,073	0,913	0,087	0,898	0,102	0,918	0,082
Honningsvåg	0,721	0,072	0,740	0,056	0,706	0,073	0,766	0,047	0,698	0,062	0,687	0,075
Mehamn	0,724	0,092	0,786	0,065	0,569	0,120	0,629	0,091	0,530	0,137	0,577	0,105
Sørkjosen	0,811	0,065	0,836	0,059	0,918	0,065	0,949	0,051	0,835	0,050	0,792	0,078
Vadsø	0,923	0,077	0,913	0,087	0,923	0,077	0,910	0,049	0,930	0,044	0,921	0,079
Vardø	0,907	0,093	0,918	0,082	0,902	0,098	0,946	0,054	0,843	0,046	0,900	0,100
Brønnøysund	0,883	0,117	0,886	0,114	0,890	0,110	0,936	0,064	0,708	0,074	0,752	0,076
Leknes	0,639	0,088	0,712	0,063	0,635	0,077	0,643	0,067	0,591	0,075	0,667	0,065
Mo i Rana	0,847	0,059	0,862	0,056	0,821	0,056	0,853	0,049	0,766	0,071	0,869	0,054
Mosjøen	0,832	0,062	0,868	0,062	0,855	0,063	0,796	0,052	0,779	0,060	0,856	0,059
Røst	0,843	0,082	0,924	0,066	0,922	0,057	0,923	0,077	0,817	0,096	0,859	0,075
Sandnessjøen	0,848	0,068	0,885	0,070	0,898	0,055	0,916	0,084	0,804	0,045	0,847	0,061
Stokmarknes	0,749	0,062	0,763	0,057	0,741	0,076	0,700	0,071	0,604	0,111	0,803	0,058
Svolvær	0,618	0,104	0,768	0,064	0,649	0,088	0,587	0,083	0,495	0,130	0,532	0,118
Fagernes	0,906	0,094	0,895	0,105	0,871	0,129	0,936	0,064	0,770	0,099	0,906	0,094
Florø	0,838	0,162	0,923	0,077	0,879	0,121	0,887	0,113	0,874	0,126	0,870	0,130
Førde	0,853	0,056	0,843	0,043	0,798	0,062	0,827	0,043	0,824	0,051	0,758	0,060
Namsos	0,772	0,054	0,839	0,043	0,797	0,064	0,842	0,041	0,781	0,043	0,747	0,070
Røros	0,855	0,145	0,871	0,129	0,855	0,145	0,873	0,127	0,844	0,156	0,848	0,152
Rørвик	0,722	0,062	0,745	0,054	0,640	0,079	0,779	0,042	0,773	0,043	0,716	0,062
Sandane	0,790	0,076	0,875	0,059	0,903	0,059	0,962	0,038	0,866	0,062	0,812	0,065
Sogndal	0,842	0,052	0,848	0,047	0,836	0,070	0,815	0,057	0,793	0,057	0,831	0,070
Ørsta Volda	0,929	0,059	0,811	0,057	0,875	0,056	0,910	0,038	0,848	0,047	0,856	0,048

Vedlegg 6 EE_{CRS} med signifikansnivå – for alle enheter

	Flyplass	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2010-2015
Store luft-havner	Bergen	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Stavanger	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Trondheim	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Nasjonale lufthavner	Bodø	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Kristiansand	0,949	0,960	0,945	0,973	1,044	0,874 **
	Tromsø	1,036	1,000	0,914	0,958	1,095	0,994
	Ålesund	0,940	0,999	1,024	1,030	0,966	0,957
Regionale lufthavner	Alta	1,674 ***	0,972	0,859	1,032	1,131 **	1,631 ***
	Bardufoss	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
	Evenes	0,940	0,976	1,336 ***	0,855 ***	0,819 **	0,858 ***
	Haugesund	1,083	1,199 **	1,016	1,005	0,865	1,147
	Kirkenes	1,085	0,982	0,758 ***	0,890 ***	1,145 **	0,823 **
	Kristiansund	0,899 **	1,039	1,139 **	0,887 ***	1,087 *	1,025
	Lakselv	1,539 ***	0,847 ***	1,645 ***	1,206	0,501 ***	1,294 **
	Molde	1,000	1,000	0,879	1,138	1,000	1,000
	Svalbard	1,169 **	1,069	0,884	1,148	0,993	1,259 **
Lokale: Troms og Finnmark	Berlevåg	0,986	0,802 ***	0,823 ***	1,099	1,133 **	0,811 ***
	Båtsfjord	1,151 **	0,804 ***	0,944	0,991	1,178 ***	1,020
	Hammerfest	0,832	1,190 **	0,824 ***	1,090	1,361 ***	1,209 ***
	Hasvik	0,967	0,801 ***	1,016	1,106	1,159 ***	1,008
	Honningsvåg	0,886 **	0,917	0,939	1,014	1,267 ***	0,979
	Mehamn	1,009	0,783 ***	0,894	1,033	1,190 ***	0,868 **
	Sørkjosen	1,001	1,033	0,993	0,927	1,267 ***	1,206 ***
	Vadsø	1,019	0,944	0,896 *	1,002	1,179 ***	1,019
	Vardø	0,983	0,927	0,799 ***	0,956	1,568 ***	1,091
Lokale: Nordland	Brønnøysund	1,000	1,000	0,997	0,722 ***	1,138 ***	0,819 ***
	Leknes	1,063	0,915 **	0,957	0,936 *	1,233 ***	1,075 *
	Mo i Rana	0,977	0,909 *	1,015	0,920 **	1,224 ***	1,015
	Mosjøen	1,020	0,968	0,880 *	0,954	1,227 ***	1,016
	Narvik	0,833 ***	0,497 ***	1,733 ***	1,069	1,052	0,806 ***
	Røst	1,023	0,846 ***	1,052	0,946	1,181 ***	1,017
	Sandnessjøen	1,048	0,936	1,096 **	0,752 ***	1,235 ***	0,999
	Stokmarknes	0,962	0,978	0,881 *	0,953	1,331 ***	1,052
	Svolvær	1,169 ***	0,854 ***	0,750 ***	1,037	1,116 **	0,866 **
Lokale: Sør- og Midt-Norge	Fagernes	1,073 *	0,930	0,819 ***	0,900 **	1,318 ***	0,970
	Florø	0,995	1,005	1,000	1,000	1,000	1,000
	Førde	0,936 *	0,933 *	0,922	1,045	1,070	0,900 ***
	Namsos	0,998	0,939	0,975	0,943	1,235 ***	1,064
	Røros	0,926	1,114 **	0,890 **	1,024	1,098 *	1,031
	Rørвик	1,003	0,874 **	1,116	1,040	1,112 *	1,131 *
	Sandane	1,639 ***	0,922	0,935	0,965	1,155 ***	1,574 ***
	Sogndal	0,929	1,047	0,910	0,964	1,198 ***	1,022
	Ørsta Volda	0,881 ***	1,050	0,953	0,981	1,116 **	0,966

Vedlegg 7 FE_{CRS} med signifikansnivå – for alle enheter

	Flyplass	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2010-2015
Store luft-havner	Bergen	1,082	0,974	1,070	1,123 **	0,998	1,239 ***
	Stavanger	1,100	1,002	1,130	1,111 *	1,056	1,378 ***
	Trondheim	1,044	0,974	1,077	1,032	1,029	1,221 ***
Nasjonale lufthavner	Bodø	1,060	1,012	0,920	1,034	1,203 *	1,171
	Kristiansand	1,106	1,016	1,011	1,023	0,982	1,206 **
	Tromsø	1,045	1,071 **	0,986	1,139 *	1,062	1,275 ***
	Ålesund	1,155 **	0,976	1,055	1,045	0,999	1,267 ***
Regionale lufthavner	Alta	1,028	1,030	1,017	1,018	0,980	1,039
	Bardufoss	1,022	0,945	0,928	1,058	0,982	0,949
	Evenes	1,133 **	0,996	1,006	1,281 ***	1,057	1,275 ***
	Haugesund	1,080	1,058	1,059	1,119 **	0,982	1,282 ***
	Kirkenes	0,926	1,070 **	0,916 **	1,080 **	0,999	1,130
	Kristiansund	1,018	1,038	1,025	1,006	0,931	1,011
	Lakselv	0,750 **	1,033	0,723 ***	1,385 ***	1,216 ***	1,045
	Molde	1,094	1,060	0,582 ***	1,441 ***	1,210 **	1,138 *
	Svalbard	1,148 *	0,979	1,122	1,101 *	1,043	1,452 ***
Lokale: Troms og Finnmark	Berlevåg	0,974	1,039	0,973	0,976	0,941	0,920 *
	Båtsfjord	0,974	1,039	0,963	0,977	0,944	0,910 **
	Hammerfest	1,030	1,036	0,957	0,980	0,958	0,863 ***
	Hasvik	0,974	1,033	0,962	0,974	0,945	0,894 **
	Honningsvåg	0,974	1,039	0,981	0,994	0,959	0,919 *
	Mehamn	0,966	1,079 **	1,020	0,979	0,945	0,940
	Sørkjosen	0,974	1,039	1,032	0,974	0,933	0,950
	Vadsø	0,925	0,978	0,939 *	0,995	0,973	0,857 ***
	Vardø	0,974	1,039	1,011	0,974	0,936	0,934
Lokale: Nordland	Brønnøysund	0,979	1,014	0,901 ***	0,997	0,957	0,898 **
	Leknes	0,900 **	1,000	0,979	0,988	0,949	0,920 *
	Mo i Rana	0,995	1,016	0,951	0,984	0,950	0,929 *
	Mosjøen	0,898 **	0,991	0,927 **	0,989	0,961	0,864 ***
	Narvik	0,991	1,076 ***	0,993	0,975	0,934	0,955
	Røst	0,974	1,036	0,943	0,981	0,945	0,907 **
	Sandnessjøen	0,938	0,979	0,896 ***	1,013	0,965	0,877 ***
	Stokmarknes	0,983	1,079 **	1,038	0,974	0,927	0,993
	Svolvær	0,881 **	0,998	0,977	0,991	0,946	0,913 *
Lokale: Sør- og Midt-Norge	Fagernes	1,023	1,005	1,041	1,011	0,952	1,026
	Florø	0,797 ***	1,131 ***	1,050	0,992	0,909	0,878 *
	Førde	0,999	1,055	1,038	0,974	0,930	0,994
	Namsos	0,974	1,039	1,024	0,974	0,933	0,952
	Røros	1,010	1,015	1,043	1,003	0,936	0,994
	Rørvik	0,976	1,038	1,016	0,978	0,941	0,943
	Sandane	0,996	1,044	1,029	0,982	0,936	0,967
	Sogndal	0,973	1,051	1,026	0,975	0,936	0,947
	Ørsta Volda	1,011	1,050	1,039	0,983	0,924 *	1,002

Vedlegg 8 SCH med signifikansnivå – for alle enheter

	Flyplass	2010-2011	2011-2012	2012-2013	2013-2014	2014-2015	2010-2015
Store luft-havner	Bergen	NA	NA	NA	NA	NA	NA
	Stavanger	NA	0,976	NA	NA	1,003	NA
	Trondheim	0,995	1,001 *	NA	1,001	1,002 *	NA
Nasjonale lufthavner	Bodø	0,939	1,026 ***	0,908	0,995	0,974	NA
	Kristiansand	1,012 ***	1,001	0,963 ***	1,002	1,012	0,984 *
	Tromsø	0,652 ***	0,999	0,999	1,000	0,997	NA
	Ålesund	1,030 ***	0,982	1,021 **	1,026 ***	0,994	1,049 ***
Regionale lufthavner	Alta	1,160 ***	0,978 **	0,994	1,026 ***	1,011 *	1,185 ***
	Bardufoss	0,981	1,019 ***	1,112 ***	1,025 ***	1,000 ***	1,089 ***
	Evenes	1,008 ***	1,009 ***	1,062 ***	1,015 ***	0,986	1,027 ***
	Haugesund	1,055 ***	1,078 ***	1,036 ***	1,020 ***	0,929 ***	1,108 ***
	Kirkenes	1,024 ***	1,004 ***	0,980	0,996	0,986	0,989
	Kristiansund	0,999	1,002 *	1,008 ***	0,989 ***	0,993 **	0,998
	Lakselv	1,073 ***	0,965 ***	1,023 ***	1,173 ***	0,847 ***	1,099 ***
	Molde	NA	0,895 ***	0,930 ***	1,073 ***	1,016 ***	0,556 ***
	Svalbard	1,039 ***	1,022 ***	1,010 ***	1,051 ***	1,013 ***	1,123 ***
Lokale: Troms og Finnmark	Berlevåg	0,994	0,968	0,949 ***	1,042 ***	1,028 ***	0,995
	Båtsfjord	1,051 ***	0,936 ***	1,010	1,002	1,047 ***	1,064 ***
	Hammerfest	1,272 ***	1,074 ***	1,001	1,026 ***	0,986 *	1,249 ***
	Hasvik	0,997	0,946 ***	1,013	1,037 ***	1,032 ***	1,025 ***
	Honningsvåg	0,917 ***	0,997	0,974 **	1,074 ***	1,045 ***	1,016 ***
	Mehamn	1,002	0,979	0,975	1,054 ***	1,071 ***	1,021 ***
	Sørkjosen	0,998	1,028 ***	1,082 ***	1,019 ***	1,055 ***	1,217 ***
	Vadsø	0,996 *	0,976	0,966	1,032 ***	1,019 ***	1,016 ***
	Vardø	1,004 **	1,021 ***	0,902 ***	1,051 ***	1,109 ***	1,064 ***
Lokale: Nordland	Brønnøysund	1,000	1,002	1,000	0,961 ***	0,985	0,989
	Leknes	0,985 ***	1,002	0,994	0,978 **	1,032 ***	1,071 ***
	Mo i Rana	0,994	0,988	0,991	1,005 **	1,005	0,997
	Mosjøen	0,949 ***	1,006	0,974	0,975 *	1,028 ***	0,980 **
	Narvik	0,885 ***	0,826 ***	1,168 ***	1,013 ***	1,009 *	0,880 ***
	Røst	0,982	1,008 ***	1,018 *	0,976 ***	1,029 ***	1,023 ***
	Sandnessjøen	0,992 **	0,997	1,025 ***	0,955 ***	1,030 ***	0,996
	Stokmarknes	0,989	1,001	0,986 ***	0,992	1,055 ***	1,033 ***
	Svolvær	1,002	0,954 ***	0,877 ***	1,066 ***	1,021 **	0,964
Lokale: Sør- og Midt-Norge	Fagernes	1,081 ***	0,927 ***	1,002	1,005	1,011 *	1,019 ***
	Florø	1,006	1,023 ***	0,995	1,004 **	0,988 **	1,047 ***
	Førde	0,987 ***	1,014 ***	0,990 ***	1,009 ***	1,017 ***	1,026 ***
	Namsos	0,957 ***	0,985	1,040 ***	0,992	1,058 ***	1,079 ***
	Røros	0,981	1,053 ***	1,030 ***	0,989	0,999	1,047 ***
	Rørvik	1,002	0,996	1,063 ***	1,029 ***	1,016 ***	1,136 ***
	Sandane	1,552 ***	0,994	0,986 ***	0,999	1,028 ***	1,597 ***
	Sogndal	0,951 ***	1,051 ***	0,996	0,988	1,022 ***	1,022 ***
	Ørsta Volda	1,014 ***	1,044 ***	1,013 ***	1,015 ***	1,002 *	1,067 ***

Vedlegg 9 R-script

```
# DEA: Effektivitet og supereffektivitet (CRS & VRS)
library("Benchmarking")
setwd("C:/Users/EAS/Dokumenter/Work Dir/")
data<-read.csv2("2010uova.csv", header=TRUE, sep=";", dec=",")

xvar <- c(2,3)
x1 <- data[,xvar]
yvar <- c(4,5,6,7)
y1 <- data[,yvar]
x=as.matrix(x1)
y=as.matrix(y1)

# CRS:
M1crs<-dea(x,y,RTS="crs",ORIENTATION="in", SLACK=TRUE, DUAL=TRUE)
M1scrs<-sdea(x,y,RTS="crs",ORIENTATION="in")
Ecrs<-eff(M1crs)
Escrs<-eff(M1scrs)

# VRS:
M1vrs<-dea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in", SLACK=TRUE, DUAL=TRUE)
M1svrs<-sdea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in")
Evrs<-eff(M1vrs)
Esvrs<-eff(M1svrs)

# Samlet:
Effektivitet<-(cbind(Ecrs,Escrs,Evrs,Esvrs))
```

```
# Bootstrapping: DEA
library("Benchmarking")
setwd("C:/Users/EAS/Dokumenter/Work Dir/")
data<-read.csv2("2010uova.csv", header=TRUE, sep=";", dec=",")

xvar <- c(2,3)
x1 <- data[,xvar]
yvar <- c(4,5,6,7)
y1 <- data[,yvar]
x=as.matrix(x1)
y=as.matrix(y1)

nrep <- 2000
bvrs <- dea.boot(x,y, NREP=nrep,RTS = "vrs", ORIENTATION="in")
bootvrs<-bvrs$eff.bc
biasvrs<-bvrs$bias
confv<-bvrs$conf.int
```

```
varv<-bvrs$var
```

```
#Samlet:
```

```
boot<-(cbind(bootvrs,biasvrs,confv,varv))
```

```
##' Malmquist
```

```
library(FEAR)
```

```
setwd("C:/Users/EAS/Dokumenter/Work Dir/")
```

```
data1 <- read.csv2("2010uova.csv",header=TRUE,sep=";",dec=",")
```

```
data2 <- read.csv2("2011uova.csv",header=TRUE,sep=";",dec=",")
```

```
xvar <- c(2,3)
```

```
x1 <- data1[,xvar]
```

```
x2 <- data2[,xvar]
```

```
yvar <- c(4,5,6,7)
```

```
y1 <- data1[,yvar]
```

```
y2 <- data2[,yvar]
```

```
idvar <- c(1)
```

```
id1 <- data1[,idvar]
```

```
id2 <- data2[,idvar]
```

```
m <- malmquist.components(t(x1),t(y1),t(id1),t(x2),t(y2),t(id2),  
ORIENTATION=1,NREP=2000)
```

```
mpi <- malmquist(LIST=m,alpha=c(0.1,0.05,0.01),CI.TYPE=4)
```

```
mid <- mpi$id
```

```
malm <- 1/mpi$malm
```

```
eff <- 1/mpi$eff
```

```
tech <- 1/mpi$tech
```

```
pure.eff <- 1/mpi$pure.eff
```

```
scale <- 1/mpi$scale
```

```
pure.tech <- 1/mpi$pure.tech
```

```
scale.tech <- 1/mpi$scale.tech
```

```
sch <- 1/mpi$sch
```

```
Malm <-
```

```
(cbind(mid,malm,eff,tech,pure.eff,scale,pure.tech,scale.tech,sch))
```

```
##' Malmquist: konfidensintervall (Bootstrapping)
```

```
ci.malm <- 1/mpi$ci.malm
```

```
ci.eff <- 1/mpi$ci.eff
```

```
ci.tech <- 1/mpi$ci.tech
```

```
ci.pure.eff <- 1/mpi$ci.pure.eff
```

```
ci.scale <- 1/mpi$ci.scale
```

```
ci.pure.tech <- 1/mpi$ci.pure.tech
```

```
ci.scale.tech <- 1/mpi$ci.scale.tech
```

```
ci.sch <- 1/mpi$ci.sch
```

```
ci.resM <-  
(cbind(mid,ci.malm,ci.eff,ci.tech,ci.pure.eff,ci.scale,ci.pure.tech,  
ci.scale.tech,ci.sch))
```

```
#' BANKER-TESTER: Modellforutsetning (CRS mot VRS)
```

```
library(Benchmarking)
```

```
setwd("C:/Users/EAS/Dokumenter/Work Dir/")
```

```
data<-read.csv2("2010uova.csv", header=TRUE, sep=";", dec=",")
```

```
xvar <- c(2,3)
```

```
x1 <- data[,xvar]
```

```
yvar <- c(4,5,6,7)
```

```
y1 <- data[,yvar]
```

```
x=as.matrix(x1)
```

```
y=as.matrix(y1)
```

```
E1<-eff(dea(x,y,RTS="crs",ORIENTATION="in"))
```

```
E2<-eff(dea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))
```

```
TEX <- sum(E1-1) / sum(E2-1)
```

```
TEXqf <- qf(.95, 2*length(E1), 2*length(E2))
```

```
TEXpf <- pf(TEX, 2*length(E1),2*length(E2))
```

```
THN <- (sum((E1-1)*(E1-1)))/(sum((E2-1)*(E2-1)))
```

```
THNqf <- qf(.95, length(E1), length(E2))
```

```
THNpf <- pf(THN, length(E1), length(E2))
```

```
Mtest <- cbind(TEX, TEXqf, TEXpf, THN, THNqf, THNpf)
```

```
#' BANKER-TESTER: Gruppeinndeling
```

```
library(Benchmarking)
```

```
setwd("C:/Users/EAS/Dokumenter/Work Dir/")
```

```
Bankerdata<-read.csv2("2010uova.csv", header=TRUE, sep=";", dec=",")
```

```
xvar <- c(2,3)
```

```
x1 <- Bankerdata[,xvar]
```

```
yvar <- c(4,5,6,7)
```

```
y1 <- Bankerdata[,yvar]
```

```
x=as.matrix(x1)
```

```
y=as.matrix(y1)
```

```
Effektivitet<-eff(dea(x,y,RTS="vrs",ORIENTATION="in"))
```

```
E1 <- (Effektivitet[1:17])
```

```
E2 <- (Effektivitet[18:43])
TEX <- (sum(E1-1)/length(E1)) / (sum(E2-1)/length(E2))

TEXqf1 <- qf(.025, 2*length(F1), 2*length(F2))
TEXqf2 <- qf(.975, 2*length(F1), 2*length(F2))
TEXpf <- pf(TEX, 2*length(F1),2*length(F2))

THN <- sum((E1-1)*(E1-1))/length(E1) / (sum((E2-1)*(E2-1))/length(E2))
THNqf1 <- qf(.025, length(F1), length(F2))
THNqf2 <- qf(.975, length(F1), length(F2))
THNpf <- pf(THN, length(F1), length(F2))

Gtest <- cbind(TEX, TEXqf1, TEXqf2, TEXpf, THN, THNqf1, THNqf2,
THNpf)
```