



Norges miljø- og
biovitenskapelige
universitet

Masteroppgave 2019 30 stp
Fakultet for Handelshøyskolen

Hvilke faktorer påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av vindkraft i Norge?

Which factors influence the socio-economic
profitability of wind power in Norway?

Khadija Inam Ulah
Master i økonomi og administrasjon

Forord

Denne masteroppgaven er en del av master studiet mitt i økonomi og administrasjon i NMBU. Det har vært en utfordring å kunne skrive master, men har vært en lærerik opplevelse. Fått mye kunnskap på innen vindenergi og hvordan man skal vurdere forskjellige prosjekter. Et av årsakene for å velge vindenergi er på grunn av stor interesse innen fornybar energi. Denne oppgaven skal ha gitt meg innsyn i vindenergi, men også for muligheter for oppgradert vannkraft.

Jeg vil takke min veileder for masteroppgaven, Eirik Romstad som har gitt meg veiledning for oppgaven, samt gitt meg motivasjon. Samtidig vil jeg takke min familie, som har støttet meg og gitt meg motivasjon for å komme så langt som jeg har gjort til nå.

Ås, 16 desember, 2019

Khadija Inam Ullah

Sammendrag

Denne masteroppgave undersøker om hvilke faktorer som påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomheten i Norge for vindenergi. Samtidig om vindenergien er konkurransedyktig forhold til oppgradert vannkraftverk. For å kunne undersøke dette benytter jeg Roan vindkraftverk, oppgradert Harpefossen vannkraftverk og oppgradert Øvre Vinstra vannkraftverk. Metoden som blir brukt for å løse problemstilling, blir det benyttet en samfunnsøkonomisk analyse.

Det man kommer frem til er at faktorer som påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomheten for vindenergi er samfunn- og miljømessige virkninger, økonomiske virkninger som blir tatt med beregning av netto nåverdi, samt usikkerheten og risiko ved et prosjekt. Roan vindkraftverk er samfunnsøkonomisk lønnsomt, som gir en positiv netto verdi. Roan har lavere netto nåverdi enn oppgradert vannkraftverk. Det er ulike faktorer som påvirker lønnsomheten til vindkraft enn for et oppgradert vannkraftverk.

Abstract

This master's thesis investigates which factors affect the benefit- cost analysis of Norway for wind energy. At the same time, is wind energy competitive with upgraded hydropower plants. In order to investigate this, I use Roan wind power, upgraded Harpefossen hydropower plants and upgraded Øvre Vinstra hydropower plants. The method used to solve the problem is used a benefit cost analysis.

What we find is that factors that affect the socio-economic profitability of wind energy are societal and environmental impacts, economic effects that are considered in the net present value, as well as the uncertainty and risk of a project. Roan wind turbines are socially economically profitable, providing a positive net value. Roan has a lower net present value than upgraded hydropower plants. There are different factors that affect the profitability of wind power than for an upgraded hydropower plant. Therefore, it is difficult to conclude which renewable resources is better.

Innholdsfortegnelse

Forord.....	2
Sammendrag.....	3
Abstract.....	4
Innholdsfortegnelse.....	5
Liste over figurer.....	7
Liste over tabeller.....	7
Ordliste.....	8
1. Innledning.....	9
1.1 Bakgrunn.....	9
1.2 Motivasjon for oppgaven og problemstilling.....	10
1.3 Oppgavens struktur.....	11
2. Forsyningssituasjon i Norge.....	13
2.1 Kraftsituasjon for vindkraft.....	13
2.2 Kraftsituasjon for vannkraft.....	16
3. Teoretisk rammeverk.....	18
3.1 Innhold.....	18
3.2 Samfunns- og miljømessige virkninger.....	18
3.2.1 Landbasert vindkraft.....	18
3.2.2 Oppgradering av vannkraftverk.....	23
3.3 Økonomisk teori.....	23
3.4 Øvrig relevant litteratur.....	25
4. Metode.....	28
4.1 Innhold.....	28
4.2 Samfunnsøkonomisk analyse.....	28
5. Data.....	34
5.1 Innhold.....	34
5.2 Datainnsamling av sekundærdata.....	34
5.3 Begrensinger ved utvalg.....	34
5.4 Beskrivelse av data.....	35
5.4.1 Roan vindkraftverk.....	35
5.4.2 Harpefossen kraftverk.....	36
5.4.3 Øvre Vinstra kraftverk.....	36
5.5 Mine forutsetninger.....	37
5.6 Reliabilitet og validitet.....	38
6. Resultater.....	39

6.1 Roan vindkraftverk.....	39
6.1.1 Identifisering av antatt samfunns- og miljømessige virkninger	39
6.1.2 Ikke- prissatte virkninger	43
6.1.3 Økonomisk verdsetting	45
6.1.4 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet.....	47
6.1.5 Usikkerhetsanalyse	48
6.2 Harpefossen vannkraftverk	49
6.3 Øvre Vinstra vannkraftverk	51
6.4 Samlet vurdering	52
7. Avslutning	54
7.1 Konklusjon.....	54
7.2 Videre forskning	55
Referanser	56
Vedlegg A	58
Vedlegg B.....	60
Vedlegg C.....	63

Liste over figurer

Figur 1.1: Prinsipp for vurdering av oppgradering av eksisterende vannkraftsinstallasjoner mot vindkraft.

Figur 2.1: Figuren viser installert vindkraft i Norge fra år 1997- 2017. Kilde: (NVE 2018e)

Figur 2.2: Geografisk fordeling av vindkraftverk, utbygd vindkraft, og vindkraft som er under utbygging per utgangen av 2018. Kilde: (NVE 2019a)

Figur 2.3: Utbygging av vannkraftverk. Kilde: (NVE 2019e)

Figur 3.1: Negativ eksternalitet ved utbygging av vindkraftverk

Figur 4.1: Flytdiagram for gjennomføring av samfunnsøkonomisk analyse. Kilde: (økonomistyring 2018)

Figur 6.1: Sensitivitet til netto nåverdi av Roan vindkraftverk for ulike faktorer

Figur 6.2: Sensitivitet for netto nåverdi for ulike faktorer av oppgradert Harpefossen vannkraft

Figur 6.3: Sensitivitet for netto nåverdi for ulike faktorer av oppgradert Øvre Vinstra vannkraftverk

Liste over tabeller

Tabell 2.1: Estimert arealbruk for et vindkraftverk ved installert effekt på 100 MW. Kilde: (NVE 2019a)

Tabell 6.1: Pluss- minus tabell for ikke- prissatte virkninger

Tabell A.1: Kostnader ved oppgradering av Harpefossen ved to alternativer. Kilde: (Hovemoen, E. 2012)

Tabell A.2: Kostnader ved oppgradering av Øvre Vinstra kraftverk. Kilde: (Hovemoen, E. R. 2012)

Tabell B.1: Netto nåverdi beregning av Roan vindkraftverk for 20 år.

Tabell B.2: Netto nåverdi beregning av oppgradert Harpefossen vannkraftverk for 20 år alternativ 0.

Tabell B.3: Netto nåverdi beregning av oppgradert Harpefossen vannkraftverk for 20 år alternativ 1.

Tabell B.4: Netto nåverdi beregning av oppgradert Øvre Vinstra vannkraftverk for 20 år alternativ 2a.

Tabell B.5: Netto nåverdi beregning av oppgradert Øvre Vinstra vannkraftverk for 20 år alternativ 3.

Tabell C.1: Forventningsverdi for Roan vindkraftverk

Tabell C.2: Følsomhetsanalyse for Roan vindkraft

Tabell C.3: Forventningsverdi for Harpefossen

Tabell C.4: Følsomhetsanalyse for Harpefossen alternativ 0

Tabell C.5: Følsomhetsanalyse for Harpefossen alternativ 1

Tabell C.6: Forventningsverdi for Øvre Vinstra

Tabell C.7: Følsomhetsanalyse for Øvre Vinstra alternativ 2a

Tabell C.8: Følsomhetsanalyse for Øvre Vinstra alternativ 3

Ordliste

MD: Miljødirektoratet

KU: Konsekvensutredning

MTA -plan: Miljø-, transport- og anleggsplan

NVE: Norges vassdrags- og energidirektoratet

NRV: Nasjonal ramme for vindkraft

1. Innledning

1.1 Bakgrunn

Fornybar energibransjen har hatt stor vekst i de siste tiårene forhold til fossil energi og i 2018 ble det satt utbyggningsrekord for femte år på rad totalt på 167 GW innen fornybar energi (Øvrebø 2019). Det har vært stor omstilling fra fossil energi til fornybar energi på grunn av kravet om reduksjon av CO₂- utslipp. Teknologiforbedringer, kostnadsreduksjoner og nye muligheter for finansiering har bidratt til at fornybar energisektoren har vært en drivkraft for økonomisk vekst for mange land. De fallende prisene har bidratt til at vindkraft har fått innpass i nye markeder, som har ført til økt salg (REN21 2019). I følge det internasjonale energibyrået International Energy Agency, (IEA 2018) er vind den nest største kraftkilden som har bidratt til vekst innen fornybar, men vannkraft er fortsatt forventet å forbli den største fornybare strømkilden fram til 2023. Fra tidligere prognoser forventes vindkapasiteten øke med 60 %, noe som tilsier 325 GW. I dette estimatet er det lagt inn 10 % havvind. Ifølge (REN21 2019) var Norge et av de europeisk landene utenfor EU som hadde installert mest vindkraft med 0,5 GW i 2018. Omsetning i Norge innen vindkraft ble femdoblet fra 1,7 milliarder kr i 2017 til 8,7 milliarder i 2018 (Øvrebø 2019).

Vindkraft framstilles som en verdifull fornybar energikilde, hovedsakelig på grunn av stor forbedring i energiteknologi innen vindkraft og påfølgende kostnadsreduksjon ved utbygging av vindkraft. Dette har medført til stor interesse for fremtidige investeringer innen vindkraft globalt og nasjonalt (2015). Som et land med gode vindforhold og lang kystlinje, stiller Norge med store vindkraftressurser sammenlignet med andre rekke land. Selv om det blåser mye i Norge og vi har store arealer pr innbygger, er det stor usikkerhet hvor mye vindressursene som det er foretaks- og samfunnsøkonomisk lønnsomt å benytte. Usikkerheten hvor mye av vindressurser som kan benyttes spilles av flere faktorer som begrensninger og restriksjoner av økonomiske og miljømessige art (Hofstad et al. 2005). I følge (Wüstenhagen et al. 2007) er sosial aksept en viktig faktor hvis regjeringen skal oppnå et mål som er rettet mot vindenergi. Bekymringer knyttet til de visuelle virkningene på landskap og økt fugledød, spesielt store rovfugler som hav- og kongeørn, er de viktigste årsakene til dette. I tillegg spiller NIMBY-syndromet (ikke i min bakgård syndromet) en rolle. For vindkraftprosjekter der samfunnet ikke gir sin aksept, oppstår det motsetninger mellom offentlig støtte til innovasjon innen ulike kilder av fornybar energi. Manglende sosial aksept gjør det vanskelig å realisere prosjekter som er rettet mot vindenergi. I følge (Loring 2007) er det mer sannsynlig med sosial aksept og

et vellykket prosjekt dersom det er høy offentlig deltakelse i planprosess av et prosjekt. Dette siste hjelper med å håndtere lokale innbyggers bekymringer og lette konflikter rundt prosjektet.

1.2 Motivasjon for oppgaven og problemstilling

Det har vært tidligere forskning innen vindenergi og vannkraft som (Tande & Vogstad 1999) og (Bélanger & Gagnon 2002). Målet med masteroppgaven min er å forlenge eksisterende studier, men innenfor vindenergi. Fokuset i oppgaven er rettet mot landbasert vindenergi. Viktige årsaker til dette som fokuset mitt, er økt forskning som er rettet mot vindenergi og at installert vindkraft har hatt en formidabel vekst i de siste årene. Samtidig ble min interesse for fornybar energi ble vekket gjennom forelesninger i NMBU. I de siste årene har Norge vist stor interesse og investert en del i vindkraft, selv om Norge produserer mesteparten av sin elektrisitet fra vannkraft. Med dette som utgangspunktet undersøker jeg om konkurransedyktigheten til vindenergi forhold til vannkraft i Norge. Samtidig hvilke faktorer som spiller inn når man vurderer samfunnsøkonomisk lønnsomhet for vindkraft.

Problemstillingen som blir satt opp er:

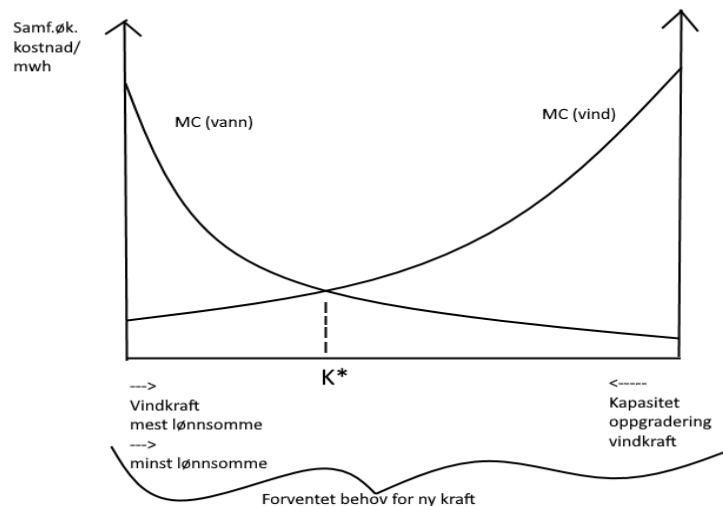
Hvilke faktorer påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomheten av vindkraft i Norge?

Det har vært teknologisk framgang som har bidratt til fallende investerings- og driftskostnader for vindkraft. Dette har ført til en del prosjekter som tidligere ikke var foretaks- eller samfunnsøkonomisk lønnsomme, kan bli lønnsomme i fremtiden. Et annet vesentlig element i lønnsomhet til vindkraftprosjekter er lokalisering, der faktorer som:

- Utbyggingskostnader ved det enkelte prosjekt.
- Kostnadene med å bygge nødvendig infrastruktur, i første rekke nytt høyspentnett.
- Miljømessige og kulturelle negative ringvirkninger, som kan føre til forskjeller mellom foretaks- og samfunnsøkonomisk lønnsomhet ved det enkelte prosjekt.

I tillegg til disse egenskapene ved vindkraft i seg selv, må vi også undersøke lønnsomheten ved alternativer til vindkraft. For Norge sin del innebærer dette i første rekke vannkraftutbygging. Verneplaner for vassdrag begrenser disse mulighetene, men oppgradering av eksisterende vannkraftinstallasjoner berøres vanligvis ikke av disse

verneplanene. I forhold til oppgaven blir det derfor viktig å se på kostnadene ved oppgradering av eksisterende vannkraftinstallasjoner. For å kunne undersøke lønnsomheten til vindkraft må det sammenlignes med oppgradert vannkraft og vindkraftverk som helhet. Samtidig er det viktig å se hvilke faktorer som spiller inn, ved vurdering av lønnsomhet for vindkraftverket.



Figur 2.1: Prinsipp for vurdering av oppgradering av eksisterende vannkraftsinstallasjoner mot vindkraft.

Figur 1.1 viser hovedprinsippet for vurdering av oppgradert vannkraft og vindkraft. Der har vi to marginalkostnader som er for vind og vann. Bredden på figuren viser forventet behov for ny kraft, mens skjæringspunktet i figuren, K^* , viser hvor mye av den totale kapasiteten som det er lønnsomt å fordele til vindkraft, mens den resterende delen, total kapasitet minus K^* , tilfaller vannkraft¹. Ved den horisontale siden, høyre side ser vi kapasiteten til oppgradering av vindkraft, mens ved venstre ser vi vindkraft som er mest lønnsomme og minst lønnsomme.

1.3 Oppgavens struktur

I kapittel 1 blir det presentert bakgrunnen for oppgaven, motivasjonen og problemstillingen. Kapittel 2 gir en bakgrunn for forsyningssituasjon i Norge for landbasert vindkraft og for oppgradert vannkraftverk. I kapittel 3 presenterer jeg det teoretiske rammeverket for oppgaven. I denne kapittelet skal den gi en oversikt samfunns- og miljømessige virkninger for

¹ Man kan også tenke seg flere fornybare alternativ til vindkraft enn oppgradering av eksisterende vannkraftinstallasjoner, men det siste er det som framstår som det mest realistiske alternativet både kostnadmessig og politisk. Om man ønsker å legge inn flere alternativer til vindkraft om å øke flere vindkraftverk gitt problemstillingen, ville det ikke føre til noen prinsipielle endringer i figur 1.1: Man ville bare erstatte kurven for vannkraft med en sammensatt kurve for alle realistiske alternativer.

vind og vannkraft. Dette kapitelet skal gi en oversikt over økonomisk teori som er relevant for oppgaven, samt andre relevante litteratur. Kapittel 4 skal gi oversikt over hvilke metode som blir benyttet, og hvordan denne utføres for å komme frem til mine resultater. Kapittel 5 gir en oversikt over data som har blitt brukt for å kunne svare på problemstillingen, og hvilke utfordringer som oppsto. Kapittel 6 skal gi en oversikt over resultater jeg har kommet frem til og hva disse resultater sier forhold til det teoretiske rammeverket. Her skal resultatene diskuteres. Kapittel 7 inneholder konklusjon og som skal besvare problemstillingen, samt gi et forslag på videre forskning.

2. Forsyningssituasjon i Norge

2.1 Kraftsituasjon for vindkraft

Ifølge (Meld. St. 25 (2015–2016) 2016) ønsker regjeringen lønnsom utbygging av fornybar energi og at kraftproduksjonen bør utbygges etter samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Figur 2.1 viser økning i vindkraftverk gjennom årene og installert vindkraftverk i Norge.



Figur 2.1: Figuren viser installert vindkraft i Norge fra år 1997- 2017. Kilde: (NVE 2018e)

Søylene i figuren viser total installert effekt i slutten av året. De lysegrønne delene av søylene viser installert effekt i begynnelsen av året, mens den mørkegrønne viser endring i effekt i løpet av året. I 2017 ble det produsert 2,85 TWh vindkraft i Norge og samlet installert effekt var på 1188 MW ved utgangen av 2017. Det innebærer at vindkraft stod for 1,9% av den samlede kraftproduksjon. Vindkraft som var under bygning ved utgangen av 2017 utgjorde 1590 MW, noe som utgjør 5,4 TWh årsproduksjon ifølge (NVE 2018e).

I følge (NVE 2019a) var det 610 operative vindturbiner i Norge fordelt på 35 forskjellige steder. I 2018 utgjorde den samlet installert effekt på 1695 MW, som i et normalår har en samlet produksjon på 5,3 TWh som er en økning fra 2017 (NVE 2018e). Dette tilsvarer det

årlige strømforbruket til ca. 265 000 husstander, som tilsvarer 4% av Norges totale kraftproduksjon.



Figur 2.2: Geografisk fordeling av vindkraftverk, utbygd vindkraft, og vindkraft som er under utbygging per utgangen av 2018. Kilde: (NVE 2019a)

Figur 2.2 viser vindkraftverk som er utbygd eller de som er under bygning ved utgangen av 2018. De lysegrønne sirklene viser hvilke områder som er under bygning, og størrelsen på sirklene indikerer forventet kapasitet ved hvert anlegg. De mørkegrønne sirklene viser vindkraft som er bygd og størrelsen av produksjonen. I følge (NVE 2019a) har den samlede produksjonen av vindkraft i Norge økt betraktelig i det siste årene. En medvirkende, årsak til det er at Norge ble en del av en felles elkraftmarked med Sverige i år 2012. Rapporten NRV (NVE 2019a) tilsier at i 2018 ble det ferdigstilt 8 vindkraftverk, og en utvidelse av

eksisterende kraftverk, noe som har ført til at den samlede produksjon ble estimert på 1,7 TWh. Ved utgangen av 2018 var 13 vindkraftverk under etablering med en samlet produksjon på 6,9 TWh. Ifølge rapporten (ibid) er det 37 vindkraftverkprosjekter med endelig konsesjon som ikke har påbegynt bygning, og den samlede produksjonen estimert til ca. 10,7 TWh. Selv om det er usikkerhet på hvor mye som blir bygget årene fremover, kan det forventes at vindkraft får en viktigere rolle i Norge.

Arealbruk i norske vindkraftverk

TYPE INNGREP	ESTIMERT AREALBRUK PER MW	ESTIMERT AREALBRUK PER GWH/ÅR
Internvei (lengde)	160 m	50 m
Adkomstvei (lengde)	40 m	12 m
Veier (før tildekking/tilbakeføring)	3 000 m ²	900 m ²
Veier (etter tildekking/tilbakeføring)	2 000 m ²	600 m ²
Kranoppstillingsplass	450 m ²	130 m ²
Servicebygg og transformatorstasjon	50 m ²	15 m ²
Direkte inngrep etter tildekking/tilbakeføring	2 500 m²	750 m²
Planområde	100 000 m²	30 000 m²

Tabell 2.1: Estimert arealbruk for et vindkraftverk ved installert effekt på 100 MW. Kilde: (NVE 2019a)

Ved utbygging av vindkraftverk oppstår det arealinngrep, der blir det utbygd anleggsveier, som også ofte blir kalt for internveier. De veiene blir ofte brukt i anleggsfasen for å transportere vindturbinkomponenter. I driftsfasen blir mange av internveiene brukt for vedlikehold og tilsyn. Adkomstvei er område som er mellom eksisterende veinett med interveinett. Mens kranoppstillingsplass som blir brukt når vindturbinen monteres. Ved utbygging av vindturbiner blir det utbygd kabler som gir strøm, sentral transformatorstasjon og servicebygg. Arealbruken til vindkraftverk kan varieres fra et prosjekt til et annet prosjekt. Ifølge nasjonale rammen for vindkraft (NVE 2019a) sier MD at et nytt vindkraftverk vil typisk ha et planområde på 100 dekar per MW. Tabell 2.1 vi ser hvor store arealangrep som oppstår ved estimert 100 MW installert effekt.

Drivere for utbygging av landbasert vindkraft i Norge

Faktorer som påvirker utbygging av vindkraftverk er ifølge (NVE 2019a):

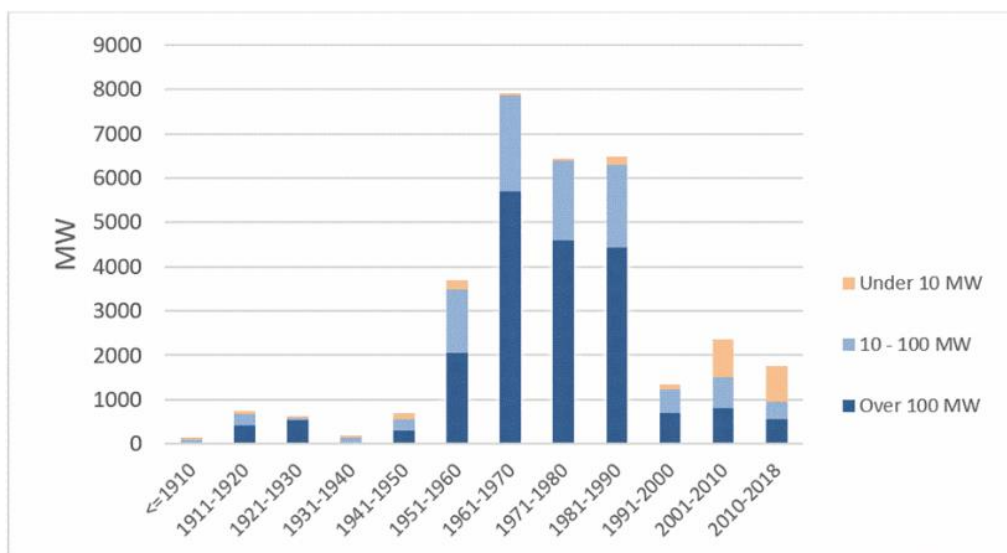
- Vindressurser i Norge
- Produksjonskostnadene for vindkraft har gått ned.
- EUs energi- og klimapolitikk gir høyere kraftpriser i Norge.
- Landbasert vindkraft er konkurransedyktig på pris forhold til andre kraftkilder.
- Reduksjon av klimagasser.

2.2 Kraftsituasjon for vannkraft

Oppgradering og utvidelse av vannkraftverk blir ofte kalt for O/U har som hensikt å i øke produksjon av vannkraft i eksisterende anlegg (NVE 2019e). Som regel innebærer opprustning en mer effektiv utnyttelse av vannmengden gjennom å modernisere og automatisere kraftverkene, for å kunne øke den totale virkningsgraden. Ved oppgradering av vannkraftverk oppstår det også reduserte driftsutgifter, forbedring i driftssikkerheten og mindre naturinngrep enn ved etablering av nye kraftverk.

Ved å reinvestere maskin- og elektroniske komponenter i vannkraftverk kan kraftproduksjonen øke med 3-5 %, dette skjer ved å bytte ut de gamle komponentene i eksisterende vannkraftverk (NVE 2019e). Utvidelse innen vannkraftverk skjer gjennom å øke kapasitet og slukeevne på vannveier eller ved å hente inn mer vann gjennom å øke magasinkapasitet.

Fra 1950-tallet og fram til 1980 har det blitt stort produksjon av vannkraft i Norge. Vannkraft er en av hovedkildene for strømproduksjon i Norge, der omtrent 1600 vannkraftverk som står for ca. 95 til 97 % av den norske strømproduksjonen (enerWE 2019). Selv om Norge har godt vedlikehold på vannkraftverkene sine, må de reinvesteres siden den tekniske alderen på vannkraftverkene utgår. Det forventes videre at det blir gjort nye reinvesteringer i de eksisterende kraftverkene årene fremover (NVE 2019e). Årsaken til at det ikke bygges ut så mange nye vannkraftverk er på grunn av verneplan for vassdrag. Verneplan for vassdrag går ut på å sikre den helhetlige nedbørsfelt med sin dynamikk og variasjon fra fjell til fjord. Det gis tillatelse til å oppgradere eksisterende vannkraftverk som ligger i de vernede vassdrag forutsatt at dette ikke fører til naturinngrep som bryter med vernebestemmelsene.



Figur 2.3: Utbygging av vannkraftverk. Kilde: (NVE 2019e)

Figur 2.3 viser oversikt over utbygging av vannkraftverk fra 1910 til 2018. Der de ulike fargene i søylene forteller hvor mye MW som blir produsert. Samtidig viser figuren at det var størst utbygging av vannkraftverk fra år 1951 til 1990. Ifølge (NVE 2019e) har halvparten av norsk vannkraftproduksjon gjennomgått oppgradering av eksisterende vannkraftverk gjennom de siste 20 årene. I den perioden har det blitt registrert 200 prosjekter som er oppgradert og utvidet. Disse prosjektene har bidratt til en samlet produksjonsøkning på ca. 4,5 TWh, der 2,3 TWh inngår i elsertifikatordning. De prosjektene hvor maskin- og elektroniske komponenter ikke har skiftet ut i de eksisterende vannkraftverk i de siste 20 årene, kan det forventes at produksjonen kan øke med maksimalt 3,4 TWh.

3. Teoretisk rammeverk

3.1 Innhold

I denne delen av oppgaven presenterer jeg teoretiske rammeverket som skal gi en beskrivelse for samfunns- og miljøpåvirkninger for landbasert vindkraft og oppgraderte vannkraftverk. Samtidig skal det presenteres økonomisk teori som skal binde sammen med kapitlet for samfunns- miljøpåvirkninger. Helt på slutten av dette kapitlet presenterer jeg tidligere litteratur som kan være relevant for denne oppgaven.

3.2 Samfunns- og miljømessige virkninger

3.2.1 Landbasert vindkraft

Fugl:

Ifølge (Miljødirektoratet 2019e) kan vindkraftutbygging påvirke mange ulike fuglearter, både trekkende og stasjonære. Ved vindkraftutbygging har det vist seg at fugler som rovfugl, sjøfugl, hønsefugl, vadere og spurvefugl blir påvirket. Leveområdene til mange fugler er allerede i sterkt press. Bekymringene er spesielt store for fugl som er på Norsk rødliste for arter fra 2015. Miljødirektoratet mener at virkninger av vindkraftutbygging for fugl avhenger av artens livssyklus, atferd og bruk av område. Ved utbygging av vindkraftanlegg er fugl utsatt for kollisjoner, fortrenning og forstyrrelser. NVE og miljødirektoratet mener at vindkraft bør bygges ut i steder hvor fugl ikke blir påvirket i sterk grad, dvs. der vindkraftutbygging ikke fører til belastning for relevante arter og blir truende.

Flaggermus:

Ifølge (Miljødirektoratet 2019c) har Norge 13 flaggermusarter, og seks av disse er rødlistet. En rekke europeiske flaggermusarter er i tilbakegang som har gjort at de har fått spesiell beskyttelse gjennom Bonnkonvensjonens regionale avtale EUROBATS. Denne avtalen går ut på at man ikke har tillatelse å skade eller forstyrre flaggermus i de periodene der de har forplanting og forflytning eller i de områdene de har hvileplass. Miljødirektoratet mener at flaggermus blir påvirket av vindkraftverk. Årsaken til dette er lungesprengning som følge av trykkvariasjoner i luftmassene induisert av rotorbladene, eller ved direkte kollisjon med

rotorbladene. Samtidig ved utbygging av vindkraftanlegg gir det tap på beiteareal og ynglesteder for flaggermus. Vindkraftutbygging i høyreliggende arealer som ligger nært dype fjorder, daler, øyer og odder ut mot havet er utgangspunkt områder med høy konflikt, siden her ligger de mest utsatte flaggermusartene.

Villrein, annet dyreliv, samisk reindrift og utmarksbruk:

Miljødirektoratet (Miljødirektoratet 2019f) viser til at Norge er et av det eneste land i Europa som har fjellrein. Ved utbygging av vindkraftverk, ferdsel, og annen menneskelig aktivitet er villrein svært sårbar. Utbygging av vindkraft kan påvirke dyrenes kondisjon og produktivitet. Etablering av vindkraftanlegg med tilhørende infrastruktur påvirker reinsdyrenes arealbruk, beiteutnyttelse og vandringsmulighet. Vindkraftanlegg i villreins leveområde vil føre til at villrein blir fortrent og forstyrret av anleggs- og utbyggingsaktivitet. Men hvor stor påvirkning det oppstår er avhengig av infrastruktur, beiteforhold og geografi.

Miljødirektoratet mener at fjellområder i Sør- Norge kan være den største utfordring på grunn av villreinstammer som kan befinne seg i fremtiden. Effekter på hvordan villrein blir påvirket av tekniske inngrep eller forstyrrelser er fortsatt et viktig tema innen atferdsforskning på villrein.

Ifølge (Miljødirektoratet 2019b) kan alle nye arealinngrepp gi direkte eller permanente fragmentering og tap av habitat for terrestrisk dyreliv. Hovedsakelig er det små konsekvenser ved utbygging av vindkraftverk. Annet dyreliv blir mer påvirket av menneskelig aktivitet enn selve terrenginngrep og infrastrukturen.

Samisk reindrift og annen utmarksbruk blir påvirket av utbygging av vindkraftverk. Disse virkningene oppstår i utbyggingsfase av vindkraftverk med tilhørende kraftledninger og veier ifølge (NVE 2019a) som gir negativ effekt på reinsdyr. I anleggsfasen oppstår den største negative virkningen på reindrift og utmarksbruk på grunn av økt menneskelig aktivitet, transport og anleggsarbeid som forstyrrer reinsdyra. Ved utbygging av vindkraftverk blir utmarkshøstning og utmarksbruk blir påvirket, siden infrastrukturen kan medføre virkninger på ressursgrunnlaget som er viktig for samers tradisjonelle bruk av et område. Positive virkning som følge av infrastruktur som gir lettere atkomst til områdene.

Naturtyper:

Miljødirektoratet (Miljødirektoratet 2019a) mener at vindkraftutbygging kan påvirke naturtyper på ulike måter og i ulike grad, men det er hovedøkosystemet som er mest utsatt ved vindkraftutbygging. De mener største utfordring av utbygging oppstår når naturtypene er

forbundet med sammenhengene arealer eller variasjon i naturtyper. For at det skal unngås at arealene med viktige naturtyper som kulturmark, fjæresone, skog osv ikke skal utsettes for økt press, må den enkelte utbyggingsprosjekt planlegges med tanke på hvordan man kan redusere presset og negative virkninger.

Landskap:

Utbygging av vindkraftverk fører til at den estetiske utseende og opplevelsen av landskapet blir endret. Dette er en spesielt stor bekymring for anlegg av vindkraftverk pga. omfattende areal påvirkning. I følge en felles rapport fra Miljødirektoratet og Riksantikvaren (Simensen et al. 2019) fører store vindkraftverk til ny type landskap. Denne rapporten konkluderer derfor med at samfunnet må prioritere enkelte områder eller typer av områder, og at det ikke bygges vindkraft i disse områdene. Disse etableringsrestriksjonene gjelder og for vernede områder. Samtidig må det legges til grunn og vurdering av konsekvensene av et vindkraftanlegg for landskapet, for hvilke virkninger vi får av vindkraftverket, hvor stor inngrep som oppstår, synlighet, visuelle forhold og påvirkning på landskapets innhold og endringsprosesser. God planlegging av veitraseer og terrenginngrep kan dempe de negative visuelle inntrykkene av vindkraftanlegg.

Friluftsliv og reiseliv:

Ifølge rapporten for friluftsliv (Miljødirektoratet 2019d) har det vist seg at områder som er mest aktuelle for vindkraft ofte er attraktive for ulike typer friluftslivsaktiviteter som krever store, og sammenhengende naturområder. Vindkraftutbygging fører til virkninger på friluftsliv. Utbygging av vindkraftverk endrer mulighetene for å utøve ulike typer fritidsaktiviteter, bl.a. som følge av sikkerhetssoner for opphold, forekomst av ville dyr og fugler, og inntrykkene av å være i et naturområde. Samtidig endrer vindkraft de visuelle sidene ved landskapet og fører til mye støy. Den visuelle påvirkning henger sammen med antall turbiner, landskapsområde, og virkning for naturopplevelse. Etter hvert som omfanget av «urørt» natur i Norge går ned, er det rimelig å anta at vindkraftutbygging påvirker mulighetene for friluftsliv i uønsket retning.

Den nasjonale ramme for vindkraft (NVE 2019a) mener at det ikke har ført til negativ påvirkning på reiselivsnæringsliv, men at det er mulig at vindkraftverk kan føre til reduserte framtidige muligheter for utvikling av reiselivsdestinasjoner. Ved utbygging av vindkraftverk blir reiseliv spesielt negativt påvirket når utbygging foregår på områder med vakkert

landskap, gjerne i kombinasjon med urørt natur eller områder som er essensielle for hensikten reisen, f.eks. fisketurisme og områder der det er friluftaktiviteter.

Kulturminner og kulturmiljøer:

Vindkraftverk påvirker kulturminner og kulturmiljø både direkte og indirekte. Ifølge (Riksantikvren 2019) oppstår de direkte virkning på kulturminner og kulturmiljø under anleggsfasen der det oppstår fysiske inngrep, og plassering av vindturbiner. De indirekte virkningene kan være fysiske og visuelle. Indirekte fysisk virkning kan være endring i mikroklima eller endret vanngjennomstrømming som påvirker bevaringsforholdene, mens de visuelle virkning er mer synlig endring i kulturminner og kulturmiljø. Hvor stor virkning vindkraftverk medfører avhenger av kulturminner/miljø sårbarhet, størrelsen, og hvor viktige kulturminnene og-miljøet er.

Selv om man kan redusere noen av de negative virkningene av vindkraftutbygging på kulturminner og -miljø, er det bred konsensus at man ikke utfører vindkraftutbygging i områder med kulturminner/-miljøer med nasjonal og regional interesse.

Naboer:

Rapporten fra (NVE 2018c) peker på at helårs- og fritidsboliger som ligger i nærheten av et vindkraftverk blir påvirket på forskjellige måter. Vindturbiner gir støy som kan påvirke omgivelsene. Vindkraftverk påvirker også den utseende for nærmiljø. Samtidig fører vindkraftverk lysmerking av vindturbiner som gjør dem synlige på kveld- og nattetid. Plassering av vindkraft er veldig viktig, dersom vindturbinene er plassert mellom sola, og en bolig eller hytte, kan det medføre skyggekast over eiendommen. Dette direkte virkninger av vindkraftverk som kan være negative virkninger for naboer, siden dette kan videre påvirke folkehelse og eiendomsverdi.

Drikkevann og forurensning:

I følge den nasjonale rammen for vindkraft (NVE 2019a) oppstår virkninger av vindkraftverk for drikkevann både i bygge- og driftsperioden. De største problemene oppstår vanligvis under anleggsfasen som følge av økt aktivitet og uønskede hendelser. Utslipp av miljøfarlige stoffer og økt partikkelavrenning er forhold som er spesielt omtalt. De omtalte utslippene kan være av olje og drivstoff fra biler, anleggsmaskiner, vindturbiner, veibygging, sprengning og erosjon. Endrede avrenningsforhold og økt menneskelig ferdsel i området når utbygging skal skje, øker risikoen for forurensning av drikkevann.

Elektronisk kommunikasjon og værradar:

Ifølge temarapporten for elektronisk kommunikasjon (NVE 2018d) vil vindkraftverk være en hinder for radiolinje- og TV-forbindelser. For at vindkraftverk ikke skal være en hinder for signalene må klareringssonene for vindkraft skje før utbygging og justere vindturbinene under prosjektering av anlegg. NVE mener at de negative virkninger av vindkraftverk kan reduseres ved egnet plassering av vindkraftanlegg.

Ifølge (NVE 2019a) vil værradar bli påvirket av vindkraftverk dersom vindturbinene er lokalisert slik at de forstyrrer radarsignalet.

Forsvaret og sivil luftfart:

NVE (NVE 2019b) nevner også at vindkraftverk påvirker Forsvarets elektroniske infrastruktur som f.eks. kontroll- og varslingsradarer. I tillegg utgjør vindkraftverk luftfartshinder. Dette kan føre til utfordringer ved flyplassen med militær lufttrafikk, militære skytefelt for fly og helikopter og Forsvarets lavtflyging. For at man skal unngå slike virkninger bør det ikke utbygges i områder hvor Forsvaret har eksisterende infrastruktur.

Ifølge (NVE 2019d) kan vindkraftverk medføre virkninger for sivil luftfart dersom vindturbinene ligger i samme luftrommet hvor den sivile luftfarten operer. Årsaken at vindturbinene kan være til hinder for flygning, og kan føre til økt kollisjonsrisiko. Samtidig forstyrre signaler i navigasjon- og overvåkning. Etablering av vindkraftverk krever derfor et regelverk for å redusere risikoen for ulykker og tap av menneskeliv.

Iskast og isnedfall:

Gjennom årene kan det forventes ising oppstå iskast i vindkraftverkene. Ifølge (NVE 2018a) kan iskast utgjøre risiko for folk som ferdes i vindkraftverkene, men sannsynlighet for at dette skal skje er lite. Konsekvensen for isnedfall er stor. Vindkraftverkene må holde seg unna jernbanelinjer, skiløyper og hvor det er stor turisme. Utbygging av vindkraft spesielt under vinteren gi en HMS- utfordring.

Landbruk:

Ved utbygging av vindkraftverk fører det både positive og negative virkninger på landbruk. Utbygging av vindkraftverk fører til at det blir noe mer krevende å utføre arbeid, samtidig blir kvaliteten på ressursen på landbruk noe redusert. De positive virkningene av vindkraft fører til økt tilgjengelighet til uutnyttede ressurser, og tettere kontakt mellom vindkraftutviklere og landbruksnæringen, som skaper positive synergier. Dette innebærer dialog mellom veitraseer.

De negative virkninger ved utbygging av vindkraftverk er inngrep i dyrka, dyrkbar mark, produktiv skogsmark og beiteressurser som medfører at ressursgrunnlaget blir redusert. De mest verdifulle områdene for landbruk er dyrka mark og beitearealer. For at det skal være mindre negative virkninger bør grunneiere og landbruksinteresser kontaktes i planlegging i vindkraftverk (NVE 2018b).

Mineralske ressurser:

Ifølge (NVE 2018b) kan vindkraftverk og mineralforekomster i drift medføre positive og negative virkninger. De positive virkning av utbygging av vindkraft er infrastrukturen til vindkraften som blir benyttet av alle parter, samt en tett oppfølging. Ved utbygging av vindkraftverk oppstår det negative virkninger som er restriksjoner på den daglige aktiviteten eller hindring av framtidig utvidelse av utvinningsaktivitet. Samtidig hvor det er inngrep på arealer med viktige mineralske forekomster blir det vanskelig å utføre utdrivning av ressursene i vindkraftverkets levetid. For å unngå de negative virkninger bør det ha tett oppfølging ved planprosessen av vindkraftverk.

Lokal og regional næringsutvikling:

Ved utbygging av vindkraftverk peker (NVE 2019c) på at det kan oppstå verdiskapning på lokalt og regionalt nivå, spesielt knyttet til bedre infrastruktur. Men samtidig kan utbygging av vindkraft føre til hinder for annen næringsutvikling, som hytteutbygging eller utmarksbasert næringsvirksomhet.

3.2.2 Oppgradering av vannkraftverk

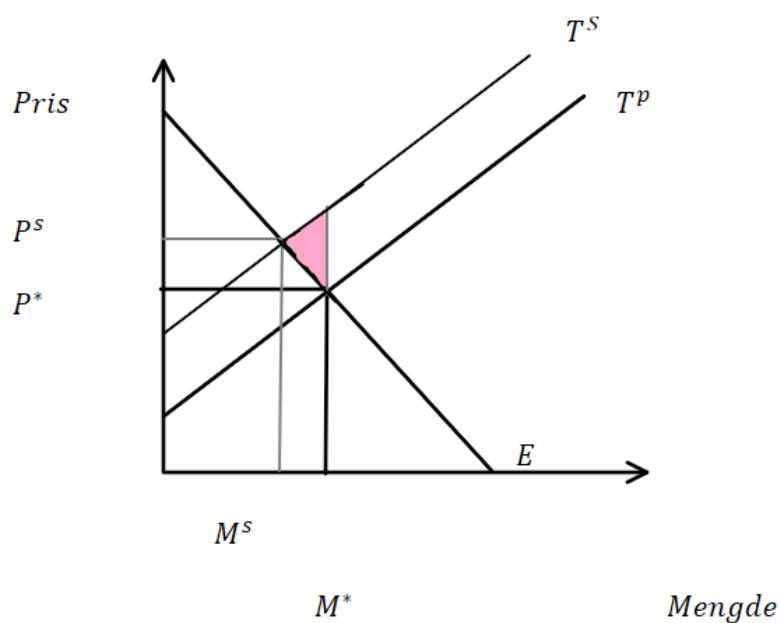
Ifølge (NVE 2013) ved oppgradering av vannkraftverk, vil det ikke føre til nye inngrep på naturen utenom eventuelle adkomstanlegg og riggplasser. Dette er midlertidige installasjoner som vanligvis fjernes etter at anleggsperioden er avsluttet. Dermed det få eller ingen negative samfunns- og miljøvirkninger ved oppgradering av vannkraftverk. Forekomst av uønskede virkninger som følge av oppgradering fører til økte samfunnsmessige kostnader ved oppgraderingen, noe som gjør slike oppgraderinger mindre samfunnsøkonomisk lønnsomme enn oppgraderinger uten slike virkninger.

3.3 Økonomisk teori

Ved utbygging av vindkraftverk har vi fått vite i del kapitlet 3.2 hvilke virkninger vi får fra utbygging av vindkraftverk om disse er positive eller negative virkninger. De negative og

positive virkninger blir også kalt for negativ og positiv eksternalitet. I del kapitlet for 3.3 økonomisk teori, skal jeg se hvordan disse virkningene påvirker samfunnsøkonomisk, dette ved å benytte økonomisk teori.

Eksternaliteter oppstår når økonomiske parter påvirker hverandre (positivt eller negativt) uten at det blir fanget opp i et marked. Når det oppstår negativ eksternalitet vil markedet oppnå for mye aktivitet enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt. Årsaken til dette er at hver enkelt aktør tar bare hensyn til sine egne kostnader eller nytte som oppleves selv. Ved eksternalitet tar private aktører ikke hensyn til hvilken effekt handling vil påføre tredjeparts velvære og hvordan dette påvirker samfunnet. Eksternaliteter fører til ineffektivitet enn det som er optimalt. Markedsløsning som kommer under fullkommen konkurranse er effektiv, siden den maksimerer samfunnsøkonomisk overskudd. Ved skatter og subsidier fører det til dødvektstap, som fører til at samfunnsøkonomisk overskudd blir redusert (Isaksen 2015).



Figur 3.1: Negativ eksternalitet ved utbygging av vindkraftverk

Figur 3.1 viser hva som skjer ved negativ eksternalitet (virkning). Disse negative eksternalitet er de som er nevnt i del kapitlet 3.2 som for et eksempel forurensing. E står for etterspørselskurve, mens T^p står for tilbudskurve, T^s tilbudskurve for samfunnet. Ved den horisontale linjen befinner mengde, og i vertikal befinner prisen. Skjæringspunktet mellom T^p og Etterspørselskurve, finner man mengde og pris som er produsert for produsent. Den optimale løsning for produsenten er P^* og M^* . Her tar bedriften ikke hensyn til private kostnader og miljøkostnader (Isaksen 2015). Ved negativ eksternalitet vil T^p skifte til venstre

som gir Ts. Den nye likevekten blir Ms og Ps. Dette er den optimale løsning for samfunnet. På grunn av den negative eksternalitet vil det føre til dødvektstap (samfunnsøkonomisk tap), som er den fargede område. Ved negativ eksternalitet vil vi få høyere pris, og mindre produsert mengde.

3.4 Øvrig relevant litteratur

Studien skrevet av (Saidur et al. 2011) undersøker hvilke egenskaper av vindenergi som gir belastning og effekt på miljø. Forfatteren mener at det er viktig å undersøke hvilke effekt vindkraftutbygginger gir på miljø før det konstrueres og foretas en beslutning. Denne artikkelen forklarer studien av vindenergi, problemer, løsninger og forslag som et resultat av implementering av vindmøller. Samtidig ser forfatteren hvilke positive og negative virkninger som blir påvirket av vindenergi. Det de kommer frem til er at vindenergi vil redusere miljøforurensing og vannforbruk. De negative virkninger som kan oppleves av vindenergi, er støyforurensing, visuell interferens og negative innvirkning på dyreliv.

(Blindheim 2013) går gjennom årsaker for at vindkraft og vindressurser ikke ble iverksatt og brukt i det norske markedet før 2010. Han benytter seg av en analyse som tar for seg nøkkeltallene på det strategiske, taktiske og operasjonelle nivået. Samtidig bruker han en tidslinje som skal definere hva de ulike aktørene har gjort for å oppnå målet. Blindheim (ibid.) finner at faktorer som politisk usikkerhet i støtteordning, vindkraftens rolle i energimarkedet generelt, usikkerheten på det strategiske nivået som skal ha ført flaskehals i konsesjonsprosessen eller at aktuelle investorer mente at den økonomiske risikoen var for høy for å investere i vindkraft før 2010.

(Bortolini et al. 2014) undersøker teknisk- og økonomisk gjennomførbarheten til små turbiner (SWT) for de fem viktigste EU-landene (Frankrike, Tyskland, Italia, Spania og Nederland). De benytter en økonomisk ytelsesmodell som vurderer de mest relevante tekniske og økonomiske faktorene som påvirker lønnsomheten til slike systemer. Analysen deres dekker turbiner med ulik nominell effekt fra 2,5 til 200 kWp, med påfølgende relevante tekniske spesifikasjoner. Den økonomiske modellen som de bruker inkluderer følgende faktorer (SWT økonomiske faktorer, som innkjøpe-, transport-, og installasjonskostnader, vindhastighetskvalitet, den nasjonale incentivlovgivningen og andre relevante økonomisk og økonomiske drivere, f.eks mulighetskostnader for kapital, inflasjonsrente, finansieringsrente, skattenivå, etc) ved vurdering av lønnsomheten til SWT. Det de kommer frem ved en slik

analyse er at det er flere faktorer som påvirker lønnsomheten til små vind turbiner, blant de faktorene spille de nasjonale insentivordningene fortsatt en avgjørende rolle.

(Tande & Vogstad 1999) studerer om implikasjoner av drift av vindturbiner i det norske hydrobaserte kraftsystem. Studien deres bruker tretti års data for fem for forskjellige steder der vindhastighet er målt for å undersøke forventet forsyning fra vindturbiner som ligger langs norske kystlinjen. De finner at forventet forsyning fra vindturbiner kan variere $\pm 20\%$, mens den totale årlig tilstrømning til norske vannkraftstasjonene kan variere $\pm 30\%$. Utfra en slik analyse kommer de frem til vindenergi er mindre variabel enn vannkraft når det gjelder energiforsyningen. Samtidig har de undersøkt endringene ved sesongvariasjoner som er estimert og sammenlignet med strømforbruk og tilstrømning til vannkraftstasjonene. Ved ytterligere analyser kommer de frem til at det alltid vil være ukentlig vindkraftproduksjon så lenge vindmøllene ligger både nord og sør i landet. De finner også at begrensninger i overføringskapasitet i de nordlige delene i Norge gjør det mer kostbart å utnytte det fulle potensialet for utnyttelse av vindressursene.

(Førsund et al. 2008) undersøker om virkningene på utnyttelse av eksisterende vannkraft i et område, der det er investert i vindkraft i samme regionen i den samme nettverk. De benytter seg av politisk- simuleringer ved bruken av en dynamisk systemomfattende modell som skal gjenspeile strukturen i det nordiske kraftmarkedet. Modellen som blir benyttet er den samme som brukes av norsk strømregulator og store vannkraftselskaper i Norge for planlegging av vann- og markedsanalyser. De analyserer forskjellige tilsigssituasjoner basert på tidligere observasjoner som går 60 år tilbake. Det de kommer frem til er at innføring av vindkraft fører til betydelig økning i nettverkstetthet i regionen, lavere vannkraftproduksjon, høyere lagringsnivå, økt søl av vann og betydelig lavere prisnivå i den aktuelle regionen.

(Thorburn & Leijon 2005) undersøker hvilke virkninger man får ved å oppgradere tidligere små vannkraftverk. Dette er en casestudie som blir undersøkt i Sverige, der de undersøker små vannkraftverk ved å bytte to generatorer og innføre kabelviklet. Resultatet de kommer frem er at forbedringer på små vannkraftverk fører til aktiv kraftøkning fra 8,9 til 9,4 MW per generator, noe som tilsvarer en økning på X% i produksjonskapasitet. For Sverige innebærer dette en økt årlig produksjon med 4,2 GW t.

(Rahi & Kumar 2016) undersøker oppussing og opprustning for eksisterende vannkraftverk ved bruk av en økonometrisk analyse av et 100 år gammelt eksisterende vannkraftverk som ligger i Himalaya. De viktigste bidragene som kommer frem ved denne studien er økt

kapasitet i eksisterende kraftverk og økonomisk gjennomførbarhet med minimale investeringer i minimumsperiode. Rahi og Kumar (ibid.) kommer frem til at slik tilnærming gir en stor betydning for samfunnet da det gir lite innvirkning på både samfunnet og miljø. Samtidig resulterer det med mer tilgjengelighet av mer energi og produksjonskapasitet.

4. Metode

4.1 Innhold

Denne delen av oppgaven skal jeg presentere hvilken metode som blir brukt for å kunne svare på problemstilling som er presentert i innledningsvis i oppgaven. Samtidig skal jeg beskrive hvordan jeg benytter av den utvalgte metoden. Hovedkilde i metode del er hentet fra Direktoratet fra økonomistyring (2018).

4.2 Samfunnsøkonomisk analyse

I privat og foretaksøkonomiske analyser omfatter inntekter og kostnader som direkte påvirker lønnsomheten til privatpersoner eller foretak. Eksempler som påvirker den private aktøren, er når aktøren mottar en subsidie eller betaler en avgift. Dette påvirker aktørens økonomi og legges til grunn ved beregning av lønnsomhet. Men dersom denne private aktøren eller bedriften utfører handlinger som påvirker samfunnet, som eksterne virkninger eks forurensing vil disse kostnadene ikke inngå i lønnsomhetsberegninger for den private aktøren eller bedriften.

Samfunnsøkonomiske analyser skiller seg fra privat- og foretaksøkonomiske analyser på to sentrale områder:

1. Den rene pengemessige verdien av en overføring, f.eks. en subsidie eller en avgift, inngår ikke i samfunnsøkonomiske kalkyler. Årsaken til det er at dette kun er interne overføringer i økonomien, dvs. at samfunnet verken blir rikere eller fattigere av disse overføringene.
2. Eksterne effekter påvirker andre samfunnsaktører, og andre mister den økonomiske mulighet som gjør at disse inngår i samfunnsøkonomiske analyser. Noen ganger kan man finne disse gevinstene eller kostnadene ved å se bruke anslag for endringer i inntekter fra markedet. I andre situasjoner er det vanskelig å finne direkte markedsrelaterte virkninger av eksterne effekter, f.eks. ved miljøeffekter eller endringer i allmenhetens bruk av natur. Her må man bruke andre studier for å kunne vedsette disse virkningene som skal inngås i samfunnsøkonomiske analyser. Det mest vanlige metoden ved å verdsette eksterne virkninger, er å benytte betinget verdsetting.

I forlengelsen av pkt. 2 ovenfor, er formålet med samfunnsøkonomiske analyser derfor å finne ut om samfunnet som helhet blir rikere eller fattigere av de valg aktørene gjør. I forhold til temaet for oppgaven min om vindkraftutbygging og oppgradering av eksisterende vannkraftverk, må det utføres en samfunnsøkonomisk analyse som skal fange opp endringer i miljø og endringer i folks velferd som følge de to alternativene. Nytte-kostnadsanalyser er en sentral del av slike analyser, der man vurderer alle mulige virkninger, i denne oppgaven av de to alternativene.

En samfunnsøkonomisk analyse er en utredning som utføres før man bestemmer om et prosjekt bli gjennomført. Samfunnsøkonomiske analyser bidrar til at politikere og andre beslutningstakere får en solid analyse som gir et beslutningsgrunnlag når de skal utføre tiltak. En samfunnsøkonomisk analyse fanger opp alle typer relevante virkninger for alle grupper i samfunnet som blir berørt av et tiltak, selv om de er positive eller negative virkninger. Samtidig tar en slik analyse med hvordan tiltaket påvirker ressursbruken eller velferden til noen i samfunnet. Samfunnsøkonomiske analyser er derfor en del av beslutningsgrunnlaget før tiltakene gjennomføres. Slike analyser har til hensikt å finne ut hvilket prosjektalternativ som totalt sett er mest lønnsomt for samfunnet. Samfunnsøkonomisk lønnsomhet vil gi både positive og negative virkninger for noen grupper i samfunnet. For virkningene blir det gjort en selvstendig analyse, som legges som tilleggsinformasjon til beslutningstaker.



Figur 4.1: Flyttdiagram for gjennomføring av samfunnsøkonomisk analyse. Kilde: (økonomistyring 2018)

Figur 4.1 viser åtte arbeidsfaser som blir utført for å gjennomføre samfunnsøkonomisk analyse og som er kravene fra (finansdepartement 2014) . Her viser jeg til hvordan jeg benytter av figur 4.1.

Arbeidsfase 1: Beskrive problemet og formulere mål:

Denne delen av analysen går ut å komme frem med en problembeskrivelse, herunder hvilke uløste problemer som kan fortelle hvilke prosjekter offentlige bør iverksette på et område. Eventuelt prosjekter som ikke realisert, samt at de problemene som man har satt er reelle og at de bidrar til samfunnet. Problemstilling som blir satt opp skal være nullalternativ, som skal beskrive dagens situasjon og som gir forventet videre utvikling hvis ingen tiltak blir foretatt for nullalternativ som blir satt for.

For den første arbeidsfasen har jeg satt problemstilling som er presentert i begynnelsen av oppgaven som blir nullalternativ, som skal svare på hvilke faktorer som påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomhet av vindkraft i Norge. Her skal man kunne svare på om vindkraft er samfunnsøkonomisk lønnsomt, samtidig skal jeg undersøke om vindkraft er konkurransedyktig forhold til oppgradert vannkraft. Her tar jeg for gitt at vi trenger ei viss kraftmengde om det vindkraft eller oppgradert vannkraft. Der oppgradering er en vesentlig del av relevante alternativ for økt kraftproduksjon.

Arbeidsfase 2: Identifisere og beskrive relevante tiltak:

I arbeidsfase 2 skal man beskrive alle relevante tiltak, og gi et grundig arbeid som gir en god analyse. I denne fasen skal man komme med aktuelle tiltak som kan komme til samme mål. Med aktuelle tiltak som kommer til samme mål er for et eksempel at man som nullalternativ sier at man utbygger et vindkraftverk i et område ifølge konsesjon, den andre alternativet vil være hvilke endringer vi kan gjøre hvis nullalternativet ikke blir utført for å utbygge vindkraft. Her kommer vi til samme mål, men på ulike måter. I tiltakene bør det komme frem hva tiltakene går ut, hvem gjennomfører dem, hvordan og når skal de gjennomføres. Her henger arbeidsfase 1 og 2 sammen.

Arbeidsfase 3: Identifisere virkninger:

I arbeidsfase 3 skal man identifisere virkninger av tiltakene man har satt opp. Her bør man sette opp hvem som blir berørt av disse tiltakene, og hvor stor er virkning. Hvis man finner statistikk, bør de tallfeste og beskrive karakteristika ved gruppen(e). Disse virkningene omfatter nyttevirkninger (positive virkninger) og kostnadsvirkninger (negative virkninger).

Eksempler på nyttevirksomheter av et tiltak kan være redusert kriminalitet, færre arbeidsskader og tilbud for barnefamilier. Mens de kostnadsvirkninger kan være investerings- og driftskostnader, forurensning eller kostnader ved tilsynsoppgaver. I noen tilfeller kan virkningene overlape med hverandre, med dette menes at for en gruppe kan en virkning være positiv, mens for en annen gruppe være negativ. I slik tilfelle vil disse virkningene påvirke den totale samfunnsøkonomisk nytte av tiltaket. Hvis det skal være snakk om overføring av verdier fra en gruppe til en annen, må overføringen beregnes på begge sider, eller ingen i lønnsomhetsberegning.

I denne delen av oppgaven tar jeg for meg hvem som blir berørt av de to alternativene: vindkraftverk eller oppgradering av vannkraftverk. Samtidig skal estimatene for samfunns og miljøvirkningene gi beslutningstakerne på samfunnsnivå innsikt i om disse virkningene er negative eller positive, samt hvordan disse virkningene påvirker samfunnsøkonomien.

Arbeidsfase 4: Tallfeste og verdsette virkninger:

I fase 4 skal man tallfeste og verdsette nytte- og kostnadsvirkninger av de ulike alternativene i kroner så lenge det er mulig og hensiktsmessig. Det skal være en passende enhet for å beregne virkningene i fysiske størrelser, for eksempel antall sparte årsverk, sysselsetting, og utslipp. Som hovedregel skal man bruke markedspriser fra privat sektor for å verdsette virkningene i kroner. Dersom det skal verdsettes av liv og helse bruker man verdien av statistisk liv som verdsettingsmetode.

Noen virkninger er det vanskelig å verdsette i kroner. Hvis noen virkninger er vanskelige å verdsette og er usikre, kan de heller vurderes i fysiske størrelser. Hvilke virkninger som bør tallfestes avhenger derfor av nettogevinsten ved tallfesting og disse virkningene kan bidra med å ta en beslutning. Noen virkninger kan ikke tallfestes eller verdsettes i kroner, skal de vurderes kvalitativt. Med dette menes å bruke pluss-minusmetode eller ved beskrive virkningene. Dette gjelder for prissatte virkninger og ikke- prissatte virkninger.

Her skal jeg tallfeste og verdsette nytte- og kostnadsvirkninger av vindkraftverk og oppgraderte vannkraftverk i kroner så lenge det er faglig forsvarlig. Samtidig benytte pluss-minusmetode for virkninger som det er vanskelig å tallfeste. Disse tallene blir brukt til å beregne samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Hvor disse tallene blir hentet fra, blir beskrevet nærmere i data delen.

Arbeidsfase 5: Vurdere samfunnsøkonomisk lønnsomhet:

I fase 5 skal samfunnsøkonomisk lønnsomhet beregnes for de virkninger som er verdsatt i kroner. Samfunnsøkonomisk lønnsomhet betyr hovedsakelig at en nyttevirkning er lik befolkningens betalingsvillighet for å oppnå den. For å vurdere om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt må befolkningens betalingsvillighet minst være lik hva tiltaket koster. Dette vil si at nyttevirkninger overstiger summen av kostnadene. Hvis man sammenligner virkninger som inntreffer på ulike tidspunkt, benytter man en beregningsmetode som blir kalt for nåverdimetode. Dette vil si å diskontere alle fremtidige kostnader og nyttevirkninger med en kalkulasjonsrente. Når man beregner samfunnsøkonomisk lønnsomhet, tar man hensyn til prissatte nytte- og kostnadsvirkninger ved beregning. Samtidig skal vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet vurdere ikke-prissatte virkninger, og hvor stor lønnsomhet gir disse virkningene.

Formel for beregning av netto nåverdi:

$$NNV = U_0 + \frac{U_1}{(1+k)} + \dots + \frac{U_n}{(1+k)^t}$$

U_0 = nyttevirkning eller kostnadsvirkning som er i år 0. Ved kostnad som investeringskostnad skal det legges inn negativt fortrinn

U_1 til U_n = er netto nytte i år 1 til n.

K = står for kalkulasjonsrente

$\frac{1}{(1+k)}$ = er diskonteringsfaktor

n = står for tid (vanligvis antall år) tiltaket varer, også kjent som analyseperioden.

Nåverdimetode innebærer å diskontere alle fremtidige nytte- og kostnadsvirkninger med en valgt kalkulasjonsrente. Dette vil si at alle størrelser blir uttrykt i dagens verdi. For at man skal beregne samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltak, må analyseperiode og kalkulasjonsrente først fastsettes, siden størrelsen på disse har stor betydning om et tiltak er lønnsomt eller ikke.

Valg av kalkulasjonsrente i samfunnsøkonomiske analyser kan føre til at resultatet av nåverdiregningene slår ulikt ut, spesielt for tiltak med lang analyseperiode der fordeler og ulemper ved tiltaket er skjevt fordelt over tid. Dette gjelder f.eks. visse utbyggingskostnader og miljøkostnadene er størst i anleggsfasen, mens fordelene ved prosjektet først kommer i påfølgende år.

I denne fasen beregner jeg samfunnsøkonomisk lønnsomhet for vindkraftverk og oppgradert vannkraft, der resultatene av nåverdiene kommer frem i resultat del.

Arbeidsfase 6: Gjennomføre usikkerhetsanalyse:

I denne fasen skal det analyseres hvilke kritiske usikkerhetsfaktorer påvirker lønnsomhet, for et eksempel hvordan utbyggingskostnader påvirker lønnsomhet for de ulike tiltak. For ikke-prissatte virkninger blir det utført kvalitativt vurdering av usikkerhet. I denne fasen man ta en vurdering av risiko, for hvordan man kan håndtere risikofylte aktiviteter. Hvis det er usikkerhet på fremtidige nytte-kostnadsvirkninger, bør man vente med tiltaket.

Denne delen av fasen vises frem i resultat del, for vindkraftverk og oppgradert vannkraftverk.

Arbeidsfase 7: Beskrive fordelingsvirkninger:

Denne delen av fasen presenterer fordelingsvirkninger, med dette menes hvilke grupper som blir påvirket av tiltaket selv om tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt, og hvordan disse blir påvirket. En slik analyse kan være viktig, siden grupper som blir berørt, kan bli en del av en beslutning. I forhold til temaet i denne oppgaven kan det gjelde urbefolkning, der Norge er forpliktet av internasjonale avtaler, eller at enkeltgrupper bærer en uforholdsmessig stor andel av kostnadene ved tiltaket, f.eks. lokalbefolkning.

Her må man ta en vurdering om kostnadsvirkninger er større en nyttevirkninger for vindkraft og oppgradert vannkraftverk, før man tar en slik analyse. Denne arbeidsfasen kan bli ansett som tilleggsinformasjon, og som må vurderes om dette skal tas med i vurderingen. Her må man vurdere om en slik analyse skal utføres.

Arbeidsfase 8: Gi en samlet vurdering og anbefale tiltak:

Arbeidsfase 8 skal gi en anbefaling hvilke tiltak som er lønnsom, dette basert samfunnsøkonomisk analyse. Vurdering om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsom, som er basert på beregning av netto nåverdi, ikke- prissatte virkninger og usikkerhet. Mens fordelingsvirkninger og andre spørsmål blir satt som tilleggsinformasjon for beslutningstaker ved vurdering av et tiltak, som kan påvirke beslutning.

I arbeidsfase 8 vil resultatene av analysene bli diskutert i kapittel 6. I kapitel 7 fortelle hva man har kommet frem til og besvare på problemstilling.

5. Data

5.1 Innhold

I denne delen av oppgaven skal jeg presentere hvilke data som har blitt benyttet for å kunne besvare problemstillingen og hvor de er hentet fra. Datakapitlet omhandler også årsaker til begrensinger ved utvalg av data, og en beskrivelse av datainnsamlingen. Samtidig skal denne delen presentere hva reliabilitet og validitet er for datainnsamlingen.

5.2 Datainnsamling av sekundærdata

Det finnes to typer data: primærdata og sekundærdata. I denne studien benytter jeg av sekundærdata. Med sekundærdata menes informasjon eller data som er samlet av andre og er samlet for deres formål i stedet for problemstillingen til forskningsstudiet. Primærdata er data som ikke eksisterer fra før og som er samlet inn for studiens formål. Dette gjør at primærdata ofte blir mer målrettet i forhold til problemstillingen, eksempler på primærdata er intervjuundersøkelser og direkte studier av atferd, f.eks. i tilknytning til økonomiske eksperiment.

For denne studien har jeg utført systematisk søking som metode for litteratursøk, der litteraturen blir drøftet mot resultatene i samsvar med anbefalinger for forskningsmetodikk (Rienecker & Jørgensen 2013). For å kunne finne de relevante litteratur har jeg blitt benyttet Google Scholar som søkemonitor, der søkeord har vært; upgraded hydropower, wind power in Norway, enviromental impact of wind enegy og factors that effect wind power. For å kunne besvare denne studien har jeg benyttet NVE sine sider for konsesjonssaker², for å finne vindkraftverk og oppgraderte vannkraftverk som kan være relevant for oppgaven. Data fra de utvalgte av kraftverkene skal hjelpe med å besvare problemstilling. Resultatene fra disse kraftverkene skal drøftes mot litteratur. Hvilke kraftverk som blir benyttet for oppgaven, se nærmere på avsnitt 5.4 om beskrivelse av data.

5.3 Begrensinger ved utvalg

For denne studien oppsto det begrensinger ved utvalg. De viktigste årsakene til dette er manglede ressurser og tilgjengelig tid for gjennomføring av denne oppgaven, ikke har gjort det mulig med mer omfattende datainnsamling. Årsaken til at jeg bestemte meg til å benytte bare et vindkraftverk er at det er så stor variasjon mellom ulike vindkraftverk (ulike størrelser

² <https://www.nve.no/konsesjonssaker/?ref=mainmenu>

for kraftverkene, ulik utbyggelsestid, ulik kapasitet og ulike virkninger av utbyggelse av vindkraftverk) som ville kreve en langt mer omfattende datainnsamling enn det disponibel tid tillater. Dette begrenser gyldigheten av vindkraftanalysene, som heller på ses på som en indikasjon på kostnadene ved slike kraftverk.

For vindkraft måtte jeg ta vurdering på hvilke data jeg hadde tilgjengelig og når de ble bygget ut. Jeg bestemte meg for Roan vindkraftverk fordi dette vindkraftverket er ganske representativt for mange vindkraftverk med utbygging over store fjellområder. Roan vindkraftverk ligger i fjellene vest og øst for Einarsdalen i Roan kommune i Trøndelag. Samtidig på grunn av lite tilgjengelig med tid og ressurser bestemte jeg for Roan vindkraftverk som jeg har skrevet et semesteroppgave med en gruppe (Ullah et al. 2019). I semesteroppgaven har det blitt foretatt en nytte-kostnadsanalyse for flere alternativer for Roan vindpark. I semesteroppgaven har tallene blitt tatt fra NVE sine sider. Endringer som blir gjort i masteroppgaven for Roan vindkraftverk er å rette på feil som ble gjort i semesteroppgaven, samt bruke endrende priser slik at jeg får andre resultater for analysen. Samtidig er det andre forutsetninger som blir lagt til grunn for å besvare problemstillingen.

For oppgraderte vannkraftverk har jeg benyttet to kraftverk. For oppgradert vannkraft er det lettere å sammenligne og ta en helhetsvurdering, siden man slipper å se hvilke virkninger som oppstår ved oppgradering. Hovedårsaken til at det er så få utvalg er tilgjengelighet av data.

For oppgraderte vannkraftverk oppsto det større utfordringer, der i NVE sine sider for konsesjonssaker fikk jeg informasjon om hvilke kraftverk ble oppgradert og hvem utbyggerne var. Men informasjonen jeg ønsket i forhold til problemstillingen var ikke åpent tilgjengelig for mange kraftverk. Derfor måtte jeg ta direkte kontakt med utbyggerne, og se om de var villige til å gi informasjon ut. Selv om det er begrensinger ved utvalg, mener jeg at datamaterialet fanger opp en del vesentlige trekk ved kostnadene med oppgradering.

5.4 Beskrivelse av data

5.4.1 Roan vindkraftverk

Roan vindkraftverk med nettilknytning er lokalisert i Roan kommune i Sør-Trøndelag. Roan kommune er en kystkommune som har ei lang kystlinje og mange tilhørende øyer.

Kommunen består av mye fjellandskap, det finnes også en del jordbruks- og skoglandskap, hvor mye er barskog. Roan kommune har et areal på hele 373km². Det vil bli bygget ut 71 vindturbiner med effekt på 3,6 MW, navhøyde 87m og rotordiameter 117m. Samtidig har det blitt bygget ut adkomstvei og internveier på til sammen ca. 70 km. Internveiene er på ca. 55

km, mens adkomstveier utgjør ca. 15 km. Det forventes at kranoppstillingsplasser på hver enkelt vindturbin skal utgjøre ca 1,5 daa. Det skal være 33 kV kabelanlegg mellom vindturbinene og trafostasjonene i planområde. Det er to 33/132kV trafostasjoner i Einarsdalen (Roan vest) og på Haraheia (Roan øst) som har en ytelse på 20 og 124 MVA. Det er et driftsbygg i Einarsdalen. Samtidig blir det bygget nødvendige høyspennings apparatanlegg. Ved optimalisering av vindkraftverkene i Roan, Storheia, Kvenndalsfjellet og Harbarksfjellet vil det bli installert effekt i Roan vindkraftverk til 255,6 MW (DA 2016). Vindkraftparken har en byggestart i 2016 og er opprettet av Fosen Vind DA. Det er anslått at vindparken blir ferdigstilt ca. 3 år. Levetid for et vindkraftverk er vanligvis 25 år. Derfor forventes at den økonomiske levetid vil være 25 år, fra 2016. Når levetid for et vindkraftverk er over, kan man utføre analyser om det er mulig å oppgradere vindmøllene, eller finne andre løsninger (ibid). Årsproduksjonen per år for Roan vindkraftverk er på 900 GWh/år (Vind 2019).

5.4.2 Harpefossen kraftverk

Harpefossen er et vannkraftverk som ble bygget i 1965, som befinner seg i Sør- Fron kommune. Det ble en oppgradering av Harpefossen kraftverk i 2016. Kraftverket har en årsproduksjon på 480 GWh/år og en installert effekt på 2x 54 MW (E-CO 2019a). For oppgradering av Harpefoss ble det vist to alternativer ved oppgradering. Her tar jeg en vurdering av lønnsomhet for begge alternativer, der jeg vurderer hvilke alternativ er lønnsom. Ved beregning benytter jeg tallene fra vedlegg A, tabell A.1. Disse tallene har jeg fått fra utbyggerne Opplandskraft Da og Eidsiva Energi (Hovemoen, E. 2012). Alternativene som ble satt opp var som følger:

Alternativ 0: Rehabilitering av eksisterende løpehjul

Alternativ 1: Nye løpehjul og nytt oljetrykkanlegg

5.4.3 Øvre Vinstra kraftverk

Øvre Vinstra ligger ved Slangen i Nord- Fron kommune. Er et kraftverk som ble bygget i 1959, og ble oppgradert i 2016. Det er installert to Francisaggeragater som gir en samlet ytelse på 140 MW. Etter oppgradering av vannkraftverket økte effekten til 170 MW (2x 85 MW) og slukeevnen til 60 m³/sek. Etter oppgradering ga den en årlig produksjonsøkning på ca. 10 GWh, og redusert flomtap ca. 4 GWh per år. Årsproduksjon er på 680 GWh/år (E-CO 2019b). Kraftverket Øvre Vinstra eies av Opplandskraft DA, der E-CO eier 75%. For oppgradering av Øvre Vinstra fikk jeg fire alternativer, der jeg bare benytter to alternativer.

Disse er alternativ 2a og 3. Årsaken for akkurat disse alternativene, fordi tallene for 2b og 1 har veldig like tall for alternativ 2a. Jeg benytter vedlegg A, tabell A2 for beregning av lønnsomhet (Hovemoen, E. R. 2012) og kommer med en vurdering for hvilke alternativ er lønnsom. For oppgradering av Øvre Vinstra ble disse alternativer satt opp fra utbyggerne:

Alternativ 2a: Slukeevne økes fra 48,5 m³/s til 58m³/s. Transformatoreffekt øker fra 140 MW til 160 MW. Alle ikke innstøpte turbindeler og begge statorer byttes ut.

Alternativ 3: Slukeevne øker til 61 m³/s. Transformatoreffekten øker til 170 MW. Og alle turbiner og generator skiftes ut.

5.5 Mine forutsetninger

For å kunne sammenligne lønnsomheten for kraftverkene, har jeg satt disse forutsetninger for oppgaven:

- Levetid: 20 år
- Kraftpris: 42,5 øre per kWh³
- Kalkulasjonsrente: 4%

Et vannkraftverk har en levetid på 20 år, mens for et vindkraftverk har levetid på 25 år. Siden jeg vil se på lønnsomheten til alle kraftverk med de samme forutsetningene, setter jeg levetiden på 20 år. Ifølge (økonomistyring 2018) skal kalkulasjonsrente være på 4%, dersom et prosjekt har et levetid fra 0- 40 år. Jeg bruker priskalkulasjon fra SSB (SSB 2019c) for å omgjøre tallene for dagens priser (november 2019). Årsaken til at jeg bruker dagens priser, er for å kunne vurdere om disse kraftverkene er lønnsomme for de gitte prisene. Også fordi kostnader for kraftverkene er fra forskjellige årstall. Kostnader for Harpefossen er fra 2012, Øvre Vinstra fra 2011 og for Roan vindkraftverk 2008 og 2016. Siden jeg ikke har fått informasjon for årsproduksjonen for Harpefoss, antar jeg at årsproduksjonen er på 480 GWh/år for begge alternativer. Årsproduksjonen er hentet fra hjemmesiden til E-CO (E-CO 2019a). For Øvre Vinstra forutsetter jeg at årsproduksjonen er på 680 GWh/år for begge alternativer (E-CO 2019b) siden jeg ikke har denne informasjonen tilgjengelig fra utbyggerne.

³ Er hentet fra SSB, datert 18.november 2019. Denne prisen er gjennomsnittsprisen på elektrisitet for husholdninger, eksklusiv avgifter og nettleie (SSB 2019a).

5.6 Reliabilitet og validitet

Gjennom studien har jeg innhentet data som allerede eksisterer og er lagret av andre. På bakgrunn av dette er reliabilitet og validitet to sentrale begreper som må tas hensyn til. Reliabilitet går ut på pålitelighet av data og om denne dataen viser den virkelige situasjonen og i hvilke grad kan den etterprøves (Sander 2019). Reliabilitet kan måles fra høy til lav reliabilitet. Med høy reliabilitet vil si at alle uavhengige målinger av de samme data som andre har gjort skal gi resultater som er nesten identiske. Reliabilitet for denne studien er høy, siden dataen som er innhentet fra pålitelige kilder. Disse dataene har blitt brukt til nesten samme formål som går ut på å ta en vurdering av den foretaks- og samfunnsøkonomiske lønnsomheten ved kraftverkene. Dette medfører at disse dataene viser den virkelige situasjonen, og kan etterprøves i noe grad.

Begrepet validitet handler om gyldighet til en studie og hvor stor grad er denne studien overførbar (Dahlum 2018). Validitet deles i to deler, indre og ytre validitet. Indre validitet handler om hvilken grad resultatene er gyldige for utvalget og studien som er undersøkt. Dette vil si om studien faktisk måler det den har hensikt å måle. Mens den ytre validitet handler om hvor stor grad kan utvalget/ studien overføres til andre situasjoner. Når en studie har høy validitet vil dette si at studien kan overføres til andre situasjoner. For at man skal vurdere indre validitet kan man sammenligne til andre studier og teorier (Sanders 2019). For å undersøke validitet til masteroppgaven har jeg sammenlignet mine resultater av andre studier og teori som styrker validitet for oppgaven.

6. Resultater

I resultat- delen benytter jeg av samfunnsøkonomisk analyse som er beskrevet i metode del kapittel 4. Denne metoden skal gi en vurdering av resultatene jeg har funnet. Samt gi en beskrivelse overfor for de ulike arbeidsfasene, hvordan disse arbeidsfasene ble benyttet for å komme frem til de resultatene.

6.1 Roan vindkraftverk

6.1.1 Identifisering av antatt samfunns- og miljømessige virkninger

I dette avsnittet beskriver jeg de viktigste negative virkningene der det er foretatt en økonomisk vurdering (prissetting) av virkningene. Estimatene for disse effektene kommer i avsnitt 6.1.3.

Før et vindkraftverk kan bygges ut må den ha godkjenning av NVE, der vurderer de hvor store disse virkninger er, og om kraftverket er lønnsomt. Samtidig må de vurdere reaksjonene til de viktigste interesser som berøres av utbygningen. Eksempel på interesser for dette kraftverket er lokal befolkning og lokalt næringsliv, staten, og ulike foreninger. Før det ble endelig godkjenning på 71 turbiner, sendte Fosen Vind DA et forslag på 110 turbiner som ble avslått.

Her skal jeg se hvilke virkninger vi får ved utbyggelse av vindkraftverk og om disse virkningene ble redusert fra mange turbiner til redusert turbiner på 71 som ble godkjent. Jeg kaller forslaget for 110 turbiner for alternativ 0, mens den endelige godkjenning som jeg tar en analyse av for alternativ 1.

Landskap:

Ifølge konsekvensutredning for landskap (AS 2008) blir landskap påvirket ved utbygging av vindkraftparken og er et av konfliktområder i Roan kommune. De konfliktområdene er på sørsiden av Skjøråfjorden og litt av de nordre delene av heiområdene i Åfjord kommune. Områdene som befinner i kyst sør for Harbaksfjellet og nord for Bessaker er effektene ubetydelige. Landskapet som befinner seg i Roan kommune har er en markant kystlinje med et vakkert og karakterfylt relieff. Brandsjorden og Skjøråfjorden har et landskap som gjenspeiler historisk utvikling fra kombinasjonsbruk av jordbruk og fiske, som har lite inngrep. Disse områdene har stor verdi, og vil bli påvirket ved utbygging av vindkraftverk. I Haraheia består det lite landskap forhold til Roan. Konsekvensvurdering av landskapet blir tatt som helhet (ibid).

Ifølge (Sarepta 2008) for alternativ 0 ved utbygging av Roan vindkraftverk fører det endringer i landskapet for Roan. Det oppstår endringer i landskapet i Roan på grunn av vindkraftanleggene i kystfjellene mellom Harbaksfjellet og Bessaker fjellet som tettes igjen, og gjennom hele strekningen blir det dominert av vindkraftanlegg. Områdene mellom Fosenfjorden og Skipleia blir påvirket betydelig, årsaken til dette er bebyggelse i disse områdene. Denne delen av vindkraftverket påvirker lokal bosetting og bebyggelse, årsaken til dette er turbinene som blir plassert i fjelltopper som er over bebyggelse, dette gjelder områder i Roan kommunesenter, Berfjorden, Kiran samt Moen og Vorpstranda i Skjøråfjorden. Haraheia området blir også påvirket, men det er mindre konfliktylft. Ved utføring av utbygging av nye adkomstveier og internveier vil man få avgrensede inngrep som er lite synlige. Konsekvensen ved å bygge vindparken Roan, gi negativ virkning for landskap og visuell opplevelse, der lokal befolkningen vil oppleve estetiske endringer. Samlet sett for alternativ 0 ved utbygging av vindkraftverk få stor negativ konsekvens på landskapet.

Ifølge (AS 2008) for alternativ 1 vil landskapet påvirket av utbygging av Roan vindkraftverk, men mindre enn i alternativ 0. Årsaken til dette er at det ble gjort endringer for å få godkjenning av konsesjonen. De endringer som ble gjort for alternativ 1 var at turbinene ved Roan kommunesentret ble fjernet, og det ble endring ved plassering av turbinene. For Haraheia vindkraftanlegg flyttet til sør og vestover. Konsekvensen ved utbygging av vindkraftverk for Roan vindkraftverk for alternativ 1 er middels negativ konsekvens forhold til alternativ 0. Samtidig gir alternativ 1 en liten positiv virkning forhold til alternativ 0.

Kulturminner og kulturmiljø:

Ifølge (NKU 2007) er det registrert ulike kulturminner, både med alder og type. Området der vindparken blir utbygd er rikt på kulturminner. Kulturminnene er fra steinalder, bronsealder, jernalder og fra nyere tid som er godt bevarte bygningsmiljøer, rester etter eldre driftsformers kulturlandskap. Samtidig finnes det også kulturmiljøer som er knyttet til jordbruk, fiske, fangst og annen utmarksbruk, disse områdene ligger ved kystlandskap. Det finnes også samiske kulturminner som er eldre enn 100 år. Ifølge den samme studien fra NKU er vurdering av kulturminner og kulturmiljø tatt fra Statens vegvesens Håndbok (vegvesen 2006). Der vurdering av kulturminner og kulturmiljø tatt fra en tredelt skala for verdsetting, og hvor vernekriterier og lokalbefolknings holdninger til enkelte kulturminner blir vektlagt. Statens vegvesens Håndbok skiller mellom direkte og indirekte omfang av kulturminner og kulturmiljø.

Ved utbygging av Roan vindkraftverk blir kulturminner og kulturmiljø påvirket. Samtidig blir kulturminner og kulturmiljø påvirket av utbygging av kraftlinjer og adkomstveier. Ved utbygging av vindkraftverket får vi en middels negativ virkning for Roan-delen. Årsaken til at det finnes en middels negativ virkning på grunn av at noen kulturmiljø blir påvirket visuelt. For å redusere den negative virkning kan man flytte på hvor turbinene skal plasseres eller kan man fjerne dem. Mens for Haraheia har det liten negativ virkning. Selv om vindturbinene blir plassert i forskjellige steder, er vindturbinene fortsatt synlige, og de forstyrrer kulturmiljø. Derfor er omfanget av virkning på alternativ 0 og 1 det samme.

Friluftsliv, turisme og reiseliv:

Ved utbygging av vindkraftverk Roan vil områder som er knyttet til uberørt fjellskog og kystlandskap bli berørt av utbygging ifølge (AS 2007b). Samtidig peker den nevnte studien på at de mest populære områder hvor friluftaktiviteter foregår er langs kysten, der de fleste hytter, turistbedrifter befinner seg. De vanlige aktiviteter som befinner seg er fiske, jakt og fjellvandring. Ved utbygging av Roan vindkraftverk vil områder som Bessaker fjell og Harbaksfjell påvirke landskapet som er langs Fosenkysten som blir visuelt forstyrret. Samlet sett vil Roandelen få middels negativ virkning, og for østre del av Haraheia er det middels negativ virkning (AS 2007a). Disse virkninger er samme for alternativ 0 og 1. Selv om man skal flytte på noen turbiner eller fjerne dem, vil de fortsatt bidra til visuelle forstyrrelser som igjen gir tilnærmet samme virkning. De områdene hvor det er stor negativ konsekvens, kan man endre på hvor disse turbinene blir plassert, og redusere størrelsen på vindkraftverket. Helst unngå å plassere turbiner hvor friluftaktiviteter, reiseliv foregår. Dette vil da føre til at de viktigste turområder blir bevart.

Biologisk mangfold:

Ifølge (DA 2016) vil vi få negative konsekvenser for biologisk mangfold som består av ulike naturtyper som er (fjell og skogsvegetasjon), flora og fauna. For alternativ 0 som fikk avslag av NVE, oppsto det store konsekvenser, årsaken til dette var fordi alternativ 0 berørte ulike naturtyper og flora som befant ved kryssing av dalen Straumsvatnet som hadde 132 kV ledning som adskilte Roan og Haraheia. Samtidig befinner det en del rødlistet arter som befinner i området. Disse rødlistet artene er hubro, kongeørn og storlom. For at man skal kunne redusere de negative konsekvenser fra vindkraftverket for biologisk mangfold, kan man endre på størrelsen på vindturbinene og endre plassering av turbinene, dette gjør at det er

mindre arealtap og færre kollisjoner for fugl. Selv om NVE godkjente alternativ 1 med færre turbiner, og plassering av kraftlinjer og veganlegg, er omfanget av konsekvens det samme.

Reindrift:

Ifølge (DA 2016) vil vi få samme konsekvens for alternativ 0 og 1. Årsaken til dette er at det er samme virkning i anleggsfasen og driftsfasen der beitekondisjon og dyrenes kondisjon blir påvirket ved utbygging av vindkraftverket. Roan- vindkraftverk påvirker reindrift, siden reindriften befinner seg i kystområde, hvor det er vinterbeite. Ved utbygging av vindkraftverk er Haraheia den delen som blir mest påvirket. Den viktigste årsaken til dette er vinterbeite for rein i området. Siden Haraheia området befinner seg nær havet, medfører dette til at vegetasjonen blir næringsfattig på grunn av klima som befinner seg der. Vegetasjonen blir påvirket av utbygging, siden utbygging av tilførselsveger og kraftlinje inn i skogområde. I vegetasjonsområder finnes det en del fattige myrer som er dominert av rome, bjørnskjegg, duskull, som alle er viktige beiteplanter for rein.

Støy:

Ifølge (DA 2016) oppstår det støy ved utbygging av vindparken som gir negative konsekvenser, i første rekke for boliger og fritidsboliger. Disse virkningene er anslått som middels negative virkninger for Roan (ibid.).

For Haraheia oppstår det små negative virkninger for alternativ 0. Siden det har vært reduksjon av vindturbiner fra 110 til 71, hovedsakelig i Roan, vil det være mindre negativ virkning for Roan for alternativ 1, mens det er samme virkning for Haraheia for alternativ 1 og 0. Samlet sett gir alternativ 1 en liten positiv endring.

Skyggekast:

Ifølge (DA 2016) finnes det ingen regler i Norge for hvor mye skyggekast skal være pr. år. Det oppstår store negative konsekvenser av skyggekast for Roan vindkraftanlegg, dette på grunn av at planområder som ligger nær bebyggelsesområde. For noe hytter vil konsekvensen være uakseptabel, siden belastningen er stor. For Haraheia område, er det små negative konsekvenser, siden vindturbinene er langt fra områder hvor folk bor. Konsekvensen for begge alternativene er like.

Landbruk og skogbruk:

Omfanget av virkningene for alternativ 0 og 1 er det samme for landbruk og skogsbruk. Landbruk er den viktigste næringen i Roan kommune. Området for sør- og nord-delene for

Roan er de viktigste planområder for beiting, der det slippes ut ca. 1300 sau hvor vindkraftverket skal befinne seg. Skogsbruk blir også påvirket, siden det blir utbygd nye veier. Det oppstår negative konsekvenser i anleggsfasen og driftsfasen. I anleggsfasen oppstår det middels store konsekvenser på grunn av støy i forbindelse med transport og sprengningsarbeid som er forstyrrende for beitende dyr. Mens i driftsfasen får vi liten negativ konsekvens, årsaken at det er liten negativ konsekvens på grunn av det oppstår risiko som for dyr hvor de nye veiene befinner seg (Sarepta 2008).

Drikkevannskilder:

Det er samme konsekvens for alternativ 0 og 1. Det er undersøkt om Prestvatnet drikkevannskilde blir påvirket ved utbygging av Roan. Området blir påvirket lite siden det er liten risiko at drikkevannet blir forurenset både i anleggsfasen og i driftsfasen (DA 2016).

Forurensning, avfall og avløp:

Det er samme konsekvens for alternativ 0 og 1. Området er lite forurenset, siden det ikke er ingen faste punktkilder for forurensning for jord, vann eller luft. I anleggsfasen er det lite avfall, og avfallet som oppstår er godkjent i regionen. Det er negative konsekvenser, men disse er vurdert til små. Det er en viss bekymring for erodert materiale, i første rekke i anleggsfasen. I driftsfasen er erosjonen anslått til ubetydelig (DA 2016).

Flytrafikk:

Det er samme konsekvens for alternativ 0 og 1. Ifølge (Rådgivning 2007) ligger Ørland flystasjon nært området. Dette er en militær base som i tillegg har beskjeden sivil luftfart.. De viktigste negative virkningene er for et nærliggende militært øvingsfelt t og et radaranlegg på Kopparen. Vindkraftverket påvirker kommunikasjonsanlegg, men utbygging av vindkraftverk påvirker signaler til lave flyhøyder. Samtidig gir vindkraftverket en hindring for ambulansehelikoptertrafikk ved dårlig vær. Konsekvensen for flytrafikk er vurdert som små til middels negative.

6.1.2 Ikke- prissatte virkninger

I denne delen av oppgaven presenterer jeg hvilke virkninger som ikke har vært forsvarlig til å tallfeste i kroner. Her presenteres det resultater ved pluss-minus metode for hvilke virkninger jeg har funnet, samt hvor stor effekt dette har på de ulike virkningene. I en nytte-kostnadsanalyse hvor det ikke er mulig å tallfeste alle virkninger i kroner, må man bruke andre metoder som kan verdsette og gir en helhetsvurdering. Selv om disse virkningene ikke

kan tallfestes, kan disse være likevel være avgjørende for om et kraftanlegg skal bygges eller ikke. Derfor benytter jeg for pluss- minus metode som skal vurderes kvalitativt (økonomistyring 2018). Denne metoden blir spesielt brukt for virkninger som gir positive og negative effekter på naturmiljø, biologisk mangfold, kultur, og andre typer miljøvirkninger. Denne metoden kan overføres til andre typer virkninger for et eksempel sikkerhet og personvern (ibid). Pluss- minus metoden viser virkninger for alternativet som ble godkjent.

<i>Effekt</i>	<i>Haraheia vindkraftanlegg</i>		<i>Roan vindkraftanlegg</i>	
	<i>Anleggsfase</i>	<i>Driftsfase</i>	<i>Anleggsfase</i>	<i>Driftsfase</i>
<i>Forurensning og drikkevann</i>	0	0	0	0
<i>Reindrif</i>	---	---	--/---	-/--
<i>Flytrafikk</i>	-/--	-/--	-/--	-/--
<i>Friluftsliv, turisme og reiseliv</i>	0/-	--	-/--	-/--
<i>Sysselsetting og næringsliv</i>	+++	++	+++	++
<i>Kulturmiljø og kulturminner</i>	-	-	---	--
<i>Landskap</i>	0/-	0/-	---	---
<i>Landbruk og skogbruk</i>	0	0	---	--
<i>Samlet vurdering</i>	--	---	--/---	-/--

Tabell 6.1: Pluss- minus tabell for ikke- prissatte virkninger

Tabellen 6.1 viser oversikt over for virkninger som ikke har vært mulig å tallfeste, som må vurderes kvalitativt. Vurdering av konsekvens måles på følgende måte: meget stor positiv/ stor positiv/ middels positiv/ liten positiv/ ubetydelig. For en slik vurdering som gir positivt konsekvens får vi følgende ++++/++++/+++/0. Det som er vist for en positiv konsekvens, vil være det omvendte for negativ. Samlet sett som vi ser i tabellen over får vi middels negativ (--) i anleggsfasen for Haraheia, i driftsfase får vi stor negativ konsekvens (---). Mens for Roan viser resultatene at i anleggsfasen får vi en middels/ stor negativ virkning (--/---) og i driftsfase liten/middels negativ effekt (-/--). Disse vurderingene for tabellen er hentet fra 6.1.1 og rapporten for MTA.

6.1.3 Økonomisk verdsetting

Ifølge (finansdepartement 2014) skal man verdsette nytte- og kostnadsvirkninger så lenge det er mulig og hensiktsmessig for denne typen prosjekter. For å vurdere disse virkningene er det vanlig å benytte markedsprisen, dersom det ikke er tilgjengelig må man benytte andre verdsettingsmetoder. Dersom prosjektet er finansiert fra offentlig budsjett, må man beregne skattefinansieringskostnad (ibid). For å komme frem til verdien av Roan vindkraftverk ser jeg på monetære verdier som ligger i utbyggelsen og fremtidig utnyttelse av Roan vindkraftverk. For å kunne verdsette disse virkningene har jeg benyttet markedspriser og betalingsvillighet for prosjektet. For å kunne verdsette disse virkningene, er det vanskelig å sette eksakt beløp på miljøeffekter, samt er det vanskelig å finne alle verdier for et prosjekt. Her må man benytte andre undersøkelser, intervjuer, osv for at man skal kunne verdsette virkninger for et prosjekt som Roan vindkraftverk. For å kunne verdsette disse virkningene har jeg benyttet andre studier som kan være forsvarlig, som er sammenlignbare forhold til Roan vindkraft, disse blir estimater. I økonomisk verdsetting skal man ta med kostnader som påfører bedriften og samfunnet. Disse økonomiske virkningene er basis for beregninger for kapitlet 6.1.4.

Nyttesiden:

Ifølge (økonomistyring 2018) er nyttevirkning en virkning som øker velferden for samfunnet, dette da en påfølge av en tiltak. Disse virkninger blir betegnet som positive effekter som gir fordeler eller gevinst. Eksempler på nyttevirkning kan være skatteinntekter og mindre arbeidsledighet fra et tiltak. For å komme frem til nytten for oppgaven min for vindkraft, bruker jeg den estimerte produksjon som er hentet fra Fosen vind (Vind 2019) som er estimert produksjon på 900 GWh/ år for denne tiltaket. For å kunne beregne nytten, bruker jeg den estimerte produksjon, multiplisert med elektrisitetsprisen (kraftpris) som er et av forutsetningene mine. Nyten for Roan vindkraft er på 382,5 millioner ⁴. Denne nytteverdien er for hvor mye elektrisitet som blir levert til samfunnet.

Kostnadssiden:

Kostnadsvirkninger er en virkning som gir en kostnad for samfunnet og for bedriften. Eksempler på kostnadsvirkninger kan være arbeidskraft og vareinnsats.

⁴ 900 000 000 kWh/år *0,425 kr/kWh = 382500000

- **Investeringskostnader og driftskostnader:**

Ifølge konsesjonssøknad var den estimerte investeringskostnad på 4200 millioner for hele prosjektet for alternativ 0. Drifts-og produksjonskostnad var estimert til 11 øre/kr som er inkludert skatter og avgifter. Ifølge (Rådgivning 2007) er investeringskostnad for Roan estimert på 1050 millioner kr, som er inkludert for infrastruktur, vindturbiner og elektrisk anlegg. Investeringskostnad for Haraheia forventet å være på 1200 millioner kr (Riise 2007). De totale investeringskostnader vil utgjøre 2250 millioner. Jeg forutsetter at de driftskostnadene er konstante, med dette menes at driftskostnader for den godkjente alternativ er på 11 øre/kr. Investeringskostnads for dagens pris vil utgjøre 2 954,12 millioner kr. Mens den drifts-og-produksjonskostnad vil være på 14 øre/kr. De bedriftsøkonomiske (driftskostnader) kostnader vil utgjøre 126⁵ millioner kr.

- **Miljøkostnader:**

Siden det ikke er oppgitt hva miljøkostnadene var ved Roan vindkraftverk, må man benytte andre studier som estimerer. Årsaken til dette er lav forskning i Norge innen hva miljøkostnadene er. Eksempler miljøeffekter er virkninger som forurensning, og skader på miljø. Her må man beregne hva betalingsvilligheten er, og hvor mye samfunnet (befolkning) er villige til å betale for miljøeffekten. Ifølge (LINDHJEM et al. 2019) ble det utført en betinget verdsetningsstudie av ulike nasjonale utbyggingsplaner for vindkraft. Der betalingsvilligheten for å unngå miljøvirkningene var på 855 kr per husholdning ved utbygging av 1,5 TWh og 1009 kr per husholdning per år for å unngå disse virkningene på 6,7 TWh. Siden utbygging av Roan vindkraft er under 1 TWh, benytter jeg estimatet 855 kr per husholdning for å unngå miljøvirkninger. Betalingsvilligheten for Roan blir 526 444, 5 kr⁶. For å unngå miljøvirkninger per kWh produsert på 0,00058494 kr/ kWh⁷. Disse tallene er grunnlaget for beregning av netto nåverdi i 6.1.4.

⁵ 900 000 000 kWh/år * 0,14 kr/kWh = 126 000 000 M, driftskostnad ved produksjon.

⁶ 855 kr husholdning (2004) → 1186, 79 kr (2019)

936 innbyggere i Roan kommune (SSB 2019b)

2,11 beboere per husholdning i Roan kommune

Betalingsvillighet i Roan = (936/2,11) * 1186,79 = 526444,5 kr dette er også de

⁷ 526 444, 5 kr/ 900 000 000 kWh = 0,00058494 kr/kWh

Totale miljøkostnader 900 000 000 * 0,00058494 = 526444,55 kr

- **Totale kostnader:**

De totale kostnader, er de samfunnsøkonomiske kostnader. Dette vil si kostnader som påfører bedriften og samfunnet. Se nærmere 6.1.4 for hva de totale kostnader vil være.

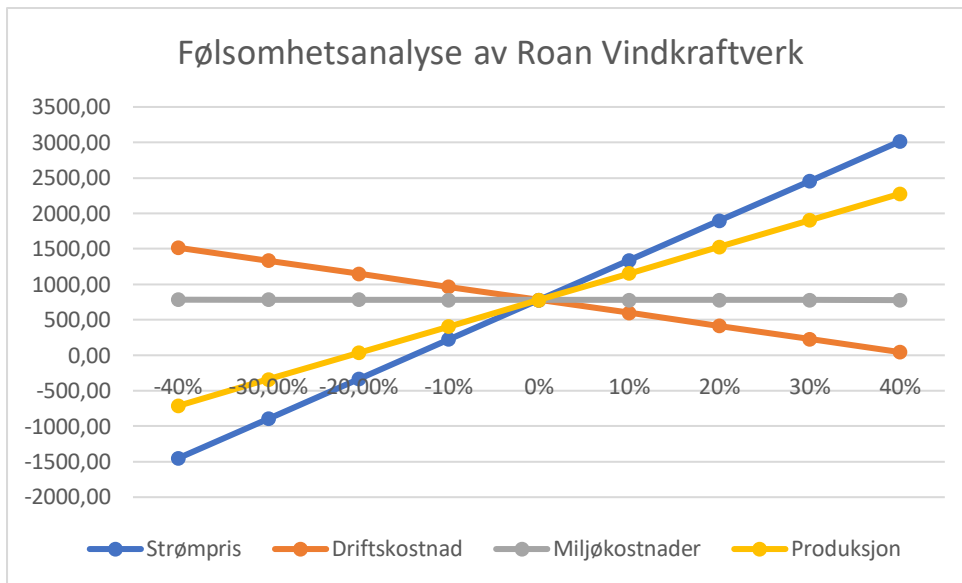
6.1.4 Samfunnsøkonomisk lønnsomhet

Når man skal se om et tiltak er samfunnsøkonomisk lønnsomt, må man se på verdsatte virkninger og ikke- prissatte virkninger. Jeg bruker formelen for NNV som er vist i metoden. Tallene som er vist i 6.1.3 er basis for beregningene mine. Denne metoden blir kalt for nåverdimetode. Denne metoden er på å vise om et prosjekt er lønnsomt eller ikke. I data delen i mine forutsetninger har jeg satt hvilke kalkulasjonsrente, levetid og kraftpris som blir brukt ved beregning av netto nåverdi. Dersom et prosjekt har en positivt netto nåverdi, anses prosjektet å være lønnsomt å utføre. Men de ikke-verdsatte virkninger spiller også rolle ved vurderingen. Analyseperiode og kalkulasjonsrente har en stor betydning for hvordan prosjektet fremstår, om de er lønnsomme. Ifølge (økonomistyring 2018) er hovedprinsippet for verdsetting er at nyttevirksomhet skal settes lik befolkningen er villig til å betale for tiltaket. I vedlegg B, tabell B.1 viser beregning av netto nåverdi for levetid på 20. Tabellen viser investeringskostnader ved år 0, nytteverdien for prosjektet, driftskostnader, miljøkostnader og totale kostnader. Netto nåverdi for Roan vindkraftverk er på 780, 62 millioner kr, som er summen av alle netto nåverdier for alle år. Siden netto nåverdi er positiv anses prosjektet samfunnsøkonomisk lønnsomt, prosjektet kan utføres. Dersom jeg hadde beregnet Roan vindkraftverk med levetid for 25 år, ville netto nåverdien være høyere for 25 år enn for 20 år. Siden netto nåverdi for 25 år ble på 1300, 69 millioner kroner. Ved alternativ 0, vet jeg at den fikk avslag av NVE (DA 2016). Årsaken til dette er at tiltaket er mindre lønnsomt forhold til alternativ 1 som er undersøkt i oppgaven min. Samtidig ved vurderinger i 6.1.1 og 6.1.2 kommer alternativ 1 bedre ut enn alternativ 0, der i alternativ 0 ga større samfunns- og miljøvirkninger enn alternativ 1. Med dette kan man si at dette tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt.

6.1.5 Usikkerhetsanalyse

Når man vurderer et prosjekt, må man også vurdere usikkerhet og risiko. Årsaken til dette er at noen faktorer kan ha for høy usikkerhet og risiko, som kan medføre at tiltaket ikke er lønnsomt selv om prosjektet har positiv netto nåverdi. For å kunne vurdere usikkerheten og risiko må man utføre følsomhetsanalyse. Slik analyse skal hjelpe med å gi en vurdering for hvilke faktorer som har stor usikkerhet og risiko, samt komme med tiltak for å redusere disse. Hvis nyttevirksomheter er lave forhold til kostnadsvirkninger i følsomhetsanalyse, vil prosjektet ikke være lønnsomt selv om prosjektet skulle ha positiv netto nåverdi. Resultater i følsomhetsanalyser gir ikke et fullstendig bilde for usikkerhet, siden noen faktorer korrelerer mot hverandre. Eksempler på dette er driftskostnader som avhenger av investeringskostnad (økonomistyring 2018).

Vindkraftverk har en levetid mellom 20-25 år, som gjør det viktig å vurdere usikkerhet ved slike vindparker. Siden det kan forekomme endringer i de ulike prissatte virkninger, som kan medføre at den forventet resultatet avviker i fremtiden. For oppgaven min utfører jeg en følsomhetsanalyse ved å se på prosentvisendringer i faktorene som er nevnt i prissatte virkninger. Faktorene som blir brukt er: Strømpris, driftskostnad, miljøkostnader og produksjon. De prosentvise endringer er: en økning i 40% til nedgang i 40%. Vedlegg C, tabell C.1 viser forventningsverdier ved de ulike prosentvisendring. Disse forventningsverdiene ble brukt til å beregne de nye netto nåverdier. I sensitivitetsanalysen endrer jeg en faktor omgangen, mens de andre faktorer holdes konstant og ser hvordan netto nåverdien påvirkes. De nye netto nåverdiene vises i tabell C.2. Tabell C.2 har blitt brukt til å lage stjernediagrammet 6.1.



Figur 6.1: Sensitivitet til netto nåverdi av Roan vindkraftverk for ulike faktorer

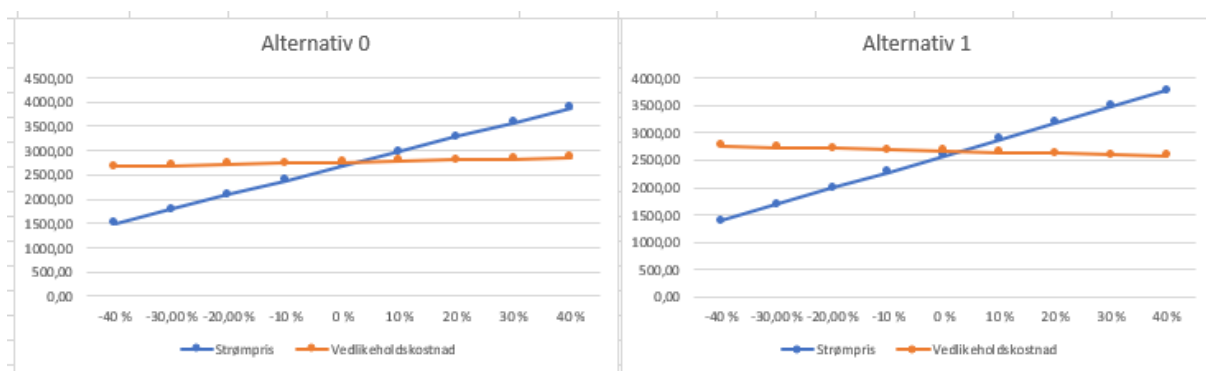
Figur 6.1 viser sensitivitet til netto nåverdi av Roan vindkraftverk for ulike faktorer som er nevnt. Den vertikale linjen er i millioner. Fra figuren kan man se at miljøkostnadene ikke har stor effekt på netto nåverdi, sammenlignet med andre faktorer i figuren. Av de alle faktorene som vises i figuren er strømprisen som påvirker mest netto nåverdi, når alle de andre faktorer holdes konstant. Der strømprisen har størst netto nåverdi ved en økning i 40%, denne økningen var på 3012,94 M ifølge tabell C.2, vedlegg C. Og en negativ netto nåverdi var ved en -40%, som var på -1451,70 M. Netto nåverdi er positiv, så lenge den prosentvisendring er over -10%. Det som er verdt å legge merke til er at den netto nåverdien ved driftskostnader er positive, når alle andre faktorer holdes konstant. Noe som sier at det ikke er stor usikkerhet og risiko ved driftskostnadene. Det er positiv netto nåverdi, for produksjon så lenge den prosentvisendring er over -20%.

6.2 Harpefossen vannkraftverk

For å kunne beregne netto nåverdi som er vist i metode- delen, som nevnt tidligere bruker jeg tall fra vedlegg A, tabell A.1. Her forutsetter jeg at investeringskostnader er oppgraderte kostnader for alternativ 0, som er 51,5 M. Mens for alternativ 1, forutsetter jeg at investeringskostnadene er oppgraderte kostnader + tilleggs oppgraderte kostnader. Årsaken til at jeg forutsetter de oppgraderte kostnader for investeringskostnader, fordi fra utbyggerne vet jeg at rehabiliteringskostnader blir ansett for investeringskostnader. Nytteverdien for alternativene er 204 millioner kr⁸. I de totale kostnadene inngår de vedlikeholdskostnader. De

⁸ 480 000 000 kWh/år * 0,425 kr/kWh = 204 000 000 kr

diverse uforutsatt og eget prosjekter er ikke tatt med i beregninger. Årsaken at de diverse uforutsatt kostnader ikke er tatt med, fordi ifølge (økonomistyring 2018) blir kostnadsvirkninger ansett som investeringskostnader, driftskostnader, vedlikeholdskostnader og offentlige finansieringskostnader. Grunnen til at tallene for eget prosjekter ikke er tatt med i beregning ved NNV, fordi jeg forutsetter at disse er tillegg prosjekt. Alle tall som er i vedlegg A blir omgjort til dagens priser, når NNV blir beregnet. Jeg bruker de forutsetninger som er nevnt i 5.5. I vedlegg B, tabell B.2 finner jeg netto nåverdi for alternativ 0 for 20 år på 2685, 83 millioner kr. Mens netto nåverdi fra tabell B.3 for alternativ 1 for 20 år, finner jeg en netto nåverdi på 2583, 69 millioner kr. Utfra alternativene, kan man komme frem til at alternativ 0 er mer lønnsomt forhold til alternativ 1. Siden netto nåverdi for alternativ 0 > alternativ 1.



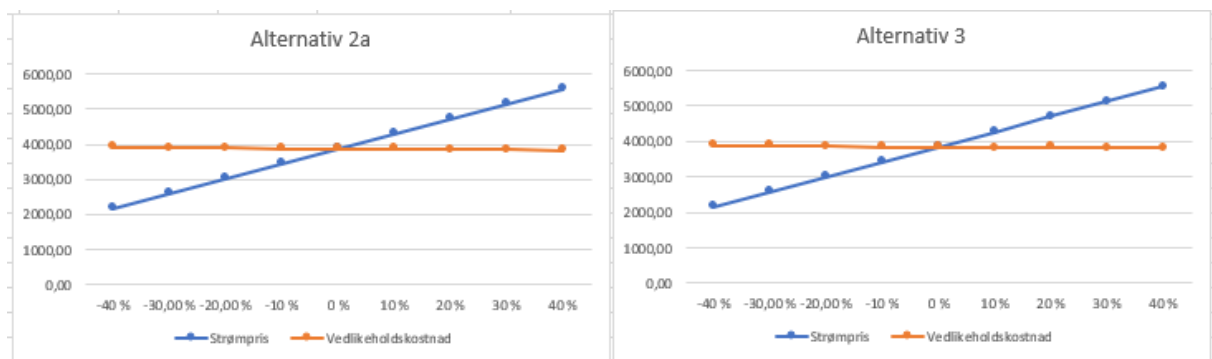
Figur 6.2: Sensitivitet for netto nåverdi for ulike faktorer av oppgradert Harpefossen vannkraft

I vedlegg C, tabell C.3, C.4 og C.5 er basis for det som blir vist i figur 6.2 som viser sensitivitet for netto nåverdi av de ulike faktorer. Jeg bestemte meg for å vurdere strømprisen og vedlikeholdskostnader ved sensitivitetsanalysen. Årsaken til at produksjonen ikke ble tatt med, fordi sensitivitet for strømpris er lik produksjonen selv om andre faktorer holdes konstant. Det som er verdt å legge merke i figur 6.2 er at vedlikeholdskostnader i alternativ 1 er høyere enn alternativ 0. Årsaken til dette er at investeringskostnaden som spiller en rolle her ved beregning av netto nåverdi når vedlikeholdskostnader endrer og andre faktorer holdes konstant. Strømpris verdien for alternativ 1 er høyere enn alternativ 0. Man også se at alternativ 0 har mindre usikkerhet og risiko ved de ulike faktorene, som gjør at alternativ 0 er mer lønnsomt. Dette ser man også ved beregning av netto nåverdi ved samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

6.3 Øvre Vinstra vannkraftverk

Bruker formelen som er nevnt i metode. Benytter kostnader fra vedlegg A, tabell A.2.

Nytteverdien for alternativ 2a og 3 er 289 millioner⁹. Bruker forutsetninger som er nevnt i 5.5. Investeringskostnad for 2a og 3 er 194,2 og 210,6 (2011 år). Mens vedlikeholdskostnader som er i totale kostnader er 6,3 (2011 år). Før beregning ble alle tall til dagens priser. I vedlegg B, tabell B.4 viser netto nåverdi for alternativ 2a for levetid på 20 år. Denne netto nåverdien er på 3872,22 millioner kr. Tabell B.5 viser netto nåverdi for alternativ 3 for levetid på 20 år, som viser en netto nåverdi på 3852,47 millioner kr. Fra de to alternativene vet jeg at alternativ 2a er mer lønnsomt forhold til alternativ 3. Disse netto nåverdiene er positive, som sier at disse alternativene anses som lønnsomt.



Figur 6.3: Sensitivitet for netto nåverdi for ulike faktorer av oppgradert Øvre Vinstra vannkraftverk

I vedlegg C, tabell C.6, C.7 og C.8 er basis for det som blir vist i figur 6.3 som viser sensitivitet for netto nåverdi av de ulike faktorer. Jeg bestemte meg for å vurdere strømprisen og vedlikeholdskostnader ved sensitivitetsanalysen. Årsaken til at produksjonen ikke ble tatt med, fordi sensitivitet for strømpris er lik produksjonen selv om andre faktorer holdes konstant. Det man kan se i figuren er at alternativ 2a har større netto nåverdi for strømpris ved de ulike prosentvisendring både ved nedgang og en økning. Og vedlikeholdskostnader er større forhold til alternativ 3. Det er større usikkerhet ved alternativ 2a forhold til alternativ 3. Selv om alternativ 2a er samfunnsøkonomisk lønnsomhet, kan man se at dette alternativet har større usikkerhet for strømpris og vedlikeholdskostnader enn alternativ 3. Siden begge alternativer hadde en positiv netto nåverdi ved beregning av prosjektet. Skal det være best å velge alternativet som har minst usikkerhet og risiko. Dermed kan man konkludere at alternativ 3 er mer lønnsomt.

⁹ 680 000 000 kWh/år * 0,425 kr/kWh = 289 000 000 kr

6.4 Samlet vurdering

For et vindkraftverk kan man forvente samfunns og miljøpåvirkninger, dette ser man i 3.2 samfunns- og miljøvirkninger for vindkraft i Norge generelt (NRV). I kapitlet for 3.2 og 6.1.1 med en verbal vurdering, kan man se at disse virkninger er negative ved utbygging av vindkraftverk. Ved en pluss-minus metode for vurdering av de ikke-prissatte virkninger i 6.1.2 har man kommet frem til at Roan vindkraft gir negative virkning. Disse virkningene ifølge 3.3 for økonomisk teori vil gi oss negative eksternaliteter. Disse eksternaliteter vil medføre ineffektivitet enn det som skal samfunnsøkonomisk optimalt. Ifølge (Saidur et al. 2011) er vindenergi miljøvennlig, og billigere enn andre fornybar energi kilder. Selv om vindenergi skal være konkurransedyktig forhold til andre energikilder, gir vindkraft negative virkninger. I studien for Saidur var de negative virkningene produsert av vindturbiner som ødelegger dyreliv, og lager mye støy. Disse virkninger kan reduseres, ved begynnelsen av utbyggelsen ved å redusere størrelsen av vindturbinene. Samtidig kommer Saidur og (Wüstenhagen et al. 2007) at det er lettere å gjennomføre et prosjekt, dersom det ikke mye motstand og aksept av et prosjekt. Dette ser man i Roan vindkraftverk, når Fosen Vind ga et forslag på 110 turbiner som ble avslått (DA 2016) dette på grunn av de negative virkninger som skulle oppstå ved utbyggelsen. Disse negative virkninger berørte viktige samfunns og kulturelle områder i Roan. Med dette kan man si at de samfunns- og miljøvirkninger er en viktig faktor for vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Ved beregning i netto nåverdier, faktorer som blir tatt med i vurdering i beregningene, spiller en viktig rolle om netto nåverdi for prosjektene er lønnsomme. Så lenge netto nåverdi er større enn 0, er prosjektet samfunnsøkonomisk lønnsomt. Ifølge (Bortolini et al. 2014) skal de økonomiske faktorer spille en viktig rolle om et prosjekt lønnsomt eller ikke. Ifølge (Blindheim 2013) var den økonomiske risikoen for høy, som medførte at prosjektet for vindkraft ikke ble utbygget. For 6.1.4 vet vi at analyseperiode og kalkulasjonsrenten har en stor betydning om et prosjekt er lønnsomt eller ikke. Siden man kan få ulike verdier på netto nåverdier. Fra beregninger vet vi at Roan vindkraftverk er samfunnsøkonomisk lønnsomt, siden prosjektet har en netto nåverdi som er positiv. Samtidig er det lite usikkerhet ved de ulike faktorene som er vist i sensitivitetsanalysen.

For de to oppgraderte vannkraft prosjekter finner man at disse to prosjektene er samfunnsøkonomisk lønnsomme, siden deres netto nåverdi er større enn 0. For de to oppgraderte vannkraftverk, kan man konkludere at Øvre Vinstra vannkraftverk mest lønnsomt

forhold til Harpefossen. Årsaken til dette er at alternativ 3 for Øvre Vinstra gir en NNV på 3852,47 M, mens Harpefossen har en netto nåverdi på 2685,83 M for alternativ 0. Ved utføring av samfunnsøkonomisk analyse, kan man komme frem til at de to oppgraderte vannkraftverk gir ingen innvirkning på både samfunnet og miljø. Samtidig har disse gitt en produksjonsøkning, siden disse prosjektene søkte om økning i produksjon¹⁰. Ifølge (Rahi & Kumar 2016) gir oppgradering av vannkraft lite innvirkning på både samfunnet og miljø, årsaken til dette er oppgradering av vannkraftverk, ingen utvidelse. (Thorburn & Leijon 2005) tilsier at ved å bytte ut deler av vannkraftverk, vil man kunne få en årlig produksjon, noe som sier også for disse to prosjektene.

Det er vanskelig å sammenligne vindkraftverk mot vannkraft. Årsaken til dette er at det er ulike faktorer som påvirker lønnsomheten for prosjektene. Ved et vindkraftverk prosjekt tar man med de samfunns- miljøvirkninger med i vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet. Mens i oppgraderte vannkraft vil det ikke oppstå disse virkninger. Men hvis man skulle vurdere lønnsomhet for prosjektene som er tatt under for analysen, kan man konkludere at oppgraderte vannkraftverk kommer bedre ut enn for vindkraftverk. Der netto nåverdi for Øvre Vinstra og Harpefossen er større enn Roan. Vindkraftverk er konkurransedyktig forhold til oppgraderte vannkraftverk for de to prosjekter siden netto nåverdi for Roan er positiv. Hvis man hadde tatt en levetid på 25 år med i vurdering, ville netto nåverdien vært høyere. For å kunne vurdere et vindkraftverk best mulig, er det best å sammenligne flere vindkraftverk mot hverandre.

¹⁰ Dette står i NVE i konsesjonssaker for søkt produksjon

7. Avslutning

7.1 Konklusjon

Fornybar energibransjen har hatt stor vekst i de siste tiårene, spesielt vindenergi. Og har vært mye debatt om, man skal utbygge vindkraftparker. Siden det har så lite forskning innen vindenergi i Norge, har jeg tatt dette som utgangspunkt for min studie. Her ønsker man å ta en vurdering om hvilke faktorer påvirker samfunnsøkonomisk lønnsomhet i Norge. Samtidig se om vindenergi er konkurransedyktig forhold til oppgradert vannkraftverk.

Fra resultater har det kommet frem til at Roan vindkraftverk er samfunnsøkonomisk lønnsomt, som har gitt positiv netto nåverdi. Ved en vurdering av for hvilke faktorer som spiller inn om vindkraftverket er samfunnsøkonomisk lønnsomhet er; samfunns og miljømessige virkninger, sosial aksept, de verdsatte virkningene som utføres i beregning av netto nåverdi. Dette vil si de økonomiske faktorene påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomheten, samt usikkerheten ved de ulike faktorene som ble med i vurdering for sensitivitetsanalyser som strømpris, driftskostnader, produksjon, og miljøkostnader. Med dette kan man konkludere at det flere faktorer som påvirker den samfunnsøkonomiske lønnsomhet, disse faktorene er de som er nevnt overfor.

For resultater for oppgraderte vannkraftverk kommer det frem at Øvre Vinstra og Harpefossen er lønnsomme prosjekter. Øvre Vinstra alternativ 3 hadde lavere netto nåverdi enn alternativ 2a, men alternativ 3 ble vektlagt som den mest lønnsomme på grunn av sensitivitetsanalysen. Øvre Vinstra er den mest lønnsomme oppgraderte vannkraftverk av de to prosjektene, samtidig kommer vannkraftverket bedre ut enn vindkraftverk. Selv om vannkraftverket kommer bedre ut vindkraftverk, er vindkraftverket fortsatt konkurransedyktig, som nevnt tidligere positiv netto nåverdi. Og det er ulike faktorer som spiller inn ved vurdering av samfunnsøkonomisk lønnsomhet for en vindkraft og et oppgradert vannkraftverk.

7.2 Videre forskning

I de siste årene har det vært mye forskning innen vindkraft som er en av de sentrale emner for debatten i dag, om vindkraftutbygging er lønnsomt eller ikke. Samtidig har debatten gått ut på om man skal satse på vindkraft, når vindkraften gir påvirkning på samfunnet (Kittilsen 2019).

Mye av forskning rundt vindkraft har vært internasjonalt, mindre i Norge. Dette kan man også se i litteraturen som er vist i andre relevante litteratur kapitlet. I de siste årene har Norge begynt å forske innen vindkraft, dette ser man også i NVE, der de legger ut en nasjonal ramme for vindkraftverk hvert år. Samtidig foregår det flere forskningsprosjekter på temaet vindkraft ved SSB, UIO (WINDLAND) og Nord pool. Oppgaven min har gått på å kunne se om hvilke faktorer som påvirker samfunnsøkonomisk lønnsomhet for vindkraft, og samtidig se om vindkraft er konkurransedyktig for oppgradert vannkraftverk. Siden det har vært lite forskning rettet mot vindkraft mot andre kraftkilder, syntes jeg at det er viktig å sammenligne andre kraftkilder mot vindkraft. Med andre kraftkilder som fossil energi, og fornybar energi, spesielt solenergi som i vekst. Ved å sammenligne kraftkilder, kan man vurdere andre kraftkilder om de skal være bedre enn vindkraft.

Referanser

- AS, S. E. (2007a). Friluftsliv, turisme, reiseliv : Haraheia.
- AS, S. E. (2007b). Friluftsliv, turisme, reiseliv: Roan Vindkraftverk.
- AS, S. E. (2008). Konsekvensutredning: Fagtema landskap.
- Bélanger, C. & Gagnon, L. (2002). Adding wind energy to hydropower. *Energy Policy*, 30 (14): 1279-1284.
- Blindheim, B. (2013). Implementation of wind power in the Norwegian market; the reason why some of the best wind resources in Europe were not utilised by 2010. *Energy Policy*, 58: 337-346.
- Bortolini, M., Gamberi, M., Graziani, A., Manzini, R. & Pilati, F. (2014). Performance and viability analysis of small wind turbines in the European Union. *Renewable Energy*, 62: 629-639.
- DA, F. V. (2016). Miljø-, transport- og anleggsplan (MTA) med detaljplan for Roan vindkraftverk.
- Dahlum, S. (2018). Validitet. Tilgjengelig fra: <https://snl.no/validitet> (lest 01.12.2019).
- E-CO. (2019a). Harpefossen. Tilgjengelig fra: <https://www.e-co.no/project/harpefossen/> (lest 13.12.2019).
- E-CO. (2019b). Øvre Vinstra. Tilgjengelig fra: <https://www.e-co.no/project/ovre-vinstra/> (lest 13.12.19).
- enerWE. (2019). Hvor mange nye TWh kan vi få fra å ruste opp gamle vannkraftverk? Tilgjengelig fra: <https://enerwe.no/hvor-mange-nye-twh-kan-vi-fa-fra-a-ruste-opp-gamle-vannkraftverk/166845> (lest 11.11.2019).
- finansdepartement, D. K. (2014). Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv, R-109/14.
- Førsund, F. R., Singh, B., Jensen, T. & Larsen, C. (2008). Phasing in wind-power in Norway: Network congestion and crowding-out of hydropower. *Energy Policy*, 36 (9): 3514-3520.
- Hofstad, K., Mølmann, K. & Tallhaug, L. (2005). Vindkraftpotensialet i Norge.
- Hovemoen, E. (2012). *Rehabilitering av Harpefossen kraftverk*. Upublisert manuskript.
- Hovemoen, E. R. (2012). *Rehabilitering av Øvre Vinstra kraftverk*. Upublisert manuskript.
- IEA. (2018). RENEWABLES 2018. . *Analysis and forecasts to 2023*.
- Isaksen, E. T. (2015). *Eksternaliteter og kollektive goder*. I: Oslo, U. i. (red.). Tilgjengelig fra: https://www.uio.no/studier/emner/sv/oekonomi/ECON1210/v15/forelesninger/8_eksternaliteter_kollgoder.pdf (lest 18.11.2019).
- Kittilsen, P. C. (2019). Debatt vindkraft: Mange har sterke meninger om vindkraft uten å noensinne ha vært i nærheten av en vindturbin. Tilgjengelig fra: <https://www.dagbladet.no/kultur/mange-har-sterke-meninger-om-vindkraft-uten-a-noensinne-ha-vaert-i-naerheten-av-en-vindturbin/71435102> (lest 11.12.2019).
- LINDHJEM, H., DUGSTAD, A., GRIMSRUD, K., HANDBERG, Ø. N., KIPPERBERG, G., KLØW, E. & NAVRUD, S. (2019). Vindkraft i motvind – Miljøkostnadene er ikke til å blåse av. Tilgjengelig fra: <https://www.menon.no/wp-content/uploads/Lindhjem-et-al-2019.pdf> (lest 14.12.19).
- Loring, J. M. (2007). Wind energy planning in England, Wales and Denmark: Factors influencing project success. *Energy policy*, 35 (4): 2648-2660.
- Meld. St. 25 (2015–2016). (2016). *Innstilling fra energi- og miljøkomiteen om Kraft til endring – Energipolitikken mot 2030*: Energi- og miljøkomiteen.
- Miljødirektoratet. (2019a). Faggrunnlag – Naturtyper.
- Miljødirektoratet. (2019b). Faggrunnlag – Annet dyreliv.
- Miljødirektoratet. (2019c). Faggrunnlag – Flaggermus.
- Miljødirektoratet. (2019d). Faggrunnlag – Friluftsliv.
- Miljødirektoratet. (2019e). Faggrunnlag – Fugl.
- Miljødirektoratet. (2019f). Faggrunnlag – Villrein.
- NKU. (2007). Roan vindkraftverk: Kulturminner og kulturmiljø.

- NVE. (2013). Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022- Nasjonal gjennomgang og forslag til prioritering. I: Nve & Miljødirektoratet (red.).
- NVE. (2015). Kostnader i energisektoren. Kraft, varme og effektivisering. I: Weir, D. E. (red.).
- NVE. (2018a). Nasjonal ramme for vindkraft- Temarapport om iskast.
- NVE. (2018b). Nasjonal ramme for vindkraft- TEMARAPPORT OM LANDBRUK, MINERALRESSURSER OG ANDRE TEMA I: Lundsbakken, M. & Engebriksen, K. H. (red.).
- NVE. (2018c). Nasjonal ramme for vindkraft- Temarapport om nabovirkninger.
- NVE. (2018d). Nasjonal ramme for vindkraftverk- Temarapport elektronisk kommunikasjon.
- NVE. (2018e). Vindkraft- produksjon i 2017. I: Weir, D. E. & Aksnes, N. (red.).
- NVE. (2019a). Nasjonal ramme for vindkraft.
- NVE. (2019b). Nasjonal ramme for vindkraft- Temarapport om Forsvarets interesser.
- NVE. (2019c). Nasjonal ramme for vindkraft- Temarapport om lokal og regional næringsutvikling
- NVE. (2019d). Nasjonal ramme for vindkraft- Temarapport om sivil luftfart.
- NVE. (2019e). Reinvesteringsbehov, opprusting og utvidelse. Tilgjengelig fra: <https://www.nve.no/energiforsyning/vannkraft/reinvesteringsbehov-opprusting-og-utvidelse/?ref=mainmenu> (lest 04.11.19).
- Rahi, O. & Kumar, A. (2016). Economic analysis for refurbishment and uprating of hydro power plants. *Renewable energy*, 86: 1197-1204.
- REN21. (2019). Renewables 2019. Global status report. *Renewable energy policy network for the 21st century*.
- Rienecker, L. & Jørgensen, P. S. (2013). *Den gode oppgaven*. Håndbok i oppgaveskriving på universitet og høyskole.
- Riise, E. H. (2007). Haraheia vindkraftverk- Samfunnsmessige virkninger og annen arealbruk.
- Riksantikvaren. (2019). Temarapport om kulturminner og kulturmiljø.
- Rådgivning, A. (2007). Roan vindkraftverk – samfunnsmessige virkninger og annen arealbruk.
- Saidur, R., Rahim, N., Islam, M. & Solangi, K. (2011). Environmental impact of wind energy. *Renewable and sustainable energy reviews*, 15 (5): 2423-2430.
- Sander, K. (2019). Reliabilitet. Tilgjengelig fra: <https://estudie.no/reliabilitet/> (lest 01.12.2019).
- Sanders, K. (2019). Validitet. Tilgjengelig fra: <https://estudie.no/validitet/> (lest 01.12.2019).
- Sarepta. (2008). Konsesjonssøknad med konsekvensutredninger og forslag til reguleringsplan.
- Simensen, T., Stener, S., Skalleberg, H. & Vindedal, K. (2019). Faggrunnlag – Landskap.
- SSB. (2019a). Elektrisitetspriser. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/energi-og-industri/statistikker/elkraftpris/kvartal> (lest 13.12.19).
- SSB. (2019b). Kommunefakta- Roan. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/kommunefakta/roan> (lest 14.12.19).
- SSB. (2019c). Konsumprisindeksen. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/kpi?fokus=true>.
- Tande, J. O. G. & Vogstad, K.-O. (1999). *Operational implications of wind power in a hydro based power system*. EWEC-CONFERENCE-. 425-428 s.
- Thorburn, K. & Leijon, M. (2005). Case study of upgrading potential for a small hydro power station. *Renewable energy*, 30 (7): 1091-1099.
- Ullah, K. I., Abdullah, M., Tilahun, R. & Innhaug, K. (2019). *Nytte- kostnadsanalyse av Roan vindpark*. Upublisert manuskript.
- vegvesen, S. (2006). Konsekvensanalyser. Veiledning, Håndbok 140.
- Vind, F. (2019). Roan Vindpark. Tilgjengelig fra: <https://www.fosenvind.no/vindparkene/roan-vindpark/> (lest 13.12.19).
- Wüstenhagen, R., Wolsink, M. & Bürer, M. J. (2007). Social acceptance of renewable energy innovation: An introduction to the concept. *Energy policy*, 35 (5): 2683-2691.
- økonomistyring, D. f. (2018). Veileder i samfunnsøkonomiske analyser
- Øvrebø, O. A. (2019). Veksten i fornybar energi. (lest 19.10.2019).

Vedlegg A

I vedlegg A viser jeg oversikt over kostnader for oppgraderte vannkraftverk. Tallene i tabellene er i millioner.

Harpefossen kraftverk	Alternativ 0	Alternativ 1
Vedlikehold- og oppgraderingskostnader	Mill. kr	Mill. kr
Oppgraderingskostnader	51,5	92,1
Turbiner	33,0	60,0
Generatorer	2,2	12,0
Tilpasninger kontrollanlegg	0,6	1,0
Transformatorer	0,0	0,0
Bygningsmessig	1,1	3,3
Korrosjonsbehandling	1,1	1,1
Egeninnsats på anlegg (inkl. hjelpearb.)	5,5	5,5
Administrasjon og ledelse	3,3	3,3
Prosj/kontrh./oppf. - maskin	2,5	2,8
Prosj/kontrh./oppf. - elektro	1,7	1,7
Verkstedkontroll (FAT)	0,6	1,5
Vedlikeholdskostnader	13,1	13,1
Maskin		
Nye varegrinder	5,5	5,5
Inntaksluke-ikke revisjonsbehov		
Rev./nye sugerørsluker	5,9	5,9
Kjøle- og lenseanlegg	0,6	0,6
Ventilasjon, brannsikring	1,1	1,1
Maskinsalkran - ferdigstilt		
Diverse og uforutsett	6,5	10,5
SUM	71,0	115,7
Tilleggskostnader for oppgradering		44,7
Elektro/gen/kontrollanl		
9,5 kV apparatanlegg-eget prosjekt	16,3	16,3
Bygningsmessig		
Sikkerhetsoppgradering - eget prosjekt	12,0	12,0

Tabell A.1: Kostnader ved oppgradering av Harpefossen ved to alternativer. Kilde: (Hovemoen, E. 2012)

Vedlikehold/oppgradering	Alt. 1		Alt. 2a	Alt. 2b		Alt. 3
Oppgraderingsperiode	2015-2016	2017-2056	2015-2016	2015-2016	2035-2036	2015-2016
Vannvei	2,0		2,0	2,0		2,0
Turbiner	55,9		79,8	79,8		81,0
Generatorer	14,0	67,5	64,8	14,0	67,5	80,0
12 kV apparatanlegg/ generatorbrytere	0,4		8,6	0,4	8,6	8,6
Transformatorer	3,5		3,5	3,5		3,5
300 kV apparatanlegg	2,5		2,5	2,5		2,5
Kontrollanlegg	27,0		27,0	27,0		27,0
Hjelpeanlegg	5,0		6,0	6,0		6,0
Delsum el./mek.	110,3		194,2	135,2	76,1	210,6
HMS og brannforebyggende	2,4		2,4	2,4		2,4
Bygningsmessig oppussing	2,5		2,5	2,5		2,5
Garasje med vaskeplass	1,4		1,4	1,4		1,4
Delsum bygg	6,3		6,3	6,3	0	6,3
Adm. og EVk-kostnader	18,7		19,7	19,8		19,8
Diverse uforutsett	10,7		12,5	12,9		12,3
Sum ekskl. mva	146,0		232,7	174,2	76,1	249,0

Tabell A.2: Kostnader ved oppgradering av Øvre Vinstra kraftverk. Kilde: (Hovemoen, E. R. 2012)

Vedlegg B

Vedlegg B inneholder tabeller for netto nåverdi. Disse skal gi en vurdering om et prosjekt er lønnsomt eller ikke. Tallene som er vist i tabellene er i millioner.

År	Investeringskostnad	Nytteverdi	Driftskostnader	Miljøkostnader	Totale kostnader	NNV
0	-2954,12	382,50	-126,00	-0,53	-126,53	-2698,15
1		367,79	-121,15	-0,51	-121,66	246,13
2		353,64	-116,49	-0,49	-116,98	236,66
3		340,04	-112,01	-0,47	-112,48	227,56
4		326,96	-107,71	-0,45	-108,16	218,81
5		314,39	-103,56	-0,43	-104,00	210,39
6		302,30	-99,58	-0,42	-100,00	202,30
7		290,67	-95,75	-0,40	-96,15	194,52
8		279,49	-92,07	-0,38	-92,45	187,04
9		268,74	-88,53	-0,37	-88,90	179,84
10		258,40	-85,12	-0,36	-85,48	172,93
11		248,46	-81,85	-0,34	-82,19	166,28
12		238,91	-78,70	-0,33	-79,03	159,88
13		229,72	-75,67	-0,32	-75,99	153,73
14		220,88	-72,76	-0,30	-73,07	147,82
15		212,39	-69,96	-0,29	-70,26	142,13
16		204,22	-67,27	-0,28	-67,55	136,67
17		196,37	-64,69	-0,27	-64,96	131,41
18		188,81	-62,20	-0,26	-62,46	126,36
19		181,55	-59,80	-0,25	-60,05	121,50
20		174,57	-57,50	-0,24	-57,75	116,82
Sum					-1846,06	780,62

Tabell B.1: Netto nåverdi beregning av Roan vindkraftverk for 20 år.

År	Investeringskostnad	Nytteverdi	Totale kostnader	NNV
0	-61,67	204,00	-15,69	126,64
1		196,15	-15,09	181,07
2		188,61	-14,51	174,10
3		181,36	-13,95	167,41
4		174,38	-13,41	160,97
5		167,67	-12,90	154,78
6		161,22	-12,40	148,82
7		155,02	-11,92	143,10
8		149,06	-11,46	137,60
9		143,33	-11,02	132,30
10		137,82	-10,60	127,22
11		132,51	-10,19	122,32
12		127,42	-9,80	117,62
13		122,52	-9,42	113,09
14		117,80	-9,06	108,74
15		113,27	-8,71	104,56
16		108,92	-8,38	100,54
17		104,73	-8,05	96,67
18		100,70	-7,75	92,96
19		96,83	-7,45	89,38
20		93,10	-7,16	85,94
SUM			-228,92	2685,83

Tabell B.2: Netto nåverdi beregning av oppgradert Harpefossen vannkraftverk for 20 år alternativ 0.

År	Investeringskostnad	Nytteverdi	Totale kostnader	NNV
0	-163,81	204,00	-15,69	24,50
1		196,15	-15,09	181,07
2		188,61	-14,51	174,10
3		181,36	-13,95	167,41
4		174,38	-13,41	160,97
5		167,67	-12,90	154,78
6		161,22	-12,40	148,82
7		155,02	-11,92	143,10
8		149,06	-11,46	137,60
9		143,33	-11,02	132,30
10		137,82	-10,60	127,22
11		132,51	-10,19	122,32
12		127,42	-9,80	117,62
13		122,52	-9,42	113,09
14		117,80	-9,06	108,74
15		113,27	-8,71	104,56
16		108,92	-8,38	100,54
17		104,73	-8,05	96,67
18		100,70	-7,75	92,96
19		96,83	-7,45	89,38
20		93,10	-7,16	85,94
SUM			-228,92	2583,69

Tabell B.3: Netto nåverdi beregning av oppgradert Harpefossen vannkraftverk for 20 år alternativ 1.

År	Investeringskostnad	Nytteverdi	Totale kostnader	NNV
0	-233,79	289,00	-7,58	47,63
1		277,88	-7,29	270,60
2		267,20	-7,01	260,19
3		256,92	-6,74	250,18
4		247,04	-6,48	240,56
5		237,54	-6,23	231,31
6		228,40	-5,99	222,41
7		219,62	-5,76	213,86
8		211,17	-5,54	205,63
9		203,05	-5,33	197,72
10		195,24	-5,12	190,12
11		187,73	-4,92	182,81
12		180,51	-4,73	175,77
13		173,57	-4,55	169,01
14		166,89	-4,38	162,51
15		160,47	-4,21	156,26
16		154,30	-4,05	150,25
17		148,36	-3,89	144,47
18		142,66	-3,74	138,92
19		137,17	-3,60	133,57
20		131,90	-3,46	128,44
SUM			-110,59	3872,22

Tabell B.4: Netto nåverdi beregning av oppgradert Øvre Vinstra vannkraftverk for 20 år alternativ 2a.

År	Investeringskostnad	Nytteverdi	Totale kostnader	NNV
0	-253,54	289,00	-7,58	27,88
1		277,88	-7,29	270,60
2		267,20	-7,01	260,19
3		256,92	-6,74	250,18
4		247,04	-6,48	240,56
5		237,54	-6,23	231,31
6		228,40	-5,99	222,41
7		219,62	-5,76	213,86
8		211,17	-5,54	205,63
9		203,05	-5,33	197,72
10		195,24	-5,12	190,12
11		187,73	-4,92	182,81
12		180,51	-4,73	175,77
13		173,57	-4,55	169,01
14		166,89	-4,38	162,51
15		160,47	-4,21	156,26
16		154,30	-4,05	150,25
17		148,36	-3,89	144,47
18		142,66	-3,74	138,92
19		137,17	-3,60	133,57
20		131,90	-3,46	128,44
SUM			-110,59	3852,47

Tabell B.5: Netto nåverdi beregning av oppgradert Øvre Vinstra vannkraftverk for 20 år alternativ 3.

Vedlegg C

Vedlegg C gir oversikt over forventningsverdier for de ulike kraftverkene. Samt følsomhetsanalyse som viser sensitivitet til netto nåverdi ved følge prosentvis endring i en faktor. Tallene i følsomhetsanalyse er i millioner kr.

Prosent %	Strømpris	Driftskostnader	Miljøkostnader	Produksjon
40 %	0,60	0,20	0,000819	1260000000,00
30 %	0,5525	0,18	0,000760	1170000000,00
20 %	0,51	0,17	0,000702	1080000000,00
10 %	0,4675	0,15	0,000643	990000000,00
0 %	0,425	0,14	0,000585	900000000,00
-10 %	0,3825	0,13	0,000526	810000000,00
-20 %	0,34	0,11	0,000468	720000000,00
-30 %	0,2975	0,10	0,000409	630000000,00
-40 %	0,255	0,08	0,000351	540000000,00

Tabell C.1: Forventningsverdi for Roan vindkraftverk

	-40 %	-30,00 %	-20,00 %	-10 %	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %
Strømpris	-1451,70	-893,62	-335,54	222,54	780,62	1338,70	1896,78	2454,86	3012,94
Driftskostnad	1515,97	1332,13	1148,29	964,46	780,62	596,78	412,94	229,10	45,27
Miljøkostnader	783,69	782,92	782,15	781,39	780,62	779,85	779,08	778,31	777,55
Produksjon	-713,28	-339,80	33,67	407,14	780,62	1154,09	1527,57	1901,04	2274,51

Tabell C.2: Følsomhetsanalyse for Roan vindkraft

	Strømpris	Vedlikeholdskostnad
40 %	0,595	21,966
30 %	0,5525	20,397
20 %	0,51	18,828
10 %	0,4675	17,259
0 %	0,425	15,69
-10 %	0,3825	14,121
-20 %	0,34	12,552
-30 %	0,2975	10,983
-40 %	0,255	9,414

Tabell C.3: Forventningsverdi for Harpefossen

Alternativ 0	-40 %	-30,00 %	-20,00 %	-10 %	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %
Strømpris	1495,26	1792,91	2090,55	2388,19	2685,83	2983,48	3281,12	3578,76	3876,40
Vedlikeholdskostnad	2675,87	2698,76	2721,65	2744,54	2767,43	2790,33	2813,22	2836,11	2859,00

Tabell C.4: Følsomhetsanalyse for Harpefossen alternativ 0

Alternativ 1	-40 %	-30,00 %	-20,00 %	-10 %	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %
Strømpris	1393,12	1690,77	1988,41	2286,05	2583,69	2881,34	3178,98	3476,62	3774,26
Vedlikeholdskostnad	2756,86	2733,97	2711,08	2688,19	2665,29	2642,40	2619,51	2596,62	2573,73

Tabell C.5: Følsomhetsanalyse for Harpefossen alternativ 1

	Strømpris	Vedlikeholdskostnad
40 %	0,595	10,612
30 %	0,5525	9,854
20 %	0,51	9,096
10 %	0,4675	8,338
0 %	0,425	7,58
-10 %	0,3825	6,822
-20 %	0,34	6,064
-30 %	0,2975	5,306
-40 %	0,255	4,548

Tabell C.6: Forventningsverdi for Øvre Vinstra

Alternativ 2a	-40 %	-30,00 %	-20,00 %	-10 %	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %
Strømpris	2185,58	2607,24	3028,90	3450,56	3872,22	4293,88	4715,54	5137,20	5558,86
Vedlikeholdskostnad	3916,46	3905,40	3894,34	3883,28	3872,22	3861,16	3850,10	3839,04	3827,98

Tabell C.7: Følsomhetsanalyse for Øvre Vinstra alternativ 2a

Alternativ 3	-40 %	-30,00 %	-20,00 %	-10 %	0 %	10 %	20 %	30 %	40 %
Strømpris	2165,83	2587,49	3009,15	3430,81	3852,47	4274,13	4695,79	5117,45	5539,11
Vedlikeholdskostnad	3896,71	3885,65	3874,59	3841,41	3830,35	3819,29	3830,35	3819,29	3808,23

Tabell C.8: Følsomhetsanalyse for Øvre Vinstra alternativ 3



Norges miljø- og bioscienspolitiske universitet
Norges miljø- og bioscienspolitiske universitet
Norwegian University of Life Sciences

Postboks 8005
NO-1432 Ås
Norway