

# Vindkraftverks påvirkning på boligprisene for nærliggende boliger

– En Hedonisk Prisstudie i Norge

Av Markus Lund Andersen

Master i Samfunnsøkonomisk Analyse  
30 studiepoeng

Økonomisk Institutt  
Samfunnsvitenskapelig Fakultet

Mai 2023



## Forord

Masteroppgaven er skrevet som et bidrag til prosjektet «LandValUse: Integrated welfare assessment of climate and biodiversity impacts of land use: From promise to policy solutions» (pnr: 319 917) og bygger på det nylig avsluttede prosjektet «WINDLAND: Spatial assessment of environment-economy trade-offs to reduce wind power conflicts» (pnr 267 909), begge finansiert av Norges Forskningsråd. Deltagelse i prosjektene er gjennom et masterstipend, som har gitt meg tilgang til Statistisk sentralbyrå sine ressurser og fasiliteter.

Selv om masteroppgaven er skrevet i samarbeid med SSB, så er denne oppgaven mitt personlige bidrag, og jeg er helt og holdent ansvarlig for eventuelle feil og mangler.

Det er mange personer jeg gjerne vil takke for støtten under skrivingen av denne oppgaven. Først og fremst vil jeg takke min hovedveileder Geir Asheim og biveileder Kristine Grimsrud som har hjulpet meg med det faglige. Jeg er også takknemlig overfor Terje Skjerpen og Henrik Lindhjem for gode innspill i sluttfasen, i tillegg til familien min for korrekturlesing og støtte i motbakkene.

Jeg vil også takke alle mine medstudenter på universitetet, og spesielt de andre masterstudentene ved SSB for all oppmuntring under skriveprosessen og for en fantastisk studietid.

## Sammendrag

Vindkraft på land er i dag den nest største energiformen i Norge, og har størst potensiale til å dekke fremtidige kraftunderskudd. Dette er fordi denne energiteknologien er den mest kostnadseffektive per kWh og raskest realiserbare i Norge (NOU 2023: 3). Vindkraft er fullstendig fornybar og representerer en faktor i kampen mot klimaendringene, men energiformen forårsaker også betydelige negative lokale virkninger, og er et klassisk eksempel på at klimahensyn og miljøhensyn kan komme i konflikt med hverandre. Oppføring av vindkraftverk kan føre til negative eksternaliteter som miljøproblemer gjennom tap av naturområder og økosystemtjenester, i tillegg til at naboer av kraftverket kan påføres visuell forurensning og støy (Heintzelman & Tuttle, 2012; Jensen et al., 2014; NVE, 2022b).

I denne analysen anvendes en hedonisk prismodell for å undersøke om boligprisene er lavere i nærheten av vindkraftverk, og for å estimere den implisitte marginale betalingsvilligheten for å bo i nærheten av et vindkraftverk. For å kontrollere for at vindkraftverk ofte bygges i usentrale områder og andre romlige prosesser, så utvides den hedoniske prismodellen med geografisk faste effekter og differanse i forskjeller.

Analysen er et bidrag til den stadig voksende litteraturen om effekten av vindkraftverk på boligpriser, ved at den er den første empiriske analysen som undersøker denne problemstillingen i Norge. For å estimere den hedoniske prisfunksjonen og relasjonen mellom boligpriser og nærhet til vindkraftverk, så er det benyttet informasjon inklusivt koordinater for over 225 000 boligtransaksjoner og 61 vindkraftverk i Norge fra 2010 til 2022.

Resultatene varierer noe mellom ulike modeller og tilhørende forutsetninger, men er konsistente i å rapportere signifikant og betydelig negativ effekt på boligprisen av plassering i nærheten av vindkraftverk. Jevnt over er den estimerte marginale betalingsvilligheten for å bo under 1 km fra et vindkraftverk omkring -15% av boligprisen. Den negative effekten på boligprisen avtar med avstanden og konvergerer mot null mellom 5 og 7 km fra vindkraftverket.

Videre drøftes fordelingseffekter og implikasjoner for økonomisk politikk basert på resultatene i analysen. Det anbefales at det utredes og innføres en naturavgift på bruk av naturområder som leverer naturressurser og økosystemtjenester. En slik avgift vil føre til at utbygger internaliserer de totale samfunnsøkonomiske kostnadene ved oppføring av vindkraftverk i sine kostnader, for å korrigere for markedssvikt forårsaket av blant annet

negative eksternaliteter. På denne måten vil i større grad bare de vindkraftprosjektene som lønner seg for samfunnet realiseres.

## Innholdsfortegnelse

1.	Introduksjon .....	1
1.2	Vindkraftverk og boligpriser .....	2
1.3	Oppgavens målsetting .....	4
1.4	Oppgavens struktur .....	4
2.	Teoretisk grunnlag .....	5
2.1	Markedssvikt .....	5
2.2	Monetær verdsetting, WTP og WTA .....	9
3.	Den hedoniske prismodellen .....	12
3.1	Teoretisk grunnlag for HPM .....	12
3.2	Estimering .....	16
3.3	Utfordringer med HPM og økonometriske problemstillinger .....	17
	Romlige utfordringer .....	19
4.	Datagrunnlag og valg av forklaringsvariabler .....	20
4.1	Data på omsatte boliger .....	20
4.2	Data på vindkraftverk .....	20
4.3	Avstand og synlighet til vindkraftverk .....	21
4.4	Valg av forklarende variabler .....	22
4.5	Fjerning av ekstremverdier .....	26
4.6	Deskriptiv statistikk .....	27
5.	Verdsetting med HPM og valg av økonometrisk modell .....	28
5.1	Fast effekt modeller .....	28
5.2	Justering av prisvekst og sesongforskjeller .....	30
6.	Økonometriske modeller .....	32
6.1	OLS og basismodell .....	32
6.2	Modell med FE for området .....	33
6.3	Effekten av avstand til vindkraftverk på boligprisen .....	33
6.4	Timing på aktørenes tilpasning ved oppføring av vindturbiner .....	34
6.5	Differanse i forskjeller .....	35
6.6	Effekten av synlighet til vindkraftverk .....	37
7.	Regresjonsresultater .....	39
7.1	Tolkning av estimerte koeffisienter .....	39
7.2	Resultater .....	39
	Avstanden til vindkraftverket .....	41
	Timing av markedstilpasning .....	42

Differanse i forskjeller .....	43
Synlighet til vindkraftverket .....	45
7.3 Diskusjon av regresjonsresultater .....	46
7.4 Tolkning av resultater .....	47
8. Fordelingseffekter og økonomiske implikasjoner .....	49
8.1 Verdioverføring og naturavgift.....	49
8.2 Energisammensetningen eller eksternalitetssammensetningen.....	52
8.3 Grunnrente og manglende insentiver .....	53
8.4 Vindkraft i mindre konfliktfylte områder .....	54
8.5 Endringer i konsesjonsbehandlingen .....	54
8.6 Korrigering av markedssvikt .....	55
9. Konklusjon .....	57
Referanser .....	58
Appendiks A: Korrelasjoner mellom variabler .....	62
Appendiks B: Regresjonstabeller.....	63

## Figurliste

Figur 1-1: Utbygde vindkraftverk i Norge.....	1
Figur 2-1: Markedssvikt ved eksternaliteter .....	5
Figur 3-1: Grafisk fremstilling av hedonisk prisfunksjon .....	15
Figur 4-1: Histogram over avstanden fra boligene til nærmeste vindkraftverk. ....	21
Figur 4-2: Vindkraftverket på Lista, eksempel på grense rundt vindkraftverk. ....	21
Figur 5-1: Prisindeks for brukte boliger i Norge .....	30
Figur 7-1: Graf over estimater fra modell (6.3) med faste kommuneeffekter. ....	41
Figur 7-2: Graf over estimater fra modell (6.3) med faste kraftverkeffekter. ....	42
Figur 7-3: Graf over estimater fra modell (6.4) med ulik timing av markedstilpassning .....	43
Figur 7-4: Graf over estimater fra DiD-modell (6.6) med faste kraftverkeffekter. ....	44
Figur 8-1: Kostnader for kraftproduksjon ved ulike produksjonsteknologier i Norge.....	51
Figur A-1: Korrelogram over ulike variabler av interesse .....	62

## Tabelliste

Tabell 2-1: Kategorisering av goder etter ekskluderende og rivaliserende egenskaper .....	8
Tabell 4-1: Oversikt over relevante variabler i boligdata .....	20
Tabell 4-2: Oversikt over relevante variabler i data over vindkraftverk .....	21
Tabell 4-3: Oversikt over strukturelle variabler i HP-funksjonen .....	25
Tabell 4-4: Deskriptiv statistikk .....	27
Tabell 6-1: Estimering med DiD .....	36
Tabell 7-1: Regresjonsresultater for modellene (6.1) og (6.2) .....	40
Tabell 7-2: DiDiD-estimat for den isolerte effekten av synlighet .....	45
Tabell 7-3: Estimert marginal implisitt WTP .....	48
Tabell B-1: Regresjonsresultater for modell (6.3), avstandsintervaller .....	63
Tabell B-2: Regresjonsresultater for modell (6.4), timing av markedstilpasning .....	64
Tabell B-3: Regresjonsresultater for modell (6.5), DiD .....	65
Tabell B-4: Regresjonsresultater for modell (6.6), DiD med avstandsintervaller .....	66
Tabell B-5: Regresjonsresultater for modellene (6.7) og (6.8), fokus på synlighet .....	67
Tabell B-6: Regresjonsresultater modell (6.9), DiDiD .....	68



## 1. Introduksjon

Fra tidlig 2000-tallet har vindkraft på land som energikilde skutt fart i Norge, og i inngangen til 2022 var det bygget ut i underkant av 4 700 MW med vindkraft. Dette gir en middelproduksjon på 15,5 TWh, som tilsvarer strømforbruket til omtrent 773 000 husstander (NVE, 2020).

I en verden med global oppvarming, har Norge i kampen mot klimaendringene meldt inn til FN at vi skal redusere klimagassutslippene med minst 55 prosent innen 2030 sammenlignet med nivået i 1990, som vårt bidrag til å holde den globale oppvarmingen under 1,5 grader (Statsministerens kontor, 2022). For å nå denne målsettingen er Norge nødt til å omstille økonomien og da spesielt industri og transport, vekk fra fossile og andre ikke fornybare energiformer til fornybar energi.

Selv om Norge i dag har et kraftoverskudd på rundt 20 TWh på ett år med gjennomsnittlige værforhold, så forventer NVE i sin Langsiktige Kraftmarkedsanalyse for 2021-2040 at vi i 2040 vil få et kraftunderskudd på hele 12 TWh i året (Ueland et al., 2021). Vindkraft på land er landets nest største energikilde etter vannkraft med 15,5 TWh mot 136,7 TWh for vannkraft (NVE, 2020; NVE, 2023). I takt med teknologiutviklingen, økende strømpriser og lavere produksjonskostnader, så øker

stadig lønnsomheten til

vindkraftproduksjon. Siden Norge er et land med mye fjell og lang kystlinje, så har vi mange områder med store vindressurser som kan omgjøres til elektrisk energi, ifølge NVE.

Vi ser derfor at vindkraft kan være en stor bidragsyter til å øke produksjonen av fornybar elektrisk energi, og dermed bidra til å dekke fremtidige kraftunderskudd slik at samfunnet kan videre elektrifiseres, og omstille fossildrevet industri og transport. Men samtidig som vindkraft har store klimamessige positive effekter i form av mer fornybar energi, så gir det også



Figur 1-1: Vindkraftverk i Norge som er utbygd, under bygging eller har fått konsesjon, men ikke startet bygging. Størrelse på sirkel skal representere kraftverkets størrelse, Mørk grønn sirkel angir de utbygde. Hentet fra NVEs kart over vindkraftverk.

lokale problemer i nærheten av kraftanleggene i form av tap av naturområder og villmark (NVE, 2022b), i tillegg til at kraftverkene kan gi støy- og visuell forurensning for de som bor nærme turbinene (Heintzelman & Tuttle, 2012; Hoen et al., 2015; Jensen et al., 2014). I denne oppgaven er det nettopp dette som skal studeres ved å undersøke om vindkraftverk har negative effekter på boligprisene for boliger som ligger nærme vindkraftverkene. Oppgaven vil være den første som estimerer priseffekter av vindkraftverk på nærliggende boliger i Norge.

## 1.2 Vindkraftverk og boligpriser

Selv om vindkraftverk kan ha positive lokale virkninger i form av investeringer, arbeidsplasser og utvidet eller forbedret infrastruktur, så følger det også en del negative lokale konsekvenser. Vindkraftverk i Norge ligger ofte langs kysten eller i fjellet som innehar betydelige naturressurser og verdier som reduseres ved naturinngrep gjennom bygging av vindturbiner. Dette kan være estetisk forurensning, reduksjon i områdets evne til å levere rekreasjonsmuligheter og friluftsliv, eller forårsake ødeleggelse av eksisterende verdier i villmarken. Særlig kan de som bor i nærheten av vindturbinene oppleve redusert utsikt og dårligere estetisk miljø ved sin bolig eller fritidsbolig, videre omtalt som visuelle virkninger. Vindturbiner kan produsere en del støy som vil være forstyrrende spesielt for de som er bosatt nærmest vindturbinene (Jensen et al., 2014). I tillegg til å være en visuell forurensning i landskapet i seg selv, så kan vindturbiner produsere skyggekast over områder som kan oppfattes som ubehagelige.

Støy fra vindturbiner kommer i hovedsak fra rotorbladene som skjærer gjennom luften (NVE, 2022a). Denne støyen måles ved konsekvensutredningen i  $L_{den}$  som er en måleenhet for vektet gjennomsnittlig støy i løpet av en dag, hvor støy på kvelden og natten er vektet høyere enn på dagen. Det er anbefalt at denne verdien ligger på under 45 dB, som vanligvis opptrer på avstander fra 600 til 800 meter fra turbinen (NVE, 2022a). Olje- og energidepartementet har derfor satt en anbefalt minimumsavstand på vindturbiner til bebyggelse i konsesjonsbehandlingen på 800 meter (Meld. St. 28 (2019-2022)).

Støy fra vindturbiner er en stressfaktor og de mest studerte mulige negative virkningene er støyplage, søvnforstyrrelser, redusert mental helse og risiko for hjerte- og karsykdommer (Aasvang & Krog, 2022). Støy er også definert som forurensning i henhold til forurensningsloven (Lovdata, 2023). En kunnskapsoppsummering fra WHO har slått fast at støy fra vindturbiner er assosiert med støyplage som starter ved 40 dB (World Health Organization, 2019), hvor støyplage er definert som helsetap som burde forebygges. Det er

lite forskning som tyder på at lyd på 40-45 dB har en direkte innvirkning på søvn (Aasvang & Krog, 2022). Ellers er det ingen studier som tyder på at støy fra vindturbiner kan gi redusert mental helse eller risiko for hjerte- og karsykdommer, ifølge Folkehelseinstituttets kunnskapsgrunnlag for vindturbinestøy og helse (Aasvang & Krog, 2022).

Vindturbiner gir også store visuelle virkninger da vindturbinene ofte er høye og er plassert på eksponerende posisjoner i terrenget hvor det blåser mye, som også gjør dem veldig synlige. Hvor stor innvirkning de visuelle virkningene av vindkraft er, avhenger i stor grad av hvor dominerende de er i terrenget (Lindhjem et al., 2018). I Norconsults rapport «Visuelle virkninger av vindkraft» er det anslått at store vindturbiner vil dominere landskapet innenfor en avstand på en kilometer, og at vindkraftverk kan ha en signifikant effekt på vår visuelle oppfatning av landskapet opp til 15-20 kilometer fra turbinene (Norconsult, 2017).

I tillegg til visuelle forurensning av landskapet, så kan skyggekast være et stort problem for personer som bor og oppholder seg i nærheten av vindturbinene. Skyggekast oppstår når en eller flere vindturbiner står mellom sola og mottaker, og rotorbladene kaster skygge for hver gang de svinger foran sola. Oppholdssteder og bebyggelse kan oppleve sjenerende skyggekast både ute- og innendørs fra vindturbiner som ligger i nærheten. Ifølge Norconsults rapport «Vurdering av kunnskapsgrunnlag for skyggekast» så kan skyggekast nå mottakeren ut mot 2 kilometer fra nærmeste vindturbin (Norconsult, 2022).

Siden vindkraftverk kan gi negative lokale effekter som støy, skyggekast og visuelle virkninger, er det nærliggende å tro at eiendomsprisene i nærheten av vindkraftverk påvirkes negativt av slik eksponering. I denne oppgaven skal vindkraftverks påvirkning på boligprisene for nærliggende boliger undersøkes. Ved å bruke en hedonisk prismodell (HPM) er det mulig å isolere og fastslå vindkraftverks påvirkning på salgsprisen. En slik modell bidrar til å vise lokalbefolkningens preferanser for å bo i nærheten av et vindkraftverk. Hedoniske prisestimer vil si noe om lokalbefolkningens marginale betalingsvillighet for å ha et vindkraftverk i nærheten av sin bolig (forventet å være negativ om det ikke er foretrukket for innbyggerne). På denne måten vil det være mulig å kvantifisere lokalbefolkningens preferanser for de negative (og positive) effektene ved å bo i nærheten av et vindkraftverk. Videre ønsker jeg å drøfte hvilken betydning funn av negative eksternaliteter gir grunnlag for verdimeslige argumenter for kompensasjon av de som er påvirket av utbyggingen. Hvordan dette eventuelt gir grunnlag for å endre konsesjonsutredningen eller skatter og avgifter, og hvordan man kan ta hensyn til slike virkninger for å dempe konflikter rundt vindkraftutbygging, vil også bli drøftet.

### 1.3 Oppgavens målsetting

Målsettingen med denne masteroppgaven er å undersøke hvordan og i hvilken grad personer verdsetter det å bo i nærheten av et vindkraftverk. For å løse dette skal jeg studere eiendomsmarkedet, med den forutsetning at boligkjøpere vurderer eksponering til vindkraftverk og at dette har en betydning ved kjøp av boliger. I oppgaven vil den hedoniske prismodellen anvendes. Dette er en økonomisk verdsettingsteknikk som avslører preferanser over ulike attributter til en bolig ved å estimere prisforskjeller mellom ulike boliger. Softwareprogrammet R vil anvendes for å gjøre alle estimeringer og utregninger.

Problemstillingen for oppgaven vil være:

- *Hvordan påvirker vindkraftverk boligprisene for nærliggende boliger?*

Ved å anvende HPM er det ønskelig å svare på følgende spørsmål i denne oppgaven:

- *Hva er befolkningens avslørte preferanser for å bo nærme et vindkraftverk?*
- *Hva er forskjellen på effekten av å bo nærme et vindkraftverk, og effekten av å ha et synlig vindkraftverk fra sin bolig?*
- *Hvordan kan eventuelle funn i denne oppgaven bidra til forbedret politikk, konsesjonsbehandlingen og tiltak for å begrense konflikter rundt vindkraftverk?*
- *Er det basert på funn i denne oppgaven, grunnlag for kompensasjon eller andre tiltak rettet mot lokalbefolkningen eller andre berørte av vindkraftverk?*

### 1.4 Oppgavens struktur

Kapittel 1 er en innledning som forklarer oppgavens kontekst, formål og problemstilling. Kapittel 2 presenterer det teoretiske grunnlaget oppgaven er bygget på, og fremstiller samfunnsøkonomiske problemstillinger rundt vindkraft på land i forbindelse med boliger. Det kommer også frem hvorfor HPM er egnet til å løse problemstillingen. Kapittel 3 forklarer teorien bak HPM og hvilke utfordringer som er forbundet med denne metoden. Kapittel 4 gir en oversikt over hvilke data som skal brukes til å estimere HP-funksjonen, og hvilke variabler som er inkludert i funksjonen. Kapittel 5 spesifiserer modellen og hvordan den overkommer romlige problemer og prisvariasjon. Kapittel 6 viser de økonometriske modellene og strategiene som brukes for å avdekke relasjonen mellom avstand og synlighet til vindkraftverk og boligprisene. Kapittel 7 viser resultatene fra regresjonsanalysene, og vurderer de økonomiske betydningene av estimatene. Kapittel 8 ser på hvordan resultatene fra analysen gir prinsipielle argumenter for endring i økonomisk politikk. Kapittel 9 gir en konklusjon på problemstillingen på bakgrunn av resultatene i oppgaven. Til slutt er referanser og appendiks.

## 2. Teoretisk grunnlag

Formålet med dette kapitlet er å forklare det teoretiske grunnlaget som oppgaven bygger på ved å undersøke hvilke samfunnsøkonomiske problemstillinger som eksisterer i forbindelse med vindkraft og boliger. Kapitlet vil se nærmere på hvordan vindkraft kan være preget av markedssvikt gjennom eksternaliteter, og hvorfor enkelte goder som forvitrer ved oppføring av vindturbiner, ikke i tilstrekkelig grad blir hensyntatt. Til slutt vil jeg definere det teoretiske rammeverket som er nødvendig for verdsettelse av økosystemtjenester, og generell økonomisk verdsetting.

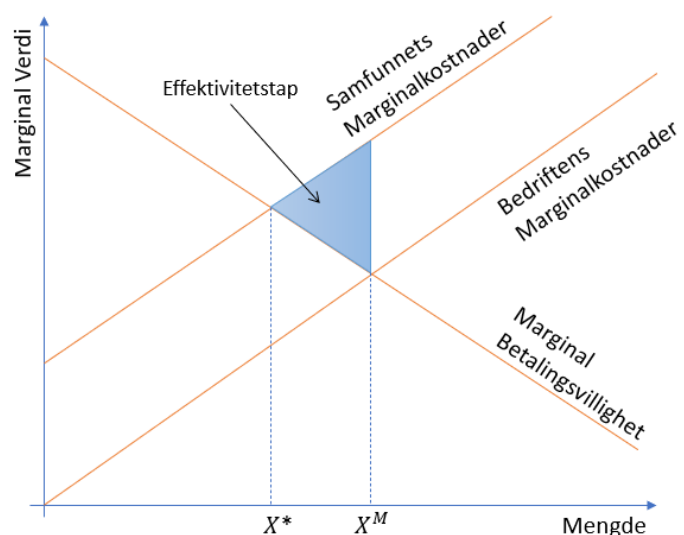
### 2.1 Markedssvikt

Som vist tidligere kan vindkraftverk påføre negative virkninger for de som bor i nærheten av kraftverket i form av støy, skyggekast og visuell forurensing. Men også i form av tap av lokal villmark og naturmangfoldsrike arealer som kan levere rekreasjonsmuligheter, tap av klimagassopptak og lagring i arealer til anlegg og adkomstveier og andre økosystemtjenester. Tap av rekreasjonsarealer er en kostnad som ikke nødvendigvis bæres av kraftverkseierne selv, men av de som bor i nærheten av kraftverket. I slike tilfeller vil ikke selskapene som drifter kraftverkene ta innover seg de totale kostnadene av kraftproduksjonen, siden de totale samfunnsøkonomiske kostnadene ikke nødvendigvis er like de bedriftsøkonomiske. Om de samfunnsøkonomiske kostnadene ikke sammenfaller med de bedriftsøkonomiske kostnadene vil det oppstå en markedssvikt, som i dette tilfelle vil være forårsaket av negative eksternaliteter.

Eksternaliteter betegnes som nytte eller ulempe som ikke er internalisert i prisen og påføres en tredjepart.

Utsiktede nyttevirkinger er positive eksternaliteter, og ulemper eller kostnader er negative eksternaliteter. Eksternaliteter gir markedssvikt, da ressursallokeringen i samfunnet ikke blir lik den sosialt optimale, fordi aktørene i markedet ikke tar hensyn til alle kostnader eller nytte som tilfaller samfunnet ved produksjon. Dette fører

Figur 2-1: Markedssvikt ved eksternaliteter gir for mye produksjon og effektivitetstap



til at markedskreftene alene ikke gir den markedslukevekten som er mest fordelaktig for samfunnet som helhet. (Arrow, 1970).

I Figur 2-1 kan vi se hvordan høyere marginalkostnader for samfunnet enn for bedriften gjør at markedsløsningen gir for stor produksjon ( $X^M$ ) i forhold til hva som er samfunnsøkonomisk optimalt ( $X^*$ ). Markedslukevekten gir derfor et effektivitetstap ved at det produseres en mengde som har høyere kostnad ved produksjon enn det samfunnet har i betalingsverdi for den gitte mengden.

Jeg vil presisere at det er mange potensielle positive og negative eksternaliteter forbundet med vindkraft, men at denne oppgaven bare vil omhandle de eksternaliteter som treffer boligeiere. For eksempel vil ikke kostnader for reindriftsutøvere som får vindturbiner i beiteområder eller redusert turisme bli omtalt, eller forsøkt verdsatt.

I tillegg til at de bedriftsøkonomiske kostnadene ikke nødvendigvis sammenfaller med de samfunnsøkonomiske, så kan dette også være tilfelle på etterspørselssiden. Ved at privat betalingsvillighet for grønn energi ikke nødvendigvis er lik den samfunnsøkonomiske, som trolig er høyere gitt at samfunnet ønsker å kutte karbonutslipp.

For å skifte energisammensetningen fra fossilt til fornybar, og dermed rette opp markedssvikten som oppstår ved negative eksternaliteter gjennom klimagassutslipp og global oppvarming, så har man i stor grad belaget seg på skatter og kvotesystem på karbonutslipp sammen med subsidiering av grønn energi.

Men hvis karbonskattene er for lave eller manglende og kvotene for mange, så vil vi ikke ha en effektiv sammensetning av energisystemet, og vi vil få for mye fossil energi og for lite fornybar. Dette kan føre til for lite vindkraft i forhold til hva som er samfunnsøkonomisk optimalt, med mindre vindkraft subsidieres, for eksempel ved at vindkraftutbyggere ikke trenger å dekke miljøkostnadene de påfører lokalsamfunnet. Med et for lavt avgift- og skattenivå eller subsidiering av vindkraft i sammenheng med et ønske om å utbygge mer grønn energi, kan det oppstå et høyt press på hva man tillater av lokale negative effekter. Dette kan igjen føre til lokal motstand mot vindkraft slik vi har sett de siste årene.

I dagens situasjon har også høye strømpriser, som delvis kan forklares ved utfasing av fossil energi og kjernekraft på kontinentet i tillegg til krig i Ukraina, ført til et høyere politisk press om utbygging av mer elektrisk energi (Adolfson et al., 2022; Ari et al., 2022; NOU 2023: 3, s. 33). Utbyggingen av vindkraft har derimot vært midlertidig stanset i Norge på grunn av befolkningens misnøye over nedbygging av natur (NVE, 2019).

Europas ønske om å være mindre avhengig av Russisk olje og gass etter invasjonen av Ukraina, vil også føre til press om utbygging av grønn energi. Disse faktorene kan dermed bidra til at man i større grad blir nødt til å overse lokale negative virkninger av fornybar kraftutbygging. Høye energipriser gjør det også lønnsomt å bygge ut vindkraftverk som tidligere ikke har vært lønnsomme.

På kostnadssiden er det mange som i det siste har pekt på viktigheten av Ricardiansk rente (grunnrente) på vindkraft, som Skatteutvalgets rapport i 2022 som anbefaler en grunnrenteskatt på 40% (NOU 2022: 20). Her argumenteres det for at lavere kostnader ved produksjon og økte kraftpriser har gitt en totalavkastning som overstiger alternativavkastningen på en alternativ investering med lik systematisk risiko, og at det dermed har oppstått renprofitt eller grunnrente som gir grunnlag for en slik skatt (NOU 2022: 20).

Ifølge Greaker & Lindholt (2022) var det en positiv grunnrente i 2021 på 1,834 milliarder 2021-kroner i landbasert vindkraft, og at den er forventet å være positiv i fremtiden. 2021 er første året den ville vært positiv pga. økte kraftpriser og reduserte produksjonskostnader. Ett av hovedargumentene til Skatteutvalget for en grunnrentebeskatning er at gode plasseringer for vindturbiner er et knapphetsgode, og at konsesjoner er begrenset. Vindressurser og egnede steder for oppføring av turbiner er en stedbundet naturressurs, som gir grunnlag for at eieren av vindkraftverket må dekke grunnrente til felleskapet, utover de negative lokale konsekvensene utbyggingen fører til.

En annen, men ekvivalent måte å se på eksternaliteter, er at det ikke finnes markeder for en del goder og da spesielt økosystemtjenester som estetikk, nærhet til urørt natur og fravær av støy, som ofte resulterer i et underskudd på disse godene. Et vindkraftselskap må ikke kjøpe den gode utsikten fra boligen din når de bygger vindturbiner i nrområdet ditt, fordi eiendomsretten ikke dekker dette. Manglende eiendomsrettigheter fører til at markedet for slike goder ikke eksisterer, selv om du kan ha en betalingsvillighet for å godta å miste utsikten din eller en betalingsvillighet for å få en fin utsikt eller slippe å se vindturbiner fra hjemmet ditt. Når det ikke eksisterer markeder for ulike goder som forsvinner (eller oppstår) når vindkraftverk etableres, så vil ikke et fritt marked gi ett samfunnsøkonomisk optimalt resultat så lenge disse godene ikke blir hensyntatt (Champ et al., 2017).

For å forstå hvorfor slike goder ofte ikke har noe marked, på grunn av fravær av veldefinert eiendomsrett, så kan vi se nærmere på hva slags type goder det egentlig er snakk om. Vi kan blant annet dele inn goder etter hvorvidt de er rivaliserende eller ekskluderende i konsum. Ikke-ekskluderende goder er goder hvor det ikke er mulig å ekskludere noen fra å bruke godet når det først er frembrakt. Siden vi har allemannsretten i Norge så er det for eksempel ikke mulig å hindre noen i å bruke naturen eller et turområde. Ikke-rivaliserende goder er derimot goder som ikke blir brukt opp ved at andre konsumerer godet, eller hvor ditt konsum av godet ikke blir fortrent eller redusert av andres konsum (Farley & Costanza, 2010). For eksempel vil ditt bruk av et turområde ikke redusere verdien av godet for den neste personen som benytter seg av turområdet (gitt at ferdselen i dette området ikke er helt ekstrem, som kan være tilfelle ved blant annet Besseggen i høysesongen). Tabell 2-1 viser hvordan forskjellige goder som kan forvitte ved oppføring av vindturbiner, har ulike egenskaper.

Kollektive goder og trengselsgoder vil ofte ha ineffektive likevektsløsninger i markedet, siden det er veldig høye kostnader forbundet med å hindre noen i å bruke godet, eller at dette er umulig. Ved kollektive goder vil «allmenningens tragedie» oppstå, og godet vil høyst sannsynlig underproduseres (Hardin, 1968). I vårt tilfelle vil dette bety at vindkraftverk i for stor grad vil bli bygget uten at kostnadene forbundet med bortfall eller depresiering av slike kollektive goder verdsettes og hensyntas.

Tabell 2-1: Kategorisering av goder etter ekskluderende og rivaliserende egenskaper

	Ikke-ekskluderende	Ekskluderende
Ikke-rivaliserende	<b>Kollektive goder</b> Eks: Turterreng og støy reduksjon	<b>Klubbgoder</b> Eks: Private parker
Rivaliserende	<b>Trengselsgoder</b> Eks: God utsikt	<b>Private goder</b> Eks: Jaktrettigheter

God utsikt har ikke-ekskluderende kvaliteter da du ikke kan hindre andre i å godtgjøre seg av å ha utsikt over din eiendom som ikke er utbygd eller industrialisert. Ett grøntområde eller natur uten inngrep vil fungere som en buffer mot annen menneskeskapt aktivitet som kan medføre støy eller være sjenerende for landskapet. Hvis vindkraftverk bygges i slike områder, vil deres egenskap som støyreducerende buffer reduseres, i tillegg til at vindkraftverket i seg selv produserer støy. Støyreduksjon eller stillhet er i likhet med turterreng et økosystemgode



som er ikke-ekskluderende av natur, og som har ikke-rivaliserende egenskaper da den kan godtgjøres av mange før trengselen vil redusere nytten av godet.

Det er i prinsippet fullt mulig for utbygger å betale kompensasjon til kommunen som boligeierne bor i for depresiering av kollektive goder og miljøgoder, dette diskuteres nærmere i kapittel 8.

## 2.2 Monetær verdsetting, WTP og WTA

I økonomien antar vi at aktørene er rasjonelle og gjør valg basert på hva som maksimerer deres individuelle nytte. Aktørene har også full oversikt over hvilke goder og tjenester de ønsker og hvordan de påvirker deres totale velferd. Siden konsumentene i markedet har begrensede budsjetter, så må de veie nytten av ulike varer og tjenester mot hverandre. Ved å redusere konsumet av ett gode kan de substituere seg mot en økning i konsum av ett annet gode, og dermed være på et likt eller forbedre nyttenivå. Konsumenter har en kompensasjon som er tilstrekkelig nok til å godta å miste et gode for å holde seg på samme nyttenivå. Dette kaller vi for «willingness to accept» (WTA). Konsumenter kan også ha en betalingsvillighet for å få et gode, som betegnes som «willingness to pay» (WTP). WTA og WTP er to generelle måleenheter for økonomisk verdi (Bateman & Willis, 1999).

I sammenheng med byggingen av vindturbiner, vil WTP være det du er villig til å betale for utbyggingen av vindturbiner (negativ om dette ikke er ønskelig), mens WTA er hva du må ha i kompensasjon for å være foruten byggingen av vindturbiner (også negativ om utbygging ikke er ønskelig). Det er også viktig å spesifisere at det i denne sammenheng med vindkraftverk ikke er hensiktsmessig å verdsette den totale økonomiske verdien av godene som påvirkes av kraftverket, men heller verdsette hvordan oppføringen av vindturbiner endrer den økonomiske verdien (Strøm et al., 2012).

Som i vanlig økonomisk teori antar vi at konsumentene har preferanser over ulike varer og tjenester, som kan rangeres på en logisk og konsistent måte. La  $x$  være en vektor med private goder som omsettes på markedet, med tilhørende  $p$  som prisvektor for disse godene. Videre antar vi at  $Q$  er omfanget av en rekke økosystemtjenester og kollektive goder, for eksempel nærhet til urørt natur, god utsikt, støyreducerende omgivelser, fravær av industriell støy osv. Nyttefunksjonen til konsumentene uttrykker hvilken sammensetning av varer og tjenester som gir høyest nyttenivå gitt uobserverte preferanser. Funksjonen kan skrives som:

$$u = U(\mathbf{x}, Q) \quad (2.1)$$

Konsumentene maksimerer nyttefunksjonen gitt at de overholder budsjettbegrensningen sin, og ikke bruker mer enn sin disponible inntekt  $y$ . Konsumentenes maksimeringsproblem kan derfor defineres som:

$$\text{Max}_x U(\mathbf{x}, Q) \quad \text{gitt} \quad y \geq \mathbf{p}\mathbf{x}$$

Ved å løse dette maksimeringsproblemet kan vi finne den Marshallianske etterspørselsfunksjonen for godene som omsettes på markedet som en funksjon av prisene, inntekten og tilgjengelige økosystemtjenester. Den kan defineres som:

$$\mathbf{x} = g(\mathbf{p}, y, Q)$$

Ved å sette inn for  $\mathbf{x}$  i nyttefunksjonen, er det mulig å finne den indirekte nyttefunksjonen, som betegnes som  $V$ :

$$U(g(\mathbf{p}, y, Q), Q) = V(y, Q, \mathbf{p})$$

Hvis vi antar ett nivå på økosystemtjenestene ved  $Q_0$  før en hendelse eller inngrep forringer miljøet, i dette tilfellet ved bygging av vindturbiner, og  $Q_1$  som nivået i etterkant hvorav  $Q_1 < Q_0$ . Så kan vi sette opp to mulige likninger hvor det indirekte nyttenivået er likt før og etter bygging av vindturbiner og forringelsen av miljøet:

$$V(y, Q_0, \mathbf{p}) = V(y - WTP, Q_1, \mathbf{p}) \quad (2.2)$$

$$V(y + WTA, Q_0, \mathbf{p}) = V(y, Q_1, \mathbf{p}) \quad (2.3)$$

Fra likningene kan vi se at WTP er det maksimale beløpet et individ er villig til å betale (trekke fra den disponible inntekten) for å få oppført vindturbiner, og dermed ha samme nyttenivå som før forringelsen av miljøet og utbyggingen. Merk at WTP er negativ om utbygging av vindturbiner ikke er ønskelig, og at  $-WTP$  er nødvendig kompensasjon for å akseptere utbyggingen. Derimot er WTA det beløpet, eller kompensasjonen individet må ha, for å ha samme nyttenivå som etter vindturbinene ble bygget og miljøet ble forringet. WTA er også negativt om utbyggingen ikke er ønskelig (Freeman III et al., 2014).

Estimering av WTP og WTA kan gjøres både ex ante og ex post. Hvis  $Q_1$  er foretrukket framfor  $Q_0$ , vil WTP i motsetning til WTA være begrenset av individets disponible inntekt. Hvis derimot  $Q_0$  er foretrukket framfor  $Q_1$ , som er det tilfellet vi ser på her, vil -WTA i motsetning til -WTP være inntektsbegrenset.

Det som er avgjørende for om WTA eller WTP er riktig å bruke i estimering av velferdsendringer, er hva som er den relevante status quo. Hvis det er vindkraftselskapet og grunneierne ved kraftverket som har «rett» på å sette opp vindturbiner på sin grunn hvis de vil (gitt at myndighetene godtar dette), er det WTA som er relevant for å måle boligeiernes negative velferdsgevinst. Hvis «retten» derimot ligger hos huseierne, så er det WTP som måler deres negative velferdsgevinst av å akseptere nærliggende vindkraft, fordi en positiv betaling lik -WTP vil sørge at huseierne er like bra stilt som de var før vindkraftverket ble bygd (Freeman III et al. 2014).

Når vi anvender HPM for å måle de negative velferdsgevinstene av nærliggende vindkraft, antar vi at det er mange potensielle huskjøpere som fortsatt kan bo uten negativ påvirkning av vindkraft. Hvis de allikevel kjøper hus i nærheten av et vindkraftverk, må prisen på huset reduseres slik at de ikke blir verre stilt ved å flytte til et slik sted. Dette betyr at forskjellen i pris på boliger i nærheten av et vindkraftverk og en identisk bolig uten negativ påvirkning av vindkraft må være lik WTP (som er negativ). Dette innebærer at de får et positivt tilskudd lik -WTP til den delen av deres inntekt som kan brukes til å konsumere andre goder enn boligjenester. Derfor, i en hedonisk prismodell så estimeres nettopp WTP for ulike attributter, ved å måle prisforskjeller mellom boliger med ulike attributter og karakteristikk. Ved anvendelse av HPM er det derfor mulig å estimere WTP for å bo i nærheten av et vindkraftverk, ved å sammenligne prisforskjeller på boliger som er i nærheten av vindkraftverk eller ikke.

### 3. Den hedoniske prismodellen

Dette kapitlet vil omhandle den hedoniske prismodellen, ved å forklare dens teoretiske fundament. I tillegg til å se nærmere på dens styrker og svakheter, samt økonometriske utfordringer.

#### 3.1 Teoretisk grunnlag for HPM

Bakgrunnen til HPM og dens teoretiske fundament stammer fra Rosen i 1974. Teorien går ut på at kjøpere og selgere av boliger i et marked med fullkommen konkurranse oppnår en markedslikevekt som er styrt av de implisitte prisene av forskjellige karakteristikk og attributter ved boligene. Rosen argumenterer for at en bolig kan ses på som en sammensatt gode, som består av forskjellige positive og negative karakteristikk (Rosen, 1974).

Når vi kjøper en bolig betaler vi derfor for de ulike strukturelle karakteristikk og kvalitetene som boligen innehar, som antall soverom, størrelse, hage osv. I tillegg til strukturelle karakteristikk, så vil en boligkjøper også vurdere positive og negative miljøgoder og økosystemtjenester relatert til å eie boligen, som god utsikt eller eksponering for støy skyggekast. Om boligen ligger nærme et vindkraftverk eller ikke, vil ha en direkte påvirkning på god utsikt, støy og skyggekast. Mange tenkelige forhold kan påvirke boligens verdi som f.eks. nærhet til kollektivtransport og andre goder, eller lokale sosioøkonomiske forhold og geografisk beliggenhet. Hvis man antar at huskjøpere ønsker å maksimere egen nytte ved å betale så lite som mulig for hver bolig (som er definert av dens karakteristikk), samtidig som huseier ønsker å maksimere egen avkastning ved å selge boligen til høyest mulig pris, så vil det i likevekt dannes en prisfunksjon for boliger basert på deres karakteristikk ut ifra hvor bud- og salgfunksjonene møtes (Rosen, 1974). Gitt at  $\mathbf{z}_i$  er en vektor med ulike karakteristikk for bolig  $i$  så kan prisen av boligen  $P_i$  defineres som en funksjon av disse karakteristikkene:

$$P_i = P(\mathbf{z}_i)$$

Som vist tidligere ønsker konsumentene eller huskjøperne å maksimere egen nytte  $U$  gitt budsjettbetingelsen:

$$\text{Max}_{x,z} U(x, \mathbf{z}_i) \quad \text{gitt} \quad y \geq x + P$$

hvor  $x$  er et sammensatt gode med pris normalisert til 1 som representerer konsum av alle andre varer og tjenester enn bolig.  $P$  er salgsprisen på boligen og  $y$  er disponibel inntekt, i

tillegg er  $z_i^j$  et spesifikt attributt  $j$  som inngår i  $\mathbf{z}_i$ , for eksempel et miljørelatert attributt som nærhet til vindkraftverk, hvorav  $\mathbf{z}_i = (z_i^1, \dots, z_i^n)$  der  $n$  er antall mulige attributter og karakteristikk ved bolig  $i$ . Det sammensatte godet av økosystemtjenester  $Q$  er altså nå delt opp i de spesifikke godene og inngår i  $\mathbf{z}_i$ . Lagrange funksjonen med førsteordensbetingelser er da:

$$\mathcal{L} = U(x, \mathbf{z}_i) - \lambda(x + P - y)$$

FOC:

$$\frac{\partial U}{\partial z^j} = \lambda \frac{\partial P}{\partial z^j} \quad i)$$

$$\frac{\partial U}{\partial x} = \lambda \quad ii)$$

$$x + P = y \quad iii)$$

Løser en for funksjonen som spesifiserer optimal ressursallokering for konsumenten ved å sette inn for  $\lambda$  fra ii) i i) får en etter re-arrangering:

$$\frac{\partial U / \partial z^j}{\partial U / \partial x} = \frac{\partial P}{\partial z^j} = MWTP^j \quad (3.1)$$

Dette resulterer i at for ethvert miljørelatert attributt  $z^j$ , så er det optimalt å kjøpe en bolig hvor den marginale substitusjonsraten mellom  $z^j$  og det numerære sammensatte godet  $x$  er lik den marginale eller implisitte prisen av  $z^j$ . Dette er det samme som den marginale WTP (MWTP) for attributt  $z^j$ , så lenge vi forutsetter svak separabilitet mellom de ulike karakteristikkene og attributtene slik at marginal substitusjonsrate mellom to attributter er uavhengig av nivået på andre attributter. Siden MWTP er den marginale substitusjonsraten mellom attributt  $z^j$  og det numerære sammensatte godet, så vil helningen på den hedoniske prisfunksjonen for et gitt attributt  $z^j$  være lik MWTP for det attributtet (Champ et al., 2017).

En annen måte å beskrive denne optimaliseringsprosessen, er å definere det optimale budet konsumenten eller huskjøperen er villig til å gi for en spesifikk bolig. Vi kan definere en budfunksjon  $\theta$  som beskriver forholdet mellom hva konsumenten er villig til å betale i kroner for  $\mathbf{z}_i$  når en eller flere av attributtene boligen består av endrer seg, forutsatt at disponibel inntekt og nyttenivå er uendret. Formelt kan vi bruke nyttefunksjonen ( $U(x, \mathbf{z}_i)$ ) til å

spesifisere budfunksjonen, ved å internalisere at disponibel inntekt minus budet er lik mengden kroner som kan brukes på det numerære sammensatte godet  $x$ :

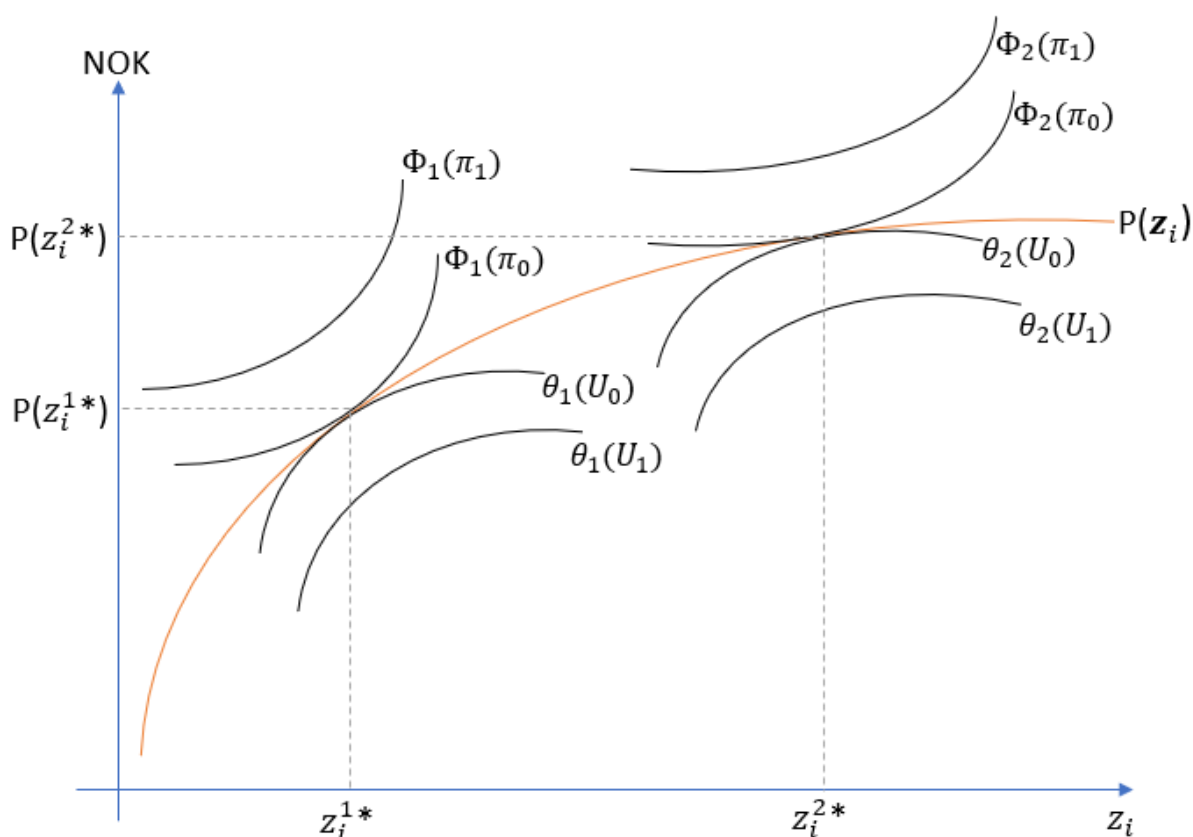
$$U_0 \equiv U(y_0 - \theta, \mathbf{z}) \quad (3.2)$$

Når eksogen disponibel inntekt ( $y_0$ ) og nyttenivå ( $U_0$ ) holdes konstant, vil det optimale budet for konsumenten variere med  $\mathbf{z}$ . Ved å løse for  $\theta$  i formel (3.2) er det mulig å vise at budet er en funksjon av attributtene til boligen, disponibel inntekt og nyttenivå ( $\theta(\mathbf{z}, y_0, U_0)$ ). Det optimale marginale budet for konsumenten for attributt  $j$  (gitt ved  $\partial\theta/\partial z^j$ ), avdekkes ved å maksimere nytten i formel (3.2). Dette resulterer i at det marginale budet konsumenten er villig til å gi for attributt eller karakteristikk  $j$  ( $\theta_j$ ) er lik marginal substitusjonsrate mellom hvilken som helst karakteristikk  $z^j$  og  $x$ . Dette relaterer direkte til formel (3.1), hvor det optimale budet en konsument vil gi for et attributt må være lik den marginale prisen for det attributtet, for å maksimere egen nytte (Champ et al., 2017).

For tilbudssiden av markedet kan vi gjøre en parallell resonnering, ved at boligselgere ønsker å maksimere egen profitt ( $\pi$ ) fra salget ved å motta høyest mulig pris. Selgerne har sin egen funksjon  $\Phi(\mathbf{z}, H, \pi)$  (salgsfunksjonen) som er en funksjon av profitten til selgeren ( $\pi$ ), antall enheter av hvert attributt som selgeren har eller produserer ( $H$ ) og sammensetningen av attributtene ( $\mathbf{z}$ ). Salgsfunksjonen sier hvor mye de er villig til å akseptere for en bolig med et gitt nivå på attributter og karakteristikker  $\mathbf{z}_i$ , gitt at profitt og antall boliger solgt holdes konstant. Vi antar fullkommen konkurranse i markedet, som resulterer i at i optimum vil den marginale prisen selgerne er villig til å godta for attributt  $z^j$  ( $\Phi_j$ ) være lik kostnadene ved å produsere dette attributtet. Fullkommen konkurranse i denne sammenhengen innebærer blant annet at det er et stort marked med mange forskjellige attributtkombinasjoner. Forutsetningen holder ikke nødvendigvis, da det er et begrenset antall boliger i nærheten av vindkraftverk, som kan være preget av lav heterogenitet blant attributtkombinasjoner.

Budfunksjonen til huskjøperne ( $\theta_j$ ) og salgsfunksjonen ( $\Phi_j$ ) til selgerne over ethvert attributt eller karakteristikk  $j$  er illustrert i Figur 3-1, som er hentet fra Champ et al. (2017) s. 239. Her illustreres hvordan den hedoniske prisfunksjonen  $P(\mathbf{z}_i)$  bestemmer boligens pris som en konvolutt bestående av prisene på forskjellige karakteristikker og attributter som boligen består av.

Figur 3-1: Grafisk fremstilling av hedonisk prisfunksjon



I likevekt vil prisen for hvert attributt eller karakteristikk bestemmes i punktet hvor bud- og salgsfunksjonen møtes og tangerer. Den hedoniske prisfunksjonen sier hvordan kombinasjonen av alle attributter og karakteristikk ved boligen definerer den totale salgsprisen.

Ved å estimere den hedoniske prisfunksjonen og de tilhørende marginale verdiene av ulike karakteristikk og attributter, så er første steg i genereringen av en hedonisk modell gjennomført (Palmquist, 2005). Andre steg av den hedoniske prismodellen innebærer å bruke de marginale prisene for attributtene oppnådd i første steg, til å estimere tap eller økning i velferd ved en endring i spesifikke attributter. Det er da mulig å regne ut velferdseffekter av ikke-marginale endringer i attributtene. Dette gjøres ved å bruke sosioøkonomisk data over huskjøperne sammen med de marginale prisene på attributter til å estimere de underliggende preferansene til huskjøperne (Palmquist, 2005). Dessverre er estimeringen av andre steg ofte for ambisiøst, da man trenger mye data for å estimere konsumentenes etterspørselskurve for hvert attributt, siden et salg bare viser et enkelt punkt langs etterspørselskurven. De fleste

HPM-studier er derfor begrenset til første stegs analyser, noe som også vil være tilfellet i denne oppgaven.

### 3.2 Estimering

Den enkleste funksjonsformen er at prisen på boligen og ulike attributter har en lineær sammenheng. Noe som ville ha gitt en praktisk konstant marginal pris for attributter uavhengig av nivået på attributtene. Dette er derimot lite sannsynlig siden marginal nytte for en del attributter eller karakteristikk trolig avhenger av gjeldende nivå. For eksempel vil en 10 m<sup>2</sup> økning i boligstørrelse trolig påvirke prisen mer jo mindre boligen er, og avta jo større den blir. Siden dette gjelder for mange av karakteristikkene ved en bolig er ikke-lineære funksjonssammenhenger bedre egnet.

Det er lite i teorien som kan legge føringer for valg av funksjonssammenheng, siden prisen er bestemt i markedet av mange forskjellige kjøpere og selgere, ifølge Champ et al. (2017). De mest vanlige er semilog, dobbel-log, kvadratisk og kvadratisk Box-Cox. I denne oppgaven vil det brukes semilog med enkelte forklarende variabler i log.

Årsaken til det er at det er den vanligste og mest brukte formen i litteraturen, og det gir estimater som er enkle å tolke og tilegne økonomisk betydning. I tillegg til at Cropper et al. (1988) har gjort en grundig studie om hvilken form som er mest gunstig til å estimere marginale verdier, med tilstedeværelse av uobserverte boligkarakteristikk. Hvorav enkle funksjonssammenhenger som semilog kommer best ut, da mer fleksible funksjoner som Box-Cox i større grad gir skjeve estimater under tilstedeværelse av utelatt variabelskjevhet (OVB)<sup>1</sup> og estimeringsfeil. Kuminoff et al. (2010) har vist at mer fleksible funksjonsformer som Box-Cox kan gi bedre resultater. Men Box-Cox gir resultater som er vanskelig å tolke og som trenger konvertering for å kunne gi en meningsfull økonomisk tolkning, i tillegg til at den er lite brukt i litteraturen (Champ et al., 2017). En semilog funksjon vil ha denne formen:

$$\ln(P_i) = \alpha + \sum_j \beta^j z_i^j + \varepsilon_i \quad (3.3)$$

Hvor den naturlige logaritmen av salgsprisen  $P$  av bolig  $i$  er lik konstantleddet  $\alpha$  pluss alle karakteristikk og attributter  $z_i^j$  multiplisert med de tilhørende koeffisientene  $\beta^j$  pluss

---

<sup>1</sup> «Omitted variable bias»



restleddet  $\varepsilon_i$ . Den estimerte implisitte prisen av en karakteristikk  $z_i^j$  ved semilog funksjon er her:

$$\partial P(\mathbf{z}_i) / \partial z_i^j = \widehat{\beta}^j P_i$$

For å estimere HP-funksjonen og de ulike koeffisientene så er det vanlig å bruke minste kvadraters metode (OLS)<sup>2</sup> eller sannsynlighetsmaksimering (MLE)<sup>3</sup>, selve økonometriske estimeringen vil beskrives nærmere i kapittel 6.

### 3.3 utfordringer med HPM og økonometriske problemstillinger

For å få de korrekte implisitte prisene ved estimering av HPM-modeller forutsetter man at det brukes data om et marked som er i likevekt og at HP-funksjonen er stabil over tid. Hvis man bruker data over et stort geografisk område og/eller over en lang tidsperiode, så vil man ikke finne de implisitte prisene i hvert marked, men ett gjennomsnitt over tid og geografi.

Etterspørsel og tilbud kan også skifte betydelig over større tidsintervaller, og dermed gi resultater som ikke nødvendigvis representerer noen av tidsperiodene, men heller alle periodene i gjennomsnitt. Det kan derfor ofte oppstå en avveining mellom utvalgets størrelse og stabiliteten i den hedoniske prisfunksjonen, da den kan endre seg over tid (Champ et al., 2017). Det vil uansett være viktig å fjerne tidstrender i form av inflasjon fra priser om man har observasjoner av boligsalg som strekker seg over et stort tidsrom. I denne analysen vil det være den gjennomsnittlige effekten som er interessant over tid og for hele Norge, det vil derfor være tilstrekkelig å fjerne pristrenden selv om datasettet omfatter hele Norge og over flere år.

For at funksjonen skal være riktig spesifisert så forutsetter dette at alle variabler som påvirker boligprisene er inkludert i  $\mathbf{z}_i$ . Hvis en variabel som er relevant for å forklare boligprisene er ekskludert så vil funksjonen i mindre grad være i stand til å forklare boligprisene. Om denne variabelen i tillegg er korrelert med en av variablene i den hedoniske funksjonen vil den inkluderte variabelen kanalisere effekten av den ekskluderte. Dermed vil estimatet av koeffisienten for denne variabelen være skjev, og det vil oppstå et utelatt variabelskjevhets problem. Dette er et velkjent problem ved HPM studier, siden det er tilnærmet umulig å kontrollere for alle mulige faktorer som påvirker boligprisene (Champ et al., 2017).

---

<sup>2</sup> «Ordinary least squares»

<sup>3</sup> «Maximum likelihood estimation»

Selv om det å utelukke forklarende variabler kan gi OVB, så kan det å inkludere for mange variabler som er korrelert med hverandre gi multikollinearitet. Dette kan føre til at estimatene for variablenes koeffisienter spiser opp hverandres effekter på boligprisene, noe som vil resultere i upålitelige estimater. Multikollinearitet gir større standardfeil, og senker dermed den statistiske signifikansen på estimatene slik at det er vanskeligere å konkludere på bakgrunn av de estimerte koeffisientene. For eksempel vil antall rom trolig være høyt korrelert med størrelse på boligen eller antall soverom. Å velge alle disse variablene vil gå på bekostning av de estimerte koeffisientenes nøyaktighet og standardfeil.

Når man velger variabler for HP-funksjonen så må man også være oppmerksom på endogenitetsproblemer forårsaket av at forklaringsvariabler har to-veis relasjon med boligprisene. Dette er lite trolig et problem i forbindelse med det å ha utsikt til eller bo i nærheten av vindkraftverk. Men det kan være tilfelle ved andre variabler, ofte sosioøkonomiske (Palmquist, 2005).

En annen utfordring er at man ikke nødvendigvis har data på alle salg, og at manglende observasjoner kan være korrelert med forklarende variabler. Ett eksempel kan være hvis boliger som ligger veldig nære vindkraftverk oftere enn andre ikke blir solgt på markedet, men revet pga. for mye støy til å bo der. Da vil vi få en skjevhet i utvalget vårt og underestimere effekten av å bo nærme et vindkraftverk. En liknende utfordring kan være at vi observerer feil markedsverdi på boligen. Dette kan komme av at boligen er solgt med rabatt innad i en familie eller bedrift.

Når vi observerer boligpriser i markedet er det viktig å presisere at mange av karakteristikkene eller attributtene en bolig innehar kan vurderes subjektivt forskjellig mellom ulike kjøpere og selgere. For at HPM skal fungere optimalt må boligkjøpere være klar over de objektive attributtene som eksempelvis antall soverom, som er ganske enkelt å verifisere. Derimot kan for eksempel det subjektive omfanget av eksponeringen mot lyd fra en vindturbin være vanskelig å ha full informasjon om før kjøpet. HPM forutsetter at alle kjøpere har full informasjon om hvordan ulike boliger og attributter påvirker deres nytte og velferd. Noe som trolig er urealistisk i enkelte tilfeller.

### Romlige utfordringer

En av de største økonometriske utfordringene med HPM er romlig autokorrelasjon<sup>4</sup> og romlig autoregresjon.<sup>5</sup> Dette er problemer som oppstår når restledd fra ulike observasjonsheter er korrelert med hverandre, ved at uobserverte faktorer påvirker alle boligprisene i ett avgrenset geografisk område gjennom OVB. I ett slikt tilfelle vil boliger som er i nærheten av hverandre ha høyere korrelasjon mellom restleddene (romlig autokorrelasjon) enn boliger som ikke er i nærheten av hverandre. Ofte er årsaken til dette nabolagskarakteristikker som ikke er observert og inkludert i HP-funksjonen. Dette kan for eksempel være at personer med like sosioøkonomiske trekk klynger seg sammen, slik at de med like trekk bor i nærheten av hverandre (Champ et al., 2017).

En annet romlig problem som kan oppstå er informasjonseffekter i boligmarkedet, hvor kjøpere observerer priser på nærliggende boliger når de byr, og at dette påvirker hvilken pris de er villig til å betale for boligen de ønsker å by på, ofte kalt romlig autoregresjon (Freeman III et al., 2014; Palmquist, 2005)

Hvis de uobserverte faktorene i restleddene er korrelert med en eller flere av de forklarende variablene i HP-funksjonen, så vil estimatene av deres koeffisienter bli skjeve. Dette er ett potensielt problem ved denne analysen, siden boliger som er nærme vindkraftverk trolig i gjennomsnitt er mer usentrale enn de boligene som ikke er det. Hvis usentrale boliger i gjennomsnitt har lavere pris gitt alle andre faktorer holdt like enn mer sentrale boliger, så vil effekten av å bo nærme et vindkraftverk overestimeres i negativ favør om dette ikke kontrolleres for. Det er flere økonometriske metoder som kan anvendes for å kontrollere for dette. De mest brukte er geografisk faste effekter (FE),<sup>6</sup> «generalized additive model» (GAM), gjentagende salg, «spatial error model» (SEM) og «spatial autoregressive with additional autoregressive error structure» (SARAR). Denne oppgaven er begrenset til bruk av faste effekter. Hvordan FE skal overkomme romlige utfordringer vil spesifiseres nærmere når den økonometriske modellen skal utformes i kapittel 5.

---

<sup>4</sup> «Spatial autocorrelation»

<sup>5</sup> «Spatial autoregression»

<sup>6</sup> «Fixed Effects»

## 4. Datagrunnlag og valg av forklaringsvariabler

Dette kapitlet vil gi oversikt over hvilke data estimeringen av HP-funksjonen skal baseres på, i tillegg til hvordan forklarende variabler for boligprisene som omhandler vindkraft er utledet. Motivet bak valget av forklaringsvariablene i HP-funksjonen vil også fremkomme, og hvordan dette fører til den beste spesifiseringen av funksjonen. Til slutt vil det defineres på hvilket grunnlag ekstremverdier blir fjernet, og det vil presenteres deskriptiv statistikk over de endelige variablene.

### 4.1 Data på omsatte boliger

Data på boligtransaksjoner i Norge er basert på rådata fra Finn.no og Eiendom Norge, som er anskaffet gjennom forskningsprosjektet WINDLAND hos Statistisk sentralbyrå (SSB).

Observasjoner på boligtransaksjoner er hovedsakelig opplysninger som megler selv har fylt inn ved salg. Kvaliteten på dataene er derfor avhengig av hvordan enkeltmeglere har lagt inn informasjonen og at dette er korrekt.

Dataene består av x/y koordinater til den solgte boligen, pris og en rekke strukturelle karakteristikk som areal, antall rom, garasjeplass, boligtype osv. En oversikt over de mest relevante variablene er vist nedenfor i Tabell 4-1.

Tabell 4-1: Oversikt over relevante variabler i boligdata

x-koordinat	y-koordinat	År solgt	Måned solgt	Kvartal solgt	Antall rom
Parkering (garasje/carport/p-plass)	Antall soverom	Areal (P-rom i m <sup>2</sup> )	Bruksareal (BRA i m <sup>2</sup> )	Tett/spredt bebyggelse	Modernisert (år)
Fellesgjeld	Grunnflate	Lånetakst	Etasje	Pris	Antall etasjer
Totalsum	Verditakst	Båtplass	Balkong	Boligtype	Garasje
Hage	Heis	Kommune	Grunnkrets	Peis	Postnummer
Alder	Fellesvaskeri	Byggeår			

Dataene omfatter boligtransaksjoner fra og med 2010 til og med 2022, totalt er det i overkant av 230 000 boligtransaksjoner i datasettet.

### 4.2 Data på vindkraftverk

Data på vindkraftverk er hentet fra NVE, og inneholder data på totalt 61 vindkraftverk i Norge. Her inngår blant annet x/y koordinater på hvert kraftverk. Koordinatene i datasettet er ikke koordinater på hver enkelt vindturbin, men den korteste avstanden mellom boligen og

grensen til kraftverket som strekker seg rundt alle turbinene, noe som representerer en svakhet i datasettet siden koordinater på hver turbin ville vært mer fordelaktig. Andre variabler som er relevante i dette datasettet er vist i Tabell 4-2.

Tabell 4-2: Oversikt over relevante variabler i data over vindkraftverk

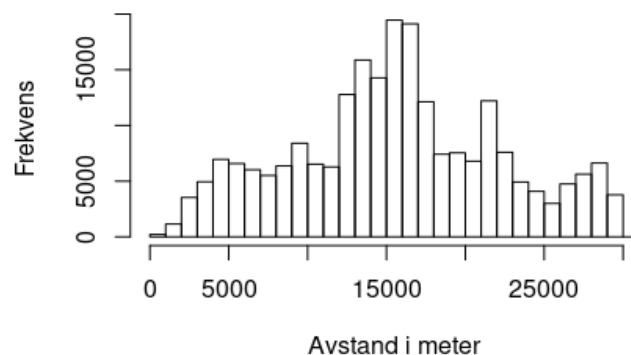
Variabel	Beskrivelse
x/y- koordinat	Koordinat til vindkraftverkets yttergrense rundt kraftverket
Sakstittel	Navnet på kraftverket i konsesjonssøknaden
Produksjons oppstart	Året driften av vindkraftverket startet
Installert effekt	Effekten turbinene er dimensjonert for i MW
Middelproduksjon	Gjennomsnittlig produksjonsevne (GWh)
Antall turbiner	Antall vindturbiner ved vindkraftverket
Navhøyde	Høyde på tårnet til vindturbinen
Rotordiameter	Diameteren på rotoren til vindturbinen
Turbinhøyde	Total høyde på vindturbinen medregnet rotor
NVE ID	Vindkraftverkets ID hos NVE
Prisområde	Prisområdet på elektrisitet vindkraftverket er lokalisert i

#### 4.3 Avstand og synlighet til vindkraftverk

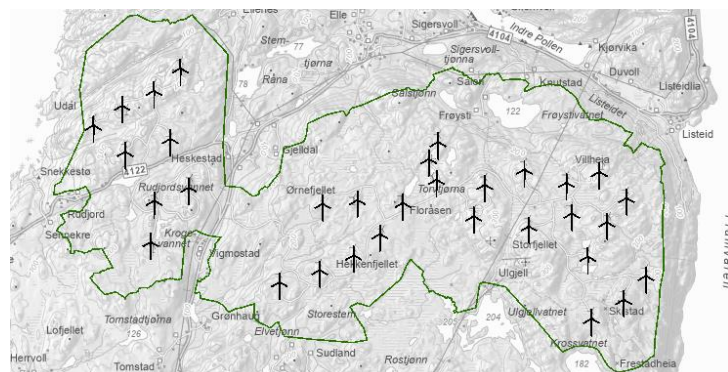
Ved å bruke koordinatene til solgte boliger og de forskjellige kraftverkene, så er det mulig å regne ut avstand i meter fra en gitt bolig til grensen omkring nærmeste vindkraftverk. I Figur 4-1 ser vi et histogram over fordelingen til avstanden boligene i datasettet har til nærmeste vindkraftverk. En svakhet med avstandsmålet er at det er avstanden til grensen av nærmeste vindkraftverk og ikke til nærmeste vindturbin. Se Figur 4-2 for eksempel med Lista vindpark med dens turbiner og vindkraftområde.

For å lage en binær variabel for om boligen har utsikt til et

Histogram over avstand til vindkraftverk



Figur 4-1: Histogram over avstanden fra boligene i datasettet til grensen av nærmeste vindkraftverk.



Figur 4-2: Vindkraftverket på Lista, med turbiner og vindkraftområde i grønn grense rundt turbinene. Hentet fra NVEs kart over vindkraftverk.

vindkraftverk eller ikke så er det brukt ArcGIS,<sup>7</sup> som er en geografisk programvare og informasjonssystem. Her er det mulig å legge inn koordinater på alle boliger og kraftverk i tillegg til høyde på turbiner. Siden programmet har informasjon om høydekurver, er det mulig å avdekke om en gitt bolig har siktelinje til nærmeste vindkraftverk.

I tillegg til at vi dermed får en binær variabel på hvorvidt vindkraftverket er synlig eller ikke fra boligen, så er det også brukt informasjon om skoghøyde rundt boligene til å avdekke om boligen har utsikt til et vindkraftverk uten at vegetasjon mellom vindkraftverk og bolig hindrer utsyn til vindkraftverket. I det ubehandlede datasettet så er det 20,9% av boligene som har utsyn til et vindkraftverk. Hvis du derimot ikke internaliserer effekten av vegetasjon på utsikt, så er det hele 27,8% av boligene som har utsyn til et vindkraftverk. Disse tallene kan virke noe høye, men en bolig kan ha siktelinje til et vindkraftverk uten at det medfører visuelle virkninger for boligeier. For eksempel ved at avstanden er så stor at de ikke i praksis er synlige lenger. Det høye estimatet for synlighet gjør allikevel at treffsikkerheten til variabelen og dens kvalitet burde ansees som usikker og ikke helt eksakt.

Datasettet som er overbrakt fra WINDLAND/LandValUse-prosjektene og SSB er allerede sammensatt med variabler på synlighet og avstand til nærmeste vindkraftverk, i tillegg til at enkelte ekstremverdier er fjernet.

#### 4.4 Valg av forklarende variabler

Analysen bruker funksjonsformen semilog med enkelte logaritmiske forklarende variabler slik funksjonen er definert i formel 3.3. Fordelene og bakgrunnen for valg av akkurat denne funksjonelle formen er diskutert i kapittel 3.2. På vektorform kan denne HP-funksjonen skrives som:

$$\ln(P_i) = \alpha + \beta \mathbf{z}_i + \varepsilon_i \quad (4.1)$$

hvor  $P_i$  er totalprisen for bolig  $i$ ,  $\mathbf{z}_i$  er vektoren over dens karakteristikk og attributter,  $\beta$  er en vektor over tilhørende ukjente koeffisienter mens  $\varepsilon_i$  er bolig  $i$  sitt restledd og  $\alpha$  er konstantleddet. Som boligpris vil totalpris anvendes da den reflekterer den totale verdien av boligen (salgspris tillagt fellesgjeld).

Siden alle mulige tilgjengelige variabler kan påvirke boligprisen, så kan det være fristende å inkludere alle i  $\mathbf{z}_i$ . Selv om en slik strategi vil minimere muligheten for OVB, så vil den også

---

<sup>7</sup> <https://www.arcgis.com/index.html>

trolig føre til at mange av variablene er sterkt korrelert med hverandre, og problemer med multikollinearitet vil oppstå som diskutert i kapittel 3.3. Siden dette fører til større standardfeil og mer usikre estimater, så er valget av variabler i hovedsak en avveining mellom OVB og multikollinearitetsproblemer. I Figur A-1 i appendikset er en oversikt over korrelasjoner mellom alle relevante variabler.

De fleste tilgjengelige strukturelle variablene har blitt inkludert i denne analysen. Størrelse på boligen er en av de viktigste faktorene for å forklare prisen, og er her lagt inn som den naturlige logaritmen av P-rom i m<sup>2</sup>. Log-log form gir den beleilige tolkningen av dens estimerte koeffisient som prosentvis endring i pris gitt 1 prosent økning i boligens størrelse. P-rom er brukt istedenfor bruksareal siden det bedre forklarer det faktiske arealet som kan brukes i en bolig.

I tillegg til størrelse er også antall soverom som er positivt korrelert med størrelse inkludert i funksjonen. Soverom er inkludert og ikke antall rom, da antall rom virker å være en variabel med lavere kvalitet, som blant annet har over 9 000 observasjoner lik 0, noe som ikke burde være mulig. Antall soverom har litt over 11 500 observasjoner lik 0, noe som er mulig gitt at 1-roms boliger ikke har soverom. Siden antall rom og soverom er høyt korrelert med hverandre så har jeg valgt å bare inkludere antall soverom. Både antall soverom og størrelse er forventet å ha en positiv påvirkning på boligprisen.

Videre er etasjen boligen befinner seg i inkludert, da det er forventet at bolig i en høyere etasje er mer fordelaktig og øker prisen på boligene. På bakgrunn av antagelser om at boliger i en høyere etasje vil ha bedre utsikt, mindre innsyn, mer dagslys og være mindre påvirket av støy fra omgivelsene enn sammenlignbare boliger i en lavere etasje. Det er også opprettet en dummyvariabel for kjellerbolig som er lik 1 om boligen er i kjelleren (hvis etasje er mindre enn 1). Siden det å bo i en kjellerbolig trolig er betraktet som ekstra negativt, og dermed også vil påvirke boligprisen negativt.

En annen viktig faktor som påvirker boligprisen er byggeår eller alder på boligen. En slik variabel vil ikke bare si noe om tilstanden på bygget, men også den arkitektoniske stilen og hvilke materialer som er brukt i byggingen. Siden slike karakteristikker ved boligens arkitektur og konstruksjon ikke har observerte variabler, men trolig er relevant for boligens verdi, så vil effekten av disse kanaliseres gjennom boligens alder.

Det er naturlig å anta at boligens verdi synker jo eldre den blir, da materialer pådrar seg slitasje og investeringer i oppussing er forestående. Samtidig kan bygg av en viss alder ha

historisk arkitektur eller andre positive karakteristikk som er ønskelige og øker verdien på boligen. Dette gjør at en lineær variabel for byggeår/alder trolig er lite passende. Det er derfor brukt dummyvariabler for ulike perioder, med de nyeste boligene (0-15 år) som referanse, som vil fange opp boligens alder og verdien av arkitekturen i denne perioden. I datasettet er det variabler for boligens alder og byggeår, som er tilnærmet ekvivalente. Jeg har valgt å bruke byggeår og ikke alder, da alder har enkelte feilføringer hvor eiendomsmegleren på det gitte salget blant annet har ført inn byggeår for alder og ikke selve alderen på bygget.

I tillegg til byggeår så vil også variabelen modernisert si noe om tilstanden på boligen, og hvorvidt fremtidige investeringer i oppussing er nært forestående eller ikke. Det er testet for statistisk signifikans for flere års intervaller hvor moderniseringen tok sted, og dummyvariabler for modernisering i de to siste tiårs-intervallene ble til slutt inkludert i funksjonen. Modernisering i tidligere år (før 2003) viste seg å ikke ha en signifikant effekt på boligprisen, i tillegg til å ha en negativ estimert effekt. Det er derfor naturlig å anta at effekten av en modernisering ikke lenger eksisterer etter 20 år.

Det er også naturlig å forvente at forskjellige typer boliger som blokkleiligheter, eneboliger og småhus har noe ulike priser gitt alt annet holdt likt, og kanskje forskjellig HP-funksjon. Ved å kjøre en regresjon for hver boligtype så hadde vi fått en bedre spesifisert HP-funksjon og estimerer for hver type. Men siden det er ønskelig å estimere effekten av å bo nærme et vindkraftverk uavhengig av boligtype, så vil ikke dette gjennomføres. Fordelen med å bare estimere én funksjon er at vi får flere observasjoner som brukes i estimeringen, i tillegg til at vi oppnår et gjennomsnittsestimat over alle boligtyper. Det gjøres fordi marginal betalingsvillighet for å slippe å bo i nærheten av et vindkraftverk trolig ikke er avhengig av hva slags type bolig du bor i.

Det er derimot mange forskjellige karakteristikk og attributter som er forbundet med hver boligtype som ikke nødvendigvis er observert, som hage, vedlikeholdsbehov, nærhet til naboer og privatliv. Det vil derfor inkluderes en dummyvariabel for hver boligtype som fanger opp hvordan slike karakteristikk og attributter påvirker boligprisene.

I datasettet er det skilt mellom blokkleiligheter, eneboliger, småhus, rekkehus og tomannsbolig. På grunn av inkonsistens ved navngivelse av boligtype i datasettet så er småhus av og til nærmere spesifisert som enten rekkehus eller tomannsbolig. I funksjonen er dummyvariabler for alle boligtypene inkludert, unntatt enebolig som fungerer som referanse.



Variablene parkering, båtplass, peis, fellesvaskeri og heis er inkludert i prisfunksjonen som dummyvariabler med en forventning om positiv effekt på prisen. Båtplass er forventet å si noe om hvorvidt boligen ligger ved havet eller et vann, noe som trolig er positivt for boligprisen. Hage er derimot ikke inkludert i funksjonen da nesten alle småhus og rekkehus er forventet å ha hage, mens blokkleiligheter er forventet ikke å ha hage. Denne variabelen er derfor overflødig siden dette allerede blir kontrollert for. Balkong er ikke inkludert i funksjonen på bakgrunn av multikollinearitet, da denne variabelen er sterkt korrelert med peis og parkeringsplass, se Figur A-1 i appendikset for korrelasjoner. Ingen av disse variablene påvirker funksjonens forklaringssevne (justert- $R^2$ ).

Variabelen tett/spredt bebyggelse forklarer hvorvidt en bolig ligger i et tett eller spredt bebygget område i henhold til SSB sine kriterier. Disse kriteriene går som følger:

«En hussamling registreres som et tettsted dersom det bor minst 200 personer der og avstanden mellom husene normalt ikke overstiger 50 meter. Det er tillatt med et skjønnsmessig avvik utover 50 meter mellom husene i områder som ikke skal eller kan bebygges. Dette kan f.eks. være parker, idrettsanlegg, industriområder eller naturlige hindringer som elver eller dyrkbare områder. Husklynger som naturlig hører med til tettstedet tas med inntil en avstand på 400 meter fra tettstedskjernen. De inngår i tettstedet som en satellitt til selve tettstedskjernen. Tettsteder er geografiske områder som har en dynamisk avgrensning, og antall tettsteder og deres yttergrenser vil endre seg over tid avhengig av byggeaktivitet og befolkningsutvikling. Tettstedene avgrenses uavhengig av de administrative grensene. Tettstedsparameteren knyttes til boligen på grunnlag av adressen» (Thomassen & Melby, 2009, s. 12).

Det er lagt inn en dummyvariabel som er lik 1 hvis boligen er i spredt bebyggelse, som er forventet å påvirke boligen negativt da dette er mer usentralt enn alternativet.

En oversikt over de strukturelle variablene i den endelige modellen som inngår i  $\mathbf{z}_i$  vises i Tabell 4-3 med beskrivelse av variablene og deres forventede effekt på boligprisen.

Tabell 4-3: Oversikt over strukturelle variabler i HP-funksjonen

Variabel	Beskrivelse	Forventet effekt
Log(Areal)	Naturlige logaritmen av P-rom i m <sup>2</sup>	+
Antall_soverom	Antall soverom i boligen	+
Etasje	Hvilken etasje boligen er lokalisert i	+
Kjellerbolig	Dummy = 1 hvis etasje er under 1	-
Båtplass	Dummy = 1 hvis boligen har båtplass	+

Variabel	Beskrivelse	Forventet effekt
Spredt_Bebyggelse	Dummy = 1 hvis boligen ligger i spredt bebyggelse	-
Peis	Dummy = 1 hvis boligen har peis	+
Parkeringsplass	Dummy = 1 hvis boligen har parkeringsplass	+
Fellesvaskeri	Dummy = 1 hvis boligen har fellesvaskeri	+
Heis	Dummy = 1 hvis boligen har heis	+
Blokkleilighet	Dummy = 1 hvis boligen er en blokkleilighet	?
Småhus	Dummy = 1 hvis boligen er et småhus	?
Rekkehus	Dummy = 1 hvis boligen er et rekkehus	?
Tomannsbolig	Dummy = 1 hvis boligen er en tomannsbolig	?
Modernisert_2013_2022	Dummy = 1 hvis boligen er modernisert en gang fra 2013 til og med 2022	+
Modernisert_2003_2012	Dummy = 1 hvis boligen er modernisert en gang fra 2003 til og med 2012	+
Byggeår_1993_2007	Dummy = 1 hvis boligen er bygget en gang fra 1993 til og med 2007	-
Byggeår_1978_1992	Dummy = 1 hvis boligen er bygget en gang fra 1978 til og med 1992	-
Byggeår_1958_1977	Dummy = 1 hvis boligen er bygget en gang fra 1958 til og med 1977	-
Byggeår_1938_1957	Dummy = 1 hvis boligen er bygget en gang fra 1938 til og med 1957	-
Byggeår_1913_1937	Dummy = 1 hvis boligen er bygget en gang fra 1913 til og med 1937	-
Byggeår_1888_1912	Dummy = 1 hvis boligen er bygget en gang fra 1888 til og med 1912	-
Byggeår_1863_1887	Dummy = 1 hvis boligen er bygget en gang fra 1863 til og med 1887	-
Byggeår_1838_1862	Dummy = 1 hvis boligen er bygget en gang fra 1838 til og med 1862	-

#### 4.5 Fjerning av ekstremverdier

Som diskutert i kapittel 3.3, så er en av de viktigste forutsetningene til den hedoniske prismodellen at vi ser på et enkelt marked som er i likevekt. Det er derfor viktig å begrense datasettet til observasjoner av transaksjoner til «normale» boliger.

På bakgrunn av dette er det fjernet alle observasjoner av boligtransaksjoner hvor totalprisen var lik eller over 10 millioner kroner (889 observasjoner), med en forutsetning om at såpass dyre boliger ikke representerer vanlige boliger og at dette utelukker boliger med tilhørende større landareal og eiendom. Alle boligtransaksjoner med en totalpris som er lik eller under 500 000 kroner er også fjernet (285 observasjoner) da dette også trolig ikke er vanlige boliger, i tillegg til at det kan være observasjoner av transaksjoner mellom familiemedlemmer eller

innad i bedrifter til lavere pris enn det som er markedspris. Alle observasjoner med P-rom på over eller lik 400 m<sup>2</sup> (109 observasjoner) eller under eller lik 15 m<sup>2</sup> (43 observasjoner) er fjernet, i tillegg til observasjoner hvor byggeåret er før 1838 (2642 observasjoner), etasje er over 15 (44 observasjoner) og hvor antall rom er over 15 (165 observasjoner).

#### 4.6 Deskriptiv statistikk

Det opprinnelige datasettet er da redusert til totalt 226 434 antall observasjoner. Under i Tabell 4-4 er det rapportert deskriptiv statistikk av forklaringsvariablene og variabler av interesse etter fjerningen av ekstremverdier. I tillegg til å inneholde relevante variabler forbundet med nærmeste vindkraftverk for hver bolig.

Tabell 4-4: Deskriptiv statistikk

Statistikk	Gjennomsnitt	Std. avvik.	Min	Pctl(25)	Pctl(75)	Maks
avstand_meter	15580,490	6720,555	383,129	11347,780	20242,060	30001,660
synlig	0,209	0,407	0	0	0	1
synlig_utenskog	0,278	0,448	0	0	1	1
antall_turbiner	11,571	15,902	1	1	8	80
produksjon_oppstart	2017,017	3895	1998	2015	2020	2022
totalsum (i tusen)	3053,689	1389,125	505	2124,265	3661,028	9995
areal	106,914	56,143	16	65	139	398
antall_soverom	2,533	1,358	0	2	3	47
etasje	1,060	1,542	-3	0	2	15
kjellerbolig	0,001	0,023	0	0	0	1
spredd_bebyggelse	0,092	0,289	0	0	0	1
baatplass	0,003	0,053	0	0	0	1
balkong	0,420	0,494	0	0	1	1
peis	0,217	0,413	0	0	0	1
parkeringsplass	0,473	0,499	0	0	1	1
fellesvask	0,014	0,116	0	0	0	1
heis	0,094	0,292	0	0	0	1
enebolig	0,324	0,468	0	0	1	1
smaahus	0,065	0,246	0	0	0	1
blokkleilighet	0,518	0,500	0	0	1	1
tomannsbolig	0,041	0,197	0	0	0	1
rekkehus	0,053	0,224	0	0	0	1
byggeaar	1977,051	31,256	1838	1961	2004	2021
modernisert_2013_2022	0,071	0,257	0	0	0	1
modernisert_2003_2012	0,283	0,450	0	0	1	1
aar	2016,303	3,755	2010	2013	2020	2022
vinter	0,443	0,497	0	0	1	1

Deskriptiv statistikk over totalt 226 434 antall observasjoner, gjennomsnittsverdi, standardavvik (Std. avvik), minste verdi (Min), nederste kvartil (Pctl(25)), øverste kvartil (Pctl(75)) og maksimumsverdi (Maks). Alle variabler som har 0 i Min og 1 i Maks er binære.

## 5. Verdsetting med HPM og valg av økonometrisk modell

Det vil i dette kapitlet fremkomme hvordan romlige utfordringer løses gjennom faste effekter (FE), og hvordan funksjonen skal ta hensyn til prisutvikling og inflasjon. Resultatet er den økonometriske modellen som anvendes i oppgaven.

### 5.1 Fast effekt modeller

HPM er ofte beheftet med romlig autokorrelasjon og romlig autoregresjon, som beskrevet i kapittel 3. Ved slike tilfeller vil empiriske HP-funksjoner som ikke korrigerer for slike romlige utfordringer, estimere skjeve implisitte priser. For det første er det trolig tilstedeværelse av romlig autokorrelasjon, siden restleddene ikke er uavhengig av hverandre,  $Cov(\varepsilon_i \varepsilon_k) \neq 0$ . Dette kan komme av uobserverte nabolagkarakteristikker som er spesifikke for forskjellige områder, for eksempel sosioøkonomiske faktorer som er geografisk betinget eller sentralitet (bygd vs. by). For det andre så gjør romlig autoregresjon at prisene for boliger som ligger i samme geografiske område påvirker hverandre gjennom informasjonseffekter om priser. Disse romlige problemene kan føre til ineffektive og skjeve estimater.

Ved å bruke FE for område ved å inkludere dummyvariabler for alle geografiske områder (utenom et område som er referanse), vil vi kontrollere for romlige faktorer. Det er fordi dummyvariablene for hvert område vil fange opp de spesifikke geografiske karakteristikkene som påvirker boligprisen i det gitte området. Funksjonen vil dermed fange opp uobserverte sosioøkonomiske karakteristikker og informasjonseffekter som er geografisk betinget, i tillegg til permanente prisforskjeller mellom sentrale og usentrale områder, gitt at grad av sentralitet er homogen innad i de geografiske områdene.

En av utfordringene med en slik modell er at dummyene også vil fange opp andre variabler som er spesifikke for et område, nemlig nærhet til vindkraftverk. Det er derfor naturlig å forvente at FE-modellen kan gi et for konservativt anslag på effekten av vindkraft på boligpriser. På den andre siden vil en modell uten FE på området høyest sannsynlig overestimere den negative effekten av vindkraftverket på boligprisene. Det er fordi vindkraftverk ofte er plassert i usentrale områder hvor det er naturlig å anta at boligprisene er lavere enn gjennomsnittet. Dette vil derimot bli kontrollert for med FE på geografisk område, da permanente prisforskjeller mellom områder vil bli fanget opp. FE modeller er mye brukt i litteraturen for å løse romlige utfordringer ved estimering av vindkraftverks påvirkning på boligprisen i andre land (Heintzelman & Tuttle, 2012; Sunak & Madlener, 2012).

Det er flere potensielle kandidater for variabler som kan brukes som FE på område i boligdataene, deriblant kommune, grunnkrets og postnummer. Valget har falt på kommune da kommunegrensene ofte har en naturlig plassering, og det er trolig ikke for ambisiøst å anta at boliger innad i en kommune har like fellestrekk når det kommer til sentralitet, blant annet er de største byene egne kommuner. I tillegg har kommuner trolig delvis like sosioøkonomiske og andre geografisk betingede karakteristikker. Blant annet er SSBs sentralitetsindeks på kommunenivå, som taler for at sentralitet er relativt likt innad i kommuner (SSB, 2020). Det er også såpass mange grunnkretser og postnummer at det kan være for få observasjoner per område, og områdene vil være så små at de i liten grad har variasjon av boliger innad i området som er påvirket av vindkraftverk eller ikke. Det er 14 000 grunnkretser, rundt 6000 postnummer og 356 kommuner i Norge. I analysen brukes kommunene-strukturen slik den var før kommunesammenslåingene i 2020.

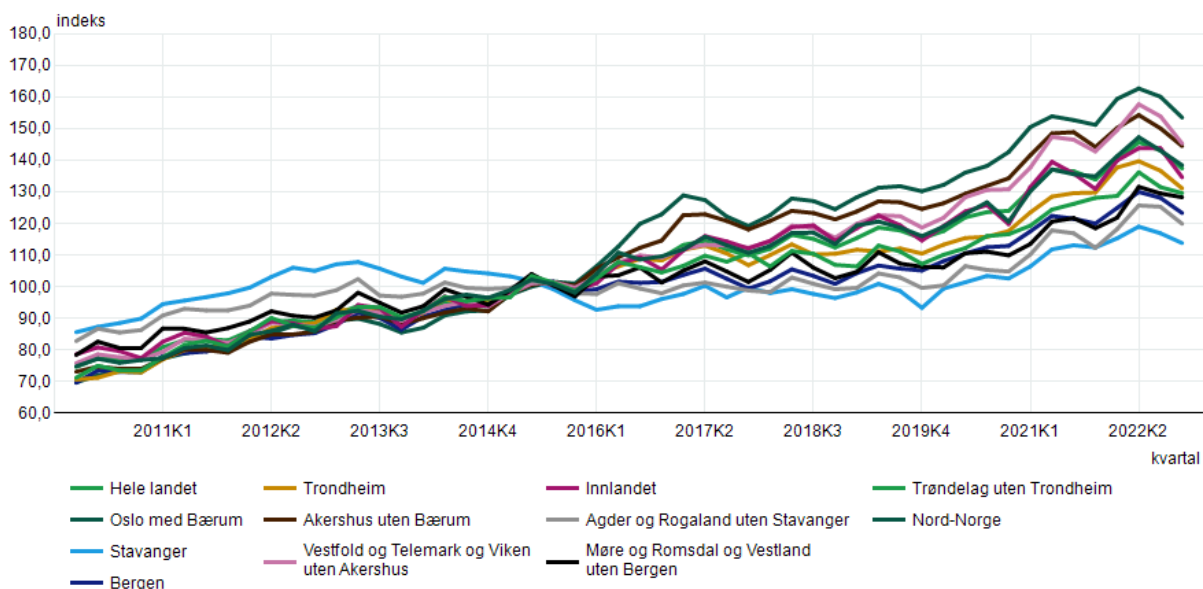
I datasettet er det også en variabel med navnet til det kraftverket som ligger nærmest boligen for hver observert boligtransaksjon (totalt 61 kraftverk). Dette gir oss muligheten til å definere geografiske områder ut ifra hvilket kraftverk boligene ligger nærmest. Fordelen med dette kontra å bruke kommunestrukturen, er at vindkraftverk kan ligge nærme kommunegrenser og at kommunale grenser derfor er dårligere på å fange opp faktorer rundt kraftverket. Ved å avgrense områdene ut ifra kraftverket får vi geografiske områder som faktisk er sett i sammenheng med kraftverket og de romlige faktorene som er forbundet med området rundt.

På en annen side så er det bare 61 vindkraftverk, noe som kan gi utfordringer ved for store og for få områder. Dette gjør at områdedummyene ikke i tilfredsstillende grad fanger opp lokale geografisk betingede faktorer. For å løse dette vil modeller med FE på kraftverk også avgrense dataene til observasjoner av boliger som ligger innenfor 20 km til sitt nærmeste kraftverk (som avgrenser antall observasjoner til 168 005). En forutsetning er at det er variasjon av boliger som er påvirket av vindkraftverket og som ikke er det innenfor denne avstandsradiusen, samtidig som de romlige faktorene er like. Hver spesifiserte HP-funksjon med FE på området vil estimeres ved bruk av både navnet på kraftverket og kommunen som FE dummyer slik at det er mulig å sammenligne de to metodene. Dette er videre referert til som faste kommuneeffekter og faste kraftverkeffekter.

## 5.2 Justering av prisvekst og sesongforskjeller

Siden datasettet som anvendes strekker seg over flere år så er det nødvendig å justere for prisvekst. Vi ser i Figur 5-1 at prisstigningen på bruktboliger har vært betydelig i tidsrommet 2010 til 2022 ifølge SSB (2023). Ikke bare har prisutviklingen vært positiv, men vi ser også at prisutviklingen har vært forskjellig mellom de ulike delene av landet. Det er derfor viktig å justere for prisvekst innad i de forskjellige regionene, siden prisutviklingen er så varierende mellom ulike områder.

Figur 5-1: Prisindeks for brukte boliger i Norge, Kilde: Statistisk sentralbyrå tabell 07221



Samtidig som prisutviklingen er forskjellig mellom ulike regioner så er det også vanlig med stabile mønster i sesongforskjeller på boligprisene. Ifølge SSB så øker som regel boligprisene mellom 1. og 2. kvartal mens de ofte synker mellom 3. og 4. kvartal. Dette fører til at boligverdiene ofte er høyere på sommeren (2. og 3. kvartal) og lavere på vinteren (4. og 1. kvartal). Det er på bakgrunn av dette ønskelig å justere for de systematiske sesongvariasjonene mellom sommer og vinter (SSB, 2023).

For å justere for prisutvikling over tid i ulike områder og sesongforskjeller så utvides HP-funksjonen med tids faste effekter, videre omtalt som faste tidseffekter. Det gjøres ved å legge inn dummyvariabler med interaksjon mellom området og året boligtransaksjonen fant sted, i tillegg til en dummyvariabel for vinter som er lik 1 hvis transaksjonen fant sted på vinteren. Dermed vil det være mulig å justere for prisutviklingen gjennom årene i hvert område i tillegg til sesongforskjellen mellom sommer og vinter. Samtidig vil hendelser som påvirker

boligprisene i en tidsperiode fanges opp, dette gjelder også om hendelsen ikke bare var spesifikk for en tidsperiode, men også for et geografisk område. Denne metoden er ikke så ulik den som ble brukt av Jensen et al. (2014), HP-funksjonen med faste effekter på tid og område i vektorform ser slik ut:

$$\ln(P_i) = \alpha + \beta z_i + \mu^m(\text{år}_i * \text{område}_i) + \mu^t \text{år}_i + \mu^o \text{område}_i + \mu^v \text{vinter}_i + \varepsilon_i \quad (5.1)$$

Hvor  $\text{område}_i$  er en vektor over alle områder (utenom et område som er referanse) som er lik 1 hvis bolig i er lokalisert i det gitte området og 0 hvis dette ikke er tilfelle, og  $\text{år}_i$  er en vektor over alle år i datasettet (utenom 2010 som er referanse) som er lik 1 hvis boligtransaksjonen fant sted i dette året og 0 hvis ikke,  $\text{vinter}_i$  er lik 1 hvis transaksjonen foregikk på vinteren og 0 hvis ikke.  $\beta$ ,  $\mu^m$ ,  $\mu^t$  og  $\mu^o$  er vektorer av ukjente koeffisienter og  $\mu^v$  er en ukjent skala-koeffisient, ellers er all annen notasjon identisk til den som forekommer i formel (4.1).

## 6. Økonometriske modeller

I dette kapitlet presenteres de økonometriske modellene og metodene som er brukt til å estimere de empiriske HP-funksjonen slik den er spesifisert de tidligere kapitlene. Det vil benyttes minste kvadraters metode (OLS)<sup>8</sup> til å estimere funksjonen og dens koeffisienter.

### 6.1 OLS og basismodell

For å estimere de ulike HP-funksjonene og tilhørende koeffisienter vil det anvendes minste kvadraters metode (OLS). Denne økonometriske metoden estimerer koeffisientene slik at funksjonen i best mulig grad forklarer observasjonene i datasettet, ved å minimere kvadratet av restleddet,  $\varepsilon_i^2$  (Stock & Watson, 2019, s. 148).

La oss anta at vi ønsker å undersøke hvordan boligprisen påvirkes av at boligen ligger under 3 km fra et vindkraftverk. Årsaken til at 3 km brukes er at dette er den avstanden som gir signifikant effekt på boligprisene, på lengre avstander vil effekten være liten og ikke signifikant på 1% nivå (dette vil vises nærmere senere). Avstandsradiusen på 3 km brukes derfor i flere av de påfølgende modellene for å teste for ulike effekter.

I første omgang estimeres en basismodell uten FE på område, som gir sammenligningsgrunnlag for andre bedre spesifiserte FE-modeller som tar hensyn til romlige utfordringer. En basismodell med fravær av FE på geografisk område kan estimeres ved å bruke følgende modell:

$$\ln(P_i) = \alpha + \omega \text{ avst. 3km. drift}_i + \boldsymbol{\beta} \mathbf{z}_i + \boldsymbol{\mu}^t \mathbf{år}_i + \mu^v \text{ vinter}_i + \varepsilon_i \quad (6.1)$$

Hvor  $\ln(P_i)$  er den naturlige logaritmen av totalprisen til bolig  $i$ ,  $\text{avst. 3km. drift}_i$  er en dummyvariabel som er lik 1 om boligen er innenfor en avstand på 3 km fra et vindkraftverk gitt at kraftverket var i drift når boligen ble solgt (året produksjonen startet på kraftverket er lik eller lavere enn året transaksjonen fant sted).  $\mathbf{z}_i$  er en vektor over alle karakteristikk og attributter som inngår i Tabell 4-3,  $\mathbf{år}_i$  er en vektor med år-dummyer fra 2011 til 2022,  $\text{vinter}_i$  er dummy lik 1 om boligtransaksjonen forgikk på vinteren.  $\alpha$  er funksjonens konstantledd,  $\omega$  er den ukjente koeffisienten av interesse, mens  $\boldsymbol{\beta}$  og  $\boldsymbol{\mu}^t$  er kontrollvariablenes vektorer med ukjente koeffisienter og  $\mu^v$  er den ukjente koeffisienten til kontrollvariabelen for vinter.  $\varepsilon_i$  er funksjonens restledd for bolig  $i$  som er forventet å ha en

---

<sup>8</sup> «Ordinary least squares»



uavhengig og identisk fordeling (i.i.d.)<sup>9</sup> med en forventning lik 0 og varians på  $\sigma^2$  (forutsetter homoskedastisitet).

For at OLS skal gi konsistent estimering kreves det at det ikke er noe relasjon mellom restleddene og variablene i funksjonen, at forskjellige boligers restledd ikke er korrelert med hverandre (romlig auto-korrelasjon), at de avhengige variablene ikke er sterkt korrelert med hverandre (ingen perfekt multikollinearitet), at alle regressorer er i.i.d. og at ekstremobservasjoner er usannsynlig (Stock & Watson, 2019, s. 156). Basismodellen i (6.1) estimeres med heteroskedastisitets robuste standardfeil for å kontrollere for at uobserverte karakteristikk angående geografi fører til at variansen til restleddene ikke lenger er konstante.

## 6.2 Modell med FE for området

Utfordringer med romlig autoregresjon og romlig autokorrelasjon fører til at OLS-estimatoren for koeffisientene i modell (6.1) ikke lenger vil være «Best Linear Unbiased Estimator» (BLUE). Siden de romlige problemene gjør at OLS-estimatoren er ineffektiv og gir skjeve estimater, så estimeres resterende modeller med FE for områdene.

Alle modeller med FE på området vil ha klyngerobuste standardfeil<sup>10</sup> på kommune eller kraftverk for å kontrollere for heteroskedastisitet. FE-modellen som estimeres vil være slik:

$$\ln(P_i) = \alpha + \omega \text{ avst. 3km. drift}_i + \beta \mathbf{z}_i + \boldsymbol{\mu}^m(\text{år}_i * \mathbf{område}_i) + \boldsymbol{\mu}^t \text{år}_i + \boldsymbol{\mu}^o \mathbf{område}_i + \boldsymbol{\mu}^v \text{vinter}_i + \varepsilon_i \quad (6.2)$$

Hvor  $\mathbf{område}_i$  er en vektor med dummyer for alle kraftverksbetingede geografiske områder eller kommuner (utenom et område som er referanse), og  $\boldsymbol{\mu}^o$  samt  $\boldsymbol{\mu}^m$  er vektorer over de tilhørende ukjente koeffisientene.

## 6.3 Effekten av avstand til vindkraftverk på boligprisen

For å avsløre hvilken effekt vindkraftverkets nærhet har på boligprisen på forskjellige avstander, og på hvilken avstand effekten ikke lenger er tilstedeværende, så er det estimert følgende modell:

---

<sup>9</sup> «Independent and identically distributed»

<sup>10</sup> «Clustered standard errors»

$$\ln(P_i) = \alpha + \sum_{x \in X} \omega^x \text{avst. } x \text{ km. drift}_i + \beta \mathbf{z}_i + \mu^m (\text{år}_i * \text{område}_i) + \mu^t \text{år}_i + \mu^o \text{område}_i + \mu^v \text{vinter}_i + \varepsilon_i \quad (6.3)$$

hvor *avst. x km. drift<sub>i</sub>* er dummyvariabler for hvert kilometerintervall *x* fra og med 0 til 1 km til og med 9 til 10 km ( $x \in X = \{0 - 1, 1 - 2, \dots, 9 - 10\}$ ), med tilhørende ukjente koeffisienter av interesse  $\omega^x$ .

#### 6.4 Timing på aktørenes tilpasning ved oppføring av vindturbiner

En velgrunnet innvending mot tidligere modeller er at de forutsetter at en eventuell prisendring ved oppføring av vindturbiner oppstår idet vindkraftverket er oppført og produksjonen starter. Det er derimot mulig at aktørene i boligmarkedet internaliserer eksternalitetene vindkraftverket vil påføre boligeieren i prisen, allerede før vindkraftverket er i drift. Prisendringen kan inntreffe allerede under byggingen av vindkraftverket, da byggeprosessen burde gi kjøpere informasjon om hva som er forestående, i tillegg til at nærområdet er i endring under byggingen som kan påføre ulemper i forbindelse med selve byggingen og transitoriske ulemper. Det er eventuelt mulig at prisendringen kommer allerede før byggingen er startet, når vindkraftanlegget er i planleggingsfasen og konsesjoner søkes.

Det er ingen informasjon om byggestart i datasettet, bare oppstart av produksjon (drift start). Men ifølge Enova (2014), Riise et al. (2016) og THEMA (2019) er byggetiden til vindkraftverk to år, noe som gjør det mulig å estimere byggestart til to år før oppstart av produksjon. I tillegg kan vi undersøke om det er en effekt på boligprisene før byggestart, som kan komme av nyheter om planlegging av kraftverket, søking av konsesjon og andre indiser på at et vindkraftverk kommer til å bli etablert. For å undersøke når markedet tilpasser seg vindkraftverket så er det estimert følgende modell som er inspirert av Hoen et al. (2015):

$$\ln(P_i) = \alpha + \omega^{FB} \text{avst. } 3 \text{ km. FB}_i + \omega^{EBFD} \text{avst. } 3 \text{ km. EBFD}_i + \omega^D \text{avst. } 3 \text{ km. drift}_i + \beta \mathbf{z}_i + \mu^m (\text{år}_i * \text{område}_i) + \mu^t \text{år}_i + \mu^o \text{område}_i + \mu^v \text{vinter}_i + \varepsilon_i \quad (6.4)$$

hvor *avst. 3 km. EBFD<sub>i</sub>* er en dummyvariabel lik 1 om boligen ligger under 3 km fra et vindkraftverk, men gitt at boligtransaksjonen skjedde 1 eller 2 år før driften av kraftverket startet (EBFD står for Etter Byggestart Før Drift). Til slutt er *avst. 3 km. FB<sub>i</sub>* en dummyvariabel lik 1 om boligen ligger under 3 km fra et vindkraftverk, gitt at

boligtransaksjonen skjedde 3 eller 4 år før driften av kraftverket (FB står for Før Byggestart). Flere tidsintervaller for FB ble utprøvd, men ingen viste noen signifikant effekt på boligprisen i en prebyggestart fase.  $\omega^{FB}$ ,  $\omega^{EBFD}$  og  $\omega^D$  er de ukjente koeffisientene av interesse. Det presiseres at denne modellen bygger på sterke forutsetninger om byggetid, og tid fra annonsering til byggestart.

### 6.5 Differanse i forskjeller

I tidligere introduserte modeller er referansegruppen alle boliger som ikke har et vindkraftverk innenfor et definert avstandsradius som er i drift. For at disse modellene skal estimere korrekte marginale implisitte priser så må forutsetningen om fravær av endogenitet av behandling innad i FE sine avgrensede geografiske områder holde. Det vil si at det ikke kan være utelatte faktorer i HP-funksjonen som er heterogene innad i de avgrensede geografiske området for FE modellene, som er korrelert med både avstand til vindkraftverket og boligprisen. Det kan være tilfelle om FE modellene mislykkes i å fullstendig internalisere sentralitet ut over det variabelen «Spredt\_Bebyggelse» fanger opp, slik at boliger innad i områdene som er mindre sentrale også ligger nærmere vindkraftverk og at disse boligene har lavere pris i gjennomsnitt på bakgrunn av sentralitet og ikke bare nærhet til vindkraftverket.

Om denne forutsetningen holder eller ikke er vanskelig å fastslå, se diskusjon i kapittel 7.3. Det kan uansett være interessant å estimere en modell som tar høyde for slike utfordringer ved å sammenligne prisforskjellen mellom boliger som har et vindkraftverk i nærheten (f.eks. innenfor 3 km) før og etter etableringen av vindkraftverket. Med prisforskjellen mellom boliger som ikke er nærme et vindkraftverk, før og etter etableringen av kraftverket. En såkalt differanse i forskjeller (DiD)<sup>11</sup> estimering (Lechner, 2011).

Ved å estimere en slik DiD modell med faste kraftverkeffekter vil man samtidig internalisere de romlige faktorene som er homogene innad i områdeavgrensningen, men som er heterogene mellom kraftverksområdene, i tillegg til kraftverkspesifikke faktorer. DiD er brukt en del i tidligere litteratur for isolere effekten av vindkraftverk på boligprisen, også i kombinasjon med faste effekter (Dröes & Koster, 2016; Gibbons, 2015; Hoen et al., 2015). Metoden er også omtalt av Champ et al. (2017) som en løsning på endogenitetsproblemer forårsaket av uobserverte romlige faktorer som er korrelert med variabler av interesse.

---

<sup>11</sup> «Difference in difference»

Resultatene i denne modellen kan deviere fra resultatene i tilsvarende FE modeller ved at modellen har en annen spesifikasjon. Men det kan også komme av heterogenitet i behandlingseffekt da DiD modellen estimerer gjennomsnittlig behandlingseffekt på de behandlede (ATT),<sup>12</sup> mens tidligere modeller estimerer gjennomsnittlig behandlingseffekt (ATE).<sup>13</sup>

I Tabell 6-1 er en illustrasjon over hvordan DiD estimeres, med avstandsradius på 3 km til nærmeste vindkraftverk som eksempel. Her er  $\omega^{drift}$  den isolerte priseffekten av at nærmeste vindkraftverk er i drift (tidstrend),  $\omega^{3km}$  er den isolerte priseffekten av at avstanden er under 3 km til nærmeste vindkraftverk (gruppeeffekter) og  $\omega^{DiD}$  er DiD estimatet for behandlingseffekten på de behandlede boligene (ATT), altså priseffekten av at boligen ligger under 3 km fra et vindkraftverk i drift.

$\ln(P_i)$	Før Drift	Etter Drift	Forskjell
Over 3 km fra vindkraftverket	$\alpha$	$\alpha + \omega^{drift}$	$\omega^{drift}$
Under 3 km fra vindkraftverket	$\alpha + \omega^{3km}$	$\alpha + \omega^{drift} + \omega^{3km} + \omega^{DiD}$	$\omega^{drift} + \omega^{DiD}$
Forskjell	$\omega^{3km}$	$\omega^{3km} + \omega^{DiD}$	$\omega^{DiD}$

Tabell 6-1: Oversikt over ulike estimater for  $\ln(P_i)$  avhengig av avstand og drift som estimeres i modell (6.5).  $\omega^{DiD}$  er DiD estimatet av interesse, effekten på boligprisen av å bo under 3 km fra et vindkraftverk i drift.

Det estimeres to DiD-modeller med faste kraftverkeffekter, en med 3 km avstandsintervall og en med kilometerintervaller ut til 10 km. De estimerte regresjonsmodellene ser slik ut:

$$\ln(P_i) = \alpha + \omega^{drift} drift_i + \omega^{3km} avst.3km_i + \omega^{DiD} avst.3km.drift_i + \beta z_i + \mu^m(\text{\AA}r_i * område_i) + \mu^t \text{\AA}r_i + \mu^o område_i + \mu^v vinter_i + \varepsilon_i \quad (6.5)$$

$$\ln(P_i) = \alpha + \omega^{drift} drift_i + \sum_{x \in X} (\omega^{xkm} avst.xkm_i + \omega^{DiD.xkm} avst.xkm.drift_i) + \beta z_i + \mu^m(\text{\AA}r_i * område_i) + \mu^t \text{\AA}r_i + \mu^o område_i + \mu^v vinter_i + \varepsilon_i \quad (6.6)$$

<sup>12</sup> «Average treatment effect on the treated»

<sup>13</sup> «Average treatment effect»

hvor  $drift_i$  er en dummy lik 1 hvis nærmeste vindkraftverk var i drift når boligtransaksjonen fant sted.  $avst.xkm_i$  er en dummy lik 1 om avstanden til nærmeste vindkraftverk er i kilometerintervallet  $x$  fra boligen, og  $avst.xkm.drift_i$  er en dummy lik 1 om nærmeste vindkraftverk er i drift og avstanden er i kilometerintervallet  $x$  fra boligen ( $x \in X = \{0 - 1, 1 - 2, \dots, 9 - 10\}$ ).  $\omega^{drift}$ ,  $\omega^{3km}$ ,  $\omega^{xkm}$ ,  $\omega^{DiD.xkm}$  og  $\omega^{DiD}$  er de ukjente koeffisientene hvorav  $\omega^{DiD}$  og  $\omega^{DiD.xkm}$  er DiD koeffisientene av interesse som reflekterer effekten av nærhet til et vindkraftverk i drift på boligprisen.

Forutsetningene for DiD modellen krever stabil enhets-behandling (SUTVA),<sup>14</sup> ingen prematur behandlingseffekt, eksogenitet av kovariater og felles trend. Behandlingseffekten for ulike boliger vil være noe forskjellig da det er variasjon mellom vindkraftverk i antall vindturbiner, turbinhøyde, støy, utsyn og annen påvirkning på boligeier. Estimater vil derfor være av en gjennomsnittseffekt. Det er mulige problemer med prematur behandlingseffekt noe modell (6.4) eventuelt vil vise.

Til slutt er det potensielle utfordringer med felles trend, ved at behandlingsgruppen og kontrollgruppen ikke har felles prisutvikling om ingen behandling fant sted. Valg av lokasjon for vindkraftverk er ikke tilfeldig og forekommer oftere i usentrale områder, og som vi ser i Figur 5-1 er forskjellen i prisutviklingen i ulike områder betydelige. Men siden det kontrolleres for prisutvikling innad i ulike geografiske områder, så er dette trolig tatt høyde for og forutsetningen om felles trend er forventet å holde.

## 6.6 Effekten av synlighet til vindkraftverk

Frem til nå har bare effekten av avstanden til vindkraftverket på boligprisen blitt vurdert. Vi kan dele de negative effektene av å bo nærme et vindkraftverk i to hoved-kategorier: det å bo nærme et vindkraftverk på generell basis, og en ekstra negativ effekt ved å ha direkte utsyn til et vindkraftverk du bor i nærheten av. Siden lyden fra vindturbinene er lavfrekvente og derfor i minimal grad dempes av terrenget, så vil avstanden til vindkraftverket være mest avgjørende for lydeksponering, og ikke hvorvidt kraftverket er synlig fra boligen eller ikke. Samtidig er det avstanden til kraftverket som bestemmer hvorvidt nærområdet til boligen er visuelt forurenset eller ikke.

På den andre siden så representerer synlighet til vindkraftverket fra boligen en ekstra negativ effekt gjennom visuell forurensning av utsikten til boligen, og muligheten for eksponering for

---

<sup>14</sup> «Stable unit treatment value assumption»

skyggekast. Det er derfor naturlig å sette opp en hypotese om at det er negativt for boligprisen å bo nærme et vindkraftverk, men at denne effekten er sterkere om vindturbinene er synlig fra boligen enn om de ikke er det. Dette er fordi boligeier blir utsatt for flere eller sterkere negative eksternaliteter gjennom forurenset utsikt og mulig eksponering for skyggekast. Som grunnlag kan det være interessant å undersøke om synlighet uavhengig av avstand har effekt for boligprisene.

Det er derfor utformet regresjonsmodeller med og uten FE identiske til modell (6.1) og (6.2), hvor *avst. 3km. drift<sub>i</sub>* er byttet ut med *synlig. drift<sub>i</sub>*, som er en dummy lik 1 om nærmeste vindkraftverk fra bolig *i* er synlig og i drift, og lik 0 om dette ikke er tilfelle, med tilhørende ukjent koeffisient av interesse  $\omega$ . Basismodellen for synlighet uten FE er modell (6.7) og modellen med FE er modell (6.8).

Siden synlighet og avstand til vindkraftverket trolig er sterkt korrelert med hverandre, så er det ønskelig å skille ut og isolere effekten av synlighet. Dette kan gjøres ved å sammenligne effekten av at boligen er nærme et vindkraftverk som er i drift og som er synlig, med en bolig som er nærme et vindkraftverk som er i drift, men som ikke er synlig. En såkalt differanse i forskjeller i forskjeller estimering (DiDiD),<sup>15</sup> denne metoden er inspirert av Gibbons (2015) som estimert en tilsvarende modell for synlige vindkraftverk i Storbritannia. Den estimerte DiDiD regresjonsmodellen vil se slik ut:

$$\ln(P_i) = \alpha + \omega \text{synlig. avst. 3km. drift}_i + \gamma \text{ikke. synlig. avst. 3km. drift}_i + \beta \mathbf{z}_i + \mu^m(\text{år}_i * \text{område}_i) + \mu^t \text{år}_i + \mu^o \text{område}_i + \mu^v \text{vinter}_i + \varepsilon_i \quad (6.9)$$

Hvor *synlig. avst. 3km. drift<sub>i</sub>* er en dummy lik 1 om bolig *i* er under 3 km fra et vindkraftverk i drift som også er synlig fra boligen, og lik 0 hvis ikke.

*ikke. synlig. avst. 3km. drift<sub>i</sub>* er lik 1 om bolig *i* er under 3 km fra et vindkraftverk i drift, men som ikke er synlig fra boligen.  $\omega$  og  $\gamma$  er de ukjente koeffisientene av interesse hvorav  $\hat{\omega} - \hat{\gamma}$  er DiDiD estimatet for synlighet.

---

<sup>15</sup> «Difference-in-difference-in-difference»

## 7. Regresjonsresultater

Dette kapitlet presenterer resultatene fra regresjonsmodellene og estimatene til HP-funksjonen slik de er utformet i kapittel 6. De estimerte koeffisientene vil bli tolket og konvertert til monetær enhet, og tilegnet økonomisk betydning.

### 7.1 Tolkning av estimerte koeffisienter

For å kunne tolke de estimerte koeffisientene til de forklarende variablene i modellene, er det nødvendig å konvertere dem til implisitte marginale priser. Siden HP-funksjonen er semilog med enkelte logaritmiske forklarende variabler, så kan de estimerte koeffisientene ( $\hat{\omega}$ ) til variablene ( $z$ ) tolkes slik, avhengig om de er logaritmiske eller lineære:

Lineære variabler:

$$\frac{\partial P}{\partial z} = (100 * (\exp(\hat{\omega}) - 1))\%$$

Logaritmiske variabler:

$$\hat{\omega} = \frac{\Delta P}{\Delta z} * \frac{z}{P}$$

Når den avhengige variabelen er logaritmisk og den utransformerte (lineære) variabelens estimerte koeffisient er liten ( $\hat{\omega} < |0,1|$ ) så kan tolkningen approksimeres til at  $100 * \hat{\omega}$  er den prosentvise endringen i  $P$  gitt en enhets (marginal) endring i  $z$ , da forskjellen til den nøyaktige konverteringen er neglisjerbar. Om både den avhengige variabelen og forklaringsvariabelen er logaritmisk så har derimot den estimerte koeffisienten egenskapene til elasticiteter, som innebærer at  $\hat{\omega}$  er den prosentvise endringen i  $P$  gitt en 1% (marginal) endring i  $z$ .

### 7.2 Resultater

I Tabell 7-1 er en oversikt over regresjonsresultatene fra modellene (6.1) og (6.2), hvorav de estimerte koeffisientene som er rapportert reflekterer de marginale WTP for hvert attributt eller karakteristikk. Ingen av estimatene har fortegn som strider mot normale forventninger. Estimater for tids- og områdedummyer i tillegg til deres interaksjonsdummyer er utelatt da de er for mange til å presenteres.

Når det kommer til variabelen av interesse så gir basismodellen uten FE (6.1) et estimat på -0,326, som etter konvertering i henhold til formelen over resulterer i en depresiering av boligprisen på 27,8% om boligen ligger under 3 km fra et vindkraftverk. Derimot estimerer modellen med faste kommuneeffekter en prisdepresiering på 9,1%, mens faste kraftverkeffekter gir depresiering på 7,4%. Mens estimatet i modellen uten FE er signifikant

på 0,1% nivå, er estimatet i modellen med faste kommuneeffekter signifikant på 1% nivå og estimatet i modellen med faste kraftverkeffekter er signifikant på 5% nivå. Av disse modellene er det modellen med faste kommuneeffekter som har beste forklaringssevnen med en justert  $R^2$  på 0,795, ikke så ulik modellen med faste kraftverkeffekter med 0,757 mens modellen uten FE har klart dårligst forklaringssevne med 0,319.

Tabell 7-1: Regresjonsresultater for modellene (6.1) og (6.2)

	Avhengig variabel:		
	(6.1)	log_pris (6.2)	(6.2)
avst.3km.drift	-0,326*** (0,007)	-0,095** (0,036)	-0,077* (0,031)
log_areal	0,613*** (0,003)	0,622*** (0,017)	0,619*** (0,027)
ant_soverom	0,015*** (0,001)	0,005** (0,002)	0,005 (0,003)
etasje	0,025*** (0,001)	0,011*** (0,001)	0,012*** (0,001)
kjellerbolig	-0,073*** (0,021)	-0,011 (0,014)	-0,006 (0,020)
spredt_bebyggelse	-0,313*** (0,003)	-0,111*** (0,010)	-0,151*** (0,025)
baatplass	0,052*** (0,016)	0,210*** (0,017)	0,229*** (0,027)
parkeringsplass	0,068*** (0,001)	0,019*** (0,003)	0,019*** (0,004)
peis	0,030*** (0,002)	0,021*** (0,006)	0,029*** (0,005)
fellesvask	0,035*** (0,005)	0,006 (0,006)	0,005 (0,012)
heis	0,066*** (0,002)	0,022*** (0,006)	0,032*** (0,008)
smaahus	0,094*** (0,003)	-0,058*** (0,011)	-0,034** (0,012)
tomannsbolig	0,089*** (0,004)	-0,054*** (0,012)	-0,031 (0,019)
rekkehus	0,136*** (0,003)	-0,072*** (0,016)	-0,048*** (0,011)
blokkleilighet	0,165*** (0,003)	-0,039* (0,017)	-0,008 (0,020)
modernisert_2013_2022	0,095*** (0,003)	0,055*** (0,012)	0,055*** (0,010)
modernisert_2003_2012	0,067*** (0,003)	0,043*** (0,007)	0,049*** (0,010)
byggeaar_1993_2007	-0,019*** (0,003)	-0,071*** (0,006)	-0,058*** (0,010)
byggeaar_1978_1992	-0,116*** (0,004)	-0,202*** (0,007)	-0,179*** (0,012)
byggeaar_1958_1977	-0,127*** (0,004)	-0,231*** (0,014)	-0,195*** (0,025)
byggeaar_1938_1957	-0,145*** (0,004)	-0,229*** (0,031)	-0,176*** (0,048)
byggeaar_1913_1937	-0,072*** (0,005)	-0,188*** (0,034)	-0,121* (0,053)
byggeaar_1888_1912	-0,013** (0,005)	-0,159*** (0,035)	-0,090* (0,044)
byggeaar_1863_1887	0,060*** (0,011)	-0,144*** (0,029)	-0,078* (0,037)
byggeaar_1838_1862	0,105*** (0,010)	-0,125*** (0,030)	-0,058. (0,035)
vinter	-0,021*** (0,001)	-0,018*** (0,002)	-0,018*** (0,002)
konstant	11,731*** (0,014)	10,298*** (0,044)	11,665*** (0,130)
Faste tidseffekter	Ja	Ja	Ja
Faste kommuneeffekter	Nei	Ja	Nei
Faste kraftverkeffekter	Nei	Nei	Ja
Klyngerobuste standardfeil på kommune	Nei	Ja	Nei
Klyngerobuste standardfeil på kraftverk	Nei	Nei	Ja
Heteroskedastisitetens robuste standardfeil	Ja	Nei	Nei
Antall observasjoner	226 434	226 434	168 005
Justert $R^2$	0,474	0,795	0,757
Residual standardfeil	0,319 (df = 226395)	0,199 (df = 224835)	0,211 (df = 167335)
F-test	5379,035*** (df = 38; 226395)	551,863*** (df = 1598; 224835)	784,739*** (df = 669; 167335)

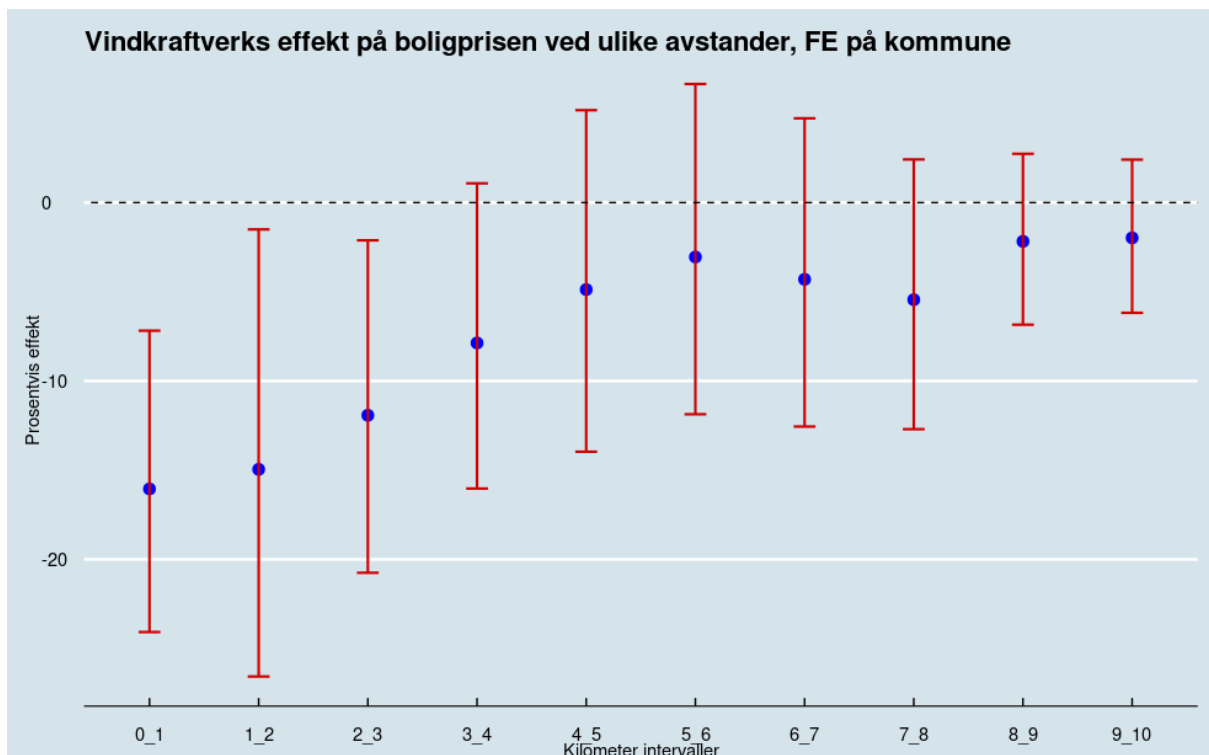
Oversikt over de estimerte implisitte marginale prisene i HP-funksjonen gitt ved modell (6.1) og (6.2), standardfeil er gitt i parentes og merk at \* $p < 0,1$ ; \*\* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,01$ .



### Avstanden til vindkraftverket

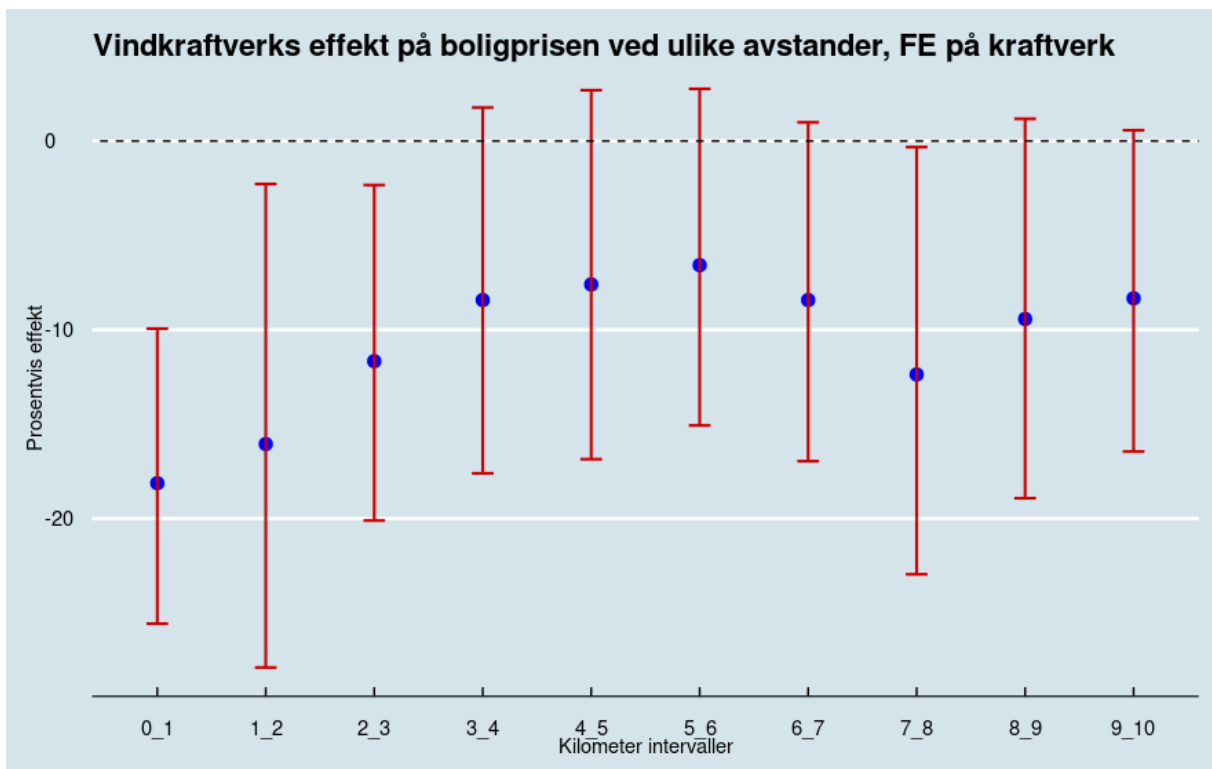
I Figur 7-1 og Figur 7-2 er resultatene basert på modell (6.3) grafisk fremstilt, og det fremkommer hvordan det er en sterk negativ signifikant effekt på boligprisen om boligen er svært nærme et vindkraftverk, men at denne effekten avtar når avstanden øker og at effekten etter hvert konvergerer mot null når boligen er tilstrekkelig langt nok unna vindkraftverket. Rødt område er 99% konfidensintervall for estimatene og indikerer at alle kilometerintervaller ut til 3 kilometer er signifikante på 1% nivå. Derimot er intervaller ut til 4 km signifikante på 5% nivå i begge modellene. I modellen med faste kommuneeffekter er ingen av intervallene fra 4 til 10 km signifikante, men i modellen med faste kraftverkeffekter er alle intervaller fra 6 til 10 km signifikante på 5% nivå og 7-8 km intervallet er signifikant på 1% nivå. Merk at modellen med faste kommuneeffekter har betydelig smalere konfidensintervaller og allikevel ikke har estimater som er signifikante på 1% nivå for intervaller etter 3 km. Den har også bedre forklaringssevne med justert  $R^2$  på 0,796 mot 0,758 for modellen med faste kraftverkeffekter. Det er derfor grunnlag for å anta at modellen med faste kommuneeffekter er mer troverdig.

Estimert MWTP for kilometerintervaller ut til 3 km avviker mer fra null en estimatene i modell (6.2). Årsaken til dette er at sammenligningsgrunnlaget for dummyene er forskjellige, den estimerte koeffisienten til 3 km dummyen i (6.2) estimerer forskjellen mellom



Figur 7-1: Kan også tolkes som estimert MWTP i prosent av boligprisen for å ha et vindkraftverk en viss avstand fra boligen. Rødt område er 99% konfidensintervallet for estimatet. Her vises resultater basert på modell (6.3) med faste kommuneeffekter.

lokalisering under 3 km til kraftverket og over 3 km. På den andre siden har (6.3) dummyer ut til 10 km, som gjør at referansegruppen er boliger som ligger mer enn 10 km fra kraftverket. Siden boliger som ligger mellom 3 og 10 km fra et kraftverk trolig er noe påvirket, men er i referansegruppen i (6.2), så vil estimatet være nærmere null enn i (6.3). Se Tabell B-1 i appendiks for fulle regresjonstabeller knyttet til FE-modellene med avstandsintervaller.

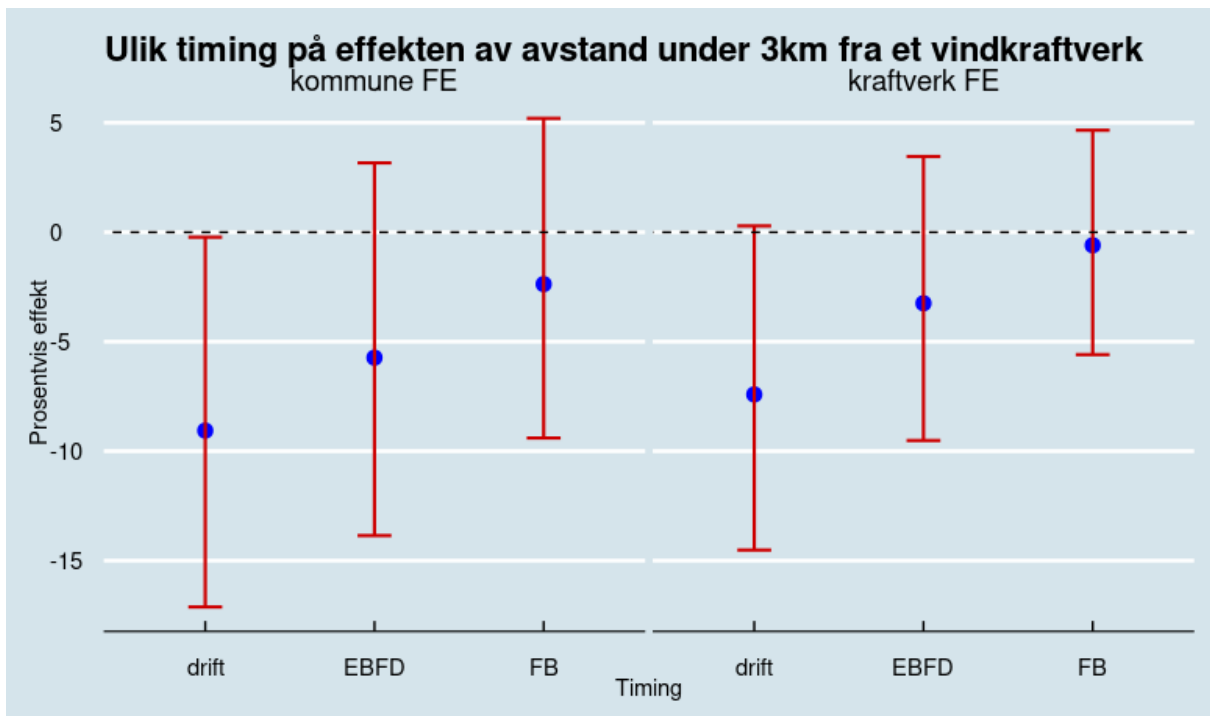


Figur 7-2: Kan også tolkes som estimert MWTP i prosent av boligprisen for å ha et vindkraftverk en viss avstand fra boligen. Rødt område er 99% konfidensintervallet for estimatet. Her vises resultatene basert på modell (6.3) med faste kraftverkeffekter.

#### Timingen av markedstilpasning

Under i Figur 7-3 er en grafisk fremstilling basert på resultatene av modell (6.4) som omhandler situasjonen når markedet inkorporerer effekten på boligprisen ved oppføring av et vindkraftverk nærmere enn 3 km fra boligen. Denne kan inntreffe etter drift, etter byggestart men før drift (EBFD) eller før byggestart (FB). Den estimerte effekten etter drift er negativ i modellen med FE på kommune og kraftverk, men bare signifikant på 1% nivå i modellen med faste kommuneeffekter. Tilsvarende estimat i modellen med faste kraftverkeffekter er derimot signifikant på 5% nivå. Ingen av estimatene på EBFD og FB er signifikante, men viser en negativ estimert effekt som er betydelig mindre enn effekten som inntreffer etter drift. Dette indikerer at noe av prisen allerede inntreffer før driften starter, selv om effekten ikke er stor nok til å være signifikant selv på 5% nivå, og derfor er usikker. Effekten som inntreffer

EBFD er betydelig men liten (-5,7% og -3,2%). På den andre siden er den estimerte priseffekten som inntreffer før byggestart nesten neglisjerbar (-2,4% og -0,6%). Det er derimot tydelig at den største delen av markedstilpasningen av vindkraftverket oppstår etter at kraftverket er i drift (-9,1% og -7,4%). Dette er de samme estimatene som fremkommer i modell (6.2). Det synes derfor å være slik at aktørene i markedet må se vindturbinene før det får en betydelig priseffekt, selv om de har informasjon om at vindturbinene skal bygges.



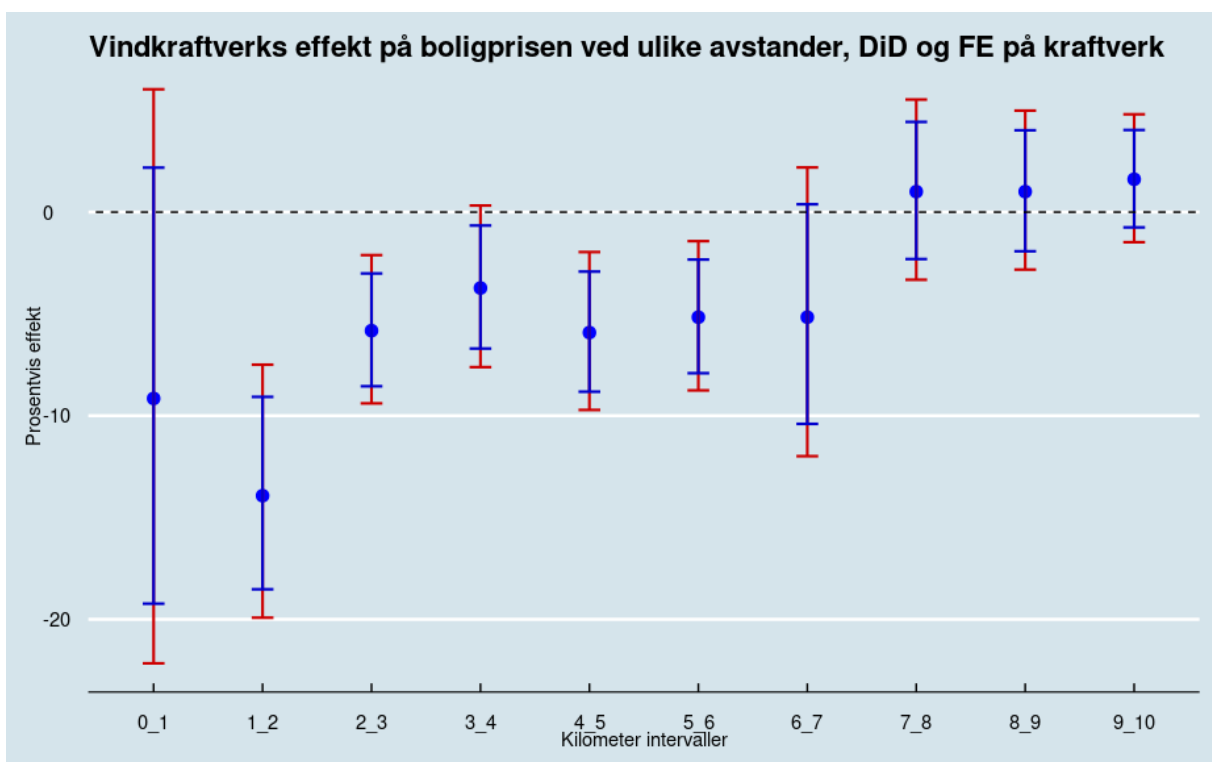
Figur 7-3: Effekten på boligprisen av at avstanden er under 3km til nærmeste vindkraftverk i drift på ulike tidspunkt i oppføringsprosessen, modell (6.4) med faste kommuneeffekter til venstre og faste kraftverkeffekter til høyre. Rødt område er 99% konfidensintervall.

#### Differanse i forskjeller

Fra resultatene i modell (6.5) oppnår man DiD estimatet som reflekterer gjennomsnittlig behandlingseffekt på de behandlede boligene (ATT) som ligger innenfor en radius på 3 km fra nærmeste vindkraftverk i drift. Fullstendig regresjonstabell for DiD modellene med faste kraftverkeffekter er i Tabell B-3 i appendikset og viser et DiD estimat på -5,6% i MWTP av boligprisen for boliger som er under 3 km fra et vindkraftverk i drift. Estimaten er signifikant på 0,1% nivå, og modellen har en forklaringssevne på 0,757 i justert  $R^2$ .

Under i Figur 7-4 er en grafisk fremstilling over resultatene basert på DiD-modell (6.6) med faste kraftverkeffekter. Figuren viser at det er en sterk negativ estimert MWTP i prosent av boligprisen for plassering nærme vindkraftverket, men at denne effekten avtar med avstanden.

Kilometerintervallene fra 1 til 3 km og 4 til 6 km er statistisk signifikant på 0,1% mens 3-4 kilometerintervallet er signifikant på 5% nivå. Estimaten for 0-1 kilometerintervallet på -9,2% er overaskende lite i forhold til estimaten for 1-2 km på -13,9%, i tillegg er estimaten for 0-1 intervallet ikke signifikant på noe nivå. Konfidensintervallet for dette estimaten er veldig stort pga. stort standardfeil, og estimaten er derfor veldig usikkert. 99% konfidensintervall for estimaten til 0-1 kilometerintervallet er fra -22,1% til 6%. Årsaken til dette er trolig for få observasjoner av solgte boliger innenfor 1 km av vindkraftverket som har variasjon i salgstidspunkt før og etter at nærmeste vindkraftverk startet driften til å estimere mer presise estimater.



Figur 7-4: Estimert MWTP i prosent av boligprisen for å ha et vindkraftverk en viss avstand fra boligen. Rødt område er 99% konfidensintervall og blått område er 95% konfidensintervall til estimatene. Her er vises estimater basert på DiD-modell (6.6) med faste kraftverkeffekter som estimerer ATT.

Etter det første kilometerintervallet er estimatene mer presise med lavere standardfeil og mindre konfidensintervaller. Boliger som er i avstandsintervallet 2-3 km fra vindkraftverket viser en prisendring på -5,8% ved oppføring av vindkraftverket, 3-4 km har -3,7%, 4-5 km har -5,9%, 5-6 km har -5,2% og 6-7 km har -5,2%, på lengre avstander er effekten positiv og svært nær null. Modellen har en forklaringsevne med 0,763 i justert  $R^2$ , se Tabell B-4 i appendikset for full regresjonstabell knyttet til modellen.

### Synlighet til vindkraftverket

Når det kommer til vindkraftverk og synlighet, så er det usikkert om synlighet generelt sett er negativt for boligprisen. Ifølge Tabell B-5 i appendikset er MWTP for synlighet til et vindkraftverk som er i drift -14,7% i basismodellen uten FE (6.7), estimatet er signifikant på 0,1% nivå. Med faste kommuneeffekter (6.8) er derimot estimatet 0,5%, og -1,4% i modellen med faste kraftverkeffekter (6.8), ingen av disse estimatene er signifikante. Estimaten fra FE modellene tyder derfor på at det ikke er noen betydelig effekt på boligprisen av synlighet. Siden synlighet trolig er korrelert med avstand så er det ønskelig å isolere effekten av synlighet fra avstanden til vindkraftverket.

Når effekten av synlighet isoleres fra effekten av avstand gjennom DiDiD modellen i (6.9) kommer det derimot frem at synlighet til vindkraftverket har en liten men positiv MWTP. Estimaten er presentert i Tabell 7-2 hvor det fremkommer at avstand på under 3 km til et vindkraftverk er negativt uavhengig av synlighet, og at den isolerte effekten av synlighet er positiv.

Tabell 7-2: DiDiD-estimat for den isolerte effekten av synlighet

Faste Effekter	<i>synlig. avst. 3km. drift<sub>i</sub></i>	<i>ikke. synlig. avst. 3km. drift<sub>i</sub></i>	DiDiD
Kommune	-0,087* (0,040)	-0,128*** (0,024)	0,041
Kraftverk	-0,069* (0,034)	-0,116*** (0,024)	0,047

Standardfeil er oppgitt i parentes og signifikansnivå ved stjerner, hvor \* $p < 0,1$ ; \*\* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,01$ .

At synlighet til et vindkraftverk isolert sett har en positiv MWTP kan forklares ved at det er avstanden til kraftverket som størst grad er avgjørende for effekten av negative eksternaliteter fra vindkraftverket. En mer sannsynlig forklaring til estimatene er trolig at synlighetsvariabelen er av for lav kvalitet, da det er 20,9% av boligene i datasettet som har et synlig vindkraftverk, noe som kan virke urealistisk høyt. I tillegg er det stor grunn til å tro at synlighetsvariabelen er høyt korrelert med det å ha god utsikt fra boligen. Siden utsikt er en variabel som ikke er til stede i HP-funksjonen, så vil effekten av god utsikt kanaliseres gjennom variabelen for synlighet. Dette fører til et utelatt variabel problem, og siden synlighet trolig er positivt for boligprisen så vil effekten av god utsikt skyve estimatet for synlighet mot det positive.

### 7.3 Diskusjon av regresjonsresultater

Basismodellen uten FE (6.1) med justert  $R^2$  på 0,474, har en betydelig lavere forklaringsevne enn tilsvarende modeller i (6.2) med FE på område. (6.2) med faste kommuneeffekter har justert  $R^2$  på 0,795 og modell (6.2) med faste kraftverkeffekter har justert  $R^2$  på 0,757.

Årsaken til dette er trolig at FE modellene lykkes i å forbedre modellens prestasjon ved å internalisere romlige faktorer. Den største romlige utfordringen med denne analysen var at vindkraftverk i større grad er bygget i usentrale områder hvor boligprisene er lavere enn gjennomsnittet, og at denne effekten bidrar til å overestimere den marginale implisitte prisen for nærhet til vindkraftverk i negativ retning.

Basismodellen uten FE har ikke bare betydelig dårligere forklaringsevne enn tilsvarende modeller med FE, den estimerer også en betydelig større depresiering i boligpris for å bo under 3 km fra et vindkraftverk i drift. Hvor basismodellen estimerer 27,8% prisdepesiering mot 9,1% i modellen med faste kommuneeffekter og 7,4% i modellen med faste kraftverkeffekter, som styrker påstanden om at FE modellene lykkes i å inkorporere priseffekten av sentralitet, om usentrale boliger i gjennomsnitt har lavere pris.

Det er derimot mulig at FE modellen ikke i tilstrekkelig grad lykkes i å kontrollere for de fulle romlige prosessene. Hvis det er stor variasjon innad i de geografiske områdene i sentralitet eller andre romlige faktorer som er korrelert med nærhet til vindkraftverk, vil det kunne føre til overestimering av prisdepesieringen. På den andre siden kan FE modellene underestimere prisnedgangen om det er for lite variasjon av boliger innad i de geografiske områdene som er påvirket og upåvirket av vindkraftverket. Det fører til at koeffisientene til FE-dummyene kanalisere effekten av nærhet til vindkraftverket. Riktig avgrensning av geografisk område er derfor avgjørende for troverdigheten til FE modellene.

I modell (6.3) med avstandsintervaller vises det hvordan effekten av nærhet til vindkraftverket er sterkest nærmest kraftverket, men at effekten reduseres etter hvert som avstanden økes.

Dette gjelder i modellen med FE på kommune og kraftverk, selv om modellen med faste kraftverkeffekter estimerer MWTP som har en mindre konstant konvergering mot null med avstand. Derimot har FE modellen med faste kommuneeffekter bedre forklaringsevne og mer presise estimater, noe som gjør den mer troverdig.

Modellen som ser på timing av markedstilpasning viser at effekten av avstand under 3 km til vindkraftverket før byggestart har en ubetydelig liten og ikke signifikant effekt på boligprisen,

-2,7% i modellen med faste kommuneeffekter og -0,6% i modellen med faste kraftverkeffekter. Disse estimatene kan fungere som en placebo, da den viser priseffekten på boliger som er under 3 km fra et vindkraftverk som ikke har startet byggingen enda. Boligene i denne behandlingsgruppen er derfor lik tilsvarende boliger som ligger nær et vindkraftverk i drift når det kommer til geografi og sentralitet, men har derimot ikke vært påvirket av utbygging enda. At effekten for denne gruppen er tilnærmet lik null og ikke signifikant, tyder på at FE-modellene lykkes i å kontrollere for at mer usentrale boliger i større grad er påvirket av vindkraftverk. Ellers ville disse estimatene vært betydelig negative uavhengig av timingen på markedstilpasningen, men dette er ikke tilfelle og styrker derfor troverdigheten til FE-modellene og de forutsetninger som disse er basert på.

Estimatene i DiD-modellene er å foretrekke om FE-modellene ikke i tilstrekkelig grad internaliserer effekten av sentralitet og andre romlige faktorer. Hvorvidt dette er tilfelle eller ikke er vanskelig å fastslå, men på bakgrunn av tidligere resonnementer er det grunn til å tro at FE-modellene er godt spesifisert. På den andre siden gir DiD-modell (6.6) med faste kraftverkeffekter og avstandsintervaller estimer som er i gjennomsnitt 2,75 prosentpoeng nærmere null for hvert kilometerintervall sammenlignet med tilsvarende modell (6.3) med faste kommuneeffekter. At estimatene er mindre negative kan tyde på at DiD-modellen er bedre på å kontrollere for skjevhet i behandlingsseleksjon forbundet med sentralitet.

#### 7.4 Tolkning av resultater

I regresjonstabellene fremkommer de marginale implisitte prisene til den hedoniske prisfunksjonen, og hvordan boligprisene påvirkes av en marginal endring av et attributt eller karakteristikk. I Tabell 7-3 er det en oversikt over marginal WTP både i relative priser, og i absolutte priser basert på gjennomsnittlig boligpris observert i dataene i analyseperioden fra 2010 til 2022. Variablene som er brukt i Tabell 7-3 er fra modell (6.2) og (6.3) med faste kommuneeffekter, da disse modellene har bedre forklaringssevne enn modellene med faste kraftverkeffekter. I tillegg til DiD estimatet for ATT fra modellene (6.5) og (6.6) med faste kraftverkeffekter. Avstandsintervaller ut til og med siste intervall med statistisk signifikans er inkludert i tabellen.

Vi ser at det er en betydelig økonomisk effekt målt i kroner for lokale boligeiere å ha et vindkraftverk i nærheten. For de boligene som ligger under 1 km fra et vindkraftverk så kan hele 16,1% av boligprisen forklares på bakgrunn av eksponering av vindkraftverket, og dets tilhørende negative eksternaliteter ifølge den hedoniske prisfunksjonen. Dette tilsvarer hele 491 644 kroner i tapte verdier for boligeiere av en gjennomsnittsbolig.

Tabell 7-3: Estimert marginal implisitt WTP

Variabel	% endring i boligpris	Gjennomsnittlig MWTP (NOK)
Avstand 0-1 km	-16,1 %	-491 644 kr
Avstand 1-2 km	-15,0 %	-458 053 kr
Avstand 2-3 km	-11,9 %	-363 389 kr
Avstand 3-4 km	-7,9 %	-241 241 kr
Avstand under 3 km	-9,1 %	-277 886 kr
Avstand 0-1 km (DiD)	-9,2 %	-280 939 kr
Avstand 1-2 km (DiD)	-13,9 %	-424 463 kr
Avstand 2-3 km (DiD)	-5,8 %	-177 114 kr
Avstand 3-4 km (DiD)	-3,7 %	-112 986 kr
Avstand 4-5 km (DiD)	-5,9 %	-180 168 kr
Avstand 5-6 km (DiD)	-5,2 %	-158 792 kr
Avstand under 3 km (DiD)	-5,6 %	-171 007 kr

Det er viktig å understreke at analysen er begrenset til første steg av en hedonisk modell, som setter begrensninger for estimatenes tolkning som total velferdsendring, spesielt på lang sikt. Analysen tar ikke høyde for hvordan konsumenter tilpasser seg ikke-marginale endringer av attributtene. For eksempel kan det hende at personer som er mindre sensitive for vindkraftverkets negative eksternaliteter velger å bosette seg i berørte boliger. HPM estimerer også utelukkende eksternaliteter og marginal betalingsvillighet for endring i økosystem-tjenester for berørte boligeiere. Metoden vil ikke fange opp alle lokale virkninger av et vindkraftverk, som reduserte friluftsområder for de som bor et stykke fra det berørte området, men som likevel benytter området til rekreasjon. Det kan også være hytteeiere, tilreisende fotturister, redusert naturmangfold, CO<sub>2</sub> utslipp fra våtmark og andre berørte grupper og eksternaliteter som analysen ikke omtaler eller verdsetter. For å få ett fullstendig bilde av vindkraftverkets eksterne effekter må en slik analyse supplementeres med andre metoder som f.eks. oppgitte preferanser.<sup>16</sup> Analysen fanger opp NIMBY-effekter<sup>17</sup> ved å estimere naboene til vindkraftverk sin MWTP for å få vindkraftverket oppført i sin bakgård. Nyere forskning viser at personer som bor langt unna vindkraftverket også har negative preferanser over utbygging av vindkraftverk i naturen (Dugstad et al., 2020), som denne analysen ikke ser på.

<sup>16</sup> «Stated preferences»

<sup>17</sup> «Not in my backyard»



## 8. Fordelingseffekter og økonomiske implikasjoner

Dette kapitlet ser på mulighetene for korrigerende av markedssvikt, og gir en normativ diskusjon om det er prinsipielt riktig å kompensere berørte boligeiere. Videre ses det på om resultatene i oppgaven kan gi økonomiske argumenter for endringer i beskatning av vindkraftverk eller konsesjonsbehandlingen.

### 8.1 Verdioverføring og naturavgift

Vi har i denne analysen sett hvordan befolkningen har en betydelig redusert betalingsvillighet for boliger som ligger i nærheten av vindkraftverk. Dette medfører at oppføring av vindkraftverk kan resultere i en betydelig depresiering av økonomiske verdier for boligeiere som bor i nærheten av vindkraftverket, som realiseres ved neste boligtransaksjon.

På den andre siden representerer vindkraftverket betydelige inntekter for eiere av kraftverket, som profitterer på å omdanne lokale vindressurser til fornybar elektrisk energi og selge den grønne energien i kraftmarkedet. Siden lokale boligeiere taper økonomiske verdier på utbygging av vindkraftverk mens kraftverkseierne tjener på dette, så kan det argumenteres for at dette representerer en verdioverføring fra boligeiere til kraftverkseier, og siden godene som depresierer i verdi for boligeierne ikke har definerte eiendomsrettigheter, så er det en verdioverføring uten økonomisk kompensasjon.

Kraftverkseiere betaler trolig ikke for de totale samfunnsøkonomiske kostnadene assosiert med vindkraftverket, men noen av disse kostnadene tilfaller lokale boligeiere og lokalbefolkningen. Lokalbefolkningen betaler derfor i praksis for subsidieringen av vindkraftverket, ved å dekke deler av de samfunnsøkonomiske kostnadene.

I ordinær økonomisk teori korrigeres markedssvikter ved negative eksternaliteter i et enkelt marked med å innføre en avgift på produksjon som tilsvarer de marginale negative kostnadene, slik at de sosiale kostnadene blir lik de bedriftsøkonomiske. En slik avgift kan i dette tilfelle falle inn under en naturavgift som foreslått av Grønn skattekommisjon i 2015 (NOU 2015: 15), og senere støttet av Ekspertutvalget for klimavennlige investeringer (Nærings- og fiskeridepartementet, 2022) og Skatteutvalget (NOU 2022: 20).

En naturavgift er en avgift for bruk av naturen, som stiller utbyggere overfor de fulle samfunnsøkonomiske kostnadene ved naturinngrep. Grønn skattekommisjon argumenterer for at all bruk av økosystemtjenester og naturressurser burde ha en pris som reflekterer det samfunnsøkonomiske tapet av økosystemtjenestene eller naturressursene. En slik naturavgift er ikke ferdig utformet, men Skatteutvalget (NOU 2022: 20) trekker frem på bakgrunn av

rapporten «Fakta grunnlag for vurdering av avgift på klimagassutslipp fra nedbygging av arealer» av Miljødirektoratet (2021) at den kan utformes som en avgiftsats per areal enhet som bygges ned som igjen avhenger av naturtypen.

Konsesjonsprosessen for landbasert vindkraft kan være preget av asymmetrisk informasjon, da utbyggere kan ha insentiver til å overdrive fremtidige driftsøkonomiske gevinster og underdrive samfunnsøkonomiske kostnader ved utbygging, for å øke sannsynligheten for et positivt vedtak. En naturavgift vil internalisere miljøkostnadene i utbyggerens kostnader, og dermed føre til forbedret konsesjonsbehandlingen i samfunnets favør (NOU 2015: 15). I tillegg kan vertskommunen ha insentiver for å underkommunisere nasjonale og globale negative konsekvenser som tap av biologisk mangfold, hvis utbyggingen lønner seg for kommunen. Asymmetrisk informasjon gir også markedssvikt ved at det resulterer i ineffektiv ressursallokering.

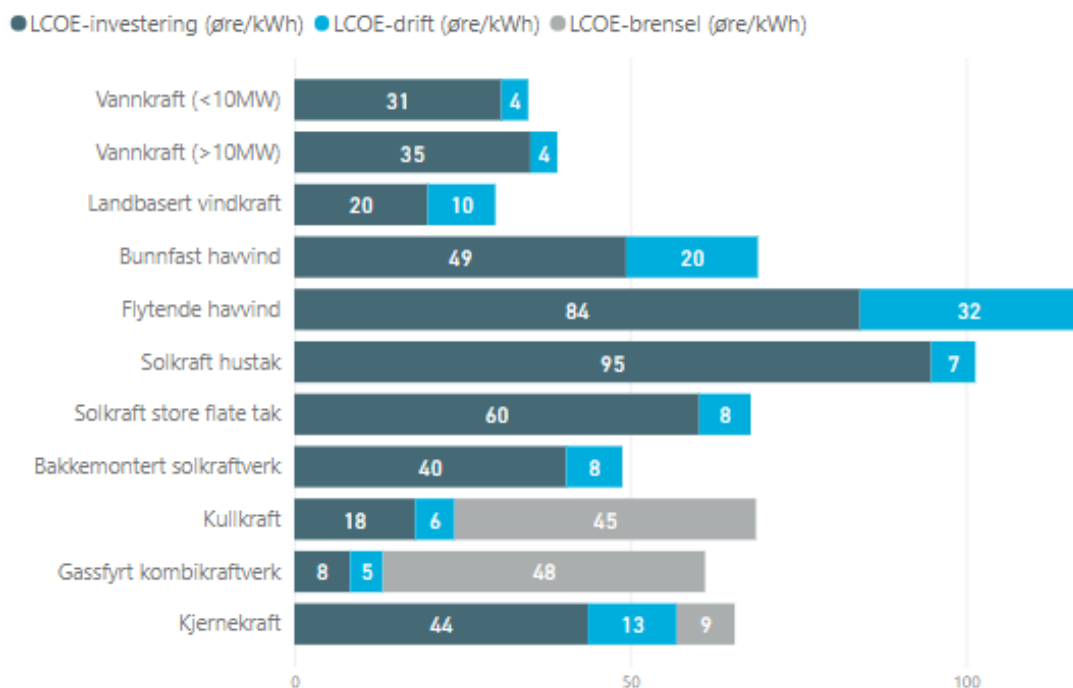
Selv om en naturavgift har blitt foreslått, så har den ennå ikke blitt innført. Derimot ble det innført en produksjonsavgift på 1 øre per kWh i 2022 som er økt til 2 øre i 2023, som tilfaller staten men blir fordelt blant vertskommunene (Finansdepartementet, 2022a; Skatteetaten, 2023a). I tillegg er en naturressursskatt på 1,3 øre per kWh foreslått av Regjeringen i 2023 (Finansdepartementet, 2022b). Dette kan delvis veie opp for manglende naturavgift. Til sammenligning betaler vannkrafteiere en naturressursskatt på 1,1 øre per kWh til kommunen og 0,2 øre til fylkeskommunen (Skatteetaten, 2023b). Forskjellen mellom en naturavgift og den innførte produksjonsavgiften er at en naturavgift er en engangssum som betales for økosystemtjenester og naturressurser som forsvinner ved utbyggingen og beslaglegging av areal, mens produksjonsavgiften er en avgift som er ment å gi kommunene insentiver til vindkraftutbygging og forutsigbarhet, i tillegg til lokal legitimitet (Meld. St. 4 (2021-2022)). En naturavgift kan eventuelt utformes som en betalingsstrøm, hvor betalingen per periode svarer til de eksterne virkningene per periode.

Til sammenligning vil boligverdier som depresierer eller CO<sub>2</sub> som slippes ut av en myr, være en engangskostnad som påløper under utbyggingen, og derfor kan det argumenteres for at en naturavgift vil være gunstig for å dekke slike eksternaliteter. Derimot kan en produksjonsavgift eller naturressursavgift være mer gunstig for å dekke eksternaliteter som påløper i forbindelse med selve produksjonen, som for eksempel fugledød som følge av kollisjon med roterende rotorblader eller støyforurensing. Om produksjonsavgiften som er innført er et fullstendig substitutt for den foreslåtte naturavgiften er usikkert og trolig tvilsomt.

Skatteutvalget (NOU 2022: 20) anbefaler innføring av en naturavgift, på bakgrunn av at kraftutbygging legger press på naturen, som kraftutbyggerne ikke nødvendigvis internaliserer i sine kostnader. De trekker også frem at dagens elavgift som betales på forbruk av all elektrisk energi i Norge kan redusere behovet for kraftutbygging, ved å senke etterspørselen etter elektrisk energi frem til en naturavgift kan bli innført. Elavgiften er i utgangspunktet en fiskal avgift som skal gi inntekter til staten (Prop. 1 LS (2021-2022)), og Skatteutvalget i tillegg til Grønn skattekommisjon påpeker at elavgiften er lite egnet som miljøpolitisk virkemiddel, og at en naturavgift er mer gunstig, men at elavgiften kan ha gunstige effekter i fravær av en naturavgift (NOU 2015: 15; NOU 2022: 20).

Vindkraft har også tidligere vært subsidiert gjennom elsertifikatordningen, som har blitt tildelt fornybar kraftproduksjon med oppstart fra 2012 til 2020. Ordningen støtter derfor ikke nye vindkraftanlegg etter 2020, men støtter kraftverk som har mottatt elsertifikater frem til 2035 (Olje- og energidepartementet, 2021). På få år har vindkraft gått fra å være en produksjonsteknologi som har vært hjulpet frem av offentlige virkemidler som elsertifikater og gunstige avskrivningsregler til å bli den

Figur 8-1: Kostnader for kraftproduksjon ved ulike produksjonsteknologier i Norge



Kostnader for kraftproduksjon ved ulike produksjonsteknologier, fremstilt i form av energikostnad over levetid LCOE (levelized cost of energy) med øre/kWh på horisontal akse. Datagrunnlaget er fra 2021, og grafen er hentet fra NVEs oversikt over kostnader i energisektoren (NVE, 2021).

teknologien som har lavest kostnader per produsert kWh i Norge (NVE, 2021), se Figur 8-1. Kostnadene falt i Norge med hele 40% fra 2012 til 2019 (Meld. St. 28, (2019-2020)). Det er derfor ikke lenger grunnlag for å bruke subsidieringer eller tilbakeholde eventuelle avgifter for å fremme investeringer i ny vindkraft og teknologiutvikling. Vindkraft på land er allerede den mest kostnadseffektive energiteknologien rent bedriftsøkonomisk i Norge.

## 8.2 Energisammensetningen eller eksternalitetssammensetningen

En faktor som ytterligere kompliserer økonomiske og politiske beslutninger rundt vindkraft, er at vindkraft er en del av ett større energisystem hvor alle energiformer har eksternaliteter. Hardere beskatning av vindkraft kan føre til mer bruk av fossile energiformer globalt, som igjen har negative eksternaliteter i form av global oppvarming og klimaendringer (Harstad, 2019). Siden beslutninger rundt vindkraft kan påvirke energisammensetningen og derfor hvilke eksternaliteter vi utsettes for, så er det viktig å vurdere den økonomiske politikken for vindkraftverk i sammenheng med den økonomiske politikken for hele energisystemet.

Den økonomiske politikken som omhandler negative eksternaliteter ved fossilt brensel, er i hovedsak basert på avgifter og kvoter ved utslipp av CO<sub>2</sub>. Kvotemarkedet og CO<sub>2</sub> avgifter driver opp prisene på fossile energiformer og er derfor negativt for etterspørselen etter fossilt brensel. Samtidig er det slik at lavere etterspørsel etter fossilt brensel driver opp etterspørselen etter alternative energiformer som vindkraft. I sammenheng med subsidiering av vindkraft eller fraværet av naturavgift, kan dette være med å gi doble insentiver for utbygging av vindkraft. Et resultat kan være mer utbygging av vindkraft enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt, og at lokalbefolkningen i nærheten av vindkraftverket betaler prisen for globale klimaproblemer.

En berettiget innvending er at CO<sub>2</sub> avgiftene trolig er for lave og kvotene for mange i forhold til de samfunnsøkonomiske kostnadene klimaendringene representerer. Hvis dette er tilfelle så er subsidiering av vindkraft eller et for lavt avgiftsnivå et bidrag til ett globalt offentlig gode som ifølge Harstad (2019) kan sammenlignes med globale miljøtiltak som regnskogsatsingen eller oljeutvinningsreduksjon i Arktis. For lave CO<sub>2</sub> avgifter og for mange kvoter vil også redusere insentivet for utbygging av vindkraft, da økt etterspørsel etter fossilt brensel vil redusere etterspørselen etter fornybar energi.

Dersom kvoter og CO<sub>2</sub> avgifter har korrekte dimensjoner, vil de rette opp markedssvikten forårsaket av negative eksternaliteter fra klimaendringer. Det samme må også være tilfelle for økonomisk politikk overfor fornybar energi, for at vi skal oppnå den samfunnsøkonomisk optimale energisammensetningen. Er derimot CO<sub>2</sub> avgiftene for lave og kvotene for mange, vil vi få for lite vindkraft i forhold til det som er samfunnsøkonomisk optimalt, selv om avgift og skattenivået på vindkraft er utformet teoretisk korrekt.

For å ta gode beslutninger i energipolitikken er det viktig å ta hensyn til alle mulige eksternaliteter, ved at alle eksternaliteter er riktig priset og internalisert. Bare på denne måten vil vi oppnå den samfunnsøkonomisk optimale energisammensetningen, som vektet klima og miljø på en riktig måte.

### 8.3 Grunnrente og manglende insentiver

I slutten av 2022 foreslo Skatteutvalget og Regjeringen en grunnrenteskatt på 40% på landbasert vindkraft (Finansdepartementet, 2022b; NOU 2022: 20). Med begrunnelse i at økte kraftpriser og reduserte produksjonskostnader har gitt opphav til renprofitt, ved at totalavkastningen på vindkraft overstiger alternativkostnaden på en alternativ investering med lik systematisk risiko. Det argumenteres for at en slik renprofitt har oppstått på bakgrunn av tilgang til knappe naturressurser i form av vindressurser som er begrenset i seg selv og igjennom konsesjoner. I tillegg til at grunnen som vindkraftverk står på og som innehar vindressursene er begrensede i seg selv. Renprofitt representerer en betydelig skatteevne, samtidig som vindressurser tilhører felleskapet slik som andre naturressurser (NOU 2022: 20).

En riktig utformet grunnrenteskatt vil ikke gi effektivitetstap da den ikke endrer bedriftens adferd, siden grunnrenteskatten baseres på overskuddet til bedriften og derfor ikke påvirker hvilke investeringer som er lønnsomme. Selv om grunnrenteskatt er en skatt for bruk av felleskapets knappe stedbundne naturressurser, så kan den ikke rette opp markedssvikt ved negative eksternaliteter og dermed erstatte en naturavgift. Dette kommer av at grunnrenteskatt ikke gir insentiver til utbyggeren, eller tvinger utbygger til å internalisere eksternalitetene i sine produksjonskostnader, men beskatter derimot overskuddet. En godt utformet grunnrenteskatt vil ikke endre produksjonsmengden eller antall vindkraftverk. Hvis det bedriftsøkonomisk optimale antallet vindkraftverk i Norge er høyere enn det som er samfunnsøkonomisk optimalt grunnet negative eksternaliteter, så vil ikke en grunnrenteskatt redusere antallet til det sosialt optimale slik en naturavgift har muligheten til. En grunnrenteskatt for vindkraft har gode samfunnsøkonomisk teoretiske forankringer og gir en

betaling tilbake til samfunnet for bruken av felles naturressurser, men løser ikke problemer med eksternaliteter som reduksjon i lokale boligverdier eller tap av økosystemtjenester. Grunnrenteskatt må derfor sees i sammenheng med andre skatter for å løse markedssviker ved eksternaliteter, som naturavgift.

#### 8.4 Vindkraft i mindre konfliktfylte områder

Det er også mulig å løse utfordringer med eksternaliteter på andre måter enn å internalisere samfunnets kostnader i utbyggers kostnader. Eksempelvis ved å bygge vindkraft i områder hvor beslagleggingen av areal og drift påfører samfunnet mindre kostnader og ulempe, som i områder uten boliger eller uberørt natur som leverer betydelige økosystemtjenester. Dette kan utføres ved å bygge mindre kraftanlegg i nærheten av allerede industrialiserte områder, eller andre områder med fravær av boliger og hvor naturverdier og økosystemtjenester allerede er forringet. Energikommisjonen anbefaler blant annet å utrede muligheten for nærvind med mindre kraftverk i nærheten av industriområder, større veier og andre områder hvor utbygging antas å ha mindre miljøvirkninger (NOU 2023: 3).

Det er allikevel en utfordring med nærvind som bygges i umiddelbar nærhet av annen infrastruktur når det gjelder sikkerhetshensyn, støy og avstandskrav til bebyggelse. Slike kraftverk kan også i større grad være synlig for mennesker i det daglige liv på reise, arbeidssted og oppholdssteder, selv om de ikke er synlige fra boliger (NOU 2023: 3). Det er uansett trolig stort rom for å være mer kreativ i plasseringen av vindkraftverk for å minimere miljøvirkninger og eksternaliteter. Riktige utformede naturavgifter hvor avgiftsatsen er høyere for bruk av areal med naturtyper som innehar mer verdifulle naturressurser og økosystemtjenester, vil også gi insentiver til utbygger om å bygge i mer industrialiserte områder og trolig øke investeringer i nærvind. Om en slik avgift også er høyere om arealet i tillegg leverer betydelige økosystemtjenester til boligeiere, så vil avgiften også være vridende fra bygging i nærheten av boliger.

#### 8.5 Endringer i konsesjonsbehandlingen

En annen måte å hensynta boligeieres interesser, og begrense negative eksternaliteter overfor boligeierne i nærheten av kraftverket, er å i større grad vektlegge virkninger overfor boligeierne i konsesjonsbehandlingen. Flere slike endringer i konsesjonsbehandlingen for vindkraft på land er allerede foreslått av regjeringen Solberg i 2020 (Meld. St. 28, (2019-2020)). Her kommer det frem at Regjeringen foreslår at virkninger for naboer av

vindkraftverket, miljø og samfunn skal vektlegges sterkere. Samtidig som det kreves bedre vurderinger av samfunnsøkonomisk lønnsomhet, som i større grad vil sette krav til verdsetting og vektlegging av eksternaliteter.

Blant annet skal naboer involveres i høringsprosessen, og rutiner for nabovarsling skal forbedres slik at alle berørte boligeiere får informasjon om forestående virkninger med detaljerte støykart og plassering av turbiner og turbinhøyde (Meld. St. 28, (2019-2020)). I hvilken grad boligeieres meninger blir hensyntatt i konsesjonsvedtaket er derimot usikkert, og det mest fordelaktige hadde nok vært om kostnadene og ulempene for naboene til vindkraftverket blir med i vurderingen av den samfunnsøkonomiske lønnsomheten. Her kan estimerer fra denne analysen være med på å verdsette kostnader ved negative eksternaliteter overfor naboer, og bidra til å avdekke de totale samfunnsøkonomiske kostnadene ved utbygging av vindkraftverket.

#### 8.6 Korrigering av markedssvikt

Det har i denne analysen fremkommet hvordan utbyggingen av vindkraftverk kan gi markedssvikt gjennom negative eksternaliteter overfor boligeiere, manglende hensyn til kollektive goder som konsumeres av boligeiere og asymmetrisk informasjon i konsesjonsprosessen. Resultatet isolert sett er mer vindkraft enn det samfunnet er tjent med, gjennom lite vektlegging av miljøproblemer og lokale eksterne virkninger. For å korrigere for markedssvikten og oppnå en effektiv bruk av samfunnets ressurser er det trolig mest fordelaktig å innføre en naturavgift på bruk av areal med natur som innehar naturressurser og økosystemtjenester. Slik kan samfunnets kostnader for utbygging av vindkraftverket internaliseres i utbyggerens kostnader. Om alle kostnader for samfunnet internaliseres i utbyggerens kostnader vil det gjenopprettes en likevektløsning hvor bare de vindkraftprosjektene som totalt sett er samfunnsøkonomisk lønnsomme vil bli realisert. Da vil prosjekter som ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomme heller ikke være lønnsomme for vindkraftselskapene. Dermed vil effektivitetstapet som oppstår ved markedssvikt elimineres, og vi får en mer effektiv utnyttelse av samfunnets ressurser. Foreslåtte krav til samfunnsøkonomisk lønnsomhet i konsesjonsbehandlingen vil også være gunstige for å sikre samfunnsøkonomisk optimal bruk av ressursene.

Videre utbygging av vindkraft vil trolig være høyest nødvendig i fremtiden for å hindre kraftunderskudd og for å bekjempe klimakrisen. Da vindkraft er den raskest realiserbare og

kostnadseffektive energiformen i Norge, samtidig som vindkraftverk har levetid på 25-30 år. Nye investeringer og konsesjoner må derfor gis for å opprettholde dagens kraftforsyning fra vindkraft (NOU 2023: 3). I vektingen mellom klima og miljø i energipolitikken vil det uansett være viktig å innføre riktige skatter og avgifter, slik at det bare er de vindkraftprosjektene som er samfunnsøkonomisk lønnsomme som blir realisert. Dermed vil bruk av felles naturressurser som innsatsfaktor bli betalt for til stat og kommune, slik at de kommer felleskapet til gode.



## 9. Konklusjon

Problemstillingen i denne oppgaven var hvordan vindkraftverk påvirker boligprisen for nærliggende boliger, med et utgangspunkt i at negative eksternaliteter som støy og visuell forurensning fra vindturbiner kan påvirke boligprisen negativt. Problemstillingen har blitt løst ved å anvende en hedonisk prismodell. For å kontrollere for sentralitet og andre romlige prosesser så har modellen blitt utvidet med geografisk faste effekter og differanse i forskjeller.

Selv om det er anvendt flere modeller i denne oppgaven med tilhørende styrker og svakheter, så er resultatene konsistente i å avdekke kvantitativ evidens på at boligprisen er signifikant lavere i nærheten av vindkraftverk, og at den negative priseffekten avtar med avstanden til kraftverket. Basert på dataene og de rapporterte resultatene fra analysen er det estimert en signifikant negativ marginal betalingsvillighet for å bo i nærheten av et vindkraftverk som er i drift. Estimaten varierer med de ulike modellene og deres forutsetninger, jevnt over er estimert marginal implisitt WTP omkring -15% av boligprisen for plassering under 1 km fra et vindkraftverk i drift. Denne effekten avtar med avstanden til vindkraftverket, og konvergerer mot null i de fleste modeller på en avstand mellom 5 og 7 km fra vindkraftverket. Analysen mislykkes i å skille ut og isolere effekten av vindkraftverkets synlighet fra effekten av avstanden. Årsaken til dette er trolig utelatt variabelskjevhet ved at utsikt ikke er internalisert i funksjonen, da god utsikt høyest sannsynlig er sterkt korrelert med synlighet. I tillegg til at den utledede synlighetsvariabel trolig har for lav kvalitet.

For å korrigere for markedssvikt som oppstår ved negative eksternaliteter fra vindkraft i form av visuell forurensning, støy og andre lokale virkninger som tap i naturområder. Vil det anbefales på bakgrunn av denne analysen å videre utrede og innføre en naturavgift for å sette pris på økosystemtjenester og naturressurser, som reflekterer det samfunnsøkonomiske tapet av økosystemtjenestene eller naturressursene ved utbygging. Naturavgiften kan betales som en avgift for hver arealenhet med natur som bygges ned, hvor avgiftens størrelse avhenger av naturtypen. På denne måten vil de totale samfunnsøkonomiske kostnadene ved utbyggingen internaliseres i utbyggerens kostnader, slik at bare de vindkraftprosjektene som lønner seg for samfunnet som helhet blir realisert. Majoriteten av inntektene fra avgiften burde tilfalle kommunene, for å kompensere for lokale negative virkninger. Det samfunnsøkonomiske vurderingsgrunnlaget rundt eksterne virkninger i konsesjonsbehandlingen burde også styrkes, i tillegg burde muligheten for nærvind utredes nærmere.

## Referanser

- Adolfson, J. F., Kuik, F., Schuler, T., & Lis, E. (2022, juni 21). *The impact of the war in Ukraine on euro area energy markets*. The European Central Bank. [https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/focus/2022/html/ecb.ebbox202204\\_01~68ef3c3dc6.en.html](https://www.ecb.europa.eu/pub/economic-bulletin/focus/2022/html/ecb.ebbox202204_01~68ef3c3dc6.en.html)
- Ari, A., Arregui, N., Black, S., Celasun, O., Iakova, D., Mineshima, A., Mylonas, V., Parry, I., Teodoru, I., & Zhunussova, K. (2022). *Surging Energy Prices in Europe in the Aftermath of the War: How to Support the Vulnerable and Speed up the Transition Away from Fossil Fuels*. International Monetary Fund.
- Arrow, K. (1970). Political and Economic Evaluation of Social Effects and Externalities. I J. Margolis, *The Analysis of Public Output* (s. 1–30). NBER. <https://www.nber.org/books-and-chapters/analysis-public-output>
- Bateman, I. J., & Willis, K. G. (Red.). (1999). *Valuing Environmental Preferences: Theory and Practice of the Contingent Valuation Method in the US, EU, and developing Countries*. Oxford University Press.
- Champ, P. A., Boyle, K. J., & Brown, T. C. (Red.). (2017). *A Primer on Nonmarket Valuation* (Bd. 13). Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-94-007-7104-8>
- Cropper, M. L., Deck, L. B., & McConnell, K. E. (1988). On the Choice of Functional Form for Hedonic Price Functions. *The Review of Economics and Statistics*, 70(4), 668–675. <https://doi.org/10.2307/1935831>
- Dröes, M. I., & Koster, H. R. A. (2016). Renewable energy and negative externalities: The effect of wind turbines on house prices. *Journal of Urban Economics*, 96, 121–141. <https://doi.org/10.1016/j.jue.2016.09.001>
- Dugstad, A., Grimsrud, K., Kipperberg, G., Lindhjem, H., & Navrud, S. (2020). Acceptance of wind power development and exposure – Not-in-anybody’s-backyard. *Energy Policy*, 147, 111780. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2020.111780>
- Enova. (2014). *Etablering av vindkraft i Norge* (Nr. 5). [https://www.enova.no/upload\\_images/B4D72DED9E864DA6B38DA939AFAEA4A7.pdf](https://www.enova.no/upload_images/B4D72DED9E864DA6B38DA939AFAEA4A7.pdf)
- Farley, J., & Costanza, R. (2010). Payments for ecosystem services: From local to global. *Ecological Economics*, 69(11), 2060–2068. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.010>
- Finansdepartementet. (2022a, juni 20). *Avgift på landbasert vindkraft* [Nyhet]. Regjeringen.no; regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/avgift-pa-landbasert-vindkraft/id2919971/>
- Finansdepartementet. (2022b, september 28). *Grunnrenteskatt på landbasert vindkraft*. Regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/grunnrenteskatt-pa-landbasert-vindkraft/id2929117/>
- Freeman III, A. M., Herriges, J. A., & Kling, C. L. (2014). *The Measurement of Environmental and Resource Values: Theory and Methods* (3. utg.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315780917>
- Gibbons, S. (2015). Gone with the wind: Valuing the visual impacts of wind turbines through house prices. *Journal of Environmental Economics and Management*, 72, 177–196. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2015.04.006>
- Greaker, M., & Lindholt, L. (2022). *Ressursrenten i naturressursnæringene i Norge 1984-2021* (Nr. 23; Rapport). Statistisk sentralbyrå. <https://www.ssb.no/nasjonalregnskap-og-konjunkturer/nasjonalregnskap/artikler/ressursrenten-i-naturressursnaeringene-i-norge-1984-2021>
- Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243–1248.

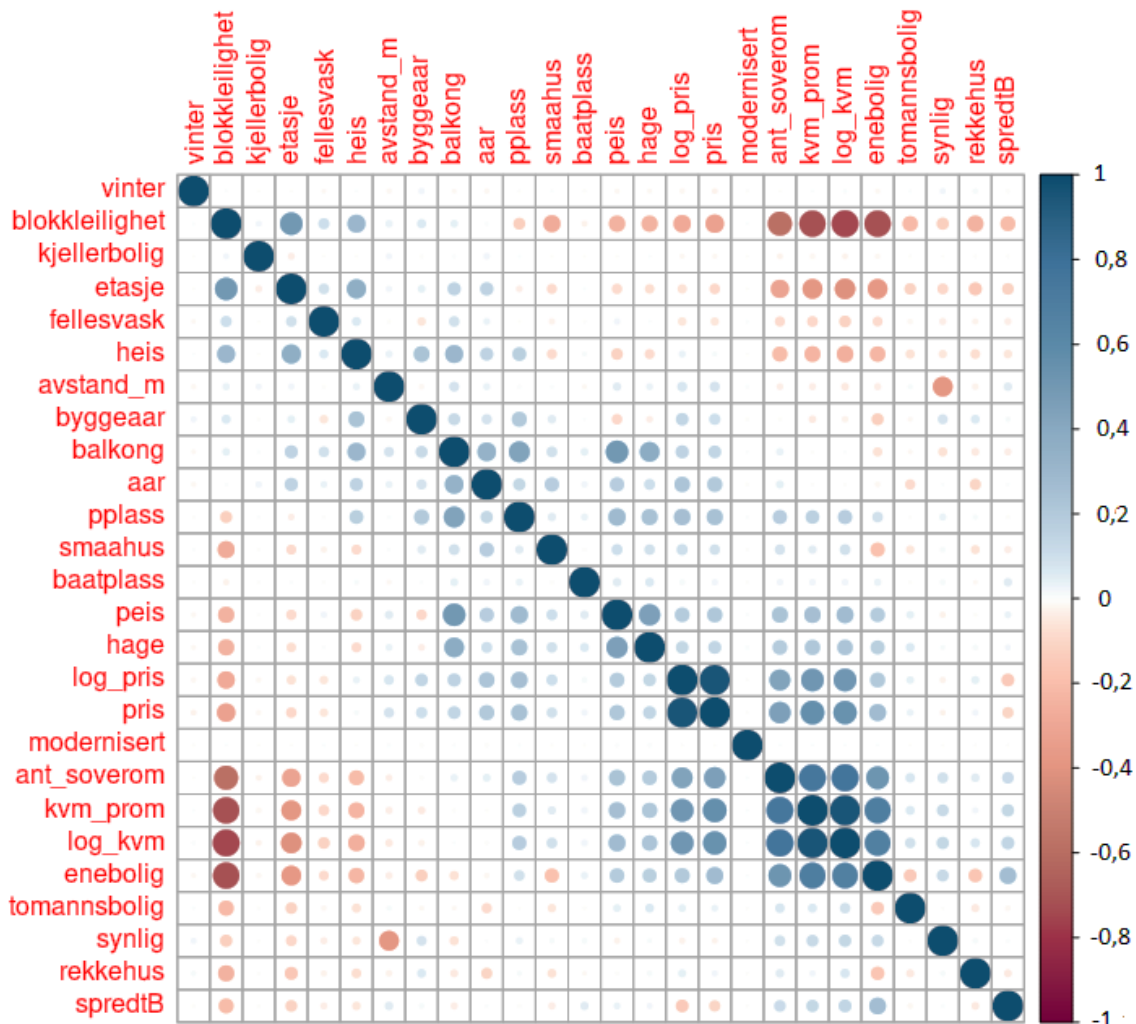
- Harstad, B. (2019, april 26). Vi trenger en politikk for konflikten mellom klima og naturvern. *Dagens Næringsliv*.
- Heintzelman, M. D., & Tuttle, C. M. (2012). Values in the Wind: A Hedonic Analysis of Wind Power Facilities. *Land Economics*, 88(3), 571–588.
- Hoen, B., Brown, J. P., Jackson, T., Thayer, M. A., Wisner, R., & Cappers, P. (2015). Spatial Hedonic Analysis of the Effects of US Wind Energy Facilities on Surrounding Property Values. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, 51(1), 22–51. <https://doi.org/10.1007/s11146-014-9477-9>
- Jensen, C. U., Panduro, T. E., & Lundhede, T. H. (2014). The Vindication of Don Quixote: The Impact of Noise and Visual Pollution from Wind Turbines. *Land Economics*, 90(4), 668–682.
- Kuminoff, N. V., Parmeter, C. F., & Pope, J. C. (2010). Which hedonic models can we trust to recover the marginal willingness to pay for environmental amenities? *Journal of Environmental Economics and Management*, 60(3), 145–160. <https://doi.org/10.1016/j.jeem.2010.06.001>
- Lechner, M. (2011). The Estimation of Causal Effects by Difference-in-Difference Methods. *Foundations and Trends® in Econometrics*, 4(3), 165–224. <https://doi.org/10.1561/08000000014>
- Lindhjem, H., Handberg, Ø. N., & Zimmer, M. L. D. (2018). *Hvordan påvirker vindkraft landskapet, og hvordan vurderes virkningene av folk som berøres?* (Nr. 56; Menon-Publikasjon). <https://www.menon.no/publication/pavirker-vindkraft-landskapet-vurderes-virkningene-berores/?lang=en>
- Lovdata. (2023). *Forskrift om begrensning av forurensning (forurensningsforskriften)—Kapittel 5. Støy*. Lovdata.no. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2004-06-01-931/kap5#kap5>
- Meld. St. 4. (2021-2022). *Anmodnings- og utredningsvedtak i stortings sesjonen 2020–2021*. Statsministerens kontor. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-4-20212022/id2875628/?ch=4>
- Meld. St. 28. (2019-2020). *Vindkraft på land—Endringer i konsesjonsbehandlingen*. Olje- og energidepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-28-20192020/id2714775/>
- Miljødirektoratet. (2021). *Fakta grunnlag for vurdering av avgift på klimagassutslipp fra nedbygging av arealer*. <https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2021/desember-2021/fakta-grunnlag-for-vurdering-av--avgift-pa-klimagassutslipp--fra-nedbygging-av-arealer/>
- Norconsult. (2017). *Visuelle virkninger av vindkraft*. Norconsult. <https://www.nve.no/Media/7407/visuelle-virkninger-p%C3%A5-naboskap-002.pdf>
- Norconsult. (2022). *Vurdering av kunnskapsgrunnlag for skygge kast* (Nr. 4; NVE Ekstern rapport). Norconsult. [https://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2022/eksternrapport2022\\_04.pdf](https://publikasjoner.nve.no/eksternrapport/2022/eksternrapport2022_04.pdf)
- NOU 2015: 15. (2015). *Sett pris på miljøet*. Finansdepartementet
- NOU 2022: 20. (2022). *Et helhetlig skattesystem*. Finansdepartementet
- NOU 2023: 3. (2023). *Mer av alt—Raskere*. Olje- og energidepartementet
- NVE. (2019, mai 22). *Meldinger eller søknader om å etablere vindkraftverk vil ikke bli behandlet*. NVE.no. <https://www.nve.no/nytt-fra-nve/nyheter-konsesjon/meldinger-eller-soknader-om-a-etablere-vindkraftverk-vil-ikke-bli-behandlet/>
- NVE. (2020, juni 17). *Spørsmål og svar om vindkraft—NVE*. NVE.no. <https://www.nve.no/energi/energisystem/vindkraft/spoersmaal-og-svar-om-vindkraft/>
- NVE. (2021). *Kostnader for kraftproduksjon—NVE*. <https://www.nve.no/energi/analyser-og-statistikk/kostnader-for-kraftproduksjon/>

- NVE. (2022a, februar 9). *Kunnskapsgrunnlag om virkninger av vindkraft på land—NVE*. NVE.no. <https://www.nve.no/energi/energisystem/vindkraft/kunnskapsgrunnlag-om-virkninger-av-vindkraft-paa-land/>
- NVE. (2022b, april 7). *Sammenhengende naturområder med urørt preg—NVE*. NVE.no. <https://www.nve.no/energi/energisystem/vindkraft/kunnskapsgrunnlag-om-virkninger-av-vindkraft-paa-land/sammenhengende-natuomraader-med-uroert-preg/>
- NVE. (2023, februar 17). *Kraftproduksjon*. NVE.no. <https://www.nve.no/energi/energisystem/kraftproduksjon/>
- Nærings- og fiskeridepartementet. (2022). *Rapport fra Ekspertutvalget for klimavennlige investeringer*. <https://www.regjeringen.no/contentassets/2c9624f1fde74953b0ae7a630eb4ca36/no/pdfs/rapport-fra-ekspertutvalget-for-klimavennlige-inve.pdf>
- Olje- og energidepartementet. (2021, oktober 14). *Elsertifikatorordningen* [Redaksjonellartikkel]. Regjeringen.no; regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/tema/energi/fornybar-energi/elsertifikater/id2075998/>
- Palmquist, R. B. (2005). Property Value Models. I J. R. Vincent & K.-G. Mler, *Handbook of Environmental Economics* (Bd. 2, s. 763–819). Elsevier. [https://doi.org/10.1016/S1574-0099\(05\)02016-4](https://doi.org/10.1016/S1574-0099(05)02016-4)
- Prop. 1 LS. (2021). *For budsjettåret 2022—Skatter, avgifter og toll 2022*. Finansdepartementet. <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/prop.-1-ls-20212022/id2875345/?ch=1>
- Riise, E., Førde, G. K. E., Holmelin, E., & Klavenes, G. (2016). *Samfunnsmessige virkninger av vindkraftverk*. Norconsult.
- Rosen, S. (1974). Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition. *Journal of Political Economy*, 82(1), 34–55.
- Skatteetaten. (2023a). *Avgift på landbasert vindkraft*. Skatteetaten.no. <https://www.skatteetaten.no/bedrift-og-organisasjon/avgifter/saravgifter/om/vindkraft/>
- Skatteetaten. (2023b). *Vannkraft*. Skatteetaten. <https://www.skatteetaten.no/bedrift-og-organisasjon/rapportering-og-bransjer/bransjer-med-egne-regler/vannkraft/>
- SSB. (2020, februar 27). *Sentralitetsindeksen—Oppdatering med 2020-kommuner*. ssb.no. <https://www.ssb.no/befolkning/artikler-og-publikasjoner/sentralitetsindeksen.oppdatering-med-2020-kommuner>
- SSB. (2023, januar 11). *Prisindeks for brukte boliger*. SSB. <https://www.ssb.no/priser-og-prisindeks/boligpriser-og-boligprisindeks/statistikk/prisindeks-for-brukte-boliger>
- Statsministerens kontor. (2022, november 3). *Nytt norsk klimamål på minst 55 prosent* [Pressemelding]. Regjeringen.no; regjeringen.no. <https://www.regjeringen.no/no/aktuelt/nytt-norsk-klimamal-pa-minst-55-prosent/id2944876/>
- Stock, J. H., & Watson, M. W. (2019). *Introduction to Econometrics* (4. utg.). Pearson Education Limited.
- Strøm, S., Hoel, M., & Dalen, D. M. (2012). *Verdsetting av økosystemtjenester* (Nr. 8; Rapport). VISTA Analyse.
- Sunak, Y., & Madlener, R. (2012). *The Impact of Wind Farms on Property Values: A Geographically Weighted Hedonic Pricing Model* (SSRN Scholarly Paper Nr. 2114216). <https://doi.org/10.2139/ssrn.2114216>
- THEMA. (2019). *Kostnader ved vannkraft og vindkraft under ulike skattemodeller*. <https://www.regjeringen.no/contentassets/f20e27cf39ec49b7b6c486dd688d02c3/33fko-stnader-vannkraft-vindkraft-ulike-skattemodeller.pdf>
- Thomassen, A., & Melby, I. (2009). *Beregning av boligformue* (Nr. 53; Notater). Statistisk sentralbyrå.

- Ueland, I., Haukeli, I. E., Birkelund, H., Arnesen, F., Hole, J., Spilde, D., Jelsness, S., & Aulie, F. H. (2021). *LANGSIKTIG KRAFTMARKEDSANALYSE 2021 – 2040* (Nr. 29; NVE Rapport). Norges vassdrags- og energidirektorat. [https://publikasjoner.nve.no/rapport/2021/rapport2021\\_29.pdf](https://publikasjoner.nve.no/rapport/2021/rapport2021_29.pdf)
- World Health Organization. (2019). *Environmental noise guidelines for the European Region*. WHO. <https://www.who.int/europe/publications/i/item/9789289053563>
- Aasvang, G. M., & Krog, N. H. (2022, april 27). *Støy fra vindturbiner og virkninger på helse*. Folkehelseinstituttet. <https://www.fhi.no/ml/miljo/stoy/stoy--fra-vindturbiner-helseskadelig/>

## Appendiks A: Korrelasjoner mellom variabler

Figur A-1: Korrelogram over ulike variabler av interesse fra datasettet



I Figur A-1 er det fremvist korrelasjoner mellom ulike variabler av interesse fra datasettet. Som kommentert i oppgaven er dummyvariabelen for balkong ikke inkludert i HP-funksjonen på grunn av multikollinearitet, da denne variabelen er for sterkt korrelert med peis, parkeringsplass og heis. Å inkludere alle variablene gir negativt estimat for balkong sin effekt på boligprisen, noe som virker unaturlig. Derimot vil det å bare inkludere balkong, føre til et positivt estimat. Siden variablene er korrelerte og kanaliserer hverandres effekt slik at estimatene blir skjeve og standardfeilene større, så er variabelen balkong ekskludert fra HP-funksjonen.

## Appendiks B: Regresjonstabeller

Tabell B-1: Regresjonsresultater for modell (6.3) med avstandsintervaller

	Avhengig variabel:	
	log_pris	
	(6.3)	(6.3)
avst.0_1km.drift	-0,175*** (0,039)	-0,200*** (0,037)
avst.1_2km.drift	-0,162** (0,057)	-0,175** (0,059)
avst.2_3km.drift	-0,127** (0,041)	-0,124** (0,039)
avst.3_4km.drift	-0,082* (0,036)	-0,088* (0,041)
avst.4_5km.drift	-0,050 (0,039)	-0,079. (0,041)
avst.5_6km.drift	-0,031 (0,037)	-0,068. (0,037)
avst.6_7km.drift	-0,044 (0,035)	-0,088* (0,038)
avst.7_8km.drift	-0,056. (0,031)	-0,132** (0,050)
avst.8_9km.drift	-0,022 (0,019)	-0,099* (0,043)
avst.9_10km.drift	-0,020 (0,017)	-0,087* (0,036)
log_areal	0,621*** (0,017)	0,621*** (0,027)
ant_soverom	0,005** (0,002)	0,005 (0,003)
etasje	0,011*** (0,001)	0,012*** (0,001)
kjellerbolig	-0,011 (0,014)	-0,012 (0,023)
spredd_bebyggelse	-0,110*** (0,010)	-0,149*** (0,024)
baatplass	0,211*** (0,017)	0,230*** (0,028)
parkeringsplass	0,019*** (0,003)	0,019*** (0,004)
peis	0,021*** (0,006)	0,029*** (0,005)
fellesvask	0,006 (0,006)	0,005 (0,011)
heis	0,021*** (0,006)	0,031*** (0,008)
smaahus	-0,058*** (0,011)	-0,034** (0,013)
tomannsbolig	-0,054*** (0,012)	-0,031 (0,020)
rekkehus	-0,072*** (0,016)	-0,047*** (0,012)
blokkleilighet	-0,039* (0,017)	-0,008 (0,021)
modernisert_2013_2022	0,054*** (0,012)	0,094*** (0,011)
modernisert_2003_2012	0,043*** (0,007)	0,071*** (0,014)
byggeaar_1993_2007	-0,071*** (0,006)	
byggeaar_1978_1992	-0,202*** (0,007)	-0,123*** (0,007)
byggeaar_1958_1977	-0,232*** (0,014)	-0,139*** (0,016)
byggeaar_1938_1957	-0,230*** (0,031)	-0,120** (0,041)
byggeaar_1913_1937	-0,189*** (0,034)	-0,065 (0,046)
byggeaar_1888_1912	-0,159*** (0,035)	-0,034 (0,040)
byggeaar_1863_1887	-0,145*** (0,029)	-0,024 (0,033)
byggeaar_1838_1862	-0,125*** (0,030)	-0,003 (0,030)
vinter	-0,018*** (0,002)	-0,018*** (0,002)
konstant	10,267*** (0,055)	11,538*** (0,135)
Faste tidseffekter	Ja	Ja
Faste kommuneeffekter	Ja	Nei
Faste kraftverkeffekter	Nei	Ja
Klyngerobuste standardfeil på kommune	Ja	Nei
Klyngerobuste standardfeil på kraftverk	Nei	Ja
Antall observasjoner	226 434	168 005
Justert R <sup>2</sup>	0,796	0,758
Residual standardfeil	0,199 (df = 224826)	0,210 (df = 167327)
F-test	549,615*** (df = 1607; 224826)	779,375*** (df = 677; 167327)

Oversikt over de estimerte implisitte marginale priser i HP-funksjonen med avstandsintervaller ut til 10 km gitt ved modell (6.3). Standardfeil er gitt i parentes og merk at: \*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01.

Tabell B-2: Regresjonsresultater for modell (6.4) med ulik timing av markedstilpasning

Avhengig variabel:			
	log_pris		
	(6.4)	(6.4)	
avst.3km.drift	-0,095** (0,036)	-0,077* (0,031)	
avst.3km.EBFD	-0,059. (0,035)	-0,033 (0,026)	
avst.3km.FB	-0,024 (0,029)	-0,006 (0,020)	
log_areal	0,622*** (0,017)	0,619*** (0,027)	
ant_soverom	0,005** (0,002)	0,005 (0,003)	
etasje	0,011*** (0,001)	0,012*** (0,001)	
kjellerbolig	-0,011 (0,014)	-0,006 (0,020)	
spredt_bebyggelse	-0,111*** (0,010)	-0,151*** (0,025)	
baatplass	0,211*** (0,017)	0,229*** (0,028)	
parkeringsplass	0,019*** (0,003)	0,019*** (0,004)	
peis	0,021*** (0,006)	0,029*** (0,005)	
fellesvask	0,006 (0,006)	0,005 (0,012)	
heis	0,022*** (0,006)	0,032*** (0,008)	
smaahus	-0,058*** (0,011)	-0,034** (0,012)	
tomannsbolig	-0,054*** (0,012)	-0,031 (0,020)	
rekkehus	-0,072*** (0,016)	-0,048*** (0,011)	
blokkleilighet	-0,039* (0,017)	-0,008 (0,020)	
modernisert_2013_2022	0,055*** (0,012)	0,055*** (0,010)	
modernisert_2003_2012	0,043*** (0,007)	0,049*** (0,010)	
byggeaar_1993_2007	-0,071*** (0,006)	-0,058*** (0,010)	
byggeaar_1978_1992	-0,202*** (0,007)	-0,179*** (0,012)	
byggeaar_1958_1977	-0,231*** (0,014)	-0,195*** (0,025)	
byggeaar_1938_1957	-0,229*** (0,031)	-0,176*** (0,048)	
byggeaar_1913_1937	-0,188*** (0,034)	-0,120* (0,053)	
byggeaar_1888_1912	-0,158*** (0,035)	-0,090* (0,044)	
byggeaar_1863_1887	-0,144*** (0,029)	-0,078* (0,037)	
byggeaar_1838_1862	-0,124*** (0,030)	-0,058. (0,035)	
vinter	-0,018*** (0,002)	-0,018*** (0,002)	
konstant	10,298*** (0,044)	11,667*** (0,131)	
Faste tidseffekter	Ja	Ja	
Faste kommuneeffekter	Ja	Nei	
Faste kraftverkeffekter	Nei	Ja	
Klyngerobuste standardfeil på kommune	Ja	Nei	
Klyngerobuste standardfeil på kraftverk	Nei	Ja	
Antall observasjoner	226 434	168 005	
Justert R <sup>2</sup>	0,795	0,757	
Residual standardfeil	0,199 (df = 224833)	0,211 (df = 167333)	
F-test	551,318*** (df = 1600; 224833)	782,470*** (df = 671; 167333)	

Oversikt over regresjonsresultater fra modell (6.4) hvor ulik timing på markedstilpasning er modellert. Standardfeil er gitt i parentes og merk at: \* $p < 0,1$ ; \*\* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,01$ .



Tabell B-3: Regresjonsresultater for modell (6.5), differanse i forskjeller

Avhengig variabel:		
	log_pris	
	(6.5)	(6.5)
drift	-0,011 (0,022)	-0,651*** (0,011)
avst.3km	-0,036 (0,030)	-0,019 (0,023)
avst.3km.drift	-0,058** (0,019)	-0,058*** (0,016)
log_areal	0,622*** (0,017)	0,619*** (0,027)
ant_soverom	0,005** (0,002)	0,005 (0,003)
etasje	0,011*** (0,001)	0,012*** (0,001)
kjellerbolig	-0,011 (0,014)	-0,006 (0,020)
spredd_bebyggelse	-0,110*** (0,010)	-0,151*** (0,025)
baatplass	0,211*** (0,017)	0,229*** (0,028)
parkeringsplass	0,019*** (0,003)	0,019*** (0,004)
peis	0,021*** (0,006)	0,029*** (0,005)
fellesvask	0,006 (0,006)	0,005 (0,012)
heis	0,022*** (0,006)	0,032*** (0,008)
smaahus	-0,058*** (0,011)	-0,034** (0,012)
tomannsbolig	-0,054*** (0,012)	-0,031 (0,020)
rekkehus	-0,072*** (0,016)	-0,048*** (0,011)
blokkleilighet	-0,039* (0,017)	-0,008 (0,020)
modernisert_2013_2022	0,055*** (0,012)	0,055*** (0,010)
modernisert_2003_2012	0,044*** (0,007)	0,049*** (0,010)
byggeaar_1993_2007	-0,071*** (0,006)	-0,058*** (0,010)
byggeaar_1978_1992	-0,202*** (0,007)	-0,179*** (0,012)
byggeaar_1958_1977	-0,231*** (0,014)	-0,195*** (0,025)
byggeaar_1938_1957	-0,229*** (0,031)	-0,176*** (0,048)
byggeaar_1913_1937	-0,187*** (0,034)	-0,120* (0,053)
byggeaar_1888_1912	-0,158*** (0,035)	-0,089* (0,044)
byggeaar_1863_1887	-0,144*** (0,030)	-0,078* (0,037)
byggeaar_1838_1862	-0,124*** (0,030)	-0,058. (0,035)
vinter	-0,018*** (0,002)	-0,018*** (0,002)
konstant	10,297*** (0,044)	11,666*** (0,131)
Faste tidseffekter	Ja	Ja
Faste kommuneeffekter	Ja	Nei
Faste kraftverkeffekter	Nei	Ja
Klyngerobuste standardfeil på kommune	Ja	Nei
Klyngerobuste standardfeil på kraftverk	Nei	Ja
Antall observasjoner	226 434	168 005
Justert R <sup>2</sup>	0,795	0,757
Residual standardfeil	0,199 (df = 224833)	0,211 (df = 167334)
F-test	551,366*** (df = 1600; 224833)	783,657*** (df = 670; 167334)

Regresjonsresultater for modell (6.5) hvor DiD estimatet er koeffisienten for avst.3km.drift. Bare DiD modell (6.5) med faste kraftverkeffekter er omtalt i analysen, her er derimot regresjonsresultater for samme modell men med faste kommuneeffekter også presentert. Standardfeil i parentes og merk at: \* $p < 0,1$ , \*\* $p < 0,05$ ; \*\*\* $p < 0,01$ .

Tabell B-4: Regresjonsresultater for modell (6.6), differanse i forskjeller med avstandsintervaller

Avhengig variabel:	
	log_pris (6.6)
drift	-0,615*** (0,018)
avst.0_1km	-0,102. (0,062)
avst.1_2km	-0,026 (0,052)
avst.2_3km	-0,062 (0,039)
avst.3_4km	-0,050 (0,036)
avst.4_5km	-0,017 (0,040)
avst.5_6km	-0,014 (0,040)
avst.6_7km	-0,037 (0,059)
avst.7_8km	-0,144** (0,049)
avst.8_9km	-0,111* (0,044)
avst.9_10km	-0,104** (0,035)
avst.0_1km.drift	-0,096 (0,060)
avst.1_2km.drift	-0,150*** (0,028)
avst.2_3km.drift	-0,060*** (0,015)
avst.3_4km.drift	-0,038* (0,016)
avst.4_5km.drift	-0,061*** (0,016)
avst.5_6km.drift	-0,053*** (0,015)
avst.6_7km.drift	-0,053. (0,029)
avst.7_8km.drift	0,010 (0,017)
avst.8_9km.drift	0,010 (0,015)
avst.9_10km.drift	0,016 (0,012)
log_areal	0,618*** (0,026)
ant_soverom	0,005 (0,003)
etasje	0,012*** (0,001)
kjellerbolig	-0,008 (0,022)
spreedt_bebyggelse	-0,148*** (0,024)
baatplass	0,231*** (0,028)
parkeringsplass	0,019*** (0,004)
peis	0,028*** (0,006)
fellesvask	0,005 (0,011)
heis	0,030** (0,009)
smaahus	-0,039** (0,015)
tomannsbolig	-0,036 (0,023)
rekkehus	-0,053*** (0,014)
blokkeleilighet	-0,013 (0,023)
modernisert_2013_2022	0,058*** (0,010)
modernisert_2003_2012	0,048*** (0,010)
byggeaar_1993_2007	-0,062*** (0,009)
byggeaar_1978_1992	-0,185*** (0,010)
byggeaar_1958_1977	-0,203*** (0,020)
byggeaar_1938_1957	-0,185*** (0,049)
byggeaar_1913_1937	-0,132* (0,055)
byggeaar_1888_1912	-0,103* (0,051)
byggeaar_1863_1887	-0,099* (0,045)
byggeaar_1838_1862	-0,078. (0,042)
vinter	-0,018*** (0,002)
konstant	11,672*** (0,127)
Faste tidseffekter	Ja
Faste kraftverkeffekter	Ja
Klyngerobuste standardfeil på kraftverk	Ja

Antall observasjoner	168 005
Justert R <sup>2</sup>	0,763
Residual standardfeil	0,208 (df = 167316)
F-test	786,105*** (df = 688; 167316)

Regresjonsresultater for modell (6.6) DID med faste kraftverkeffekter og avstandsintervaller. Standardfeil i parentes og merk at: \*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01.

Tabell B-5: Regresjonsresultater for modellene (6.7) og (6.8) med fokus på synlighet

	Avhengig variabel:		
	(6.7)	log_pris (6.8)	(6.8)
synlig.drift	-0,159*** (0,002)	0,005 (0,008)	-0,014 (0,015)
log_areal	0,616*** (0,003)	0,622*** (0,017)	0,619*** (0,027)
ant_soverom	0,015*** (0,001)	0,005** (0,002)	0,004 (0,003)
etasje	0,025*** (0,001)	0,011*** (0,001)	0,012*** (0,001)
kjellerbolig	-0,077*** (0,021)	-0,011 (0,014)	-0,005 (0,021)
spredt_bebyggelse	-0,318*** (0,003)	-0,111*** (0,010)	-0,152*** (0,025)
baatplass	0,050** (0,016)	0,208*** (0,018)	0,227*** (0,028)
parkeringsplass	0,068*** (0,001)	0,019*** (0,003)	0,019*** (0,004)
peis	0,024*** (0,002)	0,021*** (0,006)	0,029*** (0,005)
fellesvask	0,033*** (0,005)	0,006 (0,006)	0,005 (0,012)
heis	0,060*** (0,002)	0,021*** (0,006)	0,032*** (0,008)
smaahus	0,091*** (0,003)	-0,058*** (0,011)	-0,034** (0,012)
tomannsbolig	0,083*** (0,004)	-0,054*** (0,012)	-0,031 (0,019)
rekkehus	0,131*** (0,003)	-0,072*** (0,016)	-0,048*** (0,011)
blokkleilighet	0,157*** (0,003)	-0,039* (0,017)	-0,009 (0,020)
modernisert_2013_2022	0,087*** (0,003)	0,055*** (0,012)	0,055*** (0,010)
modernisert_2003_2012	0,070*** (0,003)	0,043*** (0,007)	0,049*** (0,010)
byggeaar_1993_2007	-0,027*** (0,003)	-0,071*** (0,006)	-0,058*** (0,010)
byggeaar_1978_1992	-0,131*** (0,004)	-0,202*** (0,007)	-0,181*** (0,012)
byggeaar_1958_1977	-0,141*** (0,004)	-0,231*** (0,014)	-0,196*** (0,026)
byggeaar_1938_1957	-0,161*** (0,004)	-0,230*** (0,031)	-0,177*** (0,049)
byggeaar_1913_1937	-0,091*** (0,005)	-0,189*** (0,035)	-0,123* (0,054)
byggeaar_1888_1912	-0,029*** (0,005)	-0,160*** (0,035)	-0,091* (0,044)
byggeaar_1863_1887	0,042*** (0,011)	-0,144*** (0,029)	-0,080* (0,037)
byggeaar_1838_1862	0,084*** (0,010)	-0,125*** (0,030)	-0,060. (0,034)
vinter	-0,020*** (0,001)	-0,018*** (0,002)	-0,018*** (0,002)
konstant	11,733*** (0,014)	10,304*** (0,043)	11,621*** (0,117)
Faste tidseffekter	Ja	Ja	Ja
Faste kommuneffekter	Nei	Ja	Nei
Faste kraftverkeffekter	Nei	Nei	Ja
Klyngerobuste standardfeil på kommune	Nei	Ja	Nei
Klyngerobuste standardfeil på kraftverk	Nei	Nei	Ja
Heteroskedastisitetens robuste standardfeil	Ja	Nei	Nei
Antall observasjoner	226 434	226 434	168 005
Justert R <sup>2</sup>	0,479	0,795	0,757
Residual standardfeil	0,318 (df = 226395)	0,199 (df = 224835)	0,211 (df = 167335)
F-test	5487,328*** (df = 38; 226395)	550,674*** (df = 1598; 224835)	783,375*** (df = 669; 167335)

Regresjonsresultater for modellene (6.7) og (6.8) som innbefatter den estimerte effekten av synlighet til vindkraftverk på boligprisene. Standardfeil i parentes og merk at: \*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01.

Tabell B-6: Regresjonsresultater modell (6.9), differanse i forskjeller i forskjeller

Avhengig variabel:			
	log_pris		
	(6.9)	(6.9)	
synlig.avst.3km.drift	-0,087* (0,040)	-0,069* (0,034)	
ikke.synlig.avst.3km.drift	-0,128*** (0,024)	-0,116*** (0,024)	
log_areal	0,622*** (0,017)	0,619*** (0,027)	
ant_soverom	0,005** (0,002)	0,005 (0,003)	
etasje	0,011*** (0,001)	0,012*** (0,001)	
kjellerbolig	-0,011 (0,014)	-0,006 (0,020)	
spredd_bebyggelse	-0,111*** (0,010)	-0,151*** (0,025)	
baatplass	0,211*** (0,017)	0,229*** (0,027)	
parkeringsplass	0,019*** (0,003)	0,019*** (0,004)	
peis	0,021*** (0,006)	0,029*** (0,005)	
fellesvask	0,006 (0,006)	0,005 (0,012)	
heis	0,022*** (0,006)	0,032*** (0,008)	
smaahus	-0,058*** (0,011)	-0,034** (0,012)	
tomannsbolig	-0,054*** (0,012)	-0,031 (0,019)	
rekkehus	-0,072*** (0,016)	-0,048*** (0,011)	
blokkleilighet	-0,039* (0,017)	-0,009 (0,020)	
modernisert_2013_2022	0,055*** (0,012)	0,055*** (0,010)	
modernisert_2003_2012	0,043*** (0,007)	0,049*** (0,010)	
byggeaar_1993_2007	-0,071*** (0,006)	-0,058*** (0,010)	
byggeaar_1978_1992	-0,202*** (0,007)	-0,179*** (0,012)	
byggeaar_1958_1977	-0,231*** (0,014)	-0,195*** (0,025)	
byggeaar_1938_1957	-0,229*** (0,031)	-0,176*** (0,048)	
byggeaar_1913_1937	-0,188*** (0,034)	-0,121* (0,053)	
byggeaar_1888_1912	-0,159*** (0,035)	-0,090* (0,044)	
byggeaar_1863_1887	-0,144*** (0,029)	-0,078* (0,037)	
byggeaar_1838_1862	-0,125*** (0,030)	-0,058. (0,034)	
vinter	-0,018*** (0,002)	-0,018*** (0,002)	
konstant	10,298*** (0,044)	11,684*** (0,125)	
Faste tidseffekter	Ja	Ja	
Faste kommuneeffekter	Ja	Nei	
Faste kraftverkeffekter	Nei	Ja	
Klyngerobuste standardfeil på kommune	Ja	Nei	
Klyngerobuste standardfeil på kraftverk	Nei	Ja	
Antall observasjoner	226 434	168 005	
Justert R <sup>2</sup>	0,795	0,757	
Residual standardfeil	0,199 (df = 224834)	0,211 (df = 167334)	
F-test	551,557*** (df = 1599; 224834)	783,661*** (df = 670; 167334)	

Regresjonsresultater for modell (6.9) hvor effekten av synlighet til vindkraftverk isoleres gjennom DiDiD. Standardfeil i parentes og merk at: \*p<0,1; \*\*p<0,05; \*\*\*p<0,01.