



Windturbines, zonneparken en woningprijzen

Martijn I. Dröes & Hans R.A. Koster



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat

© 2019 Martijn Dröes & Hans Koster

WWW.URBANECONOMICS.NL

Thomas de Graaff heeft de lay-out mede ontworpen. Veel dank gaat uit naar Brainbay voor het beschikbaar stellen van de woningprijisgegevens van Nederlandse Vereniging van Makelaars. Rob Poelenjee (voorpagina en pagina 3) en Riesjard Schropp (pagina 29) hebben beeldmateriaal aangeleverd, waarvoor dank. We danken ook alle leden van de klankbordgroep voor hun nuttige commentaar.

Deze versie: december 2019



Inhoudsopgave

	Managementsamenvatting	5
1	Inleiding	9
2	Literatuurstudie	11
2.1	'Hedonische' prijzen	11
2.2	Windturbines	12
2.3	Zonneparken	14
2.4	Overige energieproductie	14
3	Windturbines en woningprijzen	17
3.1	Databeschrijving en methodologie	17
3.2	Resultaten	20
3.3	Het invloedsgebied	21
3.4	De effecten van hoogte	22
3.5	De effecten van hoogte en het invloedsgebied	24
3.6	Veranderende perceptie	25
3.7	Totale effecten	26
4	Zonneparken en woningprijzen	29
4.1	Databeschrijving en methodologie	29
4.2	Resultaten	30

5	Conclusie en discussie	33
5.1	Context	33
5.2	Resultaten met betrekking tot windenergie	33
5.3	Resultaten met betrekking tot zonne-energie	34
5.4	Maatschappelijke uitdagingen	34

Appendices

6	Vraag en antwoord	37
6.1	Aanwezigen klankbordmeeting	37
6.2	Vragen over het onderzoek in het algemeen	37
6.3	Vragen over de resultaten	39
6.4	Overige vragen	41
	Literatuur	43



Managementsamenvatting

Doel en opzet rapport

Naar aanleiding van Kamervragen over de waardedaling van woningen door windturbines schreef minister Eric Wiebes op 17 mei 2019:

“Op de prijsontwikkeling van een woning zijn meerdere factoren van invloed. [...] [Het onderzoek van de VU] berekende een gemiddelde waardedaling van 1,4% binnen 2 km afstand van een windturbine. [...] Ik zal in overleg treden met de VU om invulling te geven aan de actualisatie. De actualisatie acht ik van belang om een breder, objectief en actueel beeld te krijgen van de waardeontwikkeling van huizen als gevolg van wind- en zonne-energie voor Nederland als geheel.”

In opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat dient dit rapport drie vragen te beantwoorden:

1. Wat zegt de internationale wetenschappelijke literatuur over de effecten van energieproductie in het algemeen en de effecten van windturbines en zonneparken in het bijzonder op waardes van omliggende woningen?
2. Wat zijn de effecten van windturbines op woningprijzen als er gebruikt wordt gemaakt van recente data?
3. Wat zijn de effecten van zonneparken op waardes van omliggende woningen?

Met het beantwoorden van de tweede onderzoeksvraag actualiseren we het eerdere onderzoek van Dröes en Koster (2016, D+K). In dit rapport wordt in het bijzonder ingegaan op de effecten van hoogte van turbines. In het eerdere onderzoek waren er nog te weinig hoge turbines om daar goed onderbouwde conclusies uit af te leiden.

Verantwoording

Een eerdere versie van het rapport is voorgelegd aan een klankbordgroep waarin belangrijke stakeholders van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat, het Ministerie van Binnenlandse

Zaken, de Nederlandse Wind Energie Associatie, Rijksdienst voor Ondernemend, Nederland, Interprovinciaal Overleg, Nederlandse Vereniging Omwonenden Windturbines, Rijkswaterstaat, NVM/Brainbay, Vossers Makelaardij en Advies, vertegenwoordigd waren. De klankbordsessie heeft plaatsgevonden d.d. 4 november 2019. Een vraag en antwoord rubriek op basis van deze sessie is toegevoegd in de Appendix.

Belangrijkste bevindingen

De resultaten vatten we als volgt samen:

- Uit de internationale literatuurstudie blijkt dat ruimtelijke ingrepen in het landschap *nagenoeg altijd* effecten hebben op de waardeontwikkeling van woningen. Bijvoorbeeld de aanleg van snelwegen, stedelijke vernieuwingsprojecten en investeringen in openbare ruimte hebben een invloed op woningprijzen. Wij hebben onze literatuurstudie toegespitst op de effecten van energieproductie op woningwaardes.
- Allereerst blijkt dat er veel onderzoek is gedaan naar de effecten van windturbines op huizenprijzen. De meeste recente studies vinden effecten van zo rond de 2-5%. Er zijn studies die grotere effecten vinden en ook studies die geen effecten vinden; dit komt dan waarschijnlijk door het geringe aantal transacties en windparken dat wordt meegenomen, wat leidt tot statistische onzekerheid en onnauwkeurige schattingen. Voor zonneparken zijn er nog nauwelijks studies gedaan en de effecten zijn dus onzeker. Verwacht mag worden dat de effecten veel lokaler zijn, dat wil zeggen binnen 1km. Ook zijn er diverse studies die een negatieve invloed van energiecentrales, hoogspanningsleidingen en gaswinning op woningwaardes aantonen.
- Uit de literatuur, evenals uit onze studie, blijkt tevens dat de *gemiddelde* woningprijzeffecten als gevolg van energieproductie niet of zeer zelden boven de 10% van de woningwaarde uitkomen. Studies die dit vonden (i) corrigeerden niet goed voor andere zaken die woningwaardes beïnvloeden, of (ii) maken gebruik van data met slechts enkele onderzoekslocaties, wat leidt tot substantiële statistische onzekerheid en de kans op een toevalstreffer vergroot.
- In onze studie laten we zien dat de *relatieve woningwaardedaling* van turbines op huizenprijzen tussen 1985-2019 gemiddeld zo'n 2% is binnen 2km van een turbine. Dat wil zeggen, woningprijsontwikkelingen blijven achter ten opzichte van vergelijkbare woningen waar geen windturbines in de buurt staan. Vooral de plaatsing van de *eerste* windturbine binnen 2km heeft een aantoonbaar effect op woningwaarde. Het effect is binnen de range van 1.4-2.3% gerapporteerd in **D+K**.
- De effecten van turbines zijn echter bijna twee keer zo sterk na 2011 (gemiddeld 1.3% voor 2011 en gemiddeld 3% na 2011). Een belangrijke reden hiervoor is dat de turbines hoger zijn geworden. In 2000 waren turbines qua tiphoogte gemiddeld 80m, terwijl dit gemiddelde al rond de 140m is in de periode 2013-2019. We vinden dat hoge turbines dan ook sterkere negatieve effecten hebben op woningwaardes. Een turbine van 100m (de mediaan van tiphoogte) heeft een effect van rond de 2%, terwijl een turbine van >150m leidt tot een daling van gemiddeld rond de 5%. Ook voor hoge turbines vinden we weinig bewijs voor effecten op een grotere afstand dan 2km.
- We vinden geen sterke aanwijzing dat de effecten van windturbines op woningwaardes, als gevolg van bijvoorbeeld een veranderende perceptie, veel verschillen over de tijd, mits we

corrigeren voor het feit dat turbines steeds hoger worden.

- Tenslotte analyseren we het effect van zonneparken op woningprijzen. Veel zonneparken zijn pas in de afgelopen jaren gerealiseerd, waardoor er weinig transacties zijn na de realisatie van een zonnepark. Desalniettemin vinden we licht bewijs voor een daling in woningwaardes binnen 1km van een zonnepark van gemiddeld zo'n 3%. Het effect is echter onnauwkeurig gemeten. We vinden ook dat de invloed van zonneparken veel lokaler is dan voor windturbines (binnen 1km vis-à-vis 2km). Dit hangt samen met het feit dat zonneparken veel minder opvallen en van minder ver te zien zijn.

Aanbevelingen

Uit dit rapport leiden we de volgende aanbevelingen af:

- Er zijn vele zaken in de omgeving van een woning die een effect kunnen hebben op woningwaarde. Een bredere vergelijking tussen woningwaarde-effecten van ruimtelijke ingrepen zou duidelijker kunnen maken wat de kosten en baten zijn met betrekking tot het ruimtegebruik in Nederland.
- Omdat hogere turbines grotere negatieve effecten hebben op de woningmarkt, moeten deze extra kosten worden meegenomen in de afweging om een hogere turbine te plaatsen. Het beperken van de woningwaardedaling kan door kleinere turbines te bouwen, maar deze turbines leveren ook minder op. Daarnaast is de vraag of de omgevingseffecten van windturbines beperkt kunnen worden door betere inpassing in het landschap.
- Verder onderzoek omtrent de effecten van zonneparken zou wenselijk zijn. Momenteel is het aantal transacties in de nabijheid van zonneparken te beperkt om sterke conclusies te trekken.
- Dit onderzoek komt niet *in plaats van* een onderzoek van een planschadedeskundige in geval van mogelijke planschade na de bouw van een turbine of zonnepark. In geval een individuele woningeigenaar in aanmerking denkt te komen voor een planschaderegeling dient er altijd een planschaderapport opgemaakt te worden. Het is voor een deskundige natuurlijk ingewikkeld om allerlei prijsontwikkelingen en de kenmerken van een woning te scheiden van de effecten van een windturbine of zonnepark. Dit rapport kan daarom een belangrijke input en richting vormen voor een deskundige om de planschade te bepalen van windturbines of zonneparken, afhankelijk van bijvoorbeeld hoe ver een woning van een turbine/zonnepark af ligt en hoe hoog een turbine is.



1. Inleiding

Een windturbine met een mast van 100 meter en rotorbladen van 50 meter produceert per jaar ongeveer 7 miljoen kilowattuur. Dat is net zoveel als het stroomverbruik van zo'n 2000 huishoudens. Windenergie is duidelijk aantrekkelijk en neemt daarom een belangrijke plaats in in het Energieakkoord.

De Rijksoverheid wil dat in 2020 14% van alle gebruikte energie in Nederland uit duurzame bronnen komt. In 2023 moet dat 16% zijn. In het Energieakkoord van 2013 is te vinden dat provincies elk een aandeel verzorgen om in 2020 een totaal van 6000 megawatt aan windenergie te realiseren. De Minister van EZK heeft met het IPO afgesproken dat de provincies tot 2023 hebben om deze doelstelling te realiseren en het deel dat zij niet in 2020 realiseren, te verdubbelen. De gerealiseerde windenergie draagt direct bij aan het doel uit het Klimaatakkoord om in 2030 tenminste 35TWh duurzame elektriciteit op land (wind en zon) te realiseren.

Een nadeel van windenergie op land is dat het ook gevolgen heeft voor de leefomgeving. Er is mogelijk horizonvervuiling en aantasting van het landschap, maar omwonenden kunnen ook last hebben van het geluid en slagschaduw van de wieken (Van Kamp e.a., 2013). Dit zijn onderliggende redenen waarom woningwaardes mogelijk dalen in de buurt van windturbines. Volgens de SER zijn er gemeenten en rechters die verzoeken tot verlaging van de WOZ-waarde van onroerend goed nabij windprojecten hebben gehonoreerd. Daarbij gaat het soms om percentages van 10-30% met een enkele uitschieter van 50%.

De effecten van zonneparken zijn waarschijnlijk kleiner omdat slagschaduw en horizonvervuiling minder een rol spelen. Ook zijn de effecten vermoedelijk lokaler. Er is hier echter nog nauwelijks onderzoek naar gedaan.

Een studie van Dröes en Koster (2016, hierna D+K) laat zien dat effecten boven de 5% waarschijnlijk een sterke overschatting zijn.¹ In de analyse is er gekeken naar die woningen die binnen 2km van een (toekomstige) windturbine staan. Van deze woningen is er informatie gebruikt over transactiepreizen tussen 1985 en 2011 – 150 duizend transacties waarvan 90 duizend na plaatsing van windturbines – en een veelheid aan variabelen die de eigenschappen van de woning beschrijven: onder meer de grootte in vierkante meters, het aantal kamers, het type woning en staat

¹Zie voor een openbaar beschikbaar working paper Dröes en Koster (2014).

van onderhoud. Op basis van deze gegevens is de prijsontwikkeling van woningen waarbij een windturbine is gebouwd binnen 2 km vergeleken met die van een controlegroep van woningen die (nog) niet in de nabijheid van een turbine staan. Door een windturbine daalt de woningprijs met gemiddeld 1.4-2.3%, ten opzichte van vergelijkbare woningen zonder windturbine in de buurt.² Het effect is alleen relevant binnen 2km en het draait vooral om de *allereerste* windturbine die in de buurt geplaatst wordt: een tweede of derde windturbine heeft geen aantoonbaar extra effect op de woningwaardedaling.

In een recente documentaire van Argos werd het onderzoek van **D+K** aangehaald. Hierin werd de waardedaling van huizen nabij het toekomstige windpark N33 in Groningen onder de loep genomen. Argos komt tot een waardedaling van 3,7% tot maximaal 6,4% voor woningen op een afstand tot twee kilometer van toekomstige windturbines op basis van regressieresultaten van **D+K**. Een uitdaging is echter dat de turbines die gepland zijn aan de N33 een stuk hoger zijn. **D+K** observeert echter maar weinig woningen nabij hoge turbines en de effecten van hoge turbines zijn daarom onzeker.

Naar aanleiding van recente Kamervragen over de effecten van windturbines op woningprijzen zag Minister Wiebes aanleiding voor een actualisatie van het onderzoek van **D+K** “*om een breder, objectief en actueel beeld te krijgen van de waardeontwikkeling van huizen als gevolg van wind- en zonne-energie voor Nederland als geheel*”. Dit rapport beschrijft de actualisatie van het onderzoek. Het bredere beeld komt tot uiting in een literatuurstudie naar de effecten van energieproductie op woningwaardes en een studie naar de effecten van zonneparken op woningwaardes.

Er zullen dus drie zaken in dit actualisatierapport aan de orde komen:

- Een literatuurstudie waarin naar voren moet komen wat effecten van energieproductie op de woningmarkt zijn. Hierin worden specifiek studies besproken die betrekking hebben op de omgevingseffecten van windturbines en zonneparken.
- Het belangrijkste deel van het rapport concentreert zich op de actualisatie van het onderzoek naar windturbines. Dit betekent dat data van de Nederlandse Vereniging van Makelaars wordt gebruikt tot 30 juni 2019 (recenter is nog niet beschikbaar). Deze data is gekoppeld aan de meest recente data omtrent de locatie van windturbines van www.windstats.nl. Specifieke aandacht in dit deel van het rapport gaat uit naar de effecten van hoge turbines, die in het eerdere onderzoek dus nog niet precies gemeten konden worden.
- Het laatste deel van het rapport meet de effecten van zonneparken (dus grondgebonden zonnepanelen). Data omtrent de locatie van reeds bestaande en in planning zijnde zonneparken is verkregen via internetbronnen. Hierbij moet worden opgemerkt dat deze effecten lastiger te kwantificeren zijn omdat de verwachte effecten meer lokaal zijn en er nog maar relatief weinig zonneparken zijn geopend.

Het rapport is als volgt ingedeeld. Hoofdstuk 2 is een literatuurstudie naar de effecten van energieproductie op woningprijzen. We besteden speciale aandacht aan de effecten van windturbines op woningwaardes, maar kijken ook naar de effecten van zonneparken, energiecentrales en hoogspanningslijnen. In Hoofdstuk 3 gaan we in op de effecten van windturbines op huizenprijzen. Dit deel van het rapport actualiseert **D+K**. Hoofdstuk 4 gaat in op de effecten van zonneparken op woningwaardes. In Hoofdstuk 5 vatten we de belangrijkste resultaten samen.

In de Appendix hebben we vragen en antwoorden weergegeven die in de klankbordsessie naar voren zijn gekomen.

²Het draait hier dus om een relatieve daling, of achterblijven, van de woningwaardeontwikkeling.



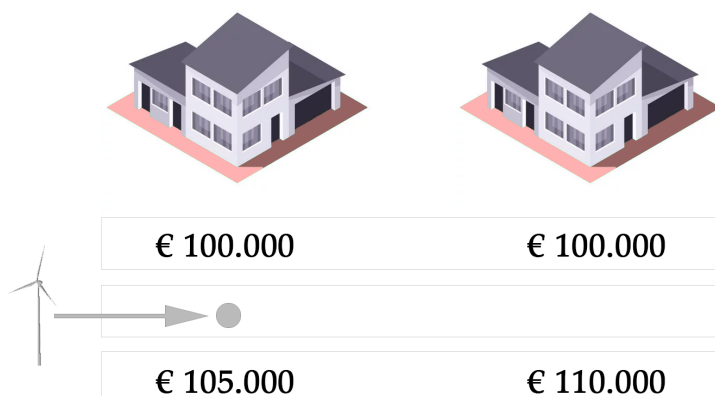
2. Literatuurstudie

2.1 'Hedonische' prijzen

Grote ingrepen in het landschap of de leefomgeving leiden nagenoeg altijd tot veranderingen in woningprijzen. De reden is dat woningprijzen direct gerelateerd zijn aan de woningvoorkeuren van mensen. Een simpel voorbeeld: stelt u zich voor dat een potentiële koper twee nagenoeg identieke woningen vergelijkt; de ene woning bevindt zich op enig moment in de buurt van een windturbine, terwijl de andere woning ver van een turbine af ligt. Het verschil in de prijs van de woning zou dan de betalingsbereidheid om *niet* in de buurt van een turbine te wonen moeten meten. Dit wordt de 'hedonische prijs'-methode genoemd. In deze studie concentreren we ons op woningwaardeontwikkelingen als gevolg van de realisatie van turbine. In het voorbeeld in Figuur 2.1 neemt de woning zonder turbine met €10.000 toe door bijvoorbeeld algemene economische ontwikkelingen, maar door de plaatsing van een windturbine neemt een verder vergelijkbare woning nabij een turbine maar met €5.000 toe. Er heeft zich dus in die zin een *relatieve* woningwaardedaling voorgedaan die toe te kennen valt aan de plaatsing van de windturbine.

De belangrijkste uitdaging voor hedonische prijsstudies is dat woningprijzen worden bepaald door zeer veel kenmerken van de woning én de omgeving. Veel van deze kenmerken, zoals onderhoudskwaliteit of perceptie van veiligheid in de buurt, zijn lastig of zelfs niet te observeren door de econometrist. Echter, het is mogelijk dat als men deze kenmerken niet meeneemt, men niet effect van bijvoorbeeld windturbines op woningprijzen oppakt, maar eigenlijk iets anders meet (bijvoorbeeld het feit dat woningen met windturbines in de buurt aan de rand van de stad of in ruraal gebied liggen). Om dit probleem op te lossen is het van groot belang dat er een valide onderzoeksdesign wordt gekozen waarin er niet alleen voor geobserveerde maar ook voor ongeobserveerde kenmerken van woningen en de omgeving wordt gecorrigeerd. We leggen in Hoofdstuk 3 uit wat ons onderzoeksdesign precies is.

Het idee dat individuele woningtransacties en -prijzen zijn gerelateerd aan individuele woonvoorkeuren is geen nieuw idee en gaat terug tot een analyse van de markt voor auto's (Court, 1939). Hedonische prijzen werden echter pas gangbaar na de publicatie van Griliches (1961), die de determinanten van de prijs van auto's onderzocht. In 1974 formaliseerde Sherwin Rosen de methode en legde een verband met de standaard micro-economische theorie. De hedonische



Figuur 2.1: Hedonische prijzen

huizenprijsmethode wordt sindsdien op grote schaal gebruikt om onder andere de kosten en baten te meten van goede luchtkwaliteit (Bajari e.a., 2012; Chay en Greenstone, 2005), locaties voor gevaarlijk afval (Greenstone en Gallagher, 2008), historisch erfgoed (Ahlfeldt en Maennig, 2010; Koster en Rouwendal, 2017), open ruimte (Anderson en West, 2006; Irwin, 2002), schoolkwaliteit (Bayer e.a., 2007; Black, 1999; Gibbons e.a., 2013), stedelijke vernieuwing (Ahlfeldt, Maennig en Richter, 2016; Koster en Van Ommeren, 2019), hoogspanningslijnen (Sims en Dent, 2005), energiecentrales (Davis, 2011); en natuurlijk de nabijheid van windturbines (Dröes en Koster, 2016; Gibbons, 2015).

Merk op dat er ook menig studie is geweest die Nederlandse data heeft gebruikt (zie onder meer Dröes en Koster, 2016; Koster en Rouwendal, 2017; Koster en Van Ommeren, 2019; Koster, Van Ommeren en Rietveld, 2016; Lazrak e.a., 2014; Rouwendal en Van der Straaten, 2008; Van Duijn e.a., 2016). De reden is dat de Nederlandse Vereniging van Makelaars (*NVM*) goede data beschikbaar stelt over grofweg 70-80% van alle woningtransacties sinds 1985. Dit is ook de data die we in dit rapport zullen gebruiken.

In het vervolg van dit hoofdstuk bespreken we eerst kort de resultaten van eerdere studies naar de effecten van windturbines op woningwaardes. Daarna besteden we aandacht aan de effecten van zonneparken. We sluiten af met een korte analyse van overige effecten van energieproductie op woningwaardes.

2.2 Windturbines

In de literatuur die hedonische prijsmethodes gebruiken, blijken er al een aantal studies te zijn gedaan naar de effecten van windturbines op woningprijzen. Veel studies concentreren zich op slechts enkele windturbines in een klein geografisch gebied. Sims, Dent en Oskrochi (2008) en Carter (2011) onderzoeken bijvoorbeeld het effect van een enkel windpark op de huizenprijzen in respectievelijk het Verenigd Koninkrijk en de Verenigde Staten. Hoen, Wiser e.a. (2010) onderzoeken het effect op de huizenprijzen van 24 windparken in 9 staten in de VS. Een studie van Lang e.a. (2014) kijkt naar verschillende individuele windturbines op Rhode Island. Vyn en McCullough (2014) kijken naar de invloed van een windturbinepark in Ontario op de huizenprijzen en Hoen en Atkinson-Palombo (2016) concentreren zich op windturbines in Massachusetts. Geen van deze studies vindt een statistisch significant effect van windparken op huizenprijzen.

Het is echter gemakkelijk om ten onrechte te concluderen dat er geen effect is van windturbines op woningprijzen, terwijl de resultaten eigenlijk geen uitsluitel geven. Lang e.a. (2014) bijvoorbeeld, vinden een puntschatting van -2.4% in de huizenprijzen binnen 2.5km. Ze richten zich echter op slechts 10 turbinelocaties in Rhode Island, waarvan de meeste afzonderlijke turbi-

nelocaties zijn. De geschatte effecten zijn daarom bijzonder onnauwkeurig. Evenzo gebruiken Vyn en McCullough (2014) gegevens over één windturbinepark in Canada en vinden, niet geheel verbazend, geen statistisch significante effecten, hoewel de puntschattingen in een aantal gevallen negatief zijn.

Aan de andere kant vinden Ladenburg en Dubgaard (2007) wel bewijs dat huishoudens in Denemarken bereid zijn te betalen om verder van een offshore windpark te wonen. Een studie van Sunak en Madlener (2016) vinden potentieel grote effecten van zichtbaarheid in Duitsland. De waarde van woningen waarvan het uitzicht sterk werd beïnvloed daalde met 9-14%. De studie van Sunak en Madlener (*ibid.*) gebruikt echter te weinig windturbineparken om precies te kunnen aantonen wat de algemene effecten zijn. Dit geldt ook voor de studie van Jensen, Panduro en Hedemark-Lundhede (2014), die voor Denemarken forse effecten vindt: -3% voor horizonvervuiling en -3 tot -7% voor geluidsoverlast. Een recentere studie van Jensen, Panduro, Hedemark-Lundhede e.a. (2018) vindt kleinere effecten: een 3-6% prijsdaling voor woningen binnen 1km van een geplaatste turbine. Voor Nederland is er ook een studie ondernomen door Van Marwijk e.a. (2013), waarbij er slechts naar vier onderzoekslocaties wordt gekeken. De bevindingen laten zien dat dit te weinig is om eenduidige conclusies te trekken. Hoewel er bewijs wordt gevonden voor woningwaardedaling in enkele locaties is de statistische onzekerheid te groot om dit echt hard te maken. Een recent rapport van Daams en Sijtsma (2019) analyseert de veranderingen in prijzen in locaties die zicht hebben op *toekomstige* turbines in Groningen en Drenthe. Het rapport lijkt te suggereren dat er grote woningwaardedalingen zijn van zo'n 10% binnen 2,5km (of in sommige metingen zelfs hoger), maar de resultaten zijn statistisch onbetrouwbaar omdat er slechts naar enkele *toekomstige* windparken wordt gekeken. Daarnaast kan de woningmarkt er enige tijd over doen om zich aan te passen, nu al effecten rapporteren, terwijl dit proces nog aan de gang is, is voorbarig. Ook is het de vraag of de controlegroepen juist zijn gedefinieerd, wat kan betekenen dat niet alleen het effect van windturbines wordt opgepakt, maar ook andere zaken die woningwaardes beïnvloeden.

Vyn (2018) beargumenteert dat een reden voor de verschillende effectgroottes kan zijn dat er grote ruimtelijke verschillen zijn in de weerstand tegen windturbines. Hij vindt, bijvoorbeeld, in Canada dat gemeentes waar veel weerstand is er wel een daling in woningwaardes is, terwijl dat niet het geval is voor gemeentes waar weinig of geen weerstand is. Er is echter nogal wat aan te merken op het onderzoeksdesign van Vyn (*ibid.*); zo neemt hij bijvoorbeeld geen zogenaamde *fixed effects* op, die moeten corrigeren voor ongeobserveerde kenmerken van de omgeving. Omdat windturbines vaak worden gebouwd in gebieden waar prijzen lager zijn, zijn de resultaten mogelijk deels daardoor verklaarbaar.

In lijn met een eerdere literatuurstudie van Scheele-Goedhart (2012) kunnen we dus concluderen dat er geen eenduidigheid is over het effect van windturbines op woningwaardes. Wij denken dat het verschil in resultaten van veel studies vooral kan worden verklaard uit het feit dat er te weinig observaties van woningen en windturbines worden gebruikt. Dit leidt tot onnauwkeurigheid, zodat soms ten onrechte kan worden geconcludeerd dat er geen effect is; of dat er juist een heel sterk effect is. Met andere woorden, de analyse van de impact van windturbines op woningwaarde is eigenlijk alleen mogelijk voor grote datasets.

Gibbons (2015) is daarom een goed voorbeeld van overtuigende studie die een plausibel onderzoeksdesign koppelt aan een zeer grote dataset met alle woningtransacties en windturbines in Engeland en Wales. Gibbons (*ibid.*) vindt dat de woningprijzen 5-6% lager liggen binnen 2 km van een *zichtbaar* windpark. Zijn studie vergelijkt veranderingen in woningprijzen in locaties waar windturbineparken zichtbaar worden met locaties die vergelijkbaar zijn, maar waar windturbineparken niet zichtbaar zijn, en met locaties waar windturbines in de toekomst zichtbaar worden. Een probleem met Gibbons's studie is dat hij geen toegang heeft tot de precieze locatie van alle windturbines in Engeland en Wales; alleen tot de locatie van het midden van een windturbinepark.

Dit impliceert een meetfout in de afstand tot de dichtstbijzijnde windturbine omdat windturbineparken behoorlijk groot kunnen zijn. Wellicht daardoor vindt Gibbons (2015) in sommige specificaties een effect op huizenprijzen tot maar liefst 14km. Deze bevinding lijkt onrealistisch en het suggereert dat een deel van het effect hoogstwaarschijnlijk het gevolg is van niet-waargenomen kenmerken van de omgeving. Desalniettemin laat deze studie het belang zien van het gebruik van veel onderzoekslocaties en gegevens over honderdduizenden woningtransacties.

2.3 Zonneparken

Zoals uit de hierboven genoemde analyse blijkt, is er een heel aantal studies gedaan naar de effecten van windturbines op woningprijzen. Het mag daarom verbazend zijn dat er nauwelijks studies zijn naar de effecten van zonneparken ('*solar farms*') op woningprijzen, ondanks dat er wel zorgen zijn geuit over dat zonneparken een invloed kunnen hebben op vastgoedwaardes (Jones e.a., 2014).

Voor zover wij weten is er alleen een *working paper* over de invloed van zonneparken op vastgoedwaardes. Deze studie maakt gebruik van Engelse data.¹ Maddison e.a. (2019) beargumenteren dat zowel ruimtelijke kwaliteit omlaag kan gaan, maar ook dat zonneparken kunnen leiden tot vervelende weerkaatsing van het zonlicht/omgevingsgeluid en kan leiden tot een zoemend achtergrondgeluid. Zij gebruiken data over meer dan 600 zonneparken en meer dan 5000 woningtransacties tussen 1995 en 2017. Ze vinden negatieve effecten van zonneparken van ongeveer 2-10% op vastgoedwaardes. Deze effecten zijn lokaal en vooral relevant binnen 500m. Hier zien we echter ook weer problemen met kleine samples: veel coëfficiënten hebben grote standaardfouten en het is daarom niet uitgesloten dat er geen effect is, of juist dat effecten onrealistisch groot zijn.

Von Möllendorf en Welsch (2017) kijken niet naar de effecten op woningprijzen, maar naar data over subjectief welzijn ('*subjective well-being*'). Zij vinden geen effecten van zonneparken op welzijn.

2.4 Overige energieproductie

Studies naar de effecten van windturbines en zonneparken horen thuis in een bredere literatuur over de effecten van energieproductie op huizenmarkten.

Davis (2011) vindt dat woningwaardes en huren 3-7% lager zijn binnen 3km van een energiecentrale. In lijn met de verwachting is het effect sterker binnen 1,5km van een centrale. Von Möllendorf en Welsch (2017) vindt bewijs voor het feit dat subjectief welzijn lager is nabij biomassa installaties.

Muehlenbachs e.a. (2012) kijken naar de economische effecten van schaliegasproductie op woningprijzen in de Verenigde Staten. Zij vinden grote effecten op woningprijzen door mogelijke grondwatervervuiling. Voor woningen die op grondwater zijn aangewezen vinden ze dalingen tussen 10 en 16,5%. Hieraan gerelateerd meten Koster en Van Ommeren (2015) de effecten van geïnduceerde aardbevingen door de aardgaswinning in Groningen. Zij vinden dat aardbevingen niet alleen tot dalingen in de bodem leiden, maar ook tot een daling in woningwaardes; het effect is ongeveer 2% per voelbare aardbeving. Francke en Lee (2014) vonden minder bewijs voor woningwaardedalingen door aardgaswinning – de gebruikte definitie van het aardbevingsgebied is in laatstgenoemde studie echter minder verfijnd.

Bohlen en Lewis (2009) onderzochten de effecten van waterkrachtcentrales. Zij keken naar de effecten van het verwijderen van een stuwdam. Enerzijds zorgde dit voor een stijging in vastgoedwaardes in woningen die nu aan de waterkant liggen – de toename in prijzen was zo'n 15%. Anderzijds, de effecten voor de nabijheid van waterkrachtcentrales zijn minder duidelijk.

¹Merk op dat er wel een groot aantal studies is naar de effecten van zonnepanelen (PV-installaties) op bijvoorbeeld daken van woningen op de woningprijzen. Dit blijkt, niet geheel verbazend, de woningprijs over het algemeen te verhogen.

Des Rosiers (2002) vindt sterke effecten van hoogspanningslijnen op woningwaardes, variërend van 5-20% als er zicht is op de masten van hoogspanningslijnen. Het aantal observaties is echter zeer laag en de resultaten zijn mede daardoor niet echt nauwkeurig. Desalniettemin is dit ook de prijsdaling die door andere studies wordt gevonden (zie Colwell, 1990; Delancy en Timmons, 1992; Hoen en Atkinson-Palombo, 2016; Kinnard en Dickey, 2000; Pitts en Jackson, 2007). De effecten zijn over het algemeen lokaal en vooral van belang binnen 500m (Hoen en Atkinson-Palombo, 2016).



3. Windturbines en woningprijzen

3.1 Databeschrijving en methodologie

De dataset omtrent woningprijzen is afkomstig van **Brainbay**. **Brainbay** is recentelijk opgericht door de Nederlandse Vereniging van Makelaars (**NVM**) om onder andere de markt te voorzien van data en informatieproducten. De dataset is in de kern dezelfde als die in Dröes en Koster (2016), alleen loopt deze nu door tot eind juni 2019. De data beslaat ongeveer 70% van de markt en is alleen beschikbaar in het geval een **NVM** makelaar dit heeft aangeleverd. Het gaat hiermee dus vooral om verkopen van bestaande bouw. Naast woningprijzen zijn er ook een behoorlijk aantal woningkenmerken aanwezig. De locaties van windturbines, evenals de ashoogte en diameter van de wieken, zijn afkomstig van www.windstats.nl. Op basis daarvan kunnen we de afstand tot de dichtstbijzijnde windturbine berekenen voor elke woning in elk jaar van de **NVM** data. De beschrijvende statistieken staan in Tabel 3.1.

De gemiddelde woningprijs tussen 1985 en 2019 is €214.178. Dit is gebaseerd op meer dan 3 miljoen transacties (2,7 miljoen woningen) gedurende deze periode. De gemiddelde woningprijs is overigens iets lager (€206.658) binnen 2km van een windturbine. Dit zijn dus alle transacties tussen 1985-2019 rondom alle bestaande windturbines in 2019. Windturbines worden dus niet willekeurig gebouwd in Nederland, maar in gebieden waar prijzen iets lager zijn. Een andere belangrijk factor in deze is uiteraard de windkracht. Figuur 3.1 laat de locaties zien van de windturbines. Veelal zijn deze gebouwd waar de wind het sterkst is, zoals bij de kust.

Het totaal aantal windturbines tot en met medio 2019 bedraagt 2.695. Hiervan staan 2.406 op land. Deze studie focust zich op de windturbines die op land zijn gebouwd.¹ Van de turbines die op land zijn gebouwd zijn er 614 na 2011 gebouwd. Veel van deze nieuwe turbines staan in de buurt van de locaties waar al eerder windturbines stonden. Waar de gemiddelde afstand (van de verkochte woningen) tot windturbines in 2011 nog 11,2km was, is deze in 2019 8,7km. Deze afstand is al jaren dalende (in 1995 was de afstand nog 26,6km). Echter voor veel huishoudens zijn windturbines nog relatief ver weg. Een relatief klein gedeelte van het aantal woningtransacties tussen 1985 en 2019, zo'n 5,1%, ligt in de buurt (2km) van een windturbine *nadat* deze wordt geopend (150.000

¹De offshore parken Prinses Amalia, Egmond aan Zee, Luchterduinen, en Gemini worden daarmee buiten beschouwing gelaten, op de kaart ontbreekt Gemini omdat deze ver van de kust ligt boven Ameland en Schiermonnikoog

Tabel 3.1: Beschrijvende statistieken: woningprijzen en windturbines (1985-2019)

	(1) gem.	(2) st.dev.	(3) min	(4) max
Verkoopprijs (€)	214.178	121.704	25.000	1.000.000
Windmolen geopend, <2km	0,0283	0,166	0	1
Woonoppervlakte in m ²	117,9	37,71	26	250
Aantal kamers	4,384	1,340	1	25
Rijtjeswoning	0,317	0,465	0	1
Twee-onder-een kap	0,281	0,449	0	1
Vrijstaand	0,128	0,334	0	1
Garage aanwezig	0,331	0,471	0	1
Tuin aanwezig	0,976	0,154	0	1
Goede staat van onderhoud	0,866	0,341	0	1
Centrale verwarming aanwezig	0,891	0,312	0	1
Erfgoed	0,00618	0,0784	0	1
Bouwjaar 1945-1959	0,0717	0,258	0	1
Bouwjaar 1960-1970	0,150	0,357	0	1
Bouwjaar 1971-1981	0,169	0,374	0	1
Bouwjaar 1981-1990	0,138	0,345	0	1
Bouwjaar 1991-2000	0,126	0,332	0	1
Bouwjaar >2000	0,109	0,311	0	1

Notitie: Het aantal observaties is 3.389.903. Appartementen zijn de referentiegroep met betrekking tot het type woning. Woningen voor 1945 die van het bouwjaar.

woningen in onze dataset).² We zijn met name geïnteresseerd in de prijsontwikkeling van deze woningen.

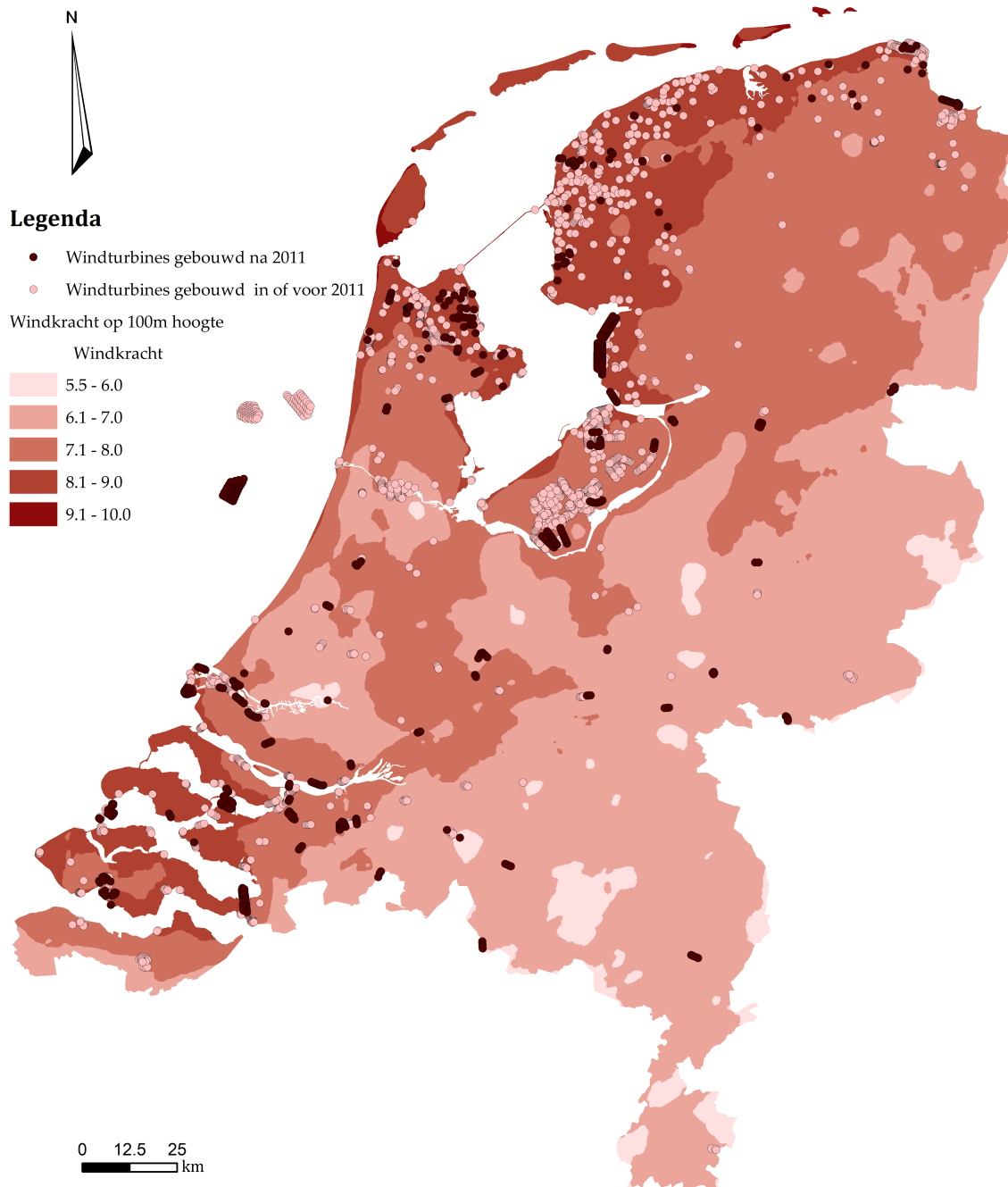
Om het effect van windturbines op woningprijzen te meten gebruiken we in de kern dezelfde methodologie zoals in **D+K**. Dit is een hedonische regressiemethodiek die veelvuldig gebruikt wordt voor dit type onderzoek en ook in de kern de basis is voor het bepalen van bijvoorbeeld de WOZ waarde. We schatten de volgende vergelijking:

$$\log P_{it} = \beta_1 w_{it-1} + \beta_2 X_{it} + \lambda_j + \lambda_t + \varepsilon_{it}, \quad (3.1)$$

waar P_{it} de transactieprijs is van woning i verkocht in jaar t , w_{it-1} is een indicator die 1 is als een woning verkocht wordt binnen 2km een jaar na plaatsing van een windturbine (er wordt naar de dichtstbijzijnde windturbine gekeken), X_{it} zijn woningkenmerken, λ_j zijn locatie fixed effects op postcode 6 niveau, λ_t zijn jaarlijkse (en maandelijks) tijdsdummies, ε_{it} bevat karakteristieken van woningen of locaties die niet door ons worden geobserveerd. Deze worden verondersteld ongecorrleerd te zijn met de plaatsing van een turbine.

Het is belangrijk om voor woningkenmerken te corrigeren omdat in elk jaar andere woningen verkocht kunnen zijn of omdat bepaalde type woningen (bijvoorbeeld grotere grondgebonden woningen) vaker dichterbij turbines liggen. Een eventuele waardedaling, of minder sterke stijging in woningwaarde, zou dan abusievelijk toegewezen kunnen worden aan de opening van een windturbine. Ook corrigeren voor gemiddelde prijzen tussen locaties is belangrijk (door middel van postcode-6 (PC6) fixed effects), onder andere om er rekening mee te houden dat windturbines mogelijk in locaties met een lagere woningprijs worden gebouwd en dat ook voorzieningen kunnen verschillen tussen locaties (bijvoorbeeld de aanwezigheid van scholen, etc.). Daarnaast kunnen er op nationaal niveau economische ontwikkelingen plaatsvinden die woningprijzen beïnvloeden (zoals prijscycli). Dit wordt opgevangen door de tijdsdummies.

²In **D+K** was dit nog 4,1%.



Figuur 3.1: De locatie van windturbines (medio 2019)

We zijn met name geïnteresseerd in β_1 . Deze coëfficiënt meet de verandering in woningwaarde in procenten ten opzichte van een (lokale) controle groep. Indertijd hebben we hier transacties buiten 2km en binnen 3km van windturbines gekozen. Dit omdat we niet konden aantonen dat er een statistisch significant effect was buiten 2km. Buiten 3km kun je je afvragen of de woningen, met name met betrekking tot (veranderingen in) ongeobserveerde kenmerken, nog wel vergelijkbaar zijn met woningen binnen 2km van een windturbine.

Tabel 3.2: Gemiddelde effecten van turbines op woningprijzen (1985-2019)
(Afhankelijke variabele: logaritme van woningprijzen)

	(1)	(2)	(3)
	Replicatie D+K	Volledige periode tot 2019	Voor, na 2011
Windmolen geplaatst <2km	-0,0135** (0,0063)	-0,0214*** (0,0048)	-0,0125** (0,0055)
Windmolen geplaatst <2km, na 2011 (interactieterm)			-0,0179** (0,0078)
Woningkenmerken	✓	✓	✓
Postcode fixed effects	✓	✓	✓
Jaar en maand fixed effects	✓	✓	✓
Observaties	358.085	710.703	710.703
R ²	0,93	0,92	0,92

Notitie: Deze tabel is gebaseerd op woningprijzen vanuit de NVM (Brainbay) tussen 1985 en 2019. Standaardfouten zijn geclusterd op buurtniveau en staan tussen haakjes.
*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10.

3.2 Resultaten

In Tabel 3.2 worden de resultaten gepresenteerd. Allereerst hebben we in kolom (1) op basis van de nieuwe dataset en vergelijking (3.1) D+K gerepliceerd. Deze analyse is gebaseerd op windturbines en transacties tot en met 2011. De woningwaardedaling is afgerond gemiddeld 1.4% en statistisch significant afwijkend van nul op een significantieniveau van vijf procent (95% betrouwbaarheid). De resultaten komen daarmee overeen met D+K. Het kleine verschil (0.05 procentpunt) kan verklaard worden uit het feit dat de nieuwe windstats.nl data nu ook informatie geeft over turbines die weer zijn weggehaald. Tevens wordt de woningprijzdata ook retrospectief aangevuld door makelaars.

Merk op dat we niet de volledige NVM dataset gebruiken. Dit komt omdat we een vergelijking maken tussen de observaties binnen 2km van een (toekomstige) windturbine en die binnen 3km. In D+K laten we zien dat als we de volledige database vis-à-vis de observaties binnen 3km gebruiken, er ongeveer eenzelfde effect wordt gemeten.

De R² van het gerepliceerde hedonisch model geeft aan dat 93% van de variatie in woningprijzen verklaard kan worden door de onafhankelijke variabelen. Deze hoge fit komt vooral door de toevoeging van de zeer gedetailleerde PC6 fixed effects.

Er zijn verder enkele belangrijke kanttekeningen te plaatsen bij deze schatting. Het effect is de gemiddelde woningwaardedaling binnen 2km ten opzichte van de controle groep. Dit betekent dat dichterbij een windturbine de effecten groter kunnen zijn. Het is tevens het effect van de allereerste windturbine die in de buurt wordt geplaatst. In D+K laten we zien dat een extra turbine het effect niet nog negatiever maakt.³ Tevens wordt er geen onderscheid gemaakt in deze schatting met betrekking tot het type windturbine (hoogte). Daarnaast is het een conservatieve schatting als er anticipatie-effecten plaatsvinden. De woningwaarde voor plaatsing wordt namelijk als nulmeting genomen. In D+K laten we zien dat woningprijzen al 2 jaar voor aanvang dalen met -1.7% en dat 10 jaar (en langer) na plaatsing van een windturbine woningprijzen nog steeds achterblijven qua ontwikkeling met gemiddeld -2.2%.

In kolom (2) in Tabel 3.2 hebben we de windturbines en transacties tot en met 2019 gebruikt en het model nogmaals geschat. We zien hier dat het effect iets hoger uitkomt; gemiddeld -2.1%.⁴

³In de Appendix repliceren we deze bevinding voor de huidige dataset.

⁴In Tabel 6.1 in Hoofdstuk 6 laten we zien dat dit effect inderdaad vooral toe te kennen valt aan de allereerste windturbine die geplaatst wordt binnen 2km.

Het effect is tevens nu statistisch significant op 1% significantieniveau. Mogelijke redenen voor het grotere effect zijn dat windturbines nu hoger zijn dan vroeger. Een andere reden kan zijn dat de perceptie veranderd is omtrent windturbines. Belangrijk echter is om op te merken dat gegeven de 95% betrouwbaarheidsintervallen van zowel het oorspronkelijke effect (-0.1% tot -2.5%) als het nieuwe gemeten effect (-1.2% tot -3.0%) er geen aantoonbaar (statistisch significant) verschil zit tussen beide effecten. Het aantal observaties binnen 3km is in de laatste jaren overigens wel verdubbeld. Hierdoor kunnen we het effect nu nauwkeuriger meten dan in **D+K**.

Voorgaande schatting meet puur en alleen het gemiddelde effect over de volledige periode. Omdat het gemiddelde omhoog is gegaan betekent dit dat het effect na 2011 waarschijnlijk hoger moet zijn dan gemiddeld -2.1% . Een betere vergelijking is dus om zowel het effect tot 2011 en erna te meten.⁵ We doen dit middels het opnemen van een interactie-effect. Dit laat ook toe om direct te toetsen of het effect nu hoger is dan vroeger. De resultaten zijn weergegeven in kolom (3). Voor 2011 geeft het model een geschatte waardedaling aan van gemiddeld -1.3% . Dit is nagenoeg gelijk aan de replicatieschattingen in kolom (1), ondanks dat we nu veel meer transacties meenemen. Interessant is echter dat er na 2011 een opslag geldt van gemiddeld -1.8% . Dit effect is statistisch significant. Daarmee komt het totaal effect op ongeveer ($-1.25\% + -1.79\% \approx$) -3.0% uit in die periode met een 95% betrouwbaarheidsinterval van -4.4% en -1.7% .

3.3 Het invloedsgebied

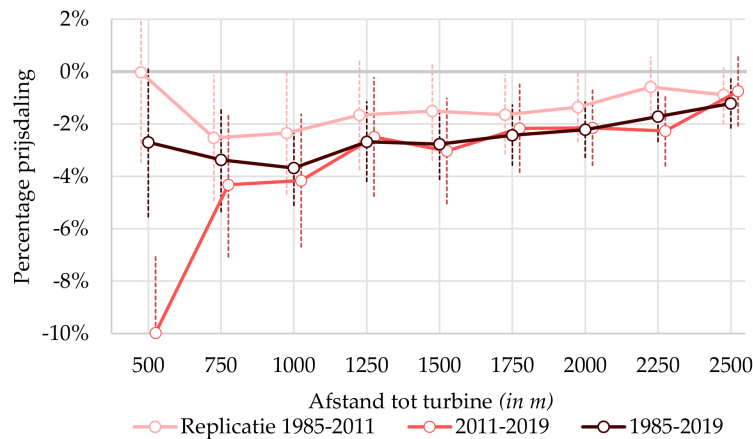
Afstand tot een windturbine is een belangrijke factor voor het bepalen van de mogelijke prijsdaling. In **D+K** gaan we uit van een impactradius van 2km. Binnen 5 maal de mastlengte is er mogelijk effect van geluid en tot 1km mogelijk ook slagschaduw. Tot 2km zijn er mogelijke zichteffecten (*i.e.* horizonvervuiling). In onze schattingen meten we met name het totaal effect op woningwaarde. Het separaat identificeren van verschillende aspecten van overlast, zoals bijvoorbeeld het effect van zicht en slagschaduw (zie Van Kamp e.a., 2013), hebben we in **D+K** geprobeerd, maar er was te veel statistische onzekerheid om hier sterke conclusies uit te trekken.

Om de mogelijke impact op verschillende afstanden te toetsen op basis van de transactiegegevens hebben we het effect van plaatsing bekeken op verschillende afstanden door middel van het toevoegen van dummy variabelen voor verschillende afstanden. Het resultaat hiervan voor de verschillende steekproeven (zoals in Tabel 3.2) staat in Figuur 3.2. In Figuur 3.3 staat voor de duidelijkheid de update over de volledige sample 1985-2019 apart weergegeven. Immers, dit bedraagt het gemiddelde effect gebaseerd op zoveel mogelijk gegevens.

In Tabel 6.1 in de Appendix laten we vervolgens nog zien dat alleen de eerste turbine die binnen 2km van een woning wordt geplaatst een statistische prijsdaling veroorzaakt. Dit werd al eerder geconstateerd in **D+K**. In **D+K** laten we verder zien dat er anticipatie-effecten plaatsvinden enkele jaren voor de plaatsing van een turbine. Ook bijvoorbeeld tien jaar *na* de bouw zijn er nog steeds effecten te zien. Er is dus geen sprake van een gewinningseffect.

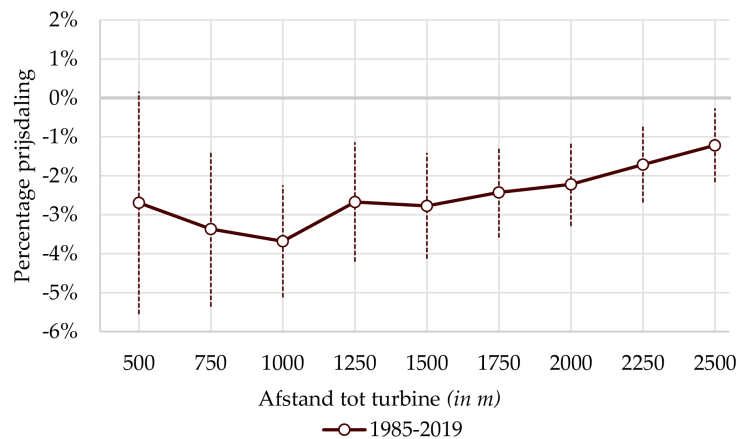
De replicatie van **D+K** geeft een vergelijkbaar beeld als het oorspronkelijke afstandsprofiel. Op 500m kunnen we weinig zeggen over het effect omdat de statistische onzekerheid te groot is. De woningwaardedaling wordt kleiner met afstand totdat na 2km het effect kleiner dan 1% is en niet meer statistisch significant afwijkt van nul. In Figuur 3.3 zien we dat de effecten wat groter zijn als we de volledige periode bekijken tussen 1985 en medio 2019. We zien nu op 500m wel een statistisch significant effect ($-2,7\%$). Daarnaast is het effect op 2250m en 2500m ook statistisch significant. Het effect lijkt daarmee verder te reiken dan het oorspronkelijke effect in **D+K**. In Figuur 3.2 hebben we het effect na 2011 geschat middels interactietermen. Wat opvalt is dat op

⁵Ook is 2011 een relevant jaar omdat er toen de nieuwe geluidsnormeringen voor windturbines van kracht werden (Lden, Lnight).



Opmerking: De stippellijnen geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

Figuur 3.2: Woningwaardedaling, windturbines en afstand (verschillende periodes)



Opmerking: De stippellijnen geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

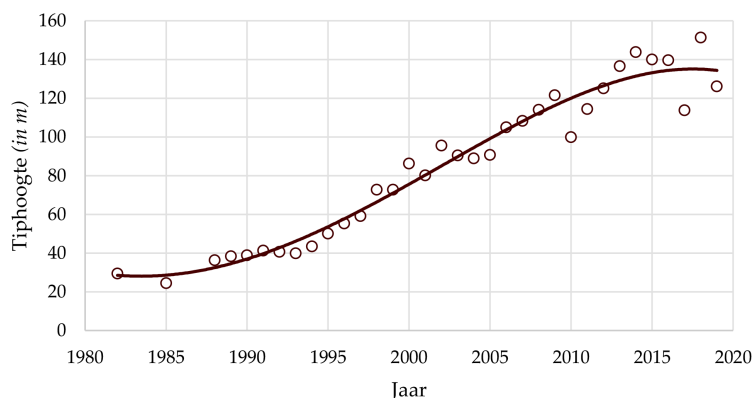
Figuur 3.3: Woningwaardedaling, windturbines en afstand (1985-2019)

500m het effect behoorlijk negatief is ($-9,5\%$).⁶ Het draait hier echter maar om 90 observaties. Het effect is desalniettemin statistisch significant. Voor afstanden $>500\text{m}$ komt het profiel grofweg overeen met het gemiddelde profiel over de hele periode, echter op 2500m is het effect nu niet meer statistisch significant. In de vorige sectie vonden we dat het effect groter is geworden ten opzichte van de vorige studie; de resultaten hier zijn daarmee in lijn.

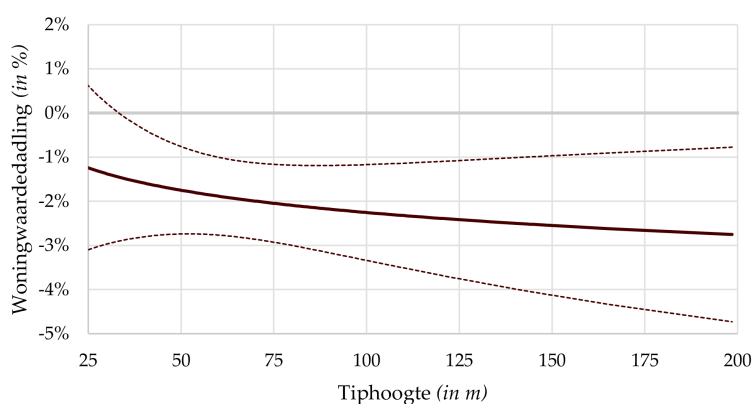
3.4 De effecten van hoogte

De hoogte van een windturbine bepaalt mede de overlast die deze windturbine met zich mee brengt voor omwonenden. In **D+K** wordt er een vrij simpele methode gebruikt om de effecten op woningprijzen te meten. Aan het model wordt een interactie-effect opgenomen met betrekking tot windturbines boven de 100m ashoogte (90^e percentiel). Indertijd waren er nog niet zoveel van deze turbines en ondanks een statistisch significante opslag van 2.2% bovenop het basis/gemiddelde effect is deze schatting onnauwkeurig: de bovengrens van het 95% betrouwbaarheidsinterval ligt net onder de nul. Er zijn daarnaast enkele kanttekeningen te maken met betrekking tot het gebruik

⁶Belangrijk is om op te merken dat met dergelijke grote coëfficiënten het effect een (relatief slechte) benadering is van de daadwerkelijke prijsdaling. De exacte geschatte prijsdaling in deze is $(\exp(-0,1) - 1) * 100 = -9,5\%$.



Figuur 3.4: Gemiddelde tiphoogte van nieuwe windturbines over tijd



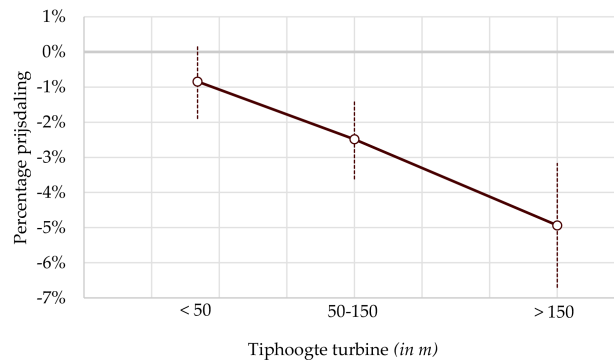
Opmerking: De stippellijnen geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

Figuur 3.5: Woningwaardedaling op basis van tiphoogte (log-lineair)

van een 100m ashoogte. Ten eerste rijst de vraag wat het effect is op basis van andere hoogtes. Daarnaast is de ashoogte niet de daadwerkelijke hoogte omdat ook de wieken horen mee te tellen (tiphoogte). Omdat beide sterk met elkaar gecorreleerd zijn – er zijn geen hoge windturbines met zeer kleine wieken – is het ook moeilijk om het effect van hoogte en diameter van de wieken van elkaar te scheiden. Om aan deze beperkingen tegemoet te komen is er een (tip)hoogteprofiel geschat met betrekking tot de woningwaardedaling. Daarbij is gebruik gemaakt van de ashoogte plus een half maal de diameter van de wieken.

In Figuur 3.4 wordt de gemiddelde tiphoogte over tijd weergegeven voor nieuwe turbines. Er is duidelijk een opwaartse trend te zien in de grootte van turbines. Waar in 2000 de gemiddelde hoogte nog rond de 80m lag ligt deze nu rond de 140m met maxima van rond de 200m. Interessant is om te zien dat de gemiddelden in 2017 en 2019 iets lager lagen.

Om het effect van tiphoogte op woningwaardedaling nader te bepalen is er een interactie-effect toegevoegd (aan de specificatie in Tabel 3.2, kolom 2) op basis van de logaritme van de tiphoogte. Figuur 3.5 geeft de resultaten weer. Het is duidelijk dat hogere windturbines een negatiever effect hebben op de woningwaardedaling binnen 2km. Voor windturbines onder de 35m is de woningwaardedaling gemiddeld 1,5% maar gegeven de betrouwbaarheidsintervallen is dit niet aantoonbaar afwijkend van nul. Richting 100m ligt het effect al boven de 2% en zijn de betrouwbaarheidsintervallen navenant kleiner omdat er meer gegevens (turbines en transacties) beschikbaar zijn om het effect te meten. Richting 200m tendeert het effect naar 3% maar nemen



Opmerking: De plaatsing van de punten (schattingen) is ingeschaald op de x-as door te kijken naar de gemiddelde hoogte binnen de respectievelijke categorie <50m (42m), 50-150 (100m), >150 (175m). De stippellijnen geven de 95% betrouwbaarheidsintervallen weer.

Figuur 3.6: Woningwaardedaling op basis van tiphoogte in categorieën

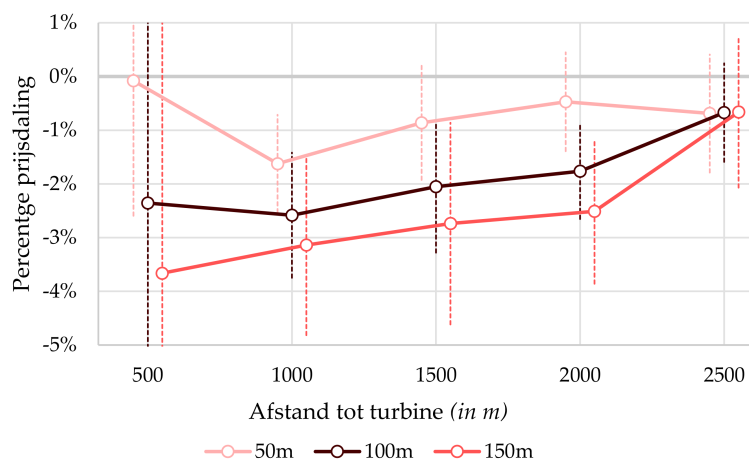
ook de marges om het effect weer toe.

Het opleggen van een log-lineaire relatie (ofwel een elasticiteit) tussen woningwaarde en hoogte is geen uitkomst maar een aanname. Een alternatief is om het effect te schatten binnen bepaalde intervallen en de data te laten bepalen wat dan de relatie is tussen hoogte en woningwaardedaling. Hiertoe hebben we het effect opgedeeld in de categorieën <50m, tussen de 50-150m en >150m. Een tiphoogte van <50m komt grofweg overeen met de eerste 10% van de windturbines, waar >150m de top 10% van turbines bevat. We hebben ook geprobeerd het effect binnen 50-150m op de splitsen in 2 delen maar daar vonden we voor beiden delen een vergelijkbaar effect. De resultaten van de verschillende categorieën staan weergegeven in Figuur 3.6, inclusief de 95% betrouwbaarheidsintervallen. Onder de 50m is het effect gemiddeld rond de 1% maar niet statistisch significant. Dit komt overeen met de bevindingen van het lineaire profiel. Bij 50-150m ligt de impact gemiddeld rond de $-2,5\%$, dit ligt iets onder de lijn in Figuur 3.5 maar valt nog binnen de betrouwbaarheidsintervallen. Boven de 150m is er een effect van gemiddeld -5% . Het is interessant om op te merken dat voor deze categorie aan windturbines er ook vereisten zijn omtrent verlichting ten behoeve van het luchtvaartverkeer. Dit heeft mogelijk impact op de zichtbaarheid. Om de impact hiervan specifiek te meten zou echter verder onderzoek nodig zijn.

Als we toetsen of de effecten van verschillende hoogte gelijk aan elkaar zijn dan vinden we bewijs dat hogere turbines een significant sterker negatief effect hebben op woningwaardes (F -waarde van 8). De resultaten geven aan dat hoogte een belangrijke factor is in bepaling van de woningwaardedaling. Dit impliceert dat door het beperken van de hoogte van de turbines gemeentes de woningwaardedaling beperkt kunnen gehouden. Er geldt hier echter wel een duidelijke afweging. Er moeten meer kleinere turbines geplaatst worden ter vervanging van één grote turbine. Een windturbine van 3MW (ongeveer 100m ashoogte, 150m tiphoogte) levert ongeveer 6,5 miljoen kWh, terwijl een turbine van 2MW (ongeveer 75m, 115m tiphoogte) nog maar 4,5 miljoen kWh oplevert. In de overweging moet dus zowel het woningwaardeverlies/impact op omgeving als de te verwachten opbrengst mee worden genomen.

3.5 De effecten van hoogte en het invloedsgebied

Op een afstand van 2km is de gepercipieerde hoogte van een 100m hoge turbine ongeveer 5cm. Een 200m hoge turbine is voor het oog al een stuk groter, zo'n 10cm. Als de turbines hoger worden wordt mogelijk ook de horizonvervuiling groter, evenals het bereik van geluid en slagschaduw. Dit kan mogelijk de grootte van de woningwaardedaling beïnvloeden en een effect hebben op de impactradius van windturbines. Om dit nader te onderzoeken hebben we voor verschillende tiphoogtes een afstandsprofiel gemeten net als in Figuur 3.3. Dit is gedaan door een interactie-effect



Figuur 3.7: Woningwaardedaling op basis van tiphoogte en afstand tot turbine (1985-2019)

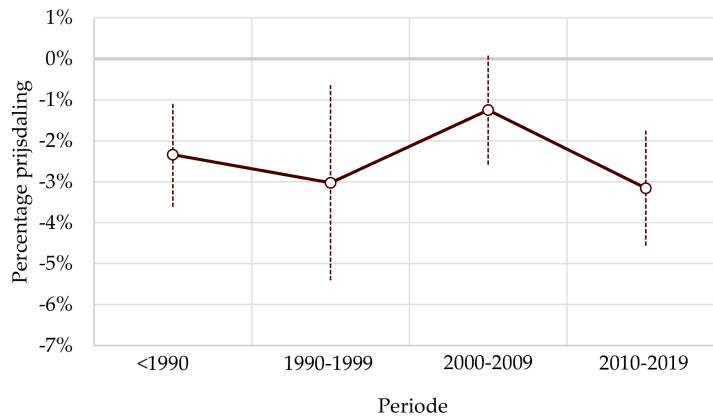
mee te nemen met de logaritme van de tiphoogte en vervolgens voor verschillende type turbines de woningwaardedaling te bepalen. We zijn uitgegaan van een turbine van 50m, 100m, en 150m. De resultaten hiervan staan in Figuur 3.7.

Een turbine van 50m heeft alleen een statistisch significant negatief effect op woningwaarde op 1km van ongeveer 1,6%. Op 500m zijn er dusdanig weinig observaties dat het effect onnauwkeurig gemeten wordt. Op 1500m afstand daalt het effect al onder de 1%. Dit is iets eerder dan het gemiddelde effect over alle windturbines zoals weergegeven in Figuur 3.3. Een turbine met tiphoogte van 100m heeft een duidelijker negatief effect op 500m van -2.3% maar dit effect is niet statistisch significant. Op 1km, 1,5km en 2km zijn de effecten groter dan die van een 50m hoge turbine en respectievelijk gemiddeld -2.5% , -2.0% en -1.7% . Het effect is ook op langere afstanden statistisch significant afwijkend van nul. Op 2,5km is het effect echter kleiner dan -1% en is het niet langer statistisch significant. Hetzelfde geldt voor een 150m hoge turbine. De effecten zijn nog wat groter dan die van een 100m hoge turbine maar niet meer statistisch significant op 2,5km. De resultaten laten daarmee ten opzichte van Figuur 3.3 zien dat de effecten van een 100m of 150m turbine mogelijk verder reiken dan een 50m turbine, maar dat ook voor grote turbines het effect na 2km nagenoeg nul is. Dat we gemiddeld een negatief effect vinden tot en met 2,5km in Figuur 3.3 heeft dan niet zo zeer met hoogte van doen maar dat we meer gegevens hebben om het effect zo accuraat mogelijk te meten. Daarnaast moet opgemerkt worden dat de betrouwbaarheidsintervallen tussen de profielen in sterke mate overlappen. Dit betekent dat de impact van hoogte op afstand lastig meetbaar is.

3.6 Veranderende perceptie

De resultaten in kolom (3), Tabel 3.2, geven aan dat nieuwe turbines (na 2011) een groter impact hebben gehad op woningwaarde. De vraag is echter of de sterkere effecten van na 2011 verklaard kunnen worden uit het feit dat windturbines steeds hoger zijn geworden, of dat de perceptie ten opzichte van windturbines is verslechterd. Om dit te testen is het effect opgesplitst op basis van verschillende periodes (<1990, 1990-1999, 2000-2009, 2010-2019) middels het opnemen van interactie-effecten in de hedonische prijsvergelijking. Daarbij hebben we gecorrigeerd voor de effecten van hoogte zoals weergegeven in Figuur 3.6.

De resultaten van deze exercitie zijn weergegeven in Figuur 3.8. Duidelijk is dat, gegeven de effecten van hoogte zoals eerder beschreven, er niet veel verandering waarneembaar is in het effect over tijd. De effecten zijn voornamelijk binnen de -2 tot -3% . De betrouwbaarheidsintervallen



Figuur 3.8: Het effect van windturbines in verschillende periodes

zijn voor een groot deel overlappend. Alleen in de periode 2000-2009 is het effect op woningprijzen iets lager. Een mogelijke verklaring is dat als het goed gaat met de economie, door beperkt aanbod windturbines een beperktere rol spelen in de locatiekeuze. Om dit beter vast te stellen zou er echter meer onderzoek moeten plaatsvinden omtrent de onderliggende woningkeuzes en hoe precies prijzen tot stand komen onder verschillende marktcondities.

3.7 Totale effecten

Gegeven de regressiecoëfficiënten kunnen we een (*grove*) schatting maken van het totale woningwaardeverlies door de bouw van windturbines. Dit maakt inzichtelijk wat de orde grootte is van de effecten voor Nederland als geheel. We gebruiken hiervoor de schattingen die we hebben gepresenteerd in Figuur 3.5. Allereerst berekenen we het aantal koopwoningen door middel van de NVM data binnen 500m, 500-1000m, 1000-1500m en 1500-2000m.⁷

Het totaal aantal woningen binnen is respectievelijk 3.563, 29.449, 77.604 en 127.551. Met andere woorden, het aantal woningen in elke afstandscategorie neem disproportioneel toe naarmate de afstand tot een turbine toeneemt. Vervolgens schatten we de gemiddelde prijs in elke afstandscategorie (in 2019 prijzen). Om het effect te voorspellen vermenigvuldigen we het effect van de dichtstbijzijnde turbine (waarbij hoogte een rol speelt) met de woningprijs. Het totale woningwaardeverlies is dan €1,36 miljard. Het gemiddelde verlies per turbine op land is €0.57 miljoen. Dit is substantieel, gegeven dat de bouwkosten per MW ongeveer €1.27 miljoen bedragen. Echter, er zijn grote verschillen in effecten. Zo blijkt dat slechts 1% van de turbines (25 turbines) bijdraagt aan meer dan de helft van het waardeverlies. Dit zijn turbines met relatief veel woningen in de nabijheid. De mediaan (de middelste observatie van turbines die waardeverlies creëren) van het woningwaardeverlies is (slechts) €97 duizend, wat bevestigt dat er veel verschillen zijn in het waardeverlies per turbine. Met andere woorden, veel turbines hebben relatief weinig woningen in de nabijheid, wat tot aanmerkelijk lagere verliezen leidt.

Het is tenslotte interessant om de verhouding tussen de verschillende afstandscategorieën te bekijken. Het blijkt dat 48% van het woningwaardeverlies tussen 1,5 en 2km plaatsvindt. Voorts is ongeveer 35% van het woningwaardeverlies afkomstig van woningen die tussen 1 en 1,5km van een turbine liggen, terwijl 16% binnen 0,5 en 1km plaats vindt. Slechts 1% van het woningwaardeverlies is van woningen binnen 500m. Dit suggereert dat, als men woningwaardeverlies wil beperken, men zeker niet alleen naar de effecten binnen 1km moet kijken, maar juist ook moet bepalen hoe bijvoorbeeld (indirecte) horizonvervuiling kan worden verminderd voor woningen die verder van

⁷We nemen dan aan dat NVM 70% van de koopmarkt bestrijkt.

een turbine af liggen. Tevens is het belangrijk om te vermelden dat bovenstaande *back-of-the-envelope* berekening vooral rekening houdt met koopwoningen. Nabijgelegen huurwoningen kunnen natuurlijk ook in waarde dalen. Daarnaast realiseren windturbines ook CO₂ baten (zie **D+K** voor een bredere discussie).



4. Zonneparken en woningprijzen

4.1 Databeschrijving en methodologie

De woningprijsdata die gebruikt wordt om het effect te meten van de plaatsing van zonneparken op woningprijzen is dezelfde als die van windturbines. Omdat nagenoeg alle zonneparken in de laatste jaren geopend zijn, gebruiken we data van de laatste 10 jaar (dat wil zeggen, vanaf 2009). De gegevens over zonneparken zijn afkomstig van [Wikipedia](#). Wij hebben deze gegevens gecontroleerd en aangevuld door middel van diverse internetbronnen. Op basis van de locatie van het centrum van zonneparken en de locatie van de woningtransacties kan er weer de afstand tussen woningen en het dichtstbijzijnde park berekend worden. Merk op dat we dus geen gegevens hebben over de precieze grootte van een zonnepark. Als een zonnepark erg groot is kan een woning dus ver van het centrum verwijderd zijn, maar toch dichtbij een zonnepark liggen. De afstand tot het centrum is daarmee een overschatting van de daadwerkelijke afstand tot een zonnepark. De beschrijvende statistieken staan in Tabel 4.1.

De gemiddelde woningprijs tussen 2009 en medio 2019 is €249,586. De overige beschrijvende karakteristieken met betrekking tot woningkenmerken zijn nagenoeg gelijk aan die van windturbines. Het aantal transacties in Nederland tussen 2009 en 2019 is 1,4 miljoen. Voor zonneparken gaan we allereerst uit van een impactradius van 1km. Er is echter niet direct een onderbouwing (zoals slagschaduw) waarom het effect verder zou moeten reiken dan 1km. Op 500m blijven er helaas nauwelijks observaties over, maar zelfs op 1km is het aantal transacties na plaatsing van een zonnepark maar zeer beperkt, 0.017% van de data. Uiteindelijk observeren we slechts 256 transacties binnen 1km na plaatsing van een zonnepark.

Het aantal zonneparken (48) is ook navenant minder dan windturbines. In Figuur 4.1 zijn de zonneparken in Nederland weergegeven tot medio 2019. Het eerste zonnepark in onze dataset is Ecopark Waalwijk (4200 panelen) geopend in 2004. We observeren echter geen transacties binnen 1km na opening van dit zonnepark. Het grootste gedeelte van de parken (40) is echter geopend in 2017, 2018 en 2019. Gegeven dat voor deze studie er maar gegevens beschikbaar zijn tot medio 2019 is het duidelijk dat momenteel de impact van zonneparken op woningprijzen nog maar beperkt te meten zal zijn. De locatie van de parken is ook niet willekeurig verdeeld in Nederland. Veel zonneparken liggen in gebieden met een lage bevolkingsdichtheid omdat daar meer ruimte

Tabel 4.1: Beschrijvende statistieken: woningprijzen en zonneparken (2009-2019)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	gem.	st.dev.	min	max
Verkoopprijs (€)	249.586	124.274	25.000	1.000.000
Zonnepark geopend, <1km	0,00017	0,0132	0	1
Woonoppervlakte in m ²	116,8	37,70	26	250
Aantal kamers	4,453	1,398	1	24
Rijtjeswoning	0,313	0,464	0	1
Twee-onder-een kap	0,277	0,448	0	1
Vrijstaand	0,122	0,327	0	1
Garage aanwezig	0,314	0,464	0	1
Tuin aanwezig	0,970	0,170	0	1
Goede staat van onderhoud	0,867	0,340	0	1
Centrale verwarming aanwezig	0,881	0,323	0	1
Erfgoed	0,00636	0,0795	0	1
Bouwjaar 1945-1959	0,0704	0,256	0	1
Bouwjaar 1960-1970	0,133	0,339	0	1
Bouwjaar 1971-1981	0,139	0,346	0	1
Bouwjaar 1981-1990	0,114	0,317	0	1
Bouwjaar 1991-2000	0,119	0,324	0	1
Bouwjaar >2000	0,203	0,402	0	1

Notitie: Het aantal observaties is 1.470.808. Appartementen zijn de referentiegroep met betrekking tot het type woning. Woningen voor 1945 die van het bouwjaar.

aanwezig is om grotere parken te realiseren. Het grootste park ligt momenteel bij Vlagtwedde (Groningen) en bestaat uit 320.000 zonnepanelen (ongeveer 100 hectare, 1km²) met een totaal nominaal piekvermogen van 109MWP. Dit is ongeveer $0,85 \times 1.000.000 \times 109 = 92$ miljoen kWh per jaar (zie Tenten Solar, 2019).¹ In Figuur 4.1 zien we dat nieuwe zonneparken over het algemeen meer panelen bevatten, dus net als met windturbines zien we dat de grootte van zonneparken is toegenomen over de tijd. In Figuur 4.2 is de totale toename in het aantal grondgebonden panelen per jaar weergegeven.

Voor het meten van de impact van de opening van een zonnepark op woningprijzen gebruiken we eenzelfde methodologie als die bij windturbines. We schatten de volgende vergelijking:

$$\log P_{it} = \beta_1 z_{it-1} + \beta_2 X_{it} + \lambda_j + \lambda_t + \eta_{it}, \quad (4.1)$$

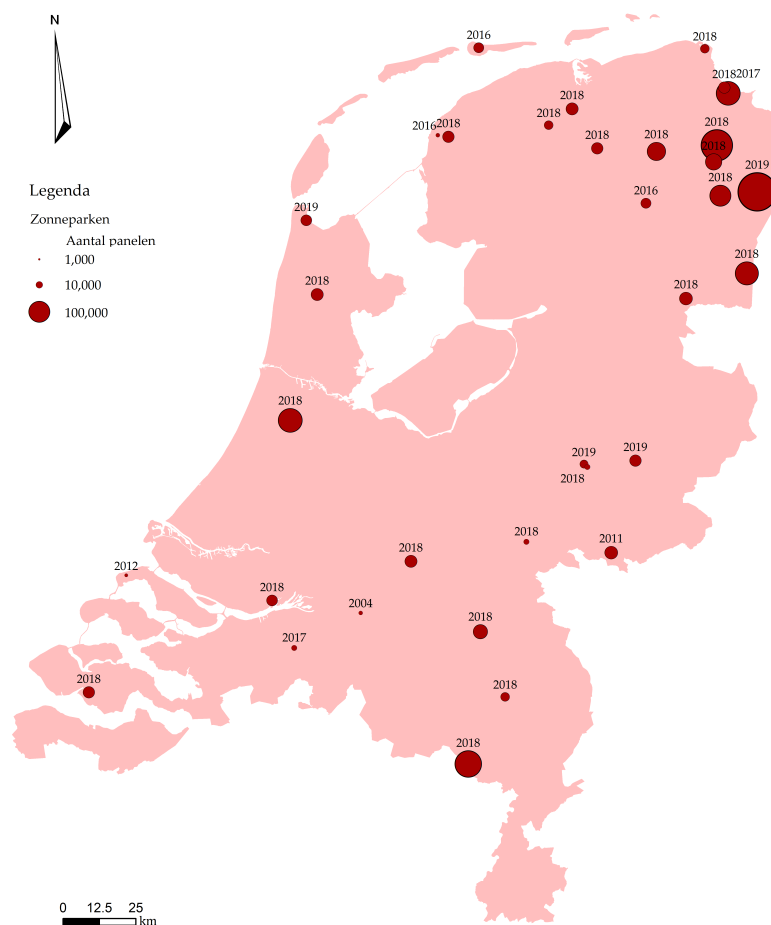
waar P_{it} de transactieprijs is van woning i verkocht in jaar t , z_{it-1} is een indicator die 1 is als een woning verkocht wordt binnen 1km een jaar na opening van een zonnepark (er wordt naar de dichtstbijzijnde zonnepark gekeken), X_{it} zijn woningkenmerken, λ_j zijn locatie fixed effects op postcode 6 niveau, λ_t zijn (jaarlijkse) tijdsdummies, η_{it} bevat ongeobserveerde heterogeniteit.

We zijn weer met name geïnteresseerd in β_1 . Deze coëfficiënt meet de verandering in woningwaarde (procent) ten opzichte van een (lokale) controle groep. De controle groep bestaat allereerst uit transacties over heel Nederland, dan uit transacties binnen 1-2km. Voor robuustheidsdoeleinden hebben we ook 3-5km als controle groep bekeken.

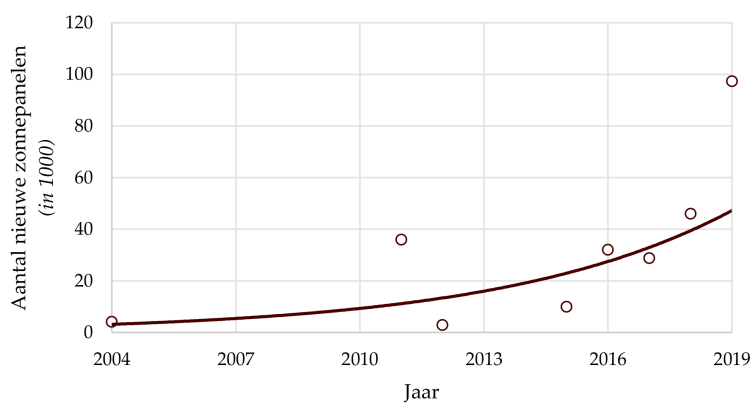
4.2 Resultaten

In Tabel 4.2 geven we resultaten weer met betrekking tot zonneparken, op basis van vergelijking (4.1). In kolom (1) wordt het effect weergegeven van de opening van een zonnepark binnen

¹Ter vergelijking, een windturbine van 3MW levert ongeveer 6,5 miljoen kWh; het park is dus grofweg gelijk aan 14 windturbines.



Figuur 4.1: De locaties van zonneparken (tot medio 2019)



Figuur 4.2: Aantal zonnepanelen naar jaar van inbedrijfname

1km van een woning relatief tot de woningprijsontwikkeling van woningen in heel Nederland. Dit effect is ongeveer -6% en statistisch significant op 1% significantieniveau. Het is echter duidelijk dat deze specificatie geen rekening houdt met lokale prijstrends die gecorreleerd kunnen zijn met de plaatsing van zonneparken. Om hiermee rekening te houden wordt in kolom (2) een specificatie geschat waarbij de controle groep transacties zijn die binnen 1-2km van een (toekomstig) zonnepark plaatsvinden. Het effect is nu gemiddeld -3% en statistisch significant op het 10%

Tabel 4.2: Gemiddelde effecten van zonneparken op woningprijzen (2009-2019)
(Afhankelijke variabele: logaritmische van woningprijzen)

	(1)	(2)	(3)	(4)
	<i>Heel Nederland</i>	<i>Controle groep 1-2km</i>	<i>Controle groep 2-5km</i>	<i>Afstandsprofiel</i>
Zonnepark geplaatst <1km	-0,0609*** (0,0163)	-0,0318* (0,0170)	-0,0278* (0,0163)	-0,0282* (0,0167)
Zonnepark geplaatst 1-2km				0,0173 (0,0153)
Woningkenmerken	✓	✓	✓	✓
Postcode fixed effects	✓	✓	✓	✓
Jaar en maand fixed effects	✓	✓	✓	✓
Observaties	1.470.808	15.203	85.326	98.010
R ²	0,90	0,87	0,89	0,89

Notitie: Deze tabel is gebaseerd op woningprijzen vanuit de NVM (Brainbay) tussen 2009 en 2019. Standaardfouten zijn geclusterd op buurtniveau en staan tussen haakjes. *** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10

significantieniveau. Als het effect verder reikt dan 1km zou dit een onderschatting kunnen zijn. Daarom is in kolom (3) gekeken of dit effect robuust is als we transacties tussen de 2-5km van een (toekomstig) zonnepark als controlegroep definiëren. Deze woningen zijn echter mogelijk minder vergelijkbaar in termen van (veranderende) ongeobserveerde kenmerken. De resultaten laten een nagenoeg identiek beeld zien: woningprijzen dalen gemiddeld met 2.8% na plaatsing van een zonnepark.²

Als laatste is in kolom (4) in Tabel 4.2 het effect opgesplitst tussen woningen binnen 1km en 1-2km van een geplaatst zonnepark. We beschouwen woningen binnen 2-5km weer als controlegroep. De resultaten tonen aan dat woningwaarde inderdaad met 2.8% daalt binnen 1km vis-à-vis de woningen tussen 2-5km van een (toekomstig) zonnepark. Dit effect is nog steeds statistisch significant op het 10% significantieniveau. Verder geven de resultaten in deze kolom weer dat tussen 1-2km er geen statistisch significant effect plaatsvindt op woningwaardes (de puntschatting is zelfs positief).

Deze resultaten laten zien dat er zwak bewijs is voor een daling van woningwaarde in de buurt van zonneparken. Het aantal transacties en woningen in de buurt is echter maar zeer beperkt. De resultaten geven aan dat er wel een daling waarneembaar is van om en nabij de 3% binnen 1km van een gerealiseerd zonnepark, wat vergelijkbaar is met het effect van windturbines. Echter, het effect is veel lokaler en waarschijnlijk alleen relevant binnen een kilometer van het zonnepark. De effect op de woningmarkt is daarom een ordegrrootte kleiner.

Verder onderzoek in een later stadium zou moeten uitmaken of de gevonden effecten hier robuust zijn. Voorts kan er dan worden gekeken of er verschillen zijn tussen zonneparken van verschillende grootte.

²Het zou zo kunnen zijn dat windturbines dichtbij zonneparken staan en het effect van zonneparken dus eigenlijk het effect van windturbines is. Dit lijkt niet het geval. De correlatie tussen de de locaties van windturbines binnen 2km en zonneparken binnen 1km op basis van de steekproef in kolom (3) is maar 0,02. Het toevoegen van het effect van windturbines aan de regressie in deze kolom leidt, niet geheel onverwachts, tot vergelijkbare resultaten als in kolom (3).



5. Conclusie en discussie

5.1 Context

De opwekking van duurzame energie wordt als een belangrijke stap op weg naar een klimaatneutrale economie. Windenergie en zonne-energie zijn belangrijke mogelijkheden om duurzaam energie op te wekken. Toch is inzicht in het lokale draagvlak voor dit soort initiatieven niet onbelangrijk. Immers, de CO₂ baten vallen ons allen toe, maar de externe effecten, in deze studie gemeten op basis van woningwaarde, zijn vaak zeer lokaal.

5.2 Resultaten met betrekking tot windenergie

In deze studie is er gebruik gemaakt van woningprijzen tussen 1985-2019 om het effect van de nabijheid van windturbines en zonneparken op woningwaarde te meten. Het betreft hier om een update van het eerder onderzoek van Dröes en Koster (2016, D+K). In dit eerdere onderzoek werd er een woningwaardedaling van 1.4-2.3% gevonden binnen 2km van een windturbine. Dit op basis van gegevens over woningtransacties tot en met 2011. Een actualisatie gepresenteerd in dit rapport laat zien dat tussen 1985-2019 het effect gemiddeld -2% bedraagt. Het effect na 2011 is iets hoger, te weten gemiddeld -3% . De effecten lijken iets verder te reiken dan 2km maar dit is vooral omdat we nu de effecten nauwkeuriger kunnen meten dan in D+K.

We hebben ook expliciet aandacht besteed aan de verschillen in de effecten voor hoge en lage turbines. Voor een turbine met tiphoogte boven de 150m is het effect gemiddeld -5% . Het effect van hoogte op afstand blijft echter wat onnauwkeurig. Duidelijk is wel dat een kleine turbine van onder de 50m veel minder impact heeft in een kleiner invloedsgebied dan grotere turbines. De bevinding in deze studie dat de hoogte een belangrijke factor is in de woningwaardedaling als gevolg van de plaatsing van windturbines impliceert dat woningwaardedaling kan worden beperkt door kleinere turbines te bouwen. Een alternatief is om de omgevingseffecten (geluid, slagschaduw, zicht) van grote turbines te beperken. Met betrekking tot zicht zou horizonvervuiling beperkt kunnen worden door bijvoorbeeld het strategisch gebruik van het landschap (bomen), of een andere kleur van de turbine (transparant, schutkleur). Merk echter op dat er ook andere belangen spelen bij de keuze van de kleur, zoals het verminderen van vogelsterfte.

Tenslotte vinden we geen sterk bewijs dat de effecten van windturbines verschillen over de tijd, als er gecorrigeerd wordt voor het feit dat turbines steeds hoger worden.

5.3 Resultaten met betrekking tot zonne-energie

In deze studie is daarnaast gekeken naar de impact van de nabijheid van zonneparken op woningprijzen. Door mogelijk geluidsoverlast, weerkaatsing van de zon, maar ook zichtvervuiling kan een zonnepark een negatieve invloed hebben op woningwaarde. De effecten hiervan zijn naar verwachting meer lokaal omdat deze parken minder zichtbaar zijn dan windturbines en geluidsoverlast en weerkaatsing waarschijnlijk niet zover reiken. Uit onze gegevens blijkt dat het aantal woningtransacties in de buurt (1km) van zonneparken momenteel zeer beperkt is. Dit komt vooral omdat de meeste van deze parken pas in de afgelopen jaren zijn gerealiseerd. Op basis van deze beperkte gegevens vonden we licht bewijs van een daling in woningprijzen van gemiddeld 3% na opening van een zonnepark. Dit effect is alleen statistisch significant binnen 1km. Omdat het effect onnauwkeurig gemeten is, is het relevant en interessant om dit onderzoek over een aantal jaar nog eens te herhalen om na te gaan of dit gevonden effect robuust is.

5.4 Maatschappelijke uitdagingen

Een bredere vraag is hoe zonneparken en windturbines zich met elkaar verhouden. Het effect van zonneparken betreft een kleiner aantal woningen aangezien het effect binnen 1km lijkt plaats te vinden. Zonneparken zijn qua ruimtegebruik echter wel minder efficiënt. Verder onderzoek zou daarnaast breder moeten kijken naar de omgevingseffecten van energieproductie als geheel. Uit de literatuurstudie blijkt namelijk dat energieproductie nagenoeg altijd een negatieve invloed heeft op de woningmarkt.

Aan de plaatsing van turbines en zonneparken liggen bredere maatschappelijke en politieke afwegingen aan ten grondslag. Dit laat echter onverlet dat er ook impact is op de lokale woningmarkt, er een lokaal draagvlak nodig is, en dat deze externe effecten mee moeten worden genomen in de uiteindelijke beslissing om windturbines en zonneparken op een bepaalde locatie te plaatsen. Of huiseigenaren gecompenseerd moeten worden voor veranderingen in het landschap die hun woningwaarde negatief beïnvloedt is met name een politieke vraag. Op dit moment moeten huiseigenaren echter gecompenseerd worden voor planschade als de effecten groter dan 2% zijn.¹

Dit onderzoek komt niet *in plaats van* een onderzoek van een planschadedeskundige in geval van mogelijke planschade na de bouw van een turbine of zonnepark. In geval een individuele woningeigenaar in aanmerking denkt te komen voor een planschaderegeling dient er altijd een planschaderapport opgemaakt te worden. Voor een individuele woningeigenaar, makelaar of planschade-expert, is het wellicht lastig om woningwaardeontwikkeling voor woningen nabij windturbines of zonneparken te scheiden van andere factoren dan de bouw van turbines en/of zonneparken. Onze studie poogt daarom inzicht te geven in de daling van woningwaardes als gevolg van de plaatsing van windturbines en zonneparken en draagt daarbij bij aan transparantie omtrent de omgevingseffecten van duurzame energieproductie.

¹De 2% wordt in mindering van de schade genomen. In 2021 treedt naar verwachting de nieuwe Omgevingswet in werking waar dit percentage naar 4% wordt opgetrokken.



6. Vraag en antwoord

6.1 Aanwezigen klankbordmeeting

Hieronder bespreken we de vragen en issues die zijn bediscussieerd op de klankbordgroepmeeting d.d. 4 november 2019. Het ministerie van EZK heeft van deze discussie een verslag gemaakt. Wij hebben dit her en der aangevuld en onze antwoorden toegevoegd. Aanwezig waren vertegenwoordigers van (op alfabetisch volgorde):

- Brainbay/Nederlandse Vereniging van Makelaars
- Interprovinciaal Overleg
- Ministerie voor Binnenlandse Zaken
- Ministerie van Economische Zaken en Klimaat
- Nederlandse Vereniging Omwonenden Windturbines
- Nederlandse Wind Energie Associatie
- Planschade-expert Vossers Makelaardij en Advies
- Rijksdienst voor Ondernemend Nederland
- Rijkswaterstaat
- Vrije Universiteit Amsterdam
- Universiteit van Amsterdam

6.2 Vragen over het onderzoek in het algemeen

Vraag 6.2.1 Betekenen jullie resultaten dat woningwaardes altijd dalen in absolute zin? ■

Het is belangrijk dat deze resultaten gezien worden als derving van waardeinstijging of een sterkere daling daar die plaatsvindt, niet als absolute waardedaling. De waardeontwikkeling is relatief lager ten opzichte van de waardeontwikkeling in een stijgende (of dalende) markt. Zie ook Figuur 2.1.

Vraag 6.2.2 Hoe moet de mediaan van €97 duizend waardedaling per turbine worden geïnterpreteerd? ■

Een turbine kost ongeveer €1,2 miljoen per MW. Je zou de woningwaardedaling kunnen meenemen

in de kosten-batenanalyse van een windturbine. Sommige resultaten suggereren dat voor een aantal windturbines nabij woonwijken de cumulatieve woningwaardedaling groter is dan de baten van de turbine.

Vraag 6.2.3 Door de hedonische prijsmethode en het onderzoeksdesign wordt in principe uitgesloten dat de gevonden effecten een combinatie van factoren zijn, bijvoorbeeld dat er ook een spoorlijn of snelweg is aangelegd. Kan bij uitschieters worden gekeken of er nog andere dingen meespelen? ■

De hedonische prijsmethode kijkt niet alleen naar andere factoren in de omgeving, maar maakt ook gebruik van een controlegroep die in de buurt ligt van de windturbine (bijvoorbeeld vóór de bouw van de turbine of tussen 2 en 3km). Als er dus andere factoren zijn die invloed hebben op woningwaardes, zullen deze ook voor de controlegroep gelden. Hierbij moet opgemerkt worden dat andere geluidsbronnen, bestaande of nieuwe, wel de ondervonden hinder van een windturbine kunnen beperken en daarmee het effect kunnen verlagen.

Vraag 6.2.4 Windturbines worden vaak niet in dichtbevolkte gebieden, maar in buitengebieden gebouwd waar prijzen lager zijn. In hoeverre speelt dat nog een rol in de woningwaardedaling? ■

Dat speelt geen rol. Zoals gezegd vergelijken we in ons onderzoeksdesign woningwaardes in gebieden waar turbines zijn gebouwd met woningwaardes in gebieden (*i*) waar nog een turbine gebouwd gaat worden en (*ii*) die tussen 2 en 3km van een turbine liggen. Verder nemen we een heel aantal controlevariabelen op die de gebieden vergelijkbaar moeten maken. In Dröes en Koster (2016, hierna **D+K**) testen we dit onderzoeksdesign op een grondige manier om er zeker van te zijn dat de woningwaardedaling die we meten daadwerkelijk valt toe te schrijven aan de bouw van turbines en niet aan andere ruimtelijke veranderingen.

Vraag 6.2.5 Is er in de studie gekeken naar de baten van windenergie voor verschillende types turbines? Als men de woningwaardedaling in ogenschouw neemt, is daarin een optimum te vinden? ■

Dit is geen gemakkelijke vraag: een grote turbine in een wind-luw gebied levert bijvoorbeeld minder op dan eenzelfde in een gebied waar veel wind is. Wat ook belangrijk is voor de baten is de (verwachte) prijs van CO₂ uitstoot, waar veel onzekerheid over is. Over het algemeen wordt verwacht dat de CO₂ prijs zal stijgen in de komende jaren, wat windturbines economisch aantrekkelijker maakt.

Vraag 6.2.6 Zijn er, naast effecten op transactiepreisen, ook effecten vraagpreisen? ■

In **D+K** hebben we ons geconcentreerd op transactiepreisen, en deze studie is daar een update van met enkele extra elementen. Desalniettemin zou het interessant kunnen zijn om dit nader te onderzoeken. De vraagprijs geeft een indicatie in hoeverre de verkopende partij al rekening houdt met woningwaardedaling en kan daarnaast niet los gezien worden van de uiteindelijke prijs en de tijd dat de woning op de markt staat. De transactieprijs, de vraagprijs, en de verkooptijd zijn wederzijds afhankelijk en zouden dan simultaan gemodelleerd moeten worden. Dit zou een interessant exercitie zijn voor vervolgonderzoek. Voor de toepassing van dit rapport voor de praktijk is echter het verlies in woningwaarde het voornaamste element.

6.3 Vragen over de resultaten

Vraag 6.3.1 Zijn de effecten van turbines en zonneparken groot of klein? ■

Er worden lang niet altijd zulke sterke effecten gevonden voor ruimtelijke ingrepen en toch zullen mensen zich verbazen over hoe ‘laag’ deze resultaten zijn. Men verwacht vaak tientallen procenten, maar de resultaten suggereren navenant kleinere effecten. Dit heeft ermee te maken dat we over alle windturbines en alle woningprijzen kunnen kijken. Zo kun je corrigeren voor een achterblijvende woningwaardeontwikkeling die toch al plaatsvond in de buurt en corrigeren voor de woningkwaliteit. Daarbij moet wel opgemerkt worden dat het effect hoger wordt dichtbij windturbines (t.o.v. puur het *gemiddelde* effect binnen 2km) en dat heel dicht in de buurt van windturbines (<500m) de effecten moeilijk te meten zijn.

Vraag 6.3.2 Is het mogelijk om het totale verlies per individuele turbine te berekenen? ■

Het totale effect van een windturbine is feitelijk een reflectie van het aantal woningen binnen een straal van 2km. Op basis van het aantal omliggende woningen kan dus het totale waardeverlies worden berekend. We hebben in Sectie 3.7 vooral aandacht gegeven aan de totale en gemiddelde effecten en de aantallen woningen op verschillende afstanden en de verdeling van het woningwaardeverlies.

Vraag 6.3.3 In dit rapport worden de effecten gemeten van de eerste turbine in de buurt. Zijn er geen extra effecten op woningwaarde als er meerdere turbines geplaatst worden? ■

In **D+K** laten we zien dat een extra turbine niet (statistisch aantoonbaar) leidt tot extra prijsdalingen. Voor de volledigheid hebben we dit nogmaals onderzocht voor de huidige steekproef. De resultaten zijn weergegeven in Tabel 6.1. Er zijn twee manieren waarop er een extra effect kan optreden. Ten eerste kan het zijn dat er een extra turbine dichterbij geplaatst wordt dan oorspronkelijk binnen 2km al het geval was. Dit komt maar zelden voor. Het draait hier om 919 observaties. Als we deze observaties niet meenemen in de regressie-analyse (zie kolom (1)) blijven de resultaten nagenoeg gelijk aan hetgeen zoals gerapporteerd in het rapport (-2.1%, zie Tabel 3.2, kolom (2)). Ten tweede kunnen er meerdere turbines geplaatst worden en dit kan ook variëren over de tijd. Middels het toevoegen van interactie-effecten met het aantal turbines op een gegeven punt in de tijd blijkt dat met name de eerste turbine een effect heeft op woningwaarde. Dit effect is -1.8% en statistisch niet te onderscheiden van het basiseffect dat vermeld wordt in Tabel 3.2. De interactie-effecten zijn klein en zeker niet statistisch significant. In deze regressie hebben we overigens niet gekeken naar hoe de windturbines qua plaatsing zich onderling tot elkaar verhouden: zijn ze bijvoorbeeld in 1 rechte lijn achter elkaar ten opzichte van de woning geplaatst. Verder inzicht en discussie omtrent zichtbaarheid en inpassing in het landschap zou wenselijk zijn.

Vraag 6.3.4 Zijn er regionale verschillen te zien? ■

De gemiddelde waardedaling van alle woonhuizen binnen een straal van 2km van een turbine is €0.57 miljoen, maar dit verschilt erg per turbine. Hieruit concluderen we dat sommige turbines misschien dus niet staan waar ze zouden moeten staan, maar er zijn genoeg turbines die niet zo'n groot effect hebben.

Voorts kan het kan best zijn dat er regionale verschillen in de effecten op een individueel huis zijn (zie **D+K** voor een schatting per provincie). Maar we vragen ons af of dit erg informatief is. Deze verschillen zijn waarschijnlijk toe te schrijven aan bijvoorbeeld het gebruikte type turbine, hoe dichtbij woningen staan binnen 2km, etc., en niet aan de regio per se.

Tabel 6.1: Effect plaatsing van meerdere turbines op woningprijzen (1985-2019)
(Afhankelijke variabele: logaritme van woningprijzen)

	(1)	(2)
	Geen turbines dichtbij geplaatst	Meerdere turbines
Windmolen geplaatst <2km	-0,0214*** (0,0048)	-0,0184*** (0,0053)
Windmolen geplaatst <2km ×, 2 ^e turbine		-0,0082 (0,0062)
Windmolen geplaatst <2km ×, 3 ^e turbine		-0,0007 (0,0068)
Windmolen geplaatst <2km ×, 4 ^e turbine		-0,0070 (0,0101)
Windmolen geplaatst <2km ×, 5 ^e turbine		-0,0128 (0,0098)
Woningkenmerken	✓	✓
Postcode fixed effects	✓	✓
Jaar en maand fixed effects	✓	✓
Observaties	709.784	710.703
R ²	0,92	0,92

Notitie: Deze tabel is gebaseerd op woningprijzen vanuit de NVM (Brainbay) tussen 1985 en 2019. Standaardfouten zijn geclusterd op buurniveau en staan tussen haakjes.
*** p<0,01, ** p<0,05, * p<0,10.

Vraag 6.3.5 Kunnen de gevonden resultaten worden doorgetrokken naar turbines hoger van gemiddeld 150 meter? ■

Ja, de hele grote turbines van 200m tiphoogte zijn al meegenomen in de categorie ‘gemiddeld hoger dan 150m’. Of nog grotere turbines een nog groter effect hebben zal de toekomst uit moeten wijzen. De lijn die nu te zien is in de Figuur 3.4 of Figuur 3.5, zou je door kunnen trekken naar beneden. Er vind momenteel nog geen afvlakking plaats op basis van hoogte. Het effect lijkt nagenoeg lineair. Wel is 150m tiphoogte nu de grens voor obstakelverlichting. Boven deze hoogte komt er een lampje bij, wat mogelijkwijs zal bijdragen aan de overlast en dus aan de waardedaling. Dit effect is echter te subtiel om terug te zien in onze data en moeilijk te meten.

Vraag 6.3.6 Is de woningwaardedaling tijdelijk of permanent en hoe zit het met verwijdering/sanering van windturbines? ■

De daling lijkt permanent te zijn. In **D+K** laten we zien dat er anticipatie-effecten plaatsvinden enkele jaren van tevoren. Ook bijvoorbeeld tien jaar na de bouw zijn er nog steeds effecten te zien. Er is geen sprake van een gewinningseffect. Voor een koper zal het ook niet uitmaken of de turbine er één of tien jaar staat. Wel suggereert de gebruikte methode dat de verwijdering van windturbines mogelijk waardestijging tot gevolg zal hebben. 380 van de 2695 turbines in onze dataset zijn gesaneerd. Dit is een relatief nieuw fenomeen dat we verder niet uitgebreid onderzocht hebben.

Ter indicatie, het corrigeren van de opening van windturbines (de variabele in Tabel 3.2, kolom (2)) voor sluitingen en het separaat meenemen van sluitingen als variabele geeft een effect van respectievelijk -0.023 (met een standaardfout van 0.0058) voor openingen en -0.018 (met een standaardfout van 0.0073) voor sluitingen. De woningwaardedaling van openingen blijft dus gelijk. Bij sluitingen is er nog steeds een woningwaardedaling. Dit kan omdat er vaak nieuwe turbines

voor in de plaats komen (of in de buurt worden gebouwd) of omdat er nog steeds andere turbines in de buurt staan. Om dit effect nader te duiden is echter verder onderzoek nodig.

Vraag 6.3.7 Hebben slagschaduw en geluid, waargenomen van dichtbij, meer effect dan horizonvervuiling, waargenomen van veraf? ■

Dat is perceptie en verschilt dus per persoon. In **D+K** is dit nader onderzocht. Het effect van slagschaduw en geluid apart meten van horizonvervuiling bleek daarbij moeilijk. We meten dus vooral de totale impact op woningwaarde. De data in deze studie laten ook wel zien dat horizonvervuiling op langere afstanden een rol speelt, anders zou de curve in Figuren 3.3 en 3.2 na 1000m sterker afvlakken en op 0% uitkomen omdat na 1km er geen geluidsoverlast meer is. Perceptie wordt ook meegenomen in het onderzoek door het RIVM (zie Van Kamp e.a., 2013). Bij Houten is ook onderzoek gedaan naar de komst van een windturbinepark, waaruit bleek dat omwonenden niet blij waren met een nieuw windturbinepark vanwege de aantasting van het landschap en de veronderstelde woningwaardedaling. Dergelijke effecten komen uiteraard tot uiting in onze resultaten.

Vraag 6.3.8 In hoeverre is informatie over de nieuwe geluidsnormen, opgesteld in 2011, terug te vinden in de resultaten? ■

Conditioneel op de hoogte zijn de effecten niet veranderd over de tijd. Maar geluid heeft natuurlijk ook te maken met hoogte. Binnen 500m is er na 2011 juist een sterker negatief effect gevonden (ongeacht de hoogte), maar waar dit door komt is moeilijk te duiden. Ook is het effect statistisch onzeker. Om dit nader te onderzoeken zou er verdere informatie nodig zijn over geluidshinder maar ook met betrekking tot of moderne turbines al dan niet minder geluid produceren en tot hoever dit geluid exact reikt.

Vraag 6.3.9 Dalen woningwaardes in een gebied waar bedrijventerreinen komen/zijn gekomen? ■

Dit is niet relevant voor onze resultaten waar we kijken naar de effecten van turbines op woningwaardes. De effecten van bedrijventerreinen op woningwaardes kunnen allicht apart worden onderzocht. De Vor en De Groot (2011) vinden bewijs dat woningwaardes dalen nabij bedrijventerreinen.

Vraag 6.3.10 Wat is de invloed op woningwaardes als er nog geen turbines staan; is dat anders dan wanneer er al wel turbines staan (zoals in Flevoland)? ■

Jazeker, we vinden in **D+K** (en ook met de nieuwe dataset) dat alleen de eerste turbine binnen 2km een effect heeft op woningwaardes. Daarna zijn de effecten niet statistisch verschillend van 0 en meestal ook relatief klein.

6.4 Overige vragen

Vraag 6.4.1 Wat betekenen deze resultaten voor de planschaderegeling? ■

Planschade wordt per geval behandeld en niet op basis van een generiek resultaat als gepresenteerd in dit rapport. Deze gemiddelde resultaten zeggen dus niet per se iets over een individuele casus. Het eigen risico bedraagt nu 2%, bij inwerkingtreding van de Omgevingswet in 2021 wordt dit 4%. In de MER wordt planschade niet meegenomen, terwijl er wel duidelijk een woningwaardedaling plaatsvindt. Binnen 500 meter vanaf een woning worden zeer weinig turbines gebouwd. Individuele taxaties zullen daar moeten uitwijzen wat de (gemiddelde) woningwaardedalingen zijn.

Vraag 6.4.2 Hoe hangt deze studie samen met de WOZ-waarden van woningen, die gemeenten jaarlijks bepalen? ■

De hedonische prijsmethode wordt in veel gevallen ook gebruikt voor het bepalen van de WOZ-waarde. We hebben geen WOZ-waarden gebruikt om de waardedaling te berekenen omdat we gebruik konden maken van daadwerkelijke transactiepreizen.

Vraag 6.4.3 Verwachten jullie dat het woningwaardeverlies in relatieve zin de komende jaren veel hoger wordt? ■

Eenzijds worden er inderdaad hogere turbines gebouwd, dus zal het effect sterker worden. Hierbij moet wel worden opgemerkt dat we een lichte afvlakking zien in de hoogte van nieuwgebouwde turbines in Figuur 3.4. Tenslotte zien we dat, buiten het feit dat turbines hoger worden, de perceptie ten aanzien van windturbines niet noemenswaardig verandert (zie Figuur 3.8).

Vraag 6.4.4 Wat vinden jullie een realistische manier van compensatie die bewoners zouden moeten krijgen? ■

Dit rapport gaat nadrukkelijk niet over wat de juiste manier zou moeten zijn om bewoners al dan niet te compenseren. Het rapport toont aan dat er woningwaardeverlies is nabij turbines en waarschijnlijk ook nabij zonneparken. Het is een politiek-juridische beslissing of en hoe bewoners gecompenseerd dienen te worden voor deze of andere ruimtelijke ingrepen.

Vraag 6.4.5 Rondom windparken worden momenteel zonneparken gepland, waardoor de grond verhardt. Zonneparken zelf maken niet zoveel lawaai, maar ze reflecteren het geluid van de omgeving, dus ook van windturbines. Wanneer deze combi-parken er staan, zal er wellicht een negatiever effect voor zowel wind- als zonneparken worden gevonden. ■

Omdat geluidsoverlast vaak lokaal is is het bijzonder lastig om zulke subtiele effecten te meten. Conditioneel op windturbines in de buurt (zie Tabel 4.2) vinden we echter geen ander effect van zonneparken op woningwaarde.

Vraag 6.4.6 Waarom zijn er zo weinig observaties van zonneparken? ■

De bouw van zonneparken is een relatief recent fenomeen. Er zitten op het moment zoveel zonneparken in de pijplijn, dat dit onderzoek voor wat betreft zonneparken over een aantal jaar nog een keer gedaan moet worden om preciezere schattingen te krijgen.

Vraag 6.4.7 Verandert de perceptie voor windturbines over de tijd? ■

Als we de resultaten corrigeren voor turbinehoogte, zien we niet dat de effecten nog negatiever worden over de tijd. Voor een gegeven hoogte, verandert de perceptie dus niet. Echter hogere turbines hebben wel een grotere woningwaardedaling tot gevolg. Of hogere maar minder turbines voordeliger uitpakken voor bewoners (qua perceptie) zou nader onderzocht moeten worden.



Literatuur

- Ahlfeldt, G. en W. Maennig (2010). “Substitutability and Complementarity of Urban Amenities: External effects of Built Heritage in Berlin”. In: *Real Estate Economics* 38.2, p. 285–323.
- Ahlfeldt, G., W. Maennig en F. Richter (2016). “Urban Renewal after the Berlin Wall: A Place-based Policy Evaluation”. In: *Journal of Economic Geography*, Forthcoming.
- Anderson, S. en S. West (2006). “Open Space, Residential Property Values, and Spatial Context”. In: *Regional Science and Urban Economics* 36.6, p. 773–789.
- Bajari, P., J. Fruehwirth, K. Kim en C. Timmins (2012). “A Rational Expectations Approach to Hedonic Price Regressions with Time-Varying Unobserved Product Attributes: The Price of Pollution”. In: *American Economic Review* 102.5, p. 1898–1926.
- Bayer, P., F. Ferreira en R. McMillan (2007). “A Unified Framework for Measuring Preferences for Schools and Neighborhoods”. In: *Journal of Political Economy* 115.4, p. 588–638.
- Black, S. (1999). “Do Better Schools Matter? Parental Valuation of Elementary Education”. In: *Quarterly Journal of Economics* 114.2, p. 577–599.
- Bohlen, C. en L. Lewis (2009). “Examining the Economic Impacts of Hydropower Dams on Property Values Using GIS”. In: *Journal of Environmental Management* 90.SUPPL. 3.
- Carter, J. (2011). “The Effect of Wind Farms on Residential Property Values in Lee County, Illinois”. In: *Preliminary draft, Spring 2011, Illinois State University*.
- Chay, K. en M. Greenstone (2005). “Does Air Quality Matter? Evidence from the Housing Market Michael Greenstone”. In: *Journal of Political Economy* 113.2, p. 376–424.
- Colwell, P. (1990). “Power Lines and Land Value”. In: *Journal of Real Estate Research* 5, p. 117–127.
- Court, A. (1939). “Hedonic Price Indexes with Automotive Examples”. In: *The Dynamics of Automobile Demand*. New York: General Motors, p. 98–119.
- Daams, M. N. en F. J. Sijtsma (2019). “Windparken en Woningprijzen in Groningen en Drenthe”. In: *Rapportage in opdracht van RTV Noord en RTV Drenthe*.
- Davis, L. (2011). “The Effect of Power Plants on Local Housing Values and Rents”. In: *Review of Economics and Statistics* 93.4, p. 1391–1402.

- De Vor, F. en H. L. F. De Groot (2011). “The Impact of Industrial Sites on Residential Property Values: A Hedonic Pricing Analysis for the Netherlands”. In: *Regional Studies* 45.5, p. 609–623.
- Delancy, C. J. en D. Timmons (1992). “High Voltage Power Lines: Do They Affect Residential Property Value?” In: *Journal of Real Estate Research* 7, p. 315–328.
- Des Rosiers, F. (2002). “Power Lines, Visual Encumbrance and House Values: A Microspatial Approach to Impact Measurement”. In: *Journal of Real Estate Research* 23.3, p. 275–302.
- Dröes, M. en H. R. A. Koster (2014). “Renewable Energy and Negative Externalities: The Effect of Wind Turbines on House Prices”. In: *Tinbergen Institute Discussion Paper TI 2014-124/VIII*.
- (2016). “Renewable Energy and Negative Externalities: The Effects of Wind Turbines on House Prices”. In: *Journal of Urban Economics* 96, p. 121–141.
- Francke, M. en K. Lee (2014). *De Ontwikkelingen op de Woningmarkt rond het Groningenveld: Actualisatie 1e en 2e kwartaal 2014*. Tech. rap. Rotterdam: Ortec Finance Research Center.
- Gibbons, S. (2015). “Gone With the Wind: Valuing the Local Impacts of Wind Turbines Through House Prices”. In: *Journal of Environmental Economics and Management* 72, p. 177–196.
- Gibbons, S., S. Machin en O. Silva (2013). “Valuing School Quality using Boundary Discontinuities”. In: *Journal of Urban Economics* 75.1, p. 15–28.
- Greenstone, M. en J. Gallagher (2008). “Does Hazardous Waste Matter? Evidence from the Housing Market and the Superfund Program”. In: *The Quarterly Journal of Economics* 123.3, p. 951–1004.
- Griliches, Z. (1961). “Hedonic Price Indexes for Automobiles: An Econometric of Quality Change”. In: *The Price Statistics of the Federal Government*. NBER, p. 173–196.
- Hoehn, B. en C. Atkinson-Palombo (2016). “Wind Turbines, Amenities and Disamenities: A study of Home Value Impacts in Densely Populated Massachusetts”. In: *Journal of Real Estate Research* 38.4, p. 473–504.
- Hoehn, B., R. Wisser, P. Cappers, M. Thayer en B. Sethi (2010). “Wind Energy Facilities and Residential Properties: The Effect of Proximity and View on Sales Prices”. In: *American Real Estate Society Annual Conference, Naples, Florida, 14-17 April 2010*.
- Irwin, E. (2002). “The Effects of Open Space on Residential Property Values”. In: *Land Economics* 78.4, p. 465–480.
- Jensen, C. A., T. E. Panduro en T. Hedemark-Lundhede (2014). “The Vindication of Don Quixote: The Impact of Noise and Visual Pollution from Wind Turbines”. In: *Land Economics* 90.4, p. 668–682.
- Jensen, C. A., T. E. Panduro, T. Hedemark-Lundhede, A. S. Elberg-Nielsen, M. Dalsgaard en B. Jellesmark-Thorsen (2018). “The Impact of On-shore and Off-shore Wind Turbine Farms on Property Prices”. In: *Energy Policy* 116, p. 50–59.
- Jones, P., D. Hillier en D. Comfort (2014). “Solar farm Development in the United Kingdom”. In: *Property Management* 32.2, p. 176–184.
- Kinnard, W. N. en S. A. Dickey (2000). “High Voltage Transmission Lines and Residential Property Values: New Findings about Unobstructed Views and Tower Construction”. In: *Paper presented at the 16th Annual Meeting of the American Real Estate Society*.
- Koster, H. R. A. en J. Rouwendal (2017). “Historic Amenities and Housing Externalities: Evidence from the Netherlands”. In: *Economic Journal* 127, F396–F420.
- Koster, H. R. A. en J. N. Van Ommeren (2015). “A Shaky Business: Natural Gas Extraction, Earthquakes and House Prices”. In: *European Economic Review* 80, p. 120–139.
- (2019). “Place-based Policies and the Housing Market”. In: *Review of Economics and Statistics* 101.3, p. 1–15.
- Koster, H. R. A., J. N. Van Ommeren en P. Rietveld (2016). “Historic Amenities, Income and Sorting of Households”. In: *Journal of Economic Geography* 16.1, p. 203–236.

- Ladenburg, J. en A. Dubgaard (2007). “Willingness to Pay for Reduced Visual Disamenities from Offshore Wind Farms in Denmark”. In: *Energy Policy* 35, p. 4059–4071.
- Lang, C., J. Opaluch en G. Sfinarolakis (2014). “The Windy City: Property Value Impacts of Wind Turbines in an Urban Setting”. In: *Energy Economics* 44, p. 413–421.
- Lazrak, F., P. Nijkamp, P. Rietveld en J. Rouwendal (2014). “The Market Value of Cultural heritage in Urban Areas: An Application of Spatial Hedonic Pricing”. In: *Journal of Geographical Systems* 16.1, p. 89–114.
- Maddison, D., R. Ogier en A. Beltran (2019). “The Disamenity Impact of Solar Farms: A Hedonic Analysis”. In: *Working Paper, University of Birmingham*.
- Muehlenbachs, L., E. Spiller en C. Timmins (2012). “Shale Gas Development and Property Values: Differences across Drinking Water Sources.” In: *NBER working paper 18390*.
- Pitts, J. M. en T. O. Jackson (2007). “Power Lines and Property Values Revisited”. In: *Appraisal Journal* 75, p. 323.
- Rosen, S. (1974). “Hedonic Prices and Implicit Markets: Product Differentiation in Pure Competition”. In: *Journal of Political Economy* 82.1, p. 34.
- Rouwendal, J. en J. Van der Straaten (2008). “The Costs and Benefits of Providing Open Space in Cities”. In: *Tinbergen Institute Discussion Paper TI 2008-001/3*.
- Scheele-Goedhart, J. (2012). *Windturbines en Woningwaarden: Inventarisatie Internationale Literatuur*. Tech. rap. Amsterdam: Agentschap NL.
- Sims, S. en P. Dent (2005). “High-voltage Overhead Power Lines and Property Values: A Residential Study in the UK”. In: *Urban Studies* 42.4, p. 665–694.
- Sims, S., P. Dent en R. Oskrochi (2008). “Modelling the Impact of Wind Farms on House Prices in the UK”. In: *International Journal of Strategic Property Management* 12, p. 251–269.
- Sunak, Y. en R. Madlener (2016). “The Impact of Wind Farm Visibility on Property Values: A Spatial Difference-in-Differences Analysis”. In: *Energy Economics* 55, p. 79–91.
- Tenten Solar (2019). *Zonnepanelen: van Wp naar kWh*.
- Van Duijn, M., J. Rouwendal en R. Boersema (2016). “Redevelopment of Industrial Heritage: Insights into External Effects on House Prices”. In: *Regional Science and Urban Economics* 57, p. 91–107.
- Van Kamp, I., A. Dusseldorp, G. P. Van den Berg, W. I. Hagens en M. J. A. Slob (2013). “Windturbines: Invloed op de Beleving en Gezondheid van Omwonenden”. In: *RIVM Rapport 200000001/2013*.
- Van Marwijk, R., O. Levkovich en J. Rouwendal (2013). *Invloed van windturbines op woningprijzen*. Tech. rap. Amsterdam: Agentschap NL.
- Von Möllendorf, C. en H. Welsch (2017). “Measuring Renewable Energy Externalities: Evidence from Subjective Well-Being Data”. In: *Land Economics* 93, p. 109–126.
- Vyn, R. J. (2018). “Property Value Impacts of Wind Turbines and the Influence of Attitudes toward Wind Energy”. In: *Land Economics* 94, p. 496–516.
- Vyn, R. J. en R. M. McCullough (2014). “No Title The Effects of Wind Turbines on Property Values in Ontario: Does Public Perception Match Empirical Evidence?” In: *Canadian Journal of Agricultural Economics* 62, p. 365–392.