Anna van Buerenplein 1
2595 DA Den Haag
Postbus 96800
2509 JE Den Haag

www.tno.nl

T +31 88 866 00 00

TNO-rapport

TNO 2022 P10374

De verwachte impact van windturbines op huizenprijzen in Nederland. Een ruimtelijke analyse voor de periode 2020-2030

Datum	3 maart 2022
Auteur(s)	Peter Mulder Hettie Boonman Reinier Sterkenburg
Aantal pagina's	56 (incl. bijlagen)
Aantal bijlagen	3
Projectnummer	060.48216/01.01.03

Alle rechten voorbehouden.
Niets uit deze uitgave mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor opdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.
Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

© 2022 TNO

Inhoudsopgave

Lijst van tabellen en figuren 3

Samenvatting 4

1 Inleiding 8

2 Doelstelling 9

3 Methode 10
3.1 Het effect van windturbines op huizenprijzen 10
3.2 De aantallen, kenmerken en locaties van windturbines tot 2030 14

4 Resultaten 20
4.1 Hoeveel windturbines komen er en wat is hun vermogen? 20
4.2 Hoeveel woningen staan er straks in de nabijheid van windturbines? 23
4.3 Hoe groot is de relatieve waardedaling van de getroffen woningen? 25
4.4 Neemt de ruimtelijke ongelijkheid van getroffen woningen op termijn toe? 29
4.5 Krijgen gemeenten met een relatief lage gemiddelde woningwaarde relatief veel turbines? 30
4.6 Hoeveel en welke windturbines veroorzaken hoeveel waardedaling? 32
4.7 Hoe verhoudt het woningwaardeverlies zich tot de kosten van een turbine? 35

5 Reflectie: de optimale spreiding van windturbines 37
5.1 Een denkraam 37
5.2 Hoe (sub-)optimaal is de spreiding van windturbines in Nederland? 39
5.3 Handelingsperspectief 42

6 Conclusies 47

Referenties 52

Bijlage(n)
A Over de hedonistische prijsmethode
B Berekening externe kosten turbine
C Verwijzingen gebruikte RES documenten

Lijst van tabellen en figuren

Tabellen

Tabel 1 Windturbines: aantal en opgesteld vermogen per provincie
Tabel 2 Effect van windturbines: aantal getroffen huizen per provincie
Tabel 3 Effect van windturbines: waardedaling huizen per provincie
Tabel 4 Top-10 windturbines met het hoogste aantal getroffen huizen in 2030
Tabel 5 Woningwaardedaling per turbine van verschillende omvang (tiphoogte)
Tabel 6 Aantal woningen in nabijheid van windturbine
Tabel 7 Totale woningwaardedaling per afstandscategorie
Tabel B.1 Achtergronddata Tabel 5

Figuren

Figuur 1 Waardedaling woningen (in %) als functie van afstand tot en hoogte van windturbines
Figuur 2 Tijdslijn nationaal programma Regionale Energiestrategieën (RES). Bron: media.regionale-energiestrategie.nl
Figuur 3 Voorbeeld van locatie windturbines (blauwe ster) en hun 'invloedsgebieden'. Kaartdata van OpenStreetMaps
Figuur 4 Locatie van alle windturbines in Nederland per 2030, gedifferentieerd naar tijd van plaatsing. (Kaartdata van de Basisregistratie Topografie (BRT))
Figuur 5 Gemiddelde tiphoogte van nieuwe windturbines over de tijd
Figuur 6 Opgesteld vermogen windenergie per gemeente in 2020 (links) en 2030 (rechts) (Kaartdata van OpenStreetMaps)
Figuur 7 Gemiddelde percentage getroffen woningen in 2020 (links) en 2030 (rechts) (Kaartdata van OpenStreetMaps)
Figuur 8 Gemiddelde procentuele waardedaling per woning in 2020 (links) en 2030 (rechts) ten opzichte van de situatie waarop er geen enkele windturbine in Nederland zou staan (Kaartdata van OpenStreetMaps)
Figuur 9 Procentpunt verschil in gemiddelde procentuele waardedaling per huis voor gemeenten tussen 2030 en 2020 (Kaartdata van OpenStreetMaps)
Figuur 10 Lorenz-curve voor de verdeling van windturbines over gemeenten
Figuur 11 Locatie windturbine in relatie tot woningwaarde en bevolkingsdichtheid, per gemeente
Figuur 12 Lorenz-curve voor de verdeling van windturbine-effecten (getroffen huizen en waardedaling voor de windturbine ‘populatie’ in 2030
Figuur 13 Locaties van de 10% windturbines die meeste woningwaardedaling veroorzaken
Figuur 14 De afruil tussen totale lasten en gelijke verdeling bij het kiezen van windturbine locaties
Figuur 15 De afruil bij tussen totale lasten en gelijke verdeling bij het kiezen van windturbine locaties
Figuur 16 De relatie – op gemeenteniveau – tussen geplaatst windturbinevermogen, aantal getroffen huizen en totale waardevermindering
Figuur 17 Inschatting van de afruil tussen totale lasten en gelijke verdeling qua windturbine locaties

Samenvatting

Het plaatsen van meer windturbines op land is een belangrijk onderdeel van de strategie om de klimaatdoelstellingen in Nederland te halen. Maar windturbines geven overlast door geluid en slagschaduw en hebben impact op het landschapsbeeld. Deze ‘externe effecten’ van windturbines op hun directe omgeving hebben een aantoonbaar negatief effect op de relatieve waarde van woningen in de nabijheid van windturbines: de waardeontwikkeling van deze woningen blijft achter ten opzichte van vergelijkbare woningen waar geen windturbines in de buurt staan.

In deze studie schatten we voor het eerst de impact van *toekomstige* windturbines op huizenprijzen in Nederland, voor de periode tot 2030. Eventuele negatieve effecten van windturbines op gezondheid of de natuur laten we in onze analyse buiten beschouwing. De lasten van windturbines op land zijn in onze studie louter gedefinieerd in termen van relatief woningwaardeverlies.

In onze analyse koppelen we het huizenprijseffect aan een ruimtelijk verdelingsvraagstuk: welke gemeenten krijgen in welke mate te maken met (relatieve) woningwaardedaling? Inzicht in deze verdelingseffecten kan helpen bij het maken van inclusief energietransitiebeleid, waarbij adoptie van duurzame energietechnologieën kan rekenen op maatschappelijk draagvlak en de lasten worden verdeeld op een manier die als rechtvaardig wordt beschouwd.

We beantwoorden in deze studie de volgende vragen:
1. Hoeveel windturbines zijn er gepland en wat is hun vermogen?
2. Hoeveel woningen staan er straks in de nabijheid van windturbines?
3. Hoe groot is de relatieve waardedaling van de getroffen woningen?
4. Neemt de ruimtelijke ongelijkheid van getroffen woningen op termijn toe?
5. Krijgen gemeenten met een relatief lage gemiddelde woningwaarde relatief veel turbines?
6. Hoeveel en welke windturbines veroorzaken hoeveel waardedaling?
7. Hoe verhoudt het woningwaardeverlies zich tot de kosten van een turbine?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden hebben we uit de 30 Regionale Energiestrategieën (RES, versie 1.0) alle beschikbare informatie verzameld over de locatie, hoeveelheid en vermogen van geplande windturbines tot 2030 en dit zo goed mogelijk op de kaart van Nederland gezet. Ter vergelijking hebben we dit ook gedaan voor alle bestaande windturbines. We koppelen deze informatie aan gedetailleerde ruimtelijke gegevens over aantallen en waarde van woningen en kengetallen over het effect van bestaande windturbines op (de historische ontwikkeling van) huizenprijzen, als functie van zowel turbinehoogte als afstand tot de turbine. Deze kengetallen zijn voor Nederland recent berekend door Dröes en Koster (2021) in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK). Omwille van de zuiverheid van de berekening kijken we voor de situatie in 2030 alleen naar het effect van nieuwe turbines, terwijl we al het overige dat tot die tijd zal veranderen – waaronder huizenprijzen en aantallen woningen – constant houden (ceteris paribus). Onze analyse extrapoleert in feite de studie van Dröes en Koster (2021) richting 2030.

Uit ons onderzoek blijkt dat bij volledige realisatie van de RES-plannen, er tussen 2020 en 2030 naar verwachting ruim 1.400 windturbines op land bij komen (een groei van 75%), samen goed voor ongeveer 5.5 GW nieuw opgesteld vermogen (een groei van 147%). Het aantal woningen in de nabijheid van windturbines groeit naar verwachting van bijna 900 duizend in 2020 (12% van het totaal) tot ruim 1.6 miljoen in 2030 (22% van het totaal, bij gelijkblijvende woningvoorraad). Voor alle woningen in de nabijheid van windturbines samen bedraagt het geschatte relatieve waardeverlies ongeveer €15,5 miljard in de situatie van 2030 (ceteris paribus, met 2020 huizenprijzen); in 2020 was dat ongeveer €5,7 miljard.

Deze relatief sterke toename van het totale woningwaardeverlies wordt veroorzaakt door twee ontwikkelingen: i) doordat er meer turbines komen, staan ze onvermijdelijk vaker dichter op huizen en ii) nieuwe turbines zijn gemiddeld hoger dan bestaande turbines. Zowel een grotere turbinehoogte als een kortere afstand tot de turbine leidt tot een groter huizenprijseffect.

Het is belangrijk om de totale geschatte waardedaling in perspectief te zien. Per woning bedroeg de relatieve woningwaardedaling in de nabijheid van windturbines gemiddeld 2.6% in 2020, voor de situatie in 2030 is dat gemiddeld 3.8%. Uitgedrukt in huizenprijzen van 2020 betekent dit voor de situatie in 2030 een relatieve waardedaling van gemiddeld €9.295 per woning, tegen €6.356 in 2020.

Er zijn bovendien grote verschillen tussen windturbines voor wat betreft hun effect op woningen: de 10% windturbines met de meeste impact op de woningmarkt in 2030 veroorzaken samen 67% van het totale relatieve woningwaardeverlies; het gaat hier om 60% van alle huizen in de nabijheid van turbines. Deze ‘top-10% windturbines’ liggen voornamelijk in de Randstad, waar het door de relatief hoge bevolkingsdichtheid moeilijker is om turbines op afstand van woningen te plaatsen.

Het huizenprijseffect treedt op binnen een straal van 2.5 km rond een windturbine, waarbij sprake is van een afruil: dichter bij de turbine is het effect per woning groter maar staan doorgaans ook minder huizen. Uit onze analyse blijkt dat bijna 70% van de totale waardevermindering woningen betreft die tussen 1.5 km en 2.5 km van een turbine liggen, terwijl ongeveer 8% van het totale waardeverlies optreedt binnen een straal van 1 kilometer van een turbine.

De impact van windturbines op huizenprijzen is op dit moment zeer ongelijk verdeeld over de ruimte. In 2020 stonden de meeste windturbines in de kustprovincies plus Flevoland. Friesland kent met afstand het hoogste percentage huizen op korte afstand van windturbines terwijl de grootste aantallen huizen in de nabijheid van windturbines zijn te vinden in de meer dichtbevolkte provincies Noord- en Zuid-Holland. Nieuwe windturbines tot 2030 zijn daarentegen vooral landinwaarts gepland, met name in de provincies Noord-Brabant, Zuid Holland, Gelderland, Overijsel en (Noord-)Limburg. Als gevolg hiervan neemt de ruimtelijke ongelijkheid van de impact van windturbines aanzienlijk af richting 2030, wanneer ruim 70% van de gemeenten huizen bevat binnen een straal van 2,5 km van windturbines, terwijl dat in 2020 nog gold voor ruim 50% van de gemeenten.

Onze analyse laat zien dat de groei van het totale relatieve woningwaardeverlies door toename van het aantal windturbines op land, aanzienlijk wordt gedempt door deze gelijkmatiger ruimtelijke verdeling van turbines per 2030. Voor zover die

gelijkmatiger ruimtelijke verdeling het gevolg is van het decentrale RES-proces, kan van een succesvol traject worden gesproken.

De meeste (toekomstige) windturbines staan logischerwijs in gemeenten met een relatief lage bevolkingsdichtheid en (dus) relatief lage huizenprijzen. Desondanks zien we in de data geen patroon dat windturbines onevenredig vaak geplaatst worden in gemeenten met de laagste gemiddelde woningwaarden; integendeel, de spreiding in termen van gemiddelde woningwaarde per gemeente is opvallend gelijkmatig, met name in 2030.

De negatieve impact van windturbines op huizenprijzen is een typisch voorbeeld van zogeheten ‘externe kosten’: productiekosten die niet worden gedragen door de eigenaar van de turbine maar worden afgewenteld op de directe omgeving, alwaar ze tot welvaartsverlies voor omwonenden leidt. In principe kunnen we deze kosten toerekenen aan de turbine. Uit die berekening blijkt dat voor een gangbare grote turbine (>150 meter tiphoogte) het gemiddelde woningwaardeverlies overeenkomt met 14,4% van de constructiekosten. Indien de eigenaren van turbines de gehele kosten van het woningwaardeverlies zouden dragen en doorberekenen aan de consumenten van elektriciteit, dan nemen de productiekosten van windenergie toe met 0,25 cent/kWh (bij een veronderstelde 25-jarige levensduur van een turbine). Dit komt overeen met een prijsstijging van 7,9% per kWh windenergie.

Inzicht in ruimtelijke verdelingseffecten kan helpen bij het maken van inclusief energietransitiebeleid, waarbij adoptie van duurzame energietechnologieën kan rekenen op maatschappelijk draagvlak en de lasten worden verdeeld op een manier die als rechtvaardig wordt beschouwd. In dit kader schetsen we, op basis van de resultaten van onze analyse, vijf handelingsperspectieven.

1. De zoektocht naar de economisch optimale ruimtelijke verdeling van windturbines op land kenmerkt zich door een afruil tussen het minimaliseren van het totale woningwaardeverlies enerzijds en een gelijke ruimtelijke verdeling van dit verlies anderzijds. Dit vraagt om een combinatie van de RES aanpak vanuit de regio en nationale coördinatie.

   Immers, de, politieke afwegingen die hierin meekomen kunnen niet alleen lokaal gemaakt worden. Daarbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan afwegingen inzake het plaatsen van meer turbines op industriële locaties (bv. de havengebieden) of het IJsselmeer (soort van near-shore).

2. Bij het identificeren van de meest geschikte locaties voor windturbines dient niet alleen rekening gehouden te worden met woningen zeer dicht bij een turbine, maar ook met woningen verder weg (tussen 1.5 en 2.5 km afstand).

   Dit wordt uiteraard niet eenvoudiger als het aantal turbines toeneemt, hetgeen het belang onderstreept van een gecoördineerde locatiekeuze om eventuele ruimtelijke afwenteling van overlast tussen gemeenten zoveel mogelijk te voorkomen; in dit opzicht speelt de RES-aanpak evident een belangrijke rol.

3. Als we het totale relatieve woningwaardeverlies willen minimaliseren is een beperkt aantal grote turbines te verkiezen boven een groter aantal kleine turbines.

De relatieve woningwaardedaling per MWh is namelijk aanzienlijk lager voor grote turbines dan voor kleine turbines, omdat grote turbines efficiënter zijn vanwege een schaaleffect (de productie van een turbine neemt kwadratisch toe met de grootte). De keerzijde daarvan is natuurlijk dat de relatief beperkte groep huizen in de nabijheid van grote turbines te maken krijgt met relatief veel waardedaling.

4. De locatie van de 10% turbines met de meeste impact op huizenprijzen verdient heroverweging.

   Een relatief klein aantal turbines is verantwoordelijk voor de meerderheid van de totale woningwaardedaling en zijn daarmee vanuit economisch perspectief onevenredig duur. Daarbij lijkt het raadzaam om te kijken naar mogelijkheden om turbines zoveel mogelijk te clusteren. Immers, uit het onderzoek van Dröes en Koster (2016, 2021) blijkt dat met name de eerste turbine in de nabijheid van een woning een effect heeft op woningwaarde.

5. Of, en zo ja in welke mate en door wie woningeigenaren in de nabijheid van turbines moeten worden gecompenseerd voor hun relatieve woningwaardedaling is een politieke keuze. Uit onze berekeningen blijkt dat de business case van (grote) windturbines, gemiddeld genomen, compensatie ruimschoots toe laat.

   Huidige compensatieregelingen (zoals planschade en omwonenden-regelingen) zijn niet eenduidig qua omvang en vormgeving, en veelal afhankelijk van projectontwikkelaars of juridische procedures op initiatief van omwonenden.

Disclaimer

Deze studie biedt, voor zover ons bekend, het eerste en meest volledige ruimtelijk gespecificeerde overzicht van alle geplande nieuwe windturbines tot 2030. Maar onze kaarten moeten met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd omdat de informatie op de kaarten onvermijdelijk imperfect is en onzekerheden bevat. Niet alle nieuwe turbines op onze kaarten zullen worden gerealiseerd op de exacte locatie zoals door ons geïdentificeerd. De reden daarvoor is drieërlei: i) niet alle RES-plannen zullen uiteindelijk worden gerealiseerd, ii) onze analyse houdt nog geen rekening met alle locatie-specifieke kenmerken (zoals bestemmingsplannen of restricties vanwege luchtvaart of radarverstoring), en iii) onze inventarisatie berust deels op aannames omdat nog niet alle RES-plannen voldoende specifiek zijn. Een aantal van deze aannames – in de studie lichten we ze uitgebreid toe – zal de komende jaren ongetwijfeld door de werkelijkheid worden ingehaald. Naarmate de RES-plannen nader worden uitgewerkt kan onze analyse worden bijgewerkt en ook op lokaal niveau meer accuraat worden.

De methode die wij gebruiken biedt veel mogelijkheden om de komende jaren, juist ook bij nieuwe informatie over energie infrastructuur en capaciteit of waarde van woningen, de impact van ons energiesysteem op de woonomgeving ruimtelijk expliciet te kwantificeren. Daarmee kan de door ons gebruikte aanpak behulpzaam zijn bij de keuzes die op verschillende bestuurlijke niveaus moeten worden gemaakt in de zoektocht naar een economisch optimale ruimtelijke verdeling van locaties voor hernieuwbare energie op land.

1 Inleiding

Nederland investeert in duurzaam opgewekte elektriciteit. In het Klimaatakkoord – de Nederlandse uitwerking van de internationale klimaatafspraken van Parijs – is afgesproken dat in 2030 75 procent van alle elektriciteit uit hernieuwbare bronnen komt. Op dit moment is dat aandeel 26% (PBL (2021a)). Tegelijk groeit door de energietransitie de vraag naar elektriciteit. Er zijn dus forse investeringen in een duurzame elektriciteitsvoorziening nodig. De duurzame energieopwekking gebeurt met windturbines op zee, op land en met zonnepanelen op daken en in zonneparken.

In deze studie kijken we naar duurzame energieopwekking met windturbines op land voor de periode 2020-2030. In het Klimaatakkoord is afgesproken dat 30 energieregio's in Nederland onderzoeken waar en hoe het best duurzame elektriciteit op land (wind en zon) opgewekt kan worden. Waar is ruimte en hoeveel? Zijn de plekken maatschappelijk gezien acceptabel en financieel haalbaar? In een Regionale Energiestrategie (RES) beschrijft elke energieregio zijn eigen keuzes.[1] Deze werkwijze sluit aan bij de wens van de overheid dat een duurzame energievoorziening niet alleen betrouwbaar en betaalbaar moet zijn maar ook inclusief.[2]

- Betrouwbaar: Hoe zorgen we ervoor dat de juiste energiedrager beschikbaar is op het juiste moment, op de juiste plaats, met de juiste hoeveelheid?
- Betaalbaar: Hoe kunnen we de voordelen van de energietransitie benutten en de maatschappelijk kosten minimaliseren?
- Inclusief: Hoe zorgen we voor een goede verdeling van de lusten en lasten van de energietransitie, en daarmee voor (behoud van) draagvlak onder burgers en bedrijven?

Over dit laatste zegt het Voortgangsoverleg Klimaatakkoord – ingesteld door de minister van Economische Zaken en Klimaat (EZK) en voorgezeten door Ed Nijpels – het volgende: "Draagvlak en acceptatie kunnen gerealiseerd worden als besluitvorming transparant is en de lusten en lasten eerlijk verdeeld worden. De eerlijke verdeling van lusten en lasten moet breed geïnterpreteerd worden: niet alleen financieel maar bijvoorbeeld ook ruimtelijk en sociaal. Dit betekent bijvoorbeeld bij hernieuwbare energie op land dat burgers en bedrijven de kans krijgen om mee te denken over waar projecten gerealiseerd worden en zo mogelijk ook kunnen delen in de opbrengst."[3]

Tegen deze achtergrond presenteren we in deze studie een analyse van de ruimtelijke verdeling van de lasten van windturbines op land. We definiëren die lasten concreet als het negatieve effect van windturbines op huizenprijzen.

---

[1] Zie website RES Nationaal Programma Regionale Energie Strategie (2021): https://www.regionale-energiestrategie.nl/default.aspx

[2] Zie www.klimaatakkoord.nl

[3] Zie https://www.klimaatakkoord.nl/themas/draagvlak-en-participatie

2 Doelstelling

Het plaatsen van meer windturbines op land is een belangrijk onderdeel van de strategie om de klimaatdoelstellingen in Nederland te halen. Maar windturbines geven overlast door geluid en slagschaduw en hebben impact op het landschapsbeeld. Dit heeft een aantoonbaar negatief effect op de relatieve waarde van woningen in de nabijheid van windturbines: de waardeontwikkeling van deze woningen blijft achter ten opzichte van vergelijkbare woningen waar geen windturbines in de buurt staan.

Het doel van dit onderzoek is om inzicht te krijgen in de ruimtelijke verdeling van de verwachte relatieve woningwaardedaling als gevolg van windturbines op land.

De zoektocht naar een economisch optimale ruimtelijke verdeling van windturbines op land kenmerkt zich door een fundamentele afruil tussen enerzijds het minimaliseren van het totale relatieve woningwaardeverlies en anderzijds een zoveel mogelijk gelijke verdeling van dit waardeverlies. In onze analyse koppelen we het huizenprijseffect van windturbines aan een ruimtelijk verdelingsvraagstuk: welke gemeenten krijgen in welke mate te maken met een woningwaardedaling? Inzicht in aard en omvang van deze ruimtelijke verdelingseffecten kan helpen bij het maken van inclusief energietransitiebeleid, waarbij adoptie van duurzame energietechnologieën kan rekenen op maatschappelijk draagvlak en de lasten worden verdeeld op een manier die als rechtvaardig wordt beschouwd.

We kijken in deze studie vooral naar de verwachte situatie voor 2030, en vergelijken die met de huidige situatie (eind 2020). Voor de verwachting omtrent 2030 baseren we ons op de plannen zoals in juli 2020 gepresenteerd in de 30 Regionale Energiestrategieën (versie 1.0).

We willen met deze analyse niet het draagvlak voor windturbines op land ondermijnen, door aan te tonen dat de kosten voor huiseigenaren in de buurt van turbines onaanvaardbaar hoog zijn. We streven evenmin naar het tegendeel: aantonen dat het allemaal wel meevalt met de negatieve effecten van windturbines op huizenprijzen. Met deze studie beogen wij niet meer en niet minder dan inzicht te geven in de verdeling van de lasten van toekomstige windturbines, uitgedrukt in woningwaarde, over de ruimte in Nederland. Wij hopen hiermee bij te dragen aan het vormgeven van een inclusieve energietransitie, waarbij de lasten en lusten door beleidsmakers zo worden verdeeld dat het draagvlak voor de energietransitie niet wordt ondermijnd maar wordt versterkt.

Om dit doel te bereiken, beantwoorden we in deze studie de volgende vragen:
1. Hoeveel windturbines zijn er gepland en wat is hun vermogen?
2. Hoeveel woningen staan er straks in de nabijheid van windturbines?
3. Hoe groot is de relatieve waardedaling van de getroffen woningen?
4. Neemt de ruimtelijke ongelijkheid van getroffen woningen op termijn toe?
5. Krijgen gemeenten met een relatief lage gemiddelde woningwaarde relatief veel turbines?
6. Hoeveel en welke windturbines veroorzaken hoeveel waardedaling?
7. Hoe verhoudt het woningwaardeverlies zich tot de kosten van een turbine?

3 Methode

We analyseren het verwachte effect van nieuwe windturbines op huizenprijzen. Dit betekent dat we moeten weten i) hoe huizenprijzen worden beïnvloed door de nabijheid van windturbines, en ii) waar de toekomstige windturbines komen te staan.

Voor i) baseren we ons op een recente studie van de economen Martijn Dröes (Universiteit van Amsterdam) en Hans Koster (Vrije Universiteit Amsterdam) waarin zij in opdracht van het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) de effecten van bestaande windturbines en zonneparken in Nederland op de waarde van omliggende woningen hebben geschat (Dröes en Koster (2019)). Voor ii) baseren wij ons op de recent gepubliceerde plannen voor nieuwe windturbines, zoals opgesteld door de 30 energieregio's in versie 1.0 van de Regionale Energiestrategieën (RES).[4] We koppelen deze twee informatiebronnen op basis van een aantal aannames plus een bewerking van de data. Hieronder beschrijven wij deze aanpak in meer detail.

3.1 Het effect van windturbines op huizenprijzen

We definiëren de lasten van windturbines op land concreet als het negatieve effect van windturbines op huizenprijzen. De economische gedachte hierachter is dat de 'externe effecten' van windturbines op hun omgeving weliswaar niet direct in geld zijn uit te drukken – er is immers geen marktprijs voor geluidsoverlast of slagschaduw – maar indirect wel meetbaar zijn omdat ze 'kapitaliseren' in de waarde van woningen in de nabijheid van de turbines. Dit kan worden gemeten door de waarde van woningen in de nabijheid van turbines te vergelijken met vergelijkbare woningen elders. Deze methode staat bekend als een 'difference-in-difference hedonic price method'; ze wordt door economen veel gebruikt om de impliciete prijs van omgevingsfactoren, zoals bijvoorbeeld luchtkwaliteit of de nabijheid van een goede school of historisch erfgoed, te meten. Economen spreken in dit verband van 'revealed preferences': mensen blijken bereid een premie te betalen voor een huis met positieve omgevingskenmerken (zoals bijvoorbeeld de nabijheid van een goede school of een mooi park), maar willen korting op een huis met negatieve omgevingskenmerken (zoals bijvoorbeeld geluidsoverlast van een snelweg of stankoverlast van een fabriek). Die premie of korting is de impliciete waarde van het betreffende kenmerk van de omgeving.

Om de 'revealed preferences' van mensen aangaande windturbines goed te kunnen meten, is het de kunst om het effect van windturbines op huizenprijzen te isoleren van allerlei andere effecten die ook invloed hebben op huizenprijzen, zoals de woning- en locatiekenmerken. Het gaat daarbij zowel om geobserveerde kenmerken zoals woningoppervlakte en bouwjaar als om moeilijk te observeren kenmerken zoals onderhoudskwaliteit of perceptie van veiligheid in de buurt. Als deze kenmerken niet worden meegenomen is er een reëel risico dat we niet zozeer het effect van windturbines op woningprijzen meten maar iets anders, zoals bijvoorbeeld het feit dat woningen in de nabijheid van turbines aan de rand van de

[4] Zie www.regionale-energiestrategie.nl/default.aspx

stad of in ruraal gebied liggen en om die reden goedkoper zijn. Daarnaast moet rekening worden gehouden met meer algemene trends op de woningmarkt die van invloed zijn op de huizenprijsontwikkeling. Mits goed uitgevoerd, is de hedonische prijsmethode geschikt om, middels regressieanalyses, het relatieve belang van deze verschillende variabelen op huizenprijzen te identificeren en zo het effect van windturbines op de huizenprijs te onderscheiden en vast te stellen.

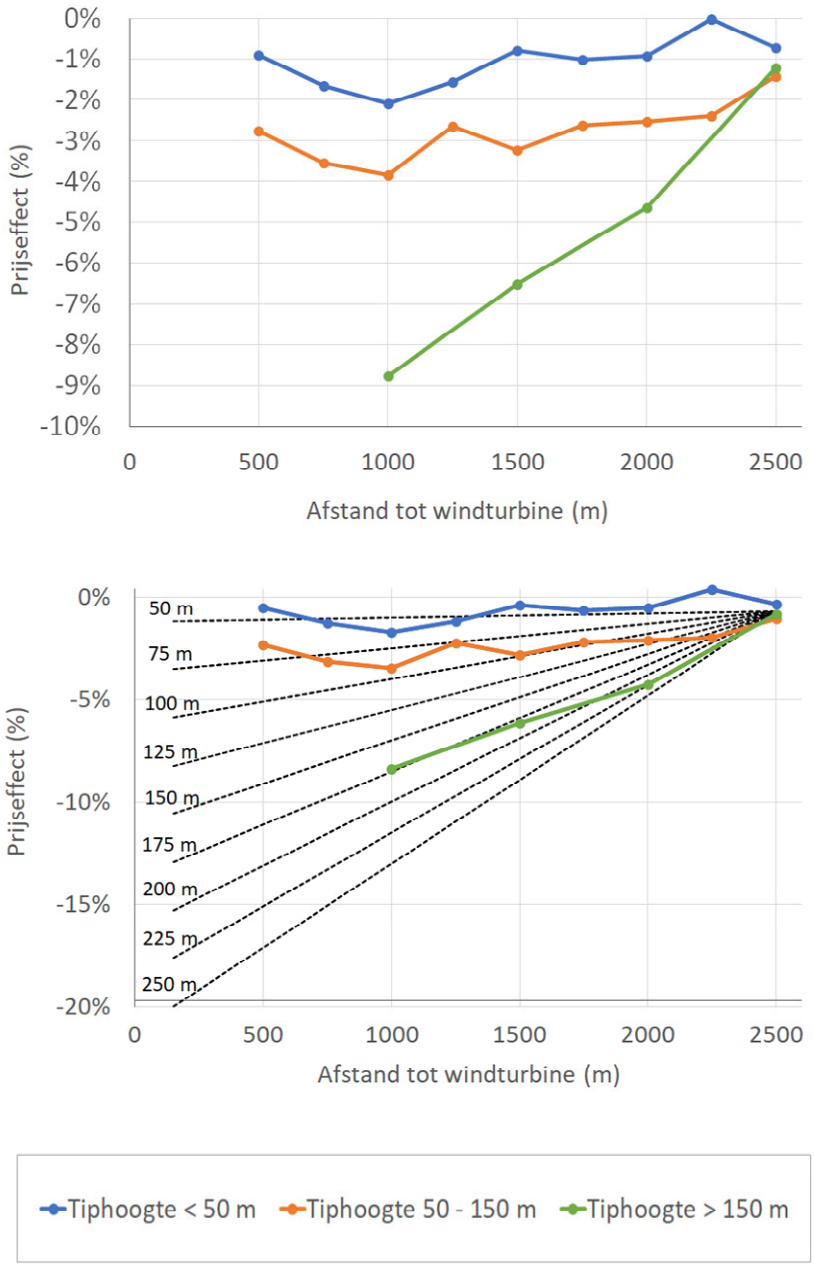
De eerdergenoemde analyse van Dröes en Koster van het huizenprijseffect van bestaande windturbines in Nederland is ook gebaseerd op een hedonische prijsmethode.[5] In hun onderzoek maken Dröes en Koster gebruik van data voor de periode 1985-2019 en kijken ze behalve naar het effect van windturbines ook naar het effect van zonneparken. De studie is een update en uitbreiding van een eerdere studie waarbij gebruik gemaakt werd van data voor de periode 1985-2011 en alleen gekeken is naar windturbines (zie Dröes en Koster (2016)). De dataset van hun meest recente studie bevat gedetailleerde informatie over woningprijzen en woningkenmerken van meer dan 3 miljoen huizentransacties van in totaal 2,7 miljoen unieke woningen zoals gemeld door makelaars aangesloten bij de Nederlandse Vereniging van Makelaars (NVM); de data beslaat ongeveer 70% van de markt en betreft voornamelijk transacties van bestaande bouw.[6] Voor een meer gedetailleerde uiteenzetting van de econometrische methode van Dröes en Koster verwijzen we naar Bijlage A.

Onze analyse sluit naadloos aan op het kwalitatief hoogwaardige onderzoek van Dröes en Koster (2019/2021). We nemen daarom van hen de kengetallen voor de procentuele waardedaling van woningen in de nabijheid van windturbines over. De waardedaling van woningen is een functie van de afstand tot en de hoogte van de windturbine(s). Dit is weergegeven in de grafiek in het bovenste deel van Figuur 1. Deze kengetallen zijn rechtstreeks overgenomen uit Dröes en Koster (2021, Figuur 6), en toont voor drie verschillende turbinehoogtes het negatieve prijseffect op woningen, als functie van de afstand tot windturbines. De turbine hoogte is gedefinieerd als tiphoogte: het hoogste punt van de molen op het moment dat een wiek recht overeind staat.

De grafiek in het bovenste deel van Figuur 1 laat zien dat de procentuele waardedaling van woningen sterker is voor hoge turbines dan voor lage turbines: het bedraagt, bij benadering, 1-2% voor turbines met een tiphoogte van 50 meter of minder, 1-4% voor turbines met een tiphoogte tussen 50 en 150 meter, en 1-9% voor turbines met tiphoogte boven de 150 meter. De waardedaling varieert omdat ze afhankelijk is van de afstand tot de turbine: de waardedaling neemt af naarmate een woning verder afstaat van de turbine. Dit laatste geldt met name voor hoge turbines (>150m), waarbij de gemiddelde waardedaling op een afstand van 1000 oploopt tot bijna 9%.

[5] Dit onderzoek, in 2019 uitgevoerd voor het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) is in augustus 2021 als artikel verschenen in het wetenschappelijk tijdschrift *Energy Policy*. Zie Dröes en Koster (2021).

[6] Bron van de data is https://www.brainbay.nl/ Brainbay is opgericht door de NVM.



Figuur 1 Waardedaling woningen (in %) als functie van afstand tot en hoogte van windturbines.

De kengetallen die wij in onze analyse gebruiken voor de procentuele waardedaling van woningen als gevolg van de nabijheid van windturbines, zijn samengevat in de onderste grafiek in Figuur 1. We hebben hiertoe, met behulp van een eenvoudige regressieanalyse en de onderliggende data van Dröes en Koster (2021), de kengetallen voor de drie categorieën tiphoogtes uit de bovenste grafiek verfijnd voor de variatie aan tiphoogtes van de verschillende turbines in de dataset.[7] Het resultaat is weergegeven in de onderste grafiek in Figuur 1, waarbij de stippellijnen

[7] Prijseffect = -0.01 + $(1.8 \cdot 10^{-5} - 4.0 \cdot 10^{-7} \cdot \text{tiphoogte}) \cdot (2500 - \text{afstand})$

voor turbines met verschillende tiphoogtes de geschatte procentuele waardedaling weergeven als functie van afstand tot de turbine.

Vervolgens – en dat is het vernieuwende van onze studie – extrapoleren wij deze kengetallen, die gebaseerd zijn op het effect van bestaande windturbines, naar de voorziene situatie in 2030, door de kengetallen te verbinden aan de geplande nieuwe turbines; bovendien brengen wij de aldus geschatte effecten van nieuwe windturbines op huizenprijzen voor het eerst ruimtelijk in kaart door per gemeente de geschatte waardedaling te laten zien.

Daartoe berekenen wij per (nieuwe) windturbine de procentuele waardedaling van woningen in de nabijheid als het product van de WOZ-waarde van die woningen en de kengetallen uit Figuur 1, dus rekening houdend met de afstand van woningen tot de turbine en de hoogte van de turbine. Wij maken daartoe gebruik van een CBS databestand waarvoor de kaart van Nederland is ingedeeld in vierkanten van 100 meter bij 100 meter, met voor elk van deze vierkanten statistische gegevens over demografie, wonen, energie, sociale zekerheid, dichtheid en nabijheid van voorzieningen.[8] Voor onze analyse maken we vooralsnog alleen gebruik van de gegevens omtrent het aantal en de waarde van woningen per vierkant in het jaar 2020; de woningwaarde betreft de gemiddelde WOZ-waarde van de woningen in het vierkant.

Door de geschatte kengetallen, die zijn gebaseerd op transacties op de koopwoningmarkt, te koppelen aan de waarde van alle woningen, veronderstellen we impliciet dat de gevonden effecten op de koopwoningmarkt ook gelden voor de huurmarkt (als impliciete prijsdaling); bovendien abstraheren we zodoende van elke andere heterogeniteit in het prijseffect anders dan het windturbine effect.

Indien een vierkant in de CBS data minder dan 10 woningen bevat, publiceert het CBS voor dit vierkant geen gegevens omwille van het borgen van privacy, oftewel het voorkomen van onthulling van gegevens die tot een specifiek huishouden zijn te herleiden. Dit is het geval voor ruim een kwart van alle vierkanten die die zich binnen een straal van 2500 meter van een bestaande of geplande windmolen bevinden.[9] Voor deze vierkanten zetten wij het aantal woningen op 3, gebruik makend van de wet van Benford[10]; de gemiddelde WOZ-waarde stellen we gelijk aan de gemiddelde WOZ-waarde van de gemeente waarin het vierkant valt.

Tenslotte, we nemen voor onze berekeningen aan dat de 2030 situatie in alle opzichten – met uitzondering van het plaatsen van extra windturbines molens – exact overeenkomt met de situatie in 2020. Met andere woorden, we houden in onze analyse geen rekening met prijs- en voorraad ontwikkelingen op de

---

[8] Zie https://www.cbs.nl/nl-nl/dossier/nederland-regionaal/geografische-data/kaart-van-100-meter-bij-100-meter-met-statistieken

[9] Het gaat om 103.305 van de 383.359 CBS-vierkanten. Daarvan liggen er 12.316 (2020) resp. 26.418 (2030) binnen een straal van 2500 meter van een windmolen. (In totaal liggen er 46.902 (2020) resp. 92.465 (2030) CBS vierkanten binnen een straal van 2500 meter van een windturbine).

[10] De wet van Benford beschrijft de frequentieverdeling van het begincijfer van getallen in grote dataverzamelingen waarin een beperkte mate van stochasticiteit optreedt. Om voor de optelsom van al de vierkanten met ontbrekende data zo goed mogelijk de daadwerkelijke waarde van het aantal woningen te schatten blijkt 3 de beste benadering; het is het gehele getal dat het dichtst bij het bij het gemiddelde van de cijfers ligt.

woningmarkt tot 2030. De toekomstige woningwaarde ontwikkeling is inherent onzeker, en dus niet te voorspellen. Het is eveneens niet mogelijk om met een voldoende mate van zekerheid het aantal en de exacte locatie van nieuwbouwwoningen tot 2030 te bepalen. Wij zien daarom af van elke poging om de woningmarkt in 2030 te schetsen. Dat betekent dat onze analyse voor 2030 in zekere zin het karakter heeft van een gedachte-experiment: wat zou het huizenprijseffect zijn in 2020 als we alle geplande windturbines voor 2030 in één keer op de kaart van 2020 erbij plaatsen? Deze opzet geeft een goed inzicht in het verschil de bestaande en de toekomstige situatie: we kijken alleen naar het effect van nieuwe turbines, terwijl al het overige gelijk blijft (ceteris paribus).

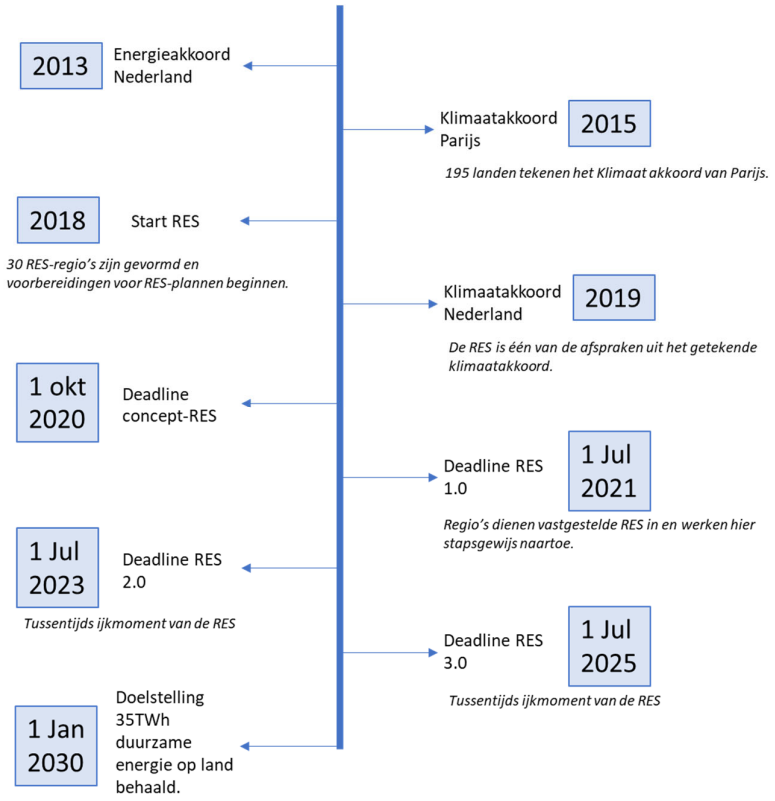
We vergelijken op die manier de verwachte situatie in 2030 met de huidige situatie (eind 2020). Echter, de geobserveerde woningwaardes van 2020 omvatten per definitie al de negatieve prijseffecten van bestaande windturbines; deze zijn immers in de geobserveerde woningwaardes gekapitaliseerd. Volledigheidshalve construeren we daarom een referentiewaarde voor de huizenprijzen in 2020 voor de hypothetische situatie dat er geen windturbines zouden zijn. We doen dit eenvoudigweg door voor 2020 de waarde van woningen in de nabijheid van bestaande turbines te corrigeren voor het negatieve prijseffect, op basis van de kengetallen uit de analyse van Dröes en Koster (2021). Dit betekent dat we in onze analyse de devaluatie van huizenprijzen ten gevolge de nabijheid van windturbines in zowel 2020 als in 2030 afzetten tegen de hypothetische situatie in 2020 zónder windturbines, hetgeen de onderlinge vergelijking, ceteris paribus, consistent maakt.

3.2 De aantallen, kenmerken en locaties van windturbines tot 2030

De focus van onze studie ligt op het analyseren van het verwachte effect van *nieuwe* windturbines op huizenprijzen, met als richtjaar 2030. Dat betekent dat we moeten weten waar de toekomstige windturbines komen te staan. We baseren ons hiervoor op de recent gepubliceerde plannen voor nieuwe windturbines, zoals opgesteld door de 30 energieregio's in versie 1.0 van de Regionale Energiestrategieën (RES).

In het klimaatakkoord is afgesproken dat de energieregio's in Nederland onderzoeken waar en hoe het best duurzame elektriciteit op land (wind en zon) opgewekt kan worden. Elke regio beschrijft in hun Regionale Energiestrategie hoeveel hernieuwbare energie op welke locatie in de regio opgewekt kan worden. Het nationaal Programma RES ondersteunt de regio's bij het maken van keuzes. De tijdlijn van dit proces is samengevat in Figuur 2, en laat zien dat in juli 2021 de afspraken op papier zijn gezet en ingediend; dit is de zogenoemde RES 1.0.[11]

[11] Zie https://media.regionale-energiestrategie.nl/onze-toekomst/tijdlijn/



Figuur 2 Tijdslijn nationaal programma Regionale Energiestrategieën (RES). Bron: media.regionale-energiestrategie.nl

Voor dit onderzoek hebben wij alle 30 RES 1.0 documenten doorgenomen om inzicht te krijgen in de locatie, hoeveelheid en omvang van windturbines die in een regio naar verwachting geplaatst gaan worden. Voor een paar regio's was de RES 1.0 nog niet beschikbaar; in dat geval is gebruik gemaakt van de concept RES.[12] De RES-documenten geven informatie over zowel de inzet van wind als zon op land. In dit onderzoek maken wij alleen gebruik van de informatie over windenergie; een inventarisatie van geplande zonneparken reserveren we voor een vervolgstudie.

Voor het samenstellen van het RES 1.0 document werkten lokale overheden samen met maatschappelijk organisaties, netbeheerders en inwoners. Omdat iedere RES-regio verschillend is, zijn dit 30 unieke documenten geworden, zowel qua inhoud en mate van detail als lay-out. Niettemin geven de meeste documenten – zij het met meer of minder detail – de volgende informatie met betrekking tot windturbines op land:

- Het bod: totaal aan vermogen (MW) van windenergie dat de regio wil plaatsen;
- Het aantal en type (hoogte, omvang in MW) windturbines dat men wil plaatsen;
- Een kaart met zoekgebieden voor locaties van windturbines.

We hebben zo goed als mogelijk deze informatie voor elke RES regio verzameld en op de kaart van Nederland gezet. Ter vergelijking hebben we voor alle bestaande windturbines dezelfde informatie verzameld en op de kaart gezet. Voor de

[12] Appendix C geeft een overzicht van de bron-bestanden gebruikt voor iedere RES-regio.

informatie aangaande bestaande turbines maken wij evenals Dröes en Koster gebruik van de dataset 'Windstats'.[13] Echter, wij maken gebruik van een iets recentere versie. De informatie voor de nieuwe turbines per 2030 komt, zoals gezegd, uit de RES 1.0 documenten – meer detail volgt hieronder. Daarnaast maken wij gebruik van aanwezige informatie binnen TNO aangaande de turbines die in de loop van 2021 zijn geplaatst.[14] Hieronder bevindt zich een serie grote windturbines in Flevoland die kleinere bestaande turbines vervangt, en een serie nieuwe windturbines die in de provincie Drenthe zijn geplaatst. Een deel van deze 2021 turbines (waaronder de turbines in Drenthe) is in de RES 1.0 documenten opgenomen als nieuw, en daarmee onderdeel van het bod van de desbetreffende RES regio's. Ook wij tellen de 2021 turbines mee als nieuw, waarmee ze in de presentatie van onze resultaten vallen onder de noemer '2030'. Voor alle turbines die tot 2020 en in 2021 zijn geplaatst kennen we de exacte positie, tiphoogte, vermogen, as-hoogte en diameter.

De dataset die we voor dit onderzoek hebben gemaakt biedt, voor zover ons bekend, het eerste en meest volledige en ruimtelijke gespecificeerde overzicht van alle geplande nieuwe windturbines tot 2030. Maar dat betekent niet dat deze informatie perfect is en geen onzekerheden bevat. De nieuwe turbines die wij in dit onderzoek voor 2030 op de kaart zetten zullen ongetwijfeld niet allemaal gerealiseerd worden op de exacte locatie zoals door ons geïdentificeerd. De reden daarvoor is gelegen in zowel het RES proces (zie Figuur 2) als in de kwaliteit van de RES 1.0 documenten. Voor wat betreft het proces: tussen de voornemens in de RES plannen en de daadwerkelijke realisatie van een windturbine staan soms wetten in de weg en andere bezwaren, en dit zal de komende jaren ongetwijfeld tot bijstelling van de plannen leiden. Wat de kwaliteit van de RES 1.0 betreft: de documenten verschillen onderling aanzienlijk qua geboden informatie en mate van detail; dit noopte ons tot het doen van een aantal aannames bij onze inventarisatie, en een deel van deze aannames zal de komende jaren uiteraard door de werkelijkheid worden ingehaald.

De voornaamste onzekerheden in onze inventarisatie die voortkomen uit de RES 1.0 documenten, zijn deze:

- Sommige RES regio's hebben hun zoekgebieden voor windenergie erg ruim gedefinieerd. De nieuwe turbines kunnen daarmee in principe in een groot gebied van de regio terecht komen; dit is bijvoorbeeld het geval in Noord- en Midden-Limburg;
- Veel RES regio's hebben meerdere zoekgebieden voor windenergie gedefinieerd, maar niet gespecificeerd of en zo ja hoeveel turbines van welke omvang (hoogte, MW) in elk van die gebieden komen.
- In sommige RES regio's is het bod voor het opwekken van hernieuwbare elektriciteit op land nog niet specifiek toebedeeld aan zon- of windenergie.
- Sommige RES regio's zijn weliswaar redelijk specifiek in de locatie en het aantal en type turbines dat men wil plaatsen, maar het vermogen van deze turbines telt nog niet op tot het totale bod aan windenergie van de desbetreffende regio of gemeente. Een voorbeeld hiervan is west-Overijssel of Rivierenregio.

[13] Zie https://windstats.nl/
[14] Eigen onderzoek TNO (defensie). Niet gepubliceerd.

Om desondanks een zo goed mogelijk overzicht van aantal, type en locatie van nieuwe windturbines per 2030 op te stellen maken we de volgende aannames:

- Indien niet gespecificeerd, veronderstellen wij dat elke nieuwe turbine beschikt over een vermogen van 3 MW, een masthoogte van 95 meter en een tiphoogte van 140 m.[15]
- Indien niet gespecificeerd, berekenen wij het totaal aantal nieuwe turbines in een regio of zoekgebied als het regionale bod voor het opwekken van windenergie gedeeld door het vermogen per turbine (3 MW).
- Indien een RES regio meerdere zoekgebieden identificeert zonder specificatie van het aantal turbines per zoekgebied, verdelen wij het totale aantal (benodigde) turbines evenredig over de zoekgebieden. Met andere woorden, als een RES regio (nog) geen voorkeur uitspreekt voor een bepaald zoekgebied maken wij gebruik van alle aangegeven zoekgebieden en spreken daarmee zelf ook geen voorkeur uit voor een bepaald zoekgebied.
- Indien een RES regio het bod voor het opwekken van hernieuwbare elektriciteit op land niet specifiek toebedeeld aan zon- of windenergie, nemen wij aan dat het aandeel windenergie 50% bedraagt.[16]
- Indien in een RES regio het vermogen van de gespecificeerde turbines niet optelt tot het totale genoemde bod voor het opwekken van windenergie, plaatsen wij op de kaart de benodigde extra turbines in de buurt van (bestaande en/of nieuwe) turbines die wel zijn gespecificeerd.
- Voor het plaatsen van toekomstige turbines binnen geïdentificeerde zoekgebieden volgen we deze drie stappen: i) zo ver mogelijk weg van bebouwing; ii) indien mogelijk in de buurt van bestaande infrastructuur of gebieden met een negatieve impact op het landschap, zoals snelwegen of bedrijventerreinen; iii) binnen de aldus resterende ruimte een evenredige verdeling met voldoende onderlinge afstand tussen turbines.

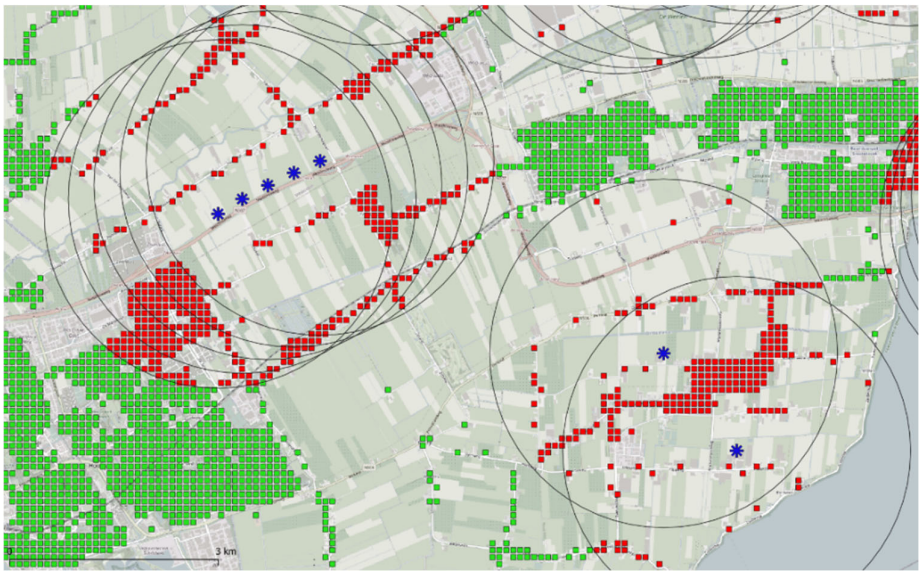
Tenslotte, bij gebrek aan informatie houden onze data voor 2030 geen rekening met bestaande turbines die tussen 2022 en 2030 zullen worden afgebroken en/of vervangen door nieuwe turbine met meer rendement en dus meer hoogte. Dit betekent dat onze data voor 2030 het aantal turbines en daarmee de woningwaarde daling overschatten in zover turbines voor die tijd worden afgebroken en niet vervangen; daarentegen onderschatten we de woningwaardedaling 2030 in zover turbines worden vervangen door grotere exemplaren en/of als er in de toekomst meer turbines worden gebouwd dan nu voorzien. Per saldo denken wij dat, met name vanwege de vervanging van bestaande door nieuwe turbines, onze data voor 2030 de omvang (het vermogen) van de voorraad turbines – en daarmee de woningwaardedaling – eerder zullen onderschatten dan overschatten, tenzij een flink deel van de nu geplande turbines niet wordt gerealiseerd, bijvoorbeeld onder druk van (groeiend) maatschappelijke verzet tegen windenergie op land.

---

[15] Dit is een conservatieve aanname: turbines met diameters < 110 meter worden tegenwoordig niet veel meer gebouwd; omdat er landinwaarts minder wind is zijn daar grotere diameters nodig, waarbij tiphoogtes van 180 en 220 meter niet ongebruikelijk zijn. Veel nieuwe turbines hebben daarmee een vermogen van ongeveer 4 MW. Echter, wij kiezen met onze aanname voor aansluiting bij de RES plannen, en een heel aantal RES regio's kiest voor minder grote turbines, wellicht omdat bij turbines < 150 m geen obstakelverlichting nodig is.

[16] Dit is het geval in 3 RES regio's: 4. West Overijssel; 13. Alblasserwaard; 29. Noord en Midden Limburg.

In het klimaatakkoord is afgesproken dat in 2030 per jaar 35 terawattuur (TWh) hernieuwbare energie op land (wind en zon) wordt opgewekt. Op dit moment is dat nog 17 TWh: 8,9 TWh door wind op land en 8,1 TWh door zon.[17] De plannen voor opwekking van hernieuwbare energie op land in de 30 RES 1.0 documenten tellen op tot ongeveer 55 TWh, waarvan ongeveer 25 TWh (45%) bestaat uit wind op land.[18] Dit betekent dat we de komende jaren inderdaad een sterke stijging zullen zien van het aantal windturbines op land (naast een groei van het aantal zonneparken). Maar het betekent ook dat de windturbines die we in deze studie op basis van de RES-plannen op de kaart zetten, samen in principe genoeg zijn om aan de doelstelling voor 2030 te voldoen.[19]



Figuur 3 Voorbeeld van locatie windturbines (blauwe ster) en hun 'invloedsgebieden'. *Kaartdata van OpenStreetMaps*

Voor het lokaliseren van nieuwe turbines op de kaart van Nederland is gebruik gemaakt van GIS en spatial Python libraries. Vervolgens trekken wij, met behulp van dezelfde software, rond iedere windturbine een cirkel van 2500 meter om de woningen te identificeren die getroffen worden door de betreffende turbine. We

[17] Totaal opgewekte hernieuwbare elektriciteit in 2020 bedroeg 31.2 miljard KWh. Dat is 26% van het totale elektriciteitsverbruik, en is aldus verdeeld (in miljard KWh): Waterkracht: 0.1; Wind op land: 8,9; Wind op zee: 5,0; Zon: 8,1; Biomassa: 9,1. Bron: CBS, Statline “Hernieuwbare elektriciteit; productie en vermogen” waarden voor 2020. StatLine - Hernieuwbare elektriciteit; productie en vermogen (cbs.nl).

[18] Zie de Monitor RES 1.0, een recente evaluatie van de RES-plannen door het PBL (2021b). De exacte getallen die het PBL noemt zijn: totaal 55,1 TWh, waarvan 24,3TWh door windmolens op land en 4,4TWh windmolens op land of zon-pv (zie Tabel 2.1 in PBL 2021b, p34). In onze analyses komen we uit op 9.357 MW windturbine capaciteit per 2030 (zie Tabel 4.1), wat overeenkomt met ongeveer 28 TWh bij een gemiddelde van 3000 vollasturen per jaar en 25 TWh bij 2700 vollasturen per jaar.

[19] In hun evaluatie van de RES-plannen schat het PBL (2021b) dat van alle RES plannen (samen goed voor 55 TWh) naar verwachting ruim 40 TWh gerealiseerd kan worden per 2030 (met een bandbreedte van ongeveer 35-45 TWh), hetgeen nog steeds meer is dan de doelstelling van 35 TWh. De reden dat niet alle plannen gerealiseerd kunnen worden zijn divers, en gaan onder meer over onzekerheden omtrent toekomstige subsidieregelingen, netwerkschaarste en knelpunten in ruimtelijke planning en milieuregels.

illustreren dit in Figuur 3 waarbij rood de CBS vierkanten met woningen weergeeft binnen een straal van 2500 van een turbine, en dus de woningen met waardedaling; groen in de figuur betreft de overige vierkanten met woningen buiten de 2500 meter straal van turbines, oftewel de woningen zonder waardedaling. We nemen hierbij aan dat woningen binnen het door ons gebruikte CBS vierkant van 100x100 meter worden gerepresenteerd door het middelpunt van het vierkant. Omdat windturbines vaak geclusterd zijn, vallen huizenblokken regelmatig binnen de straal van meerdere turbines. Om dubbeltelling in het berekenen van de waardedaling te voorkomen identificeren we voor ieder CBS vierkant de turbine die het hoogste percentage ontwaarding veroorzaakt; deze turbine bepaalt de ontwaarding van woningen in dat CBS-vierkant.

In het volgende hoofdstuk presenteren wij de resultaten van ons onderzoek zoveel mogelijk op het niveau van gemeenten. De reden hiervoor is dat dit het beste inzicht geeft in de ruimtelijke verdeling van de windturbines over Nederland; een lager aggregatieniveau – naar wijken, buurten of zelfs CBS vierkanten – is niet zinvol voor een landelijke analyse omdat de meeste van deze ruimtelijke eenheden buiten de invloedsfeer van windturbines liggen. Een hoger aggregatieniveau – denk aan provincies of RES regio’s – is daarentegen ook niet gewenst omdat het veel ruimtelijke variatie zal verhullen. Bovendien sluit het gemeentelijke niveau goed aan op het bestuurlijke niveau waarop besluiten worden genomen over nieuwe windturbines; de gemeente is immers bevoegd gezag bij het toelaten van windturbines en windparken met een vermogen van minder dan 5 MW, terwijl de provincie haar bevoegdheid voor vermogens boven de 5 MW kan overdragen aan gemeenten.

4 Resultaten

In dit hoofdstuk presenteren we de belangrijkste resultaten van ons onderzoek naar de verwachte toekomstige waardedaling van woningen ten gevolge van geplande windturbines. We doen dit door hieronder per paragraaf antwoord te geven op de volgende vragen:

1. Hoeveel windturbines zijn er gepland en wat is hun vermogen?
2. Hoeveel woningen staan er straks in de nabijheid van windturbines?
3. Hoe groot is de relatieve waardedaling van de getroffen woningen?
4. Neemt de ruimtelijke ongelijkheid van getroffen woningen op termijn toe?
5. Krijgen gemeenten met een relatief lage gemiddelde woningwaarde relatief veel turbines?
6. Hoeveel en welke windturbines veroorzaken hoeveel waardedaling?
7. Hoe verhoudt het woningwaardeverlies zich tot de kosten van een turbine?

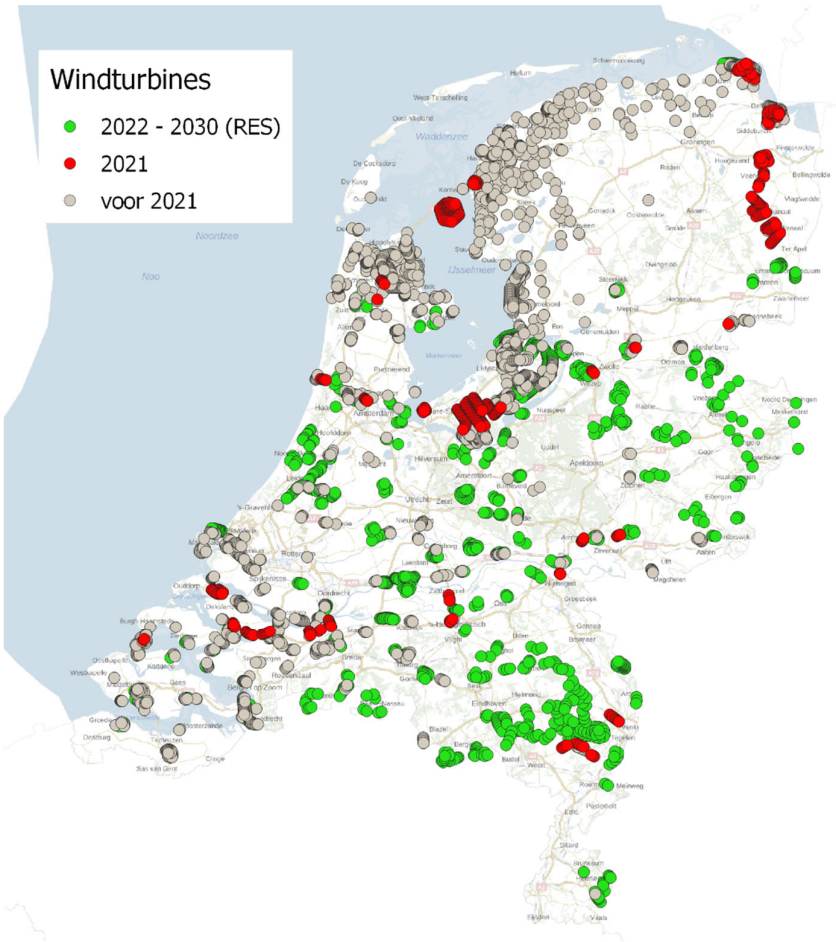
We beantwoorden deze vragen voor de verwachte toekomstige situatie per 2030, in vergelijking met de huidige situatie (eind 2020).

4.1 Hoeveel windturbines komen er en wat is hun vermogen?

Eind 2020 stonden er in Nederland 1855 windturbines op land opgesteld met een totaal vermogen van 3.783 MW.[20] In 2021 zijn er 452 turbines geplaatst en/of gepland, met een totaal vermogen van 1.844 MW. In 2030 zullen er, op basis van de RES-plannen, naar verwachting 3.259 turbines zijn opgesteld, met een totaal vermogen van 9.357 MW. Oftewel, de komende jaren (2022-2030) staan er 952 nieuwe turbines gepland met een totaal vermogen van 3730 MW. Deze cijfers betekenen dat tussen 2020 en 2030 (de periode van onze analyse) het aantal turbines groeit met 1.404 oftewel 75%, en het opgesteld vermogen met 5.574 MW oftewel met 147%.

Figuur 4 geeft een overzicht van de locatie van alle bestaande turbines (eind 2020) plus de nieuwe turbines, onderverdeeld naar de turbines die in 2021 zijn geplaatst en de overige nieuwe turbines (2022-2030) zoals genoemd in de RES documenten. De locaties van de laatste groep nieuwe turbines zijn een zo goed mogelijke inschatting op basis van de inventarisatie van de RES 1.0 documenten; zie Hoofdstuk 3 voor de gevolgde procedure. De figuur laat een verschuiving landinwaarts zien: terwijl het zwaartepunt van windturbines op land tot nu toe lag in de kustprovincies (met name Friesland, de kop van Noord-Holland en Zeeland) plus Flevoland, zullen de windturbines zich de komende jaren steeds verder landinwaarts gaan verspreiden. De figuur laat ook goed zien dat in 2021 vooral in Flevoland, Groningen en Drenthe relatief veel nieuwe windturbines zijn geplaatst, terwijl de komende jaren de sterkste groei van het aantal windturbines optreedt in Noord-Brabant, Zuid Holland, Gelderland, Overijsel en (Noord) Limburg.

[20] CBS hanteert voor 2020 het aantal van 2.144 turbines (StatLine - Windenergie op land; productie en capaciteit per provincie (cbs.nl)); dit is inclusief 289 turbines die in windparken in de Noorzee staan, meer dan 10 km uit de kust. Wij rekenen die niet mee.



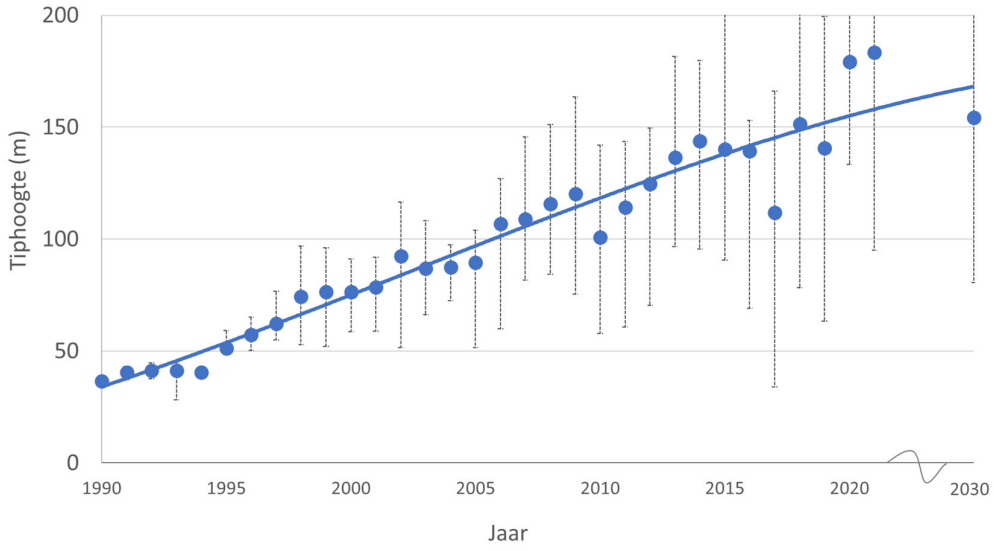
Figuur 4 Locatie van alle windturbines in Nederland per 2030, gedifferentieerd naar tijd van plaatsing. (Kaartdata van de Basisregistratie Topografie (BRT)).

Tabel 1 vat de ontwikkeling van de aantallen en omvang van de windturbines samen per provincie. In lijn met Figuur 4 bevestigen de cijfers dat de meeste bestaande turbines te vinden zijn in de kustprovincies plus Flevoland – tevens de gebieden in Nederland met de hoogste windsnelheden. In 2020 kent Friesland opvallend veel kleine winturbines (gemiddeld 0.7 MW) in vergelijking met de overige provincies (gemiddelde 2.0 MW), zie het rechterdeel van Tabel 1. Per 2030 staan naar verwachting de meeste turbines nog steeds opgesteld in de kustprovincies plus Flevoland en Noord-Brabant. De sterkste groei is te verwachten in de provincies Limburg, Drenthe, Gelderland en Overijsel – in deze provincies is als het ware sprake van een inhaaleffect. Utrecht is en blijft met afstand de provincie met de minste turbines. Het meeste opgestelde vermogen is in 2030 naar verwachting te vinden in de provincies Flevoland en Noord-Brabant, mede dankzij de plaatsing van relatief grote turbines; dit laatste is ook de reden dat in 2030 in Gelderland meer MW staat opgesteld dan in Friesland, ondanks het substantieel geringere aantal turbines. In 2020 stonden de gemiddeld grootste turbines opgesteld in de provincie Zuid-Holland en Drenthe, in 2030 is dat het geval in de provincies Utrecht, Noord-Brabant en Drenthe.

Tabel 1 Windturbines: aantal en opgesteld vermogen per provincie.

	Aantal windturbines				MW Totaal				MW per turbine (gemiddeld)			
	2020	2030	Δ 2020-30		2020	2030	Δ 2020-30		2020	2030	Δ 2020-30	
	#	#	#	%	MW	MW	MW	%	MW	MW	MW	%
Groningen	176	282	106	60%	448	890	442	99%	2,5	3,2	0,6	24%
Friesland	286	390	104	36%	191	633	443	232%	0,7	1,6	1,0	144%
Drenthe	16	100	84	525%	45	347	302	668%	2,8	3,5	0,6	23%
Overijssel	27	148	121	448%	67	471	404	604%	2,5	3,2	0,7	29%
Flevoland	410	527	117	29%	963	1.674	711	74%	2,3	3,2	0,8	35%
Gelderland	56	226	170	304%	139	710	570	409%	2,5	3,1	0,7	26%
Utrecht	16	42	26	163%	34	180	146	427%	2,1	4,3	2,1	101%
N-Holland	331	401	70	21%	641	844	202	32%	1,9	2,1	0,2	9%
Z-Holland	163	378	215	132%	461	1.253	792	172%	2,8	3,3	0,5	17%
Zeeland	240	285	45	19%	515	652	137	27%	2,1	2,3	0,1	7%
N-Brabant	126	344	218	173%	257	1.317	1.060	412%	2,0	3,8	1,8	88%
Limburg	8	136	128	1600%	21	386	365	1717%	2,7	2,8	0,2	7%
Nederland	1.855	3.259	1.404	76%	3.783	9.357	5.574	147%	2,0	2,9	0,8	41%

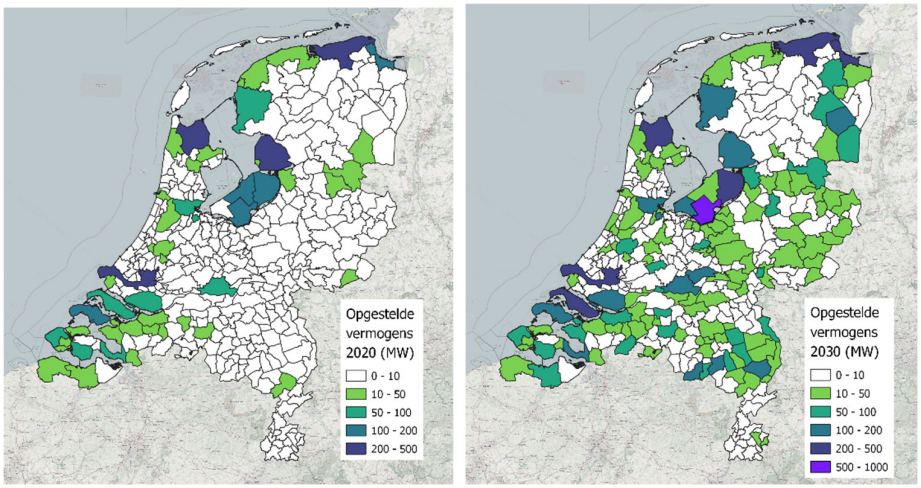
Het rechterdeel van Tabel 1 laat ook zien dat in de loop van de tijd de gemiddelde windturbine steeds groter wordt: in 2020 hadden de windturbines in Nederland een gemiddelde omvang van 2.0 MW, in 2030 is dat naar verwachting 2.9 MW. De toenemende omvang van windturbines illustreren we in Figuur 5; de figuur laat zien dat zowel de tiphoogte als de variantie daarvan over de tijd is toegenomen.[21]



Figuur 5 Gemiddelde tiphoogte van nieuwe windturbines over de tijd

[21] Merk op dat (zoals uiteengezet in Hoofdstuk 3), indien niet gespecificeerd in de RES plannen, wij voor nieuwe turbines uitgaan van een vermogen van 3 MW, een masthoogte van 95 meter en een tiphoogte van 140 m. Zoals ook aangegeven in Hoofdstuk 3 is dit een conservatieve aanname, zoals ook blijkt uit Figuur 5.

Figuur 6 biedt een verdieping van Tabel 1 door per gemeente het (verwachte) opgestelde vermogen van windenergie op land te laten zien in 2020 (links) en in 2030 (rechts). Uit deze kaarten blijkt duidelijk dat de komende jaren windturbines zich steeds verder landinwaarts gaan verspreiden, daar waar het zwaartepunt nu nog ligt in de kustprovincies plus Flevoland. De vijf gemeenten met het meeste opgestelde vermogen zijn op dit moment Hollands Kroon (447 MW), Het Hogeland (285 MW), Noordoostpolder (286 MW), Rotterdam (207 MW) en Lelystad (181 MW). In 2030 zijn dat naar verwachting de volgende gemeenten: Zeewolde (711 MW), Hollands Kroon (463 MW), het Hogeland (440 MW), Dronten (411 MW) en Delfzijl (267 MW).



Figuur 6 Opgesteld vermogen windenergie per gemeente in 2020 (links) en 2030 (rechts). (Kaartdata van OpenStreetMaps)

4.2 Hoeveel woningen staan er straks in de nabijheid van windturbines?

Eind 2020 stonden er ongeveer 890 duizend woningen in Nederland (12% van het totaal) in de nabijheid van windturbines – dat wil zeggen binnen de straal van 2500 meter waarvoor een huizenprijs effect optreedt. Als we alle geplande windturbines voor 2030 in één keer op de kaart van 2020 erbij plaatsen – de veronderstelde 2030 situatie – dan groeit het aantal getroffen woningen tot ruim 1.6 miljoen, oftewel 22% van de in totaal 7.4 miljoen woningen in Nederland.[22] Niet alle gemeenten hebben huizen in de nabijheid van windturbines. Als we alleen zouden kijken naar de gemeenten met huizen dichtbij windturbines, dan blijkt uit de onderliggende data dat het gemiddelde percentage getroffen huizen in deze gemeenten ongeveer 25% is in 2020, en 32% in 2030.

Tabel 2 laat voor 2020 en 2030 de verdeling zien van het aantal huizen in de nabijheid over de provincies. Daaruit blijkt dat zowel in 2020 als in 2030 Friesland met afstand het hoogste percentage huizen kent op korte afstand van windturbines: ongeveer 45% van de huizen in deze provincie staan in de directe nabijheid van windturbines. In Friesland blijft dit percentage constant over de tijd omdat de nieuwe turbines in deze provincie grotendeels in of vlak bij het IJsselmeer staan en

[22] Als er tot 2030 1 miljoen huizen bijkomen dan zou ruim 1.6 miljoen woningen in de nabijheid van windturbines overeenkomen met 19.7% van de woningvoorraad.

daardoor geen extra woningen raken. De grootste aantallen huizen dicht bij een turbine zijn te vinden in de meer dichtbevolkte gebieden in de provincies Noord- en Zuid-Holland; in 2020 gaat in beide provincies samen om bijna 450.000 huizen (50% van het totaal aantal woningen in Nederland), in 2030 om ongeveer 700.000 huizen (ongeveer 42% van het totaal aantal woningen in Nederland).

Tabel 2 Effect van windturbines: aantal getroffen huizen per provincie.

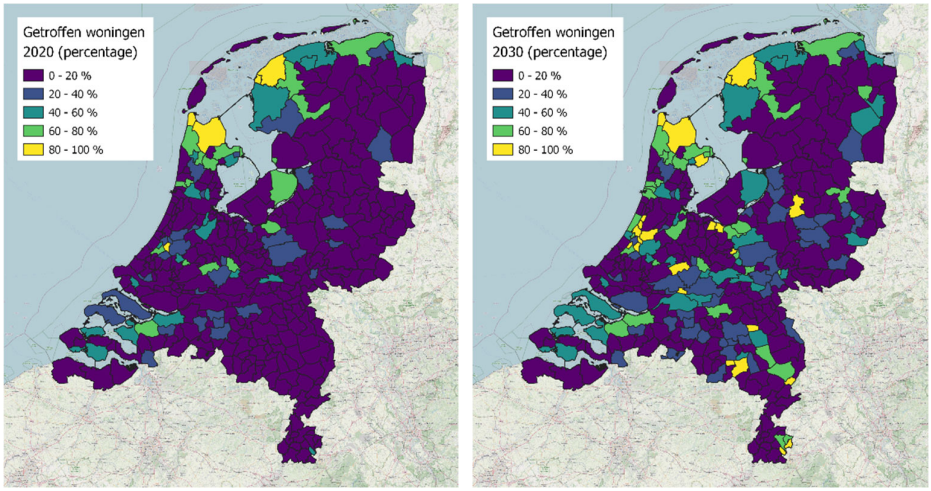
	Totaal # woningen	Aantal getroffen woningen (x 1000)				Percentage getroffen woningen			
	2020	2020	2030	Δ 2020-30		2020	2030	Δ 2020-30	
	#	#	#	#	%	%	%	%-pnt	%
Groningen	257	31	50	19	62	12	20	7	62
Friesland	271	121	120	-1	-1	45	44	-1	-1
Drenthe	198	5	15	10	199	3	8	5	199
Overijssel	474	19	84	65	345	4	18	14	345
Flevoland	162	20	33	12	60	13	20	8	60
Gelderland	843	58	188	129	223	7	22	15	223
Utrecht	559	45	92	46	102	8	16	8	102
N-Holland	1.298	246	353	107	44	19	27	8	44
Z-Holland	1.631	201	346	145	72	12	21	9	72
Zeeland	169	34	37	3	9	20	22	2	9
N-Brabant	1.074	101	245	144	143	9	23	13	143
Limburg	500	9	103	94	1032	2	21	19	1032
Nederland	**7.438**	**891**	**1.666**	**774**	**87%**	**12**	**22**	**10**	**87%**

Dit verschil tussen relatieve en absolute aantallen getroffen huizen is even logisch als belangrijk: in een dichtbevolkt gebied treft een turbine relatief veel huizen; dat is een belangrijke reden om windturbines vooral in dunbevolkte gebieden te plaatsen, alwaar ze vervolgens procentueel veel huizen raken. Met andere woorden, er bestaat een fundamentele afruil tussen enerzijds het minimaliseren van het totaal aantal getroffen woningen en anderzijds een gelijke verdeling van de lasten van windturbines over de ruimte. In het volgende hoofdstuk komen we hier op terug.

Tabel 2 laat verder zien dat veruit de sterkste stijging van het aantal getroffen huizen tussen 2020 en 2030 te vinden is in de provincie Limburg, op afstand gevolgd door de provincies Overijsel, Drenthe en Gelderland. In al deze provincies is sprake van een inhaaleffect; zoals eerder opgemerkt, worden nieuwe turbines de komende jaren vaker landinwaarts geplaatst (zie Figuur 4). Verder valt op dat in Drenthe ook per 2030 opvallend weinig woningen getroffen worden door windturbines (8% van het totaal aantal woningen in Drenthe), ondanks een sterke groei van het aantal turbines, die bovendien relatief groot zijn (zie Figuur 4 en Tabel 2). Deze paradox kan worden verklaard uit de lage bevolkingsdichtheid van Drenthe, en met name het gebied waar de turbines staan opgesteld; zo beschouwd is de locatie van deze turbines goed gekozen.

Tenslotte, in Figuur 7 laten we het percentage getroffen woningen per gemeente zien op de kaart van Nederland, voor 2020 (links) en 2030 (rechts). Ook hieruit blijkt duidelijk dat landinwaarts over de tijd meer huizen te maken krijgen met de nabijheid van windturbines. De figuur laat ook goed de ongelijke ruimtelijke

verdeling van het aantal getroffen woningen zien: in 60 gemeenten (17% van het totaal) wordt in 2030 meer dan 60% van de huizen getroffen door een windturbine, terwijl in 40% van alle gemeenten het aantal getroffen huizen minder dan 5% is. Dat neemt niet weg dat dit een aanzienlijke toename van impact is ten opzichte van 2020; toen werden in 66% van alle gemeenten minder dan 5% van de huizen getroffen.



Figuur 7 Gemiddelde percentage getroffen woningen in 2020 (links) en 2030 (rechts). (Kaartdata van OpenStreetMaps)

4.3 Hoe groot is de relatieve waardedaling van de getroffen woningen?

In 2020 bedroeg de geschatte totale relatieve waardedaling van woningen ten gevolge van windturbines ongeveer 5,7 miljard euro.[23] Als we alle geplande windturbines voor 2030 in één keer op de kaart van 2020 erbij plaatsen – de veronderstelde 2030 situatie – dan neemt de geschatte totale relatieve waardedaling toe tot ongeveer 15,5 miljard euro. De totale waardedaling verdrievoudigt dus bijna tussen 2020 en 2030, terwijl het aantal getroffen woningen in dezelfde periode stijgt met ‘slechts’ 87% (zie Tabel 3). Dit verschil wordt veroorzaakt door twee ontwikkelingen: i) doordat er meer turbines komen staan ze onvermijdelijk vaker dichter op huizen en ii) nieuwe turbines zijn gemiddeld hoger dan bestaande turbines (zie Figuur 5). Uit het onderzoek van Dröes en Koster (2021) weten we dat zowel een kortere afstand als een hogere turbine leiden tot een sterker negatief prijseffect (zie Figuur 1).

Het is belangrijk om de totale relatieve woningwaardedaling ten gevolge van windturbines in perspectief te zien. Het totale bedrag komt overeen met een gemiddelde waardedaling per woning van 2.6% in 2020, oplopend naar gemiddeld 3.8% in 2030. Gegeven de woningwaarden in 2020, betekent dit een gemiddeld waardeverlies van €6.356 per woning in 2020, oplopend tot €9.295 voor de 2030

[23] Ter vergelijking: Dröes en Koster komen in hun analyse voor 2019 uit op 4,99 miljard euro. Het verschil van ongeveer 13% is goed te verklaren: zoals beschreven in Hoofdstuk 3 maken wij voor de inventarisatie van bestaande windturbines gebruik van een iets recentere versie van de Windstats dataset (dus met iets meer turbines), en wij gebruiken een andere en iets recentere databron voor actuele woningwaardes (met vermoedelijk iets hogere huizenprijzen).

situatie (ceteris paribus, met 2020 huizenprijzen).[24] Met andere woorden, tussen 2020 en 2030 stijgt de gemiddelde waardedaling per getroffen woning met €2.930, dat is een stijging van 46% (zie onderste regel in Tabel 3).

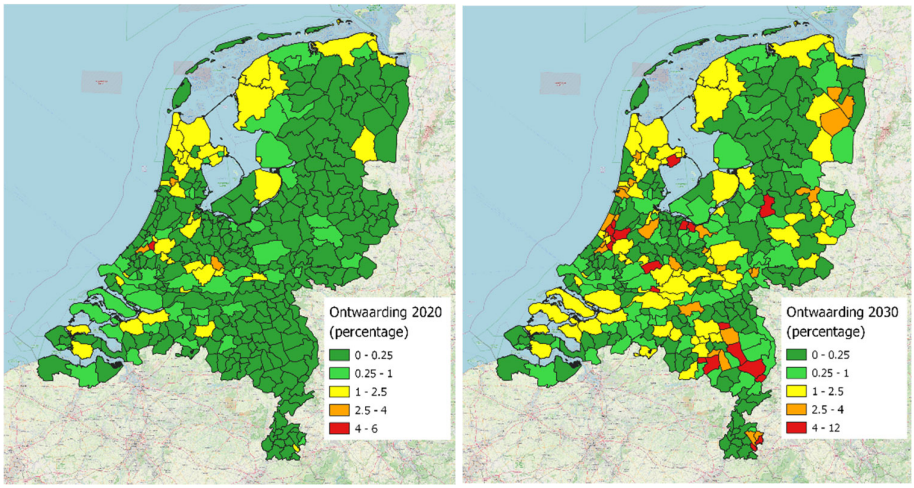
In Tabel 3 laten we voor 2020 en 2030 per provincie de waardedaling van de woningen in de nabijheid van windturbines zien. Hieruit blijkt dat de grootste totale waardedaling te vinden is in de provincies Noord- en Zuid-Holland, en in 2030 ook in Noord-Brabant. In 2020 was 58% van de totale waardedaling gelokaliseerd in Noord- en Zuid-Holland, in 2030 is dit naar verwachting 43%. De sterkste relatieve toename van de waardedaling tussen 2020 en 2030 vindt plaats in de provincies Limburg, Overijssel, Gelderland en Drenthe. Beide observaties zijn in lijn met de in Tabel 3 geobserveerde (toename van) aantallen getroffen woningen in deze provincies. De hoge totale waardedaling in met name Noord- en Zuid-Holland is uiteraard ook een gevolg van de relatief hoge huizenprijzen in die provincies.

Opvallend genoeg is in Drenthe de gemiddelde procentuele waardedaling per woning met 5.3% het hoogst; in Drenthe worden dus weliswaar relatief weinig huizen getroffen (zie Figuur 8), maar tegen relatief hoge kosten per woning; de oorzaak hiervoor ligt voornamelijk in het feit dat de nieuwe turbines er relatief hoog zijn (zie Tabel 1). In Friesland daarentegen geldt het omgekeerde: de gemiddelde waardedaling per woning is er met 1.6% het laagst; in Friesland worden dus weliswaar relatief veel huizen getroffen (zie Tabel 2), maar tegen relatief lage kosten per woning – de oorzaak ligt in het feit dat de turbines er relatief klein zijn (zie Tabel 3). Dit vertaalt zich, geholpen door relatief lage woningwaardes in Friesland, in een relatief lage gemiddelde waardedaling per woning uitgedrukt in euro's: €2.763 in 2030. In euro's uitgedrukt zijn de grootste gemiddelde waardedalingen per woning in 2030 te vinden in de provincies Utrecht, Noord-Brabant en Zuid-Holland; dit wordt veroorzaakt door een combinatie van relatief hoge turbines en relatief dure huizen.

Tabel 3 Effect van windturbines: waardedaling huizen per provincie.

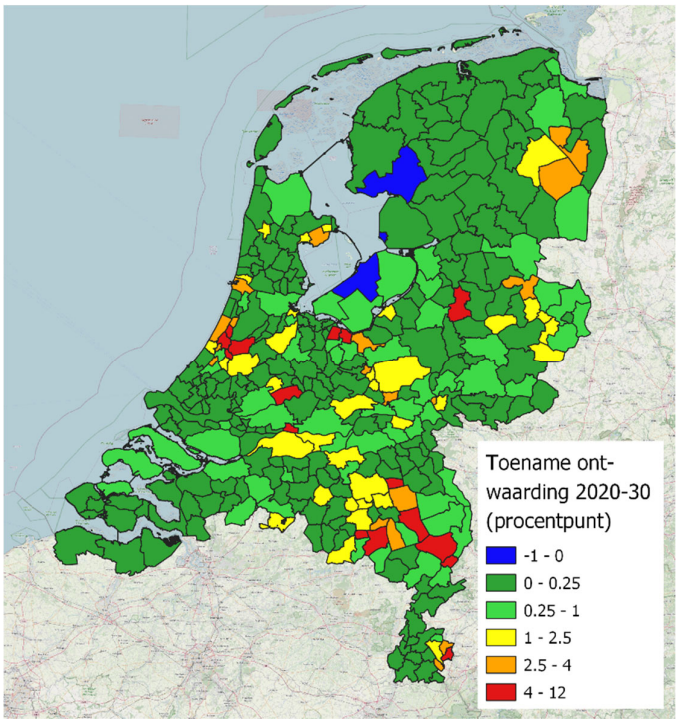
	Totale waardedaling (x 1 miljoen)				Gemiddelde waardedaling per getroffen woning							
	2020	2030	Δ 2020-30		2020	2030	Δ2020-30		2020	2030	Δ2020-30	
	€	€	€	%	%	%	%-pnt	%	€	€	€	%
Groningen	81	226	145	178	1.6	2.9	1.3	82	2.615	4.499	1.883	72
Friesland	336	333	-2	-1	1.6	1.6	0.1	4	2.763	2.778	15	1
Drenthe	35	131	96	272	4.1	5.3	1.2	28	7.060	8.802	1.742	25
Overijssel	108	710	601	556	2.7	4.0	1.3	47	5.751	8.475	2.724	47
Flevoland	114	280	165	144	2.3	3.5	1.2	51	5.585	8.554	2.969	53
Gelderland	387	1.796	1.409	364	2.5	3.9	1.4	57	6.653	9.573	2.921	44
Utrecht	484	1.194	710	147	3.4	4.3	0.9	26	10.667	13.042	2.375	22
N-Holland	1.564	2.878	1.314	84	2.5	3.1	0.7	27	6.351	8.143	1.792	28
Z-Holland	1.746	3.843	2.097	120	3.2	4.1	0.9	27	8.683	11.090	2.407	28
Zeeland	110	140	30	27	1.8	2.2	0.3	18	3.280	3.824	545	17
N-Brabant	671	3.123	2.452	366	2.8	5.0	2.2	79	6.643	12.723	6.080	92
Limburg	36	827	790	2173	2.3	4.6	2.3	100	4.008	8.044	4.037	101
Nederland	**5.673**	**15.480**	**9.807**	**173%**	**2.6**	**3.8**	**1.2**	**46**	**6.365**	**9.295**	**2.930**	**46**

[24] Ter referentie: de gemiddelde WOZ-waarde van een woning in 2020 bedroeg ongeveer €270.000.



Figuur 8 Gemiddelde procentuele waardedaling per woning in 2020 (links) en 2030 (rechts) ten opzichte van de situatie waarop er geen enkele windturbine in Nederland zou staan. (Kaartdata van OpenStreetMaps)

Figuur 8 biedt een verdieping van Tabel 3 door per gemeente de (verwachte) procentuele waardedaling van woningen ten gevolge van windturbines op land te laten zien in 2020 (links) en in 2030 (rechts). Deze kaarten laten goed zien dat de gemiddelde huizenprijseffecten van windturbines groter worden over de tijd, en dat die effecten zich over de tijd landinwaarts verspreiden in lijn met het diffusiepatroon van windturbines (zie Figuur 9). De vijf gemeenten met het hoogste percentage waardeverlies zijn op dit moment Zoeterwoude (4.8%), Leidschendam-Voorburg (2.9%), Uitgeest (2.7%), Houten (2.7%) en Medemblik (2.4%). In 2030 zijn dat naar verwachting de volgende gemeenten: Heeze-Leende (11.3%), Waalre (8.3%), Lopik (6.3%), Zoeterwoude (5.8%) en Lisse (5.7%). Echter, het rechterdeel van Figuur 8 laat ook zien dat in 2030 de gemiddelde waardedaling van woningen in de overgrote meerderheid van de gemeenten veel lager ligt: in een krappe meerderheid van de gemeenten met huizen dicht bij een turbine komt de gemiddelde waardedaling niet boven de 1%.



Figuur 9 Procentpunt verschil in gemiddelde procentuele waardedaling per huis voor gemeenten tussen 2030 en 2020.
(Kaartdata van OpenStreetMaps)

Tot slot van de paragraaf laten we in Figuur 9 per gemeente de verandering in gemiddelde procentuele woningwaardedaling zien tussen 2020 en 2030; dit komt overeen met het verschil tussen het linker en rechter panel in Figuur 8. Figuur 9 leidt tot de conclusie dat de gemiddelde woningontwaarding in veruit de meeste gemeenten met huizen dicht bij een turbine met minder dan 1 procentpunt toeneemt. Echter, in een beperkt aantal gemeenten stijgt de ontwaarding hard. Het gaat met name om de volgende gemeenten: Kaag en Braasem, Leiderdorp, Teylingen en Lisse, allen op de rand van Noord- en Zuid-Holland; Gorinchem in Zuid-Holland, Lopik, Eemnes en Bunschoten in Utrecht, en Olst-Wijhe in Overijsel. Voor al deze gemeenten geldt dat ze tegen een provinciegrens aanliggen; windturbines blijken relatief vaak aan de randen van bestuurlijke grenzen te worden geplaatst – dit geldt niet alleen voor provinciegrenzen, maar ook gemeentegrenzen en grenzen van RES-regio's. Uit de data blijkt dat in 2020 in 54 gemeenten (15% van het totaal) met getroffen huizen geen turbines stonden; deze huizen werden dus getroffen door turbines in naburige gemeenten. In 2030 gaat het om 74 gemeenten (21%) waar dit het geval is.

Daarnaast is er een aantal gemeenten in Limburg (met name Peel en Maas, en Beesel) waar de zoekgebieden voor windenergie in de RES erg ruim waren opgesteld. Zoals beschreven in Hoofdstuk 3 hebben wij nieuwe windturbines zoveel mogelijk evenredig over een zoekgebied verdeeld, rekening houdend met bebouwing en bestaande infrastructuur. In deze gemeenten betekent dit dat de turbines over een relatief grote oppervlakte zijn verspreid. In Brabant ligt in een aantal gemeenten (o.a. Boekel, Deurne, Heeze-Leende, Waalre) de zoekgebieden relatief dicht tegen bewoonde gebieden aan, met als gevolg dat in deze gemeenten

volgens onze berekening relatief veel woningen vallen binnen de straal van geplande nieuwe windturbines. Op deze plekken lijkt het daarom wenselijk om de zoekgebieden specifieker te definiëren, met als mogelijk gevolg dat de toekomstige werkelijkheid beter is dan onze huidige analyse van de RES-plannen en de kaart van Figuur 9.

4.4 Neemt de ruimtelijke ongelijkheid van getroffen woningen op termijn toe?

Tussen 2020 en 2030 stijgt het aantal huizen dat dicht bij een turbine staat (zie Tabel 4-2), maar de totale impact van turbines wordt gelijkmatiger verdeeld over Nederland. Tot 2020 stonden windturbines voornamelijk opgesteld op de plekken met de hoogste windsnelheden, rekening houdend met bevolkingsdichtheid: Friesland, de kop van Noord-Holland, Zeeland en Flevoland. Maar, zoals eerder opgemerkt, zullen de windturbines zich de komende jaren steeds verder landinwaarts verspreiden (zie Figuur 4).

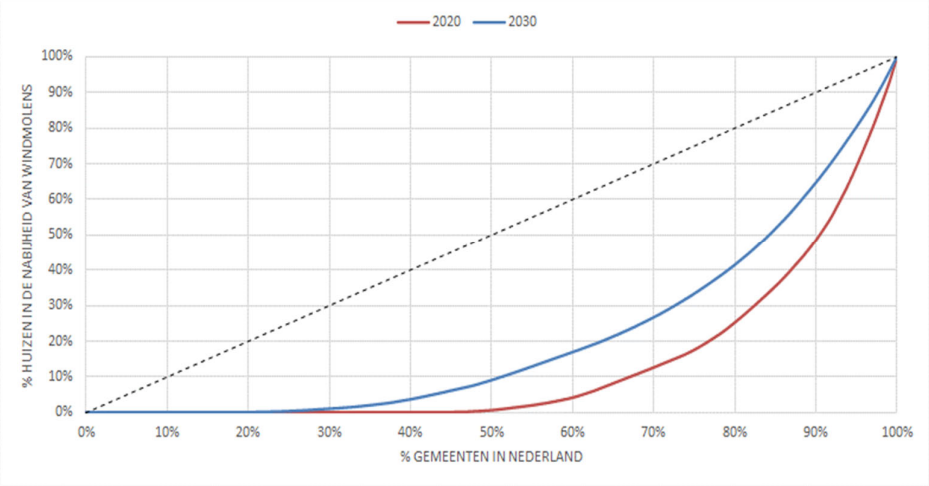
Dat impact van windturbines op land in de toekomst gelijkmatiger wordt verdeeld over gemeenten komt dus niet door een herverdeling van windturbines, maar doordat ook een heel aantal gemeenten voor het eerst met windturbines te maken krijgen. We illustreren dit in Figuur 10 door middel van een zogeheten Lorenz-curve (zie Box 1 voor een toelichting).

Box 1: Lorenz Curve

De Lorenz-curve (in 1905 ontwikkeld door Max O. Lorenz) is een bekende illustratiemethode om ongelijkheid van inkomen of vermogen weer te geven. De curve geeft het cumulatieve aandeel van het inkomen (verticale as) van verschillende inkomensgroepen (horizontale as) weer. De 45-graden lijn vertegenwoordigt de (hypothetische) situatie van perfecte gelijkheid, waarbij de armste 20% van de bevolking precies 20% van het totale inkomen krijgt, de armste 50% van de bevolking krijgt precies 50% van het totale inkomen, et cetera. Hoe ongelijker de inkomsensverdeling, hoe meer de curve naar beneden afwijkt van de 45-graden lijn. Als de rijkste 10% van de bevolking 90% van het totale inkomen krijgt (oftewel de armste 90% van de bevolking krijgt slechts 10% van het totale inkomen) dan loopt de curve vrijwel vlak om pas helemaal rechts in de figuur (bij de laatste 10%) snel te stijgen naar de rechter bovenhoek van de figuur.

De Lorenz-curve kan worden gebruikt om de Gini-coëfficiënt te berekenen, een veelgebruikte maatstaf voor (inkomens)ongelijkheid. De Gini-coëfficiënt is gelijk aan het gebied tussen de 45-graden lijn en de Lorenz-curve, gedeeld door het gehele gebied onder de 45-graden lijn. Hoe groter de gelijkheid, hoe dichter de Lorenz-curve bij de 45-graden lijn ligt, hoe kleiner het gebied tussen de 45-graden lijn en de Lorenz-curve is en dus hoe lager de Gini-coëfficiënt.

In Figuur 10 staat op de horizontale as het percentage gemeenten in Nederland, gesorteerd op het percentage huizen in de nabijheid van een windturbine; geheel rechts op de horizontale as staat de gemeente met relatief de meest getroffen huizen. Op de verticale as staat het cumulatieve aandeel huizen in Nederland dat last heeft van windmolens. De curve wordt per definitie begrensd door twee hoekpunten: 0% van de gemeenten bevat 0% van alle getroffen huizen (linksonder) en alle gemeenten samen (100%) bevatten 100% van alle getroffen huizen (rechtsboven).



Figuur 10 Lorenz-curve voor de verdeling van windturbines over gemeenten.

Figuur 10 laat zien dat zowel in 2020 en 2030 de turbines ongelijk verdeeld zijn over de Nederlandse gemeenten: geen van beide curves ligt in de buurt van de 45 graden lijn. Echter, de ruimtelijke ongelijkheid neemt aanzienlijk af tussen 2020 en 2030: de curve schuift richting de 45-graden lijn. In 2020 heeft de eerste 47% van alle gemeenten op de horizontale as geen last van windturbines, in 2030 is dat nog maar 27%. Oftewel, in 2020 stonden in 53% van de gemeenten huizen die getroffen werden door windturbines, in 2030 is dat toegenomen tot 73% van de gemeenten. Verder laat de grafiek zien dat in 2020 50% van alle getroffen huizen te vinden is in de 10% meest getroffen gemeenten. In 2030 is dat het geval voor 16% van de meest getroffen gemeenten. Met andere woorden, de zeer scheve ruimtelijke verdeling van 2020 wordt minder scheef over de tijd. Maar, zoals gezegd, dat wordt niet veroorzaakt door een herverdeling van bestaande turbines als wel door het bijplaatsen van nieuwe turbines in gemeenten die tot nu toe weinig of geen turbines hadden.

4.5 Krijgen gemeenten met een relatief lage gemiddelde woningwaarde relatief veel turbines?

Windturbines worden logischerwijs overwegend in dunbevolkte, rurale, gebieden geplaatst; in stedelijk gebied veroorzaken ze veel meer overlast en dus weerstand, nog afgezien van wettelijke restricties aangaande minimale afstand tot woonwijken, historische binnensteden, vliegvelden, et cetera. Echter, er is een sterk verband

tussen bevolkingsdichtheid en inkomensniveaus: vanwege allerlei agglomeratievoordelen zijn gemiddelde inkomens – en daarmee huizenprijzen – doorgaans hoger in dichtbevolkte gemeenten dan in dunbevolkte gemeenten. De meeste turbines staan op dit moment in dunbevolkte gebieden in Zeeland, Flevoland en Friesland (Figuur 4). Betekent dit ook dat windturbines vooral in armere gemeenten worden geplaatst? Immers, niet alle gemeenten in deze provincies hebben lage huizenprijzen. En hoe verandert het beeld richting 2030, als er meer windturbines zijn en ze vaker landinwaarts worden geplaatst?

Om die vragen te beantwoorden laten we in Figuur 11 voor zowel 2020 als 2030 zien hoe de locatie van windturbines samenhangt met zowel de woningwaarde (horizontale as) als de bevolkingsdichtheid (verticale as), gemeten op gemeenteniveau. De blauwe bolletjes geven alle gemeenten weer, de rode bolletjes geven alleen de gemeenten weer waar windmolens zijn geplaatst.



Figuur 11 Locatie windturbine in relatie tot woningwaarde en bevolkingsdichtheid, per gemeente.

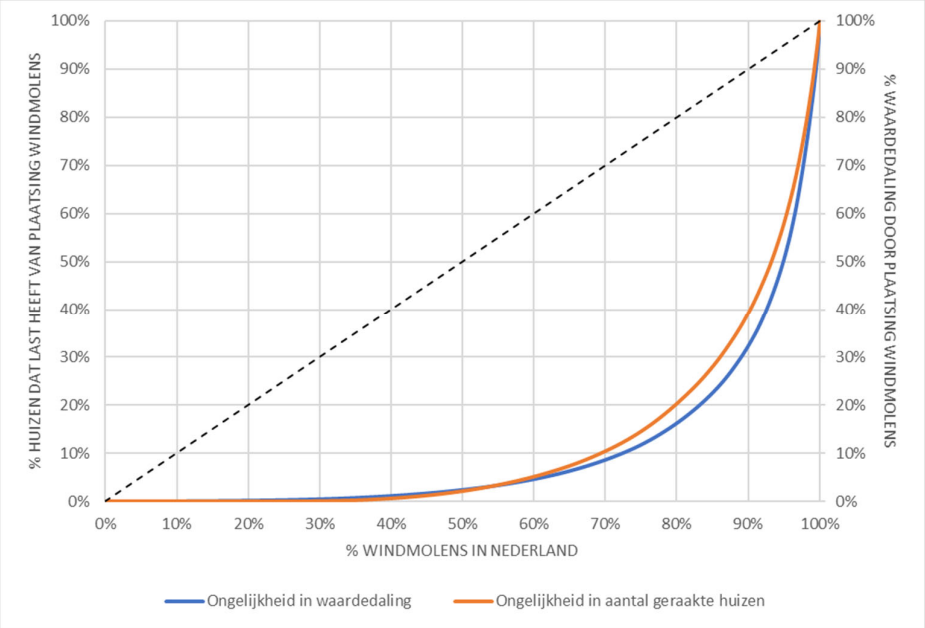
De figuur bevestigt dat zowel in 2020 als in 2030 de windturbines vooral in gemeenten staan met een relatief lage bevolkingsdichtheid – de rode bollen bevinden zich vooral in de onderkant van de grafiek. Maar het verband met

woningwaarden is minder duidelijk: de windturbines zijn verspreid te vinden in gemeenten met een gemiddelde WOZ tussen €120.000 en €420.000. Er is in de figuur voor 2020 nog een beperkte bias richting armere gemeenten te zien, maar de spreiding wordt opvallend gelijkmatig per 2030, als veel gemeenten met een gemiddelde WOZ-waarde die nu nog geen windturbines hebben er ook mee te maken krijgen. En hoewel enkele hele rijke gemeenten (met een gemiddelde WOZ-waarde boven de €500.000) geen turbines hebben en krijgen, geldt dit ook voor een heel aantal gemeenten met een gemiddelde WOZ-waarde. Figuur 11 laat tenslotte ook zien dat in 2030 meerdere gemeenten met een hoge bevolkingsdichtheid te maken krijgen met de plaatsing van turbines.

Kortom, de data geven geen steun aan de hypothese dat het huizenprijseffect van windturbines vooral optreedt in gemeenten met een gemiddelde lage WOZ-waarde – hoewel dat nog enigszins het geval is in 2020, is dat niet meer het geval per 2030. Dit is natuurlijk een logisch gevolg van het bijplaatsen van windturbines, maar het is vermoedelijk ook een resultaat van het RES proces (zie Hoofdstuk 2.2): ruimtelijke afwenteling van de nationale opgave voor wind op land is immers moeilijker als die wordt gedelegeerd aan 30 energieregio's en hun stakeholders.

4.6 Hoeveel en welke windturbines veroorzaken hoeveel waardedaling?

Niet elke windturbine veroorzaakt evenveel waardedaling. De waardedaling van een woning is afhankelijk van de afstand tot en hoogte van de turbine (Figuur 1), en afhankelijk van de locatie vallen er meer of minder woningen binnen de straal van 2500 meter waarvoor een huizenprijs effect optreedt. Bovendien varieert de huizenwaarde over de ruimte – sommige locaties zijn duurder om te wonen dan andere.



Figuur 12 Lorenz-curve voor de verdeling van windturbine-effecten (getroffen huizen en waardedaling voor de windturbine 'populatie' in 2030.

Figuur 12 toont de Lorenzcurve voor de verdeling van windturbine effecten voor de gehele windturbine ‘populatie’ in 2030.

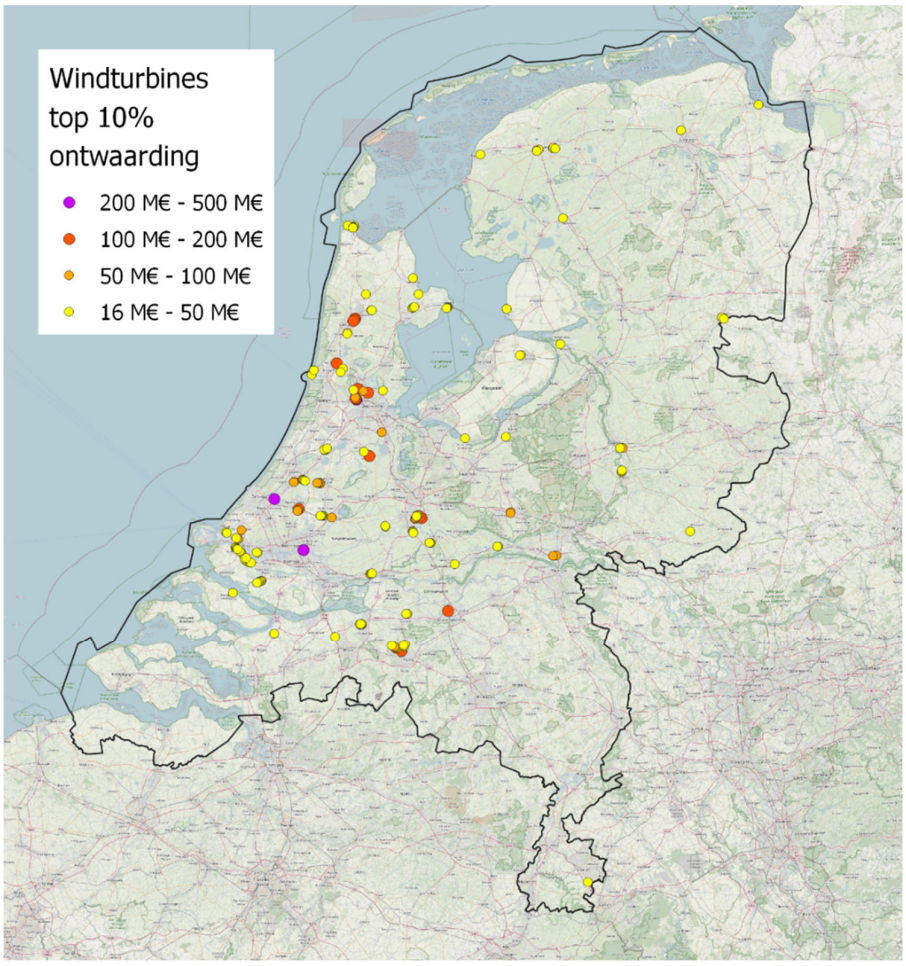
Qua effecten gaat het in Figuur 12 zowel om het aandeel getroffen huizen per turbine (oranje curve, linker verticale as) als de waardedaling (blauwe curve, rechter verticale as). Op de horizontale as staan de windturbines, gesorteerd naar de mate van impact die de turbine heeft, zowel in termen van aantal getroffen huizen als waardedaling. De curve wordt per definitie begrensd door twee hoekpunten: 0% van de turbines veroorzaakt 0% van alle impact (linksonder) en alle turbines samen (100%) veroorzaken 100% van alle impact (rechtsboven). De 45 graden lijn geeft de (hypothetische) situatie weer van perfecte gelijkheid, waarbij elke turbine evenveel impact heeft. Hoe ongelijker de impact van windturbines, hoe meer de blauwe en oranje curves naar beneden afwijken van de 45-graden lijn.

Figuur 12 laat zien dat in 2030 de impact van windturbines erg ongelijk is verdeeld: de 10% windturbines met de meeste impact zijn verantwoordelijk voor 60% van alle getroffen huizen en 67% van de totale waardedaling.[25] Deze ongelijke verdeling is natuurlijk voornamelijk te herleiden tot een ongelijke verdeling van het aantal huizen in de nabijheid van de verschillende windturbines (zie de oranje curve), en versterkt door verschillen in woning waarde over de ruimte (zie het verschil tussen de oranje en blauwe curve).

In Figuur 13 zetten we de 10% windturbines met de meeste impact op woningwaardedaling op de kaart, gedifferentieerd naar de mate van impact. Het gaat in totaal om 185 turbines.

In Figuur 13 is goed te zien dat deze turbines voornamelijk in de Randstad liggen; daar is het door de hogere bevolkingsdichtheid evident moeilijker om de turbines op afstand van woningen te plaatsen. De 185 turbines op de kaart zijn samen verantwoordelijk voor een totale relatieve waardedaling van € 4.7 miljard, verdeeld over ruim 676.000 getroffen huizen. Maar ook binnen deze groep is de verdeling erg ongelijk: de twee ‘paarse’ turbines op de kaart met de hoogte impact – in respectievelijk de gemeenten Leidschendam-Voorburg en Capelle aan den IJssel – zijn verantwoordelijk voor ongeveer € 700 miljoen waardedaling, verdeeld over ongeveer 62.000 huizen. Het gaat hier om bestaande turbines.

[25] Merk op dat de 10% windmolens die meeste overlast veroorzaken in termen van getroffen huizen andere windmolens kunnen zijn dan de top 10% molens die meeste WOZ-waardedaling veroorzaken.



Figuur 13 Locaties van de 10% windturbines die meeste woningwaardedaling veroorzaken.

Tabel 4 Top-10 windturbines met het hoogste aantal getroffen huizen in 2030.

	Naam van de turbine	Gemeente	Aantal getroffen woningen	Totale waardedaling (miljoen €)	Gemiddelde waardedaling per getroffen woning (€)
1	De Haagse Molen	's-Gravenhage	32.365	434	13.410
2	Kralingseveer	Rotterdam	29.630	267	9.011
3	*Nieuwe turbine*	Diemen	22.965	243	10.581
4	*Nieuwe turbine*	Heerlen	22.040	137	6.216
5	*Nieuwe turbine*	Leiden	21.850	210	9.611
6	*Nieuwe turbine*	Eindhoven	21.400	377	17.617
7	De Gouwevogel	Gouda	20.875	74	3.545
8	Het Nieuwland 2	Den Helder	20.690	43	2.078
9	IFF	Tilburg	19.870	122	6.140
10	*Nieuwe turbine*	Heerlen	19.495	90	4.617

Tabel 4 geeft de top-10 windturbines weer met impact op de meeste huizen.[26] Deze 10 turbines treffen samen ongeveer 231.000 huizen. De helft van deze turbines zijn bestaande turbines; daarnaast treden 5 nieuwe turbines – door ons op de kaart gezet – toe tot de top 10. In 2030 bevindt vrijwel de gehele top-10 zich in stedelijk gebied (o.a Den Haag, Rotterdam, Leiden, Heerlen, Eindhoven, Den Helder, Tilburg). De lijst wordt aangevoerd door de eerdergenoemde 'paarse' turbines in Figuur 13: de bestaande turbines Haagse Molen in 's Gravenhage en Kralingseveer in Rotterdam. De Haagse Molen is met recht een dure turbine: ze treft ruim 32.000 huizen met een totale ontwaarding van € 434 miljoen, hetgeen overeenkomt met een gemiddelde waardedaling van € 13.410 per getroffen woning, ruim boven het landelijke gemiddelde van € 9.295 (zie Tabel 4-3). Van de nieuwe turbines hebben met name die in Diemen en Eindhoven (zie Figuur 13) een grote negatieve impact in termen van woningwaarde verlies.

4.7 Hoe verhoudt het woningwaardeverlies zich tot de kosten van een turbine?

De negatieve impact van windturbines op hun directe omgeving is een typisch voorbeeld van zogeheten externe kosten. Hoe verhouden deze externe kosten zich tot de overige kosten van een windturbine? Om die vraag te beantwoorden rekenen we, als laatste stap in onze analyse, het totale woningwaardeverlies uit per turbine en per eenheid opgewekt elektriciteit. De resultaten presenteren we in Tabel 5.[27]

De tabel laat zien dat in 2020 het gemiddelde woningwaardeverlies per turbine ruim €3.3 miljoen bedraagt; in 2030 is dit opgelopen naar €5.2 miljoen per turbine.[28] Echter, het gemiddelde bedrag per turbine is vertekend omdat de verdeling van de totale waardedaling over de turbines erg scheef is: een beperkt aantal turbines zorgt voor heel veel woningwaardeverlies (zie Figuur 12 en Figuur 13). Om hiervoor te corrigeren, berekenen we in Tabel 5 ook het mediane woningwaardeverlies per turbine en MWh. In 2020 bedroeg het mediane woningwaardeverlies per turbine ruim €265 duizend; per 2030 is dit opgelopen naar €583 duizend per turbine.

In het onderste gedeelte van Tabel 5 zetten we deze getallen voor 2030 in perspectief.[29] Daaruit blijkt dat het woningwaardeverlies overeen komt met gemiddeld 17.7% van de constructiekosten van een turbine en 0.31 cent/kWh hogere productiekosten van windenergie (gegeven een veronderstelde 25-jarige levensduur van een turbine); dit laatste betekent een gemiddelde kostprijsverhoging van windenergie met 9.7%.

---

[26] De berekening van de waardedaling 'per windmolen' is gebaseerd op een variant van de methode die we gebruiken voor het berekenen van de waardedaling per woning (zie bijvoorbeeld Tabel 3). De waardedaling per woning wordt gedefinieerd door de meest nabije turbine; de overige turbines in de nabijheid van de woning worden in die berekening niet meegenomen om dubbeltelling in het berekenen van de ontwaarding te voorkomen. De waardedaling per turbine is daarentegen gedefinieerd als de som van de ontwaarding van alle woningen binnen de straal van de betreffende turbine; de inherente dubbeltellingen zijn hier geen probleem omdat we de waarden per turbine niet aggregeren.

[27] Het format van deze tabel is gebaseerd op Tabel 5 in Dröes en Koster (2021).

[28] Vanwege gemiddeld grotere turbines in 2030 is het bedrag per MWh voor 2030 slechts beperkt hoger dan in 2020.

[29] Deze berekening is gebaseerd op constructiekosten van 1170 €/kWe, vaste O&M-kosten van 11,4 €/kWe/jaar en variabele O&M-kosten van 0,0103 €/kWh. Bron: PBL(2021c). Zie ook Tabel B 1 in Appendix B.

Tabel 5 Woningwaardedaling per turbine van verschillende omvang (tiphoogte)

2020	**Totaal**	**< 50m**	**>= 50, < 150**	**>= 150**
Gemiddelde MW per turbine	*2,0*	*0,1*	*1,6*	*3,8*
Verdeling turbines	*100%*	*5%*	*65%*	*30%*
Totaal (M€)	5.677	324	4.191	1.162
Gemiddeld per turbine (M€)	3.321.766	1.940.046	3.631.919	2.994.009
Gemiddeld per MWh (€/MWh/jaar)[1]	631	5581	830	299
Mediaan per turbine (€)	265.763	473.939	365.223	73.986
Mediaan per MWh (€/MWh/jaar)[1]	90	1398	120	7
2030	**Totaal**	**< 50m**	**>= 50, < 150**	**>= 150**
Gemiddelde MW per turbine	*2,8*	*0,1*	*2,4*	*4,2*
Verdeling turbines	*100%*	*10%*	*68%*	*23%*
Totaal (M€)	15.492	301	8.952	6.239
Gemiddeld per turbine (M€)	5.209.240	1.994.959	4.662.483	6.909.274
Gemiddeld per MWh (€/MWh/jaar)[1]	694	5517	738	616
Mediaan per turbine (€)	583.526	508.439	545.839	711.849
Mediaan per MWh (€/MWh/jaar)[1]	121	1523	125	60
Mediane kosten woningwaardedaling:				
Als % van constructiekosten per turbine[2]	17,7%	320,0%	19,7%	14,4%
Per kWh (c/kWh)[3]	0,31	5,62	0,35	0,25
Als toename kWh prijs (%)[3,4]	9,7%	174,9%	10,7%	7,9%

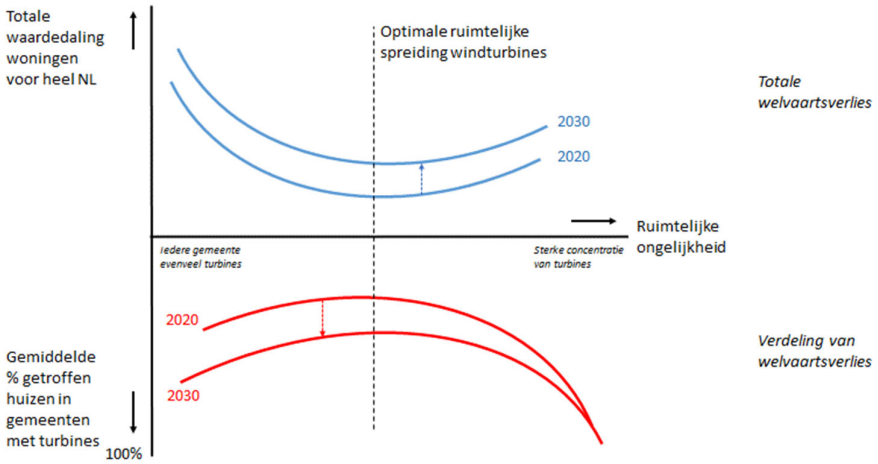
Aannames: [1] Capaciteitsfactor = 0.304, 1 MW = 2.663 MWh/jaar; [2] Eenmalige investeringskosten 1,17 M€ / MW ; [3] Gemeten over 25-jarige levensduur turbine; [4] Op basis van eenmalige investeringskosten plus 11,4 €/kWe/jaar vaste O&M kosten en 0,0103 €/kWh variabele O&M kosten.

De cijfers in Tabel 5 laten ook zien dat de totale gemiddelde waarden aanzienlijk variëren tussen turbines van verschillende omvang: bij grote turbines (> 150 m) vallen de externe kosten van woningwaardeverlies relatief laag uit, omdat ze kunnen worden omgeslagen over meer vermogen; voor kleine turbines (< 50 m) geldt het omgekeerde. In vergelijking met de grootste turbines (> 150 meter) is in 2030 het woningwaardeverlies per MWh voor turbines met gemiddelde omvang (50-150 meter) ruim 2 keer zo groot, en voor kleine turbines is dat zelfs ruim 25 keer zo groot. Oftewel, ook in termen van externe kosten zijn grote turbines veruit het meest efficiënt vanwege een schaaleffect: de productie van een turbine neemt kwadratisch toe met de grootte. Als bij de grote turbines het veroorzaakte woningwaardeverlies wordt verrekend in de turbinekosten, leidt dit tot een gemiddelde verhoging van de productieprijs van windenergie met 0.25 cent/kWh, tegenover een oorspronkelijke productieprijs van 3.22 cent/kWh – een verhoging van 7,9%.

5 Reflectie: de optimale spreiding van windturbines

5.1 Een denkraam

De zoektocht naar een economisch optimale verdeling van windturbines op land kenmerkt zich door een fundamentele afruil tussen enerzijds het minimaliseren van het totale woningwaardeverlies en anderzijds een zoveel mogelijk gelijke verdeling van dit waardeverlies. In deze afruil resoneert de klassieke economische afruil tussen ‘efficiency’ en ‘equity’. Dat betekent dat er in theorie zoiets bestaat als een economisch optimale spreiding van windturbines. We illustreren dit in Figuur 14.



Figuur 14 De afruil tussen totale lasten en gelijke verdeling bij het kiezen van windturbine locaties.

De bovenste grafiek in Figuur 14 illustreert het verband tussen de totale waardedaling van getroffen woningen over heel Nederland (verticale as) en de ruimtelijke concentratie van turbines (horizontale as). Als het aantal windturbines toeneemt tussen 2020 en 2030 schuift de curve omhoog: meer turbines betekent immers een toename van het totale waardeverlies. De onderste grafiek in Figuur 14 illustreert het verband tussen het gemiddelde percentage getroffen huizen in gemeenten met windturbines (verticale as) en opnieuw de ruimtelijke concentratie van turbines (horizontale as). De onderste grafiek is omgeklapt omwille van de vergelijkbaarheid met de bovenste grafiek – als het aantal windturbines toeneemt tussen 2020 en 2030, schuift de curve omlaag: meer turbines betekent een hoger gemiddeld percentage getroffen huizen in gemeenten met windturbines. Merk op: de figuur en de analyse hieronder veronderstelt dat ruimtelijke concentratie van windturbines (logischerwijs) plaatsvindt in rurale gebieden met een relatief lage woningdichtheid (en dus niet in stedelijke gebieden met een hoge woningdichtheid).

In Figuur 14 laat de bovenste grafiek aan de linkerkant zien dat bij een perfect gelijke verdeling van turbines over de ruimte – alle gemeenten krijgen evenveel turbines – de totale waardedaling hoog is omdat turbines in dichtbevolkte gebieden (denk aan de Randstad) voor veel overlast zorgen. Bij een toenemende ruimtelijke concentratie van turbines in rurale (kust)gebieden – een verschuiving op de

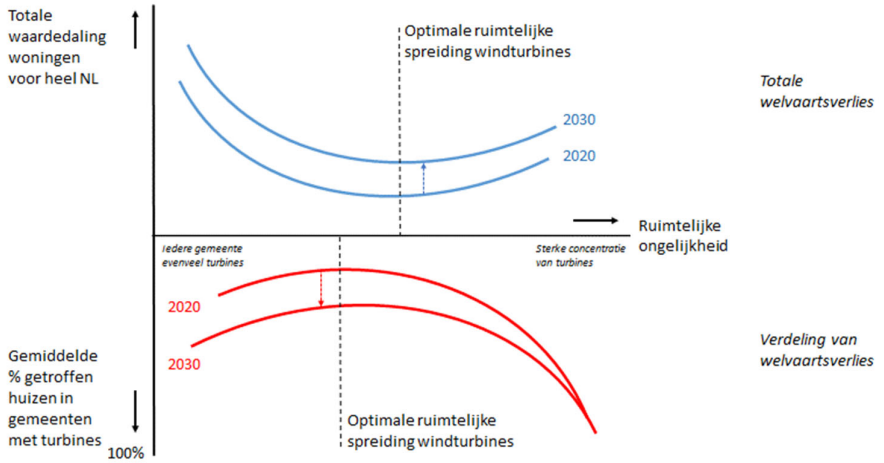
horizontale as naar rechts – daalt het totale waardeverlies in de grafiek, omdat er minder woningen getroffen worden. Echter, bij zeer hoge concentratie van turbines in een gebied (rechterkant van de grafiek) neemt het totale waardeverlies weer toe omdat op die plek veel waardedaling ontstaat. In dat geval wordt de last van windturbines dus onevenredig zwaar op een beperkt deel van de ruimte gelegd.

De onderste grafiek in Figuur 15 laat zien dat een toenemende ruimtelijke concentratie van turbines initieel leidt tot een dalend percentage getroffen huizen in gemeenten met windturbines – de relatief lage bevolkingsdichtheid in rurale (kust)gebieden faciliteert immers het plaatsen van turbines op afstand van woningen en voorkomt daarmee een veelheid aan getroffen woningen in stedelijk gebied. Echter, bij verdergaande ruimtelijke concentratie van turbines neemt het percentage getroffen huizen in gemeenten met windturbines uiteraard weer toe, met als limiet 100% getroffen huizen in gemeenten met veel windturbines. Ook hier geldt natuurlijk dat de last van windturbines in dit geval onevenredig zwaar op een beperkt deel van de ruimte wordt gelegd.

De combinatie van de bovenste en onderste grafiek in Figuur 14 illustreert de fundamentele afruil tussen het totale waardeverlies van windturbines (bovenste grafiek, verticale as) en de ruimtelijke verdeling van dit welvaartsverlies (onderste grafiek, verticale as), als functie van de ruimtelijke concentratie of spreiding van windturbines (horizontale as). Het theoretisch economische optimum combineert het laagste punt van de convexe blauwe en rode curves (gemarkeerd met de verticale zwarte stippellijn): bij dit niveau van ruimtelijke spreiding c.q. concentratie van turbines is zowel het totale waardeverlies als het gemiddelde percentage getroffen woningen in getroffen gemeenten geminimaliseerd. Elke afwijking van dit optimum impliceert welvaartsverlies, omdat het (gegeven de convexe vorm van de curves) gepaard gaat met een toename van het totale waardeverlies en overlast in getroffen gemeenten.

De hamvraag is daarom empirisch van aard: hoe verlopen de curves in werkelijkheid? Daarbij gaat het niet alleen om het gebogen verloop (convexiteit) van de curves, maar ook om de vraag of de rode en blauwe curves symmetrisch zijn. Er is namelijk geen a priori reden om te veronderstellen dat de laagste punten op de beide curves (gemeten op de verticale as) samenvallen bij hetzelfde niveau van ruimtelijke concentratie (gemeten op de horizontale as). We illustreren dit in Figuur 15.

In Figuur 15 bestaat er geen uniek optimum: een minimaal totaal welvaartsverlies gaat gepaard met een bovenminimaal niveau van ruimtelijke ongelijkheid, en andersom. De mate van divergentie tussen de optima voor de twee dimensies op de verticale as (ongelijkheid versus waardeverlies) wordt natuurlijk bepaald door de ruimtelijke inrichting van het landschap, in casu het patroon van spreiding c.q. concentratie van woningen op de horizontale as – en in de praktijk ook nog door andere landschapskenmerken die van invloed zijn op de ruimtelijke (onmogelijkheden) om windturbines te plaatsen. Dit laatste betekent ook dat veranderingen in het landschap – denk aan nieuwbouw, inpoldering of ontwikkeling van natuurgebied – van invloed zijn op de economisch optimale ruimtelijke spreiding van windturbines.

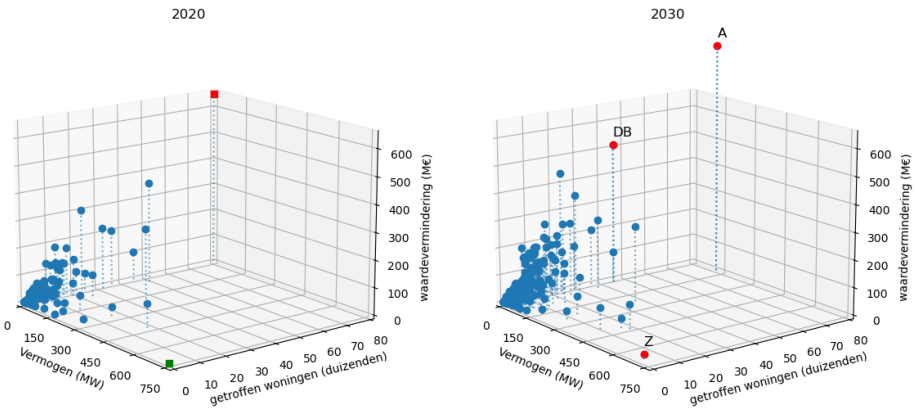


Figuur 15 De afruil bij tussen totale lasten en gelijke verdeling bij het kiezen van windturbine locaties.

In het resterende deel van dit hoofdstuk gebruiken het hierboven geschetste kader om de (toekomstige) ruimtelijke verdeling van windturbines te evalueren – in onze analyse berekenen we immers de totale waardedaling en de ruimtelijke verdeling daarvan over gemeenten.

5.2 Hoe (sub-)optimaal is de spreiding van windturbines in Nederland?

In Figuur 16 tonen we voor 2020 en 2030 de relatie tussen opgesteld windturbinevermogen, aantal getroffen huizen en totale waardevermindering – we meten dit op gemeenteniveau; elk blauw bolletje representeert een gemeente.



Figuur 16 De relatie – op gemeenteniveau – tussen geplaatst windturbinevermogen, aantal getroffen huizen en totale waardevermindering.

De economisch meest gunstige situatie is uiteraard die situatie waarbij er in een gemeente veel turbinevermogen wordt gerealiseerd terwijl er weinig huizen worden

getroffen en er (dus) weinig waardevermindering optreedt – dit punt bevindt zich rechtsonder in de 3D-grafiek, aangegeven met een groen blokje in de linker grafiek voor 2020. De economisch meest ongunstige situatie is het tegenovergestelde punt waarbij er in een gemeente weinig turbinevermogen wordt gerealiseerd terwijl er veel huizen worden getroffen en er (dus) veel waardevermindering optreedt – dit punt bevindt zich linksboven in de 3D-grafiek, aangegeven met een rood blokje in de linker grafiek voor 2020.

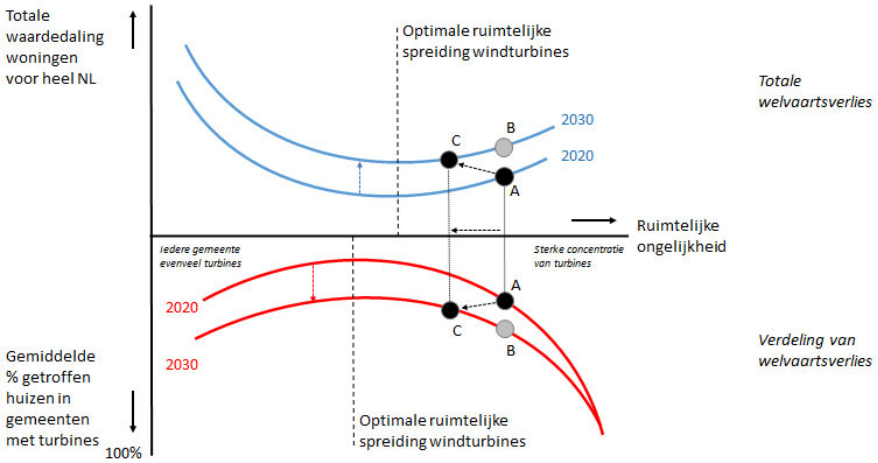
De 3D-grafiek voor 2020 laat een duidelijke afruil zien tussen het totale woningwaardeverlies en een gelijke ruimtelijke verdeling van getroffen huizen: in de gemeenten met de meeste opgestelde windturbine capaciteit worden enerzijds (en logischerwijs) relatief veel huizen getroffen maar anderzijds is de totale waardedaling in deze gemeenten over het algemeen relatief laag. Verder toont de 3D-grafiek voor 2020 dat in de meeste gemeenten zowel het gerealiseerde turbinevermogen als het aantal getroffen huizen en de waardedaling beperkt is – de meeste gemeenten bevinden zich linksonder in de 3D-grafiek. Echter, daarnaast is er een klein aantal gemeenten waarbij een beperkte hoeveel opgesteld turbinevermogen samengaat met een hoog aantal getroffen woningen en veel waardevermindering. Deze gemeenten liggen voornamelijk in de Randstad waar het door de hogere bevolkingsdichtheid evident moeilijker is om turbines op afstand van woningen te plaatsen (zie Figuur 13).

In 2030 gelden deze patronen grosso modo nog steeds, maar minder uitgesproken en met een aantal belangrijke wijzigingen. Behalve dat er in 2030 meer gemeenten met opgesteld windturbine zijn (de grafiek telt meer blauwe bolletjes), zijn er ook meer gemeenten waar een relatief beperkte windturbine capaciteit samengaat met een gemiddeld hogere waardedaling dan in 2020 – er zijn in 2030 aanzienlijk meer gemeenten met een geschat totaal woningwaardeverlies tussen 100 en 200 miljoen euro dan in 2020. Dit illustreert eerdere observaties dat een gelijkmatiger ruimtelijke spreiding van windturbines in meer gemeenten kan leiden tot een forse toename van het totale woningwaardeverlies, omdat de windturbines vaker in relatief dichtbevolkt gebied terechtkomen.[30] Een extreem voorbeeld in dit opzicht is Amsterdam (aangeduid met de A in de 3D-grafiek voor 2030), maar ook Den Bosch (DB in de grafiek) waar, ondanks de beperkte turbine capaciteit, een zeer hoge totale ontwaarding optreedt als gevolg van een hoog aantal getroffen huizen. Het omgekeerde, eveneens uitzonderlijke geval, is de gemeente Zeewolde (aangeduid met Z in de grafiek) waar een (zeer) hoog turbinecapaciteit samengaat met weinig getroffen en (dus) beperkte waardevermindering.

Het is niet mogelijk om onze empirische resultaten precies te vertalen naar het theoretisch raamwerk, zoals aan het begin van dit Hoofdstuk geschetst. Dat zou immers vereisen dat we onze gehele analyse herhalen voor elke denkbaar niveau van ruimtelijke ongelijkheid, via het telkens opnieuw intekenen van turbines op de kaart – dit valt buiten het bestek van deze studie. Maar op basis van onze

[30] Onderliggende data laten voor 2020 inderdaad een duidelijk negatief verband zien tussen het percentage getroffen huizen en bevolkingsdichtheid, hetgeen onderstreept dat de meeste windturbinecapaciteit staat opgesteld in gebieden met een lage bevolkingsdichtheid (zie ook Figuur 4). In 2030 is dit verband aanzienlijk minder duidelijk: er komen meer turbines in gebieden met een hogere bevolkingsdichtheid (met name tussen 1000 en 2000 inwoners/km^2), met als gevolg dat in die gemeenten de waardedaling relatief hoog ligt.

bevindingen kunnen we wel een schets maken van de 2020 en 2030 situatie, in de geest van het theoretische denkraam; we doen dat in Figuur 17.



Figuur 17 Inschatting van de afruil tussen totale lasten en gelijke verdeling qua windturbine locaties.

De uitgangsituatie in 2020 geven we in Figuur 17 weer met punt A. Immers, in 2020 is er sprake van een relatief sterke ruimtelijke concentratie van windturbines (in de kustprovincies plus Flevoland). Per 2030 zijn er meer windturbines, waardoor zowel de totale waardedaling als het gemiddelde percentage getroffen woningen in getroffen gemeenten stijgt richting punt B. Dit zou betekenen dat alle nieuwe turbines, net als de bestaande turbines, uitsluitend in de kustprovincies plus Flevoland worden geplaatst. Dat is niet het geval: behalve dat er meer turbines komen worden ze ook gelijker verdeeld over de ruimte – nieuwe turbines worden vaker landinwaarts geplaatst. Het niveau van ruimtelijke ongelijkheid daalt dientengevolge (zie Figuur 10), waarmee we in punt C uitkomen. In punt C is, ten opzichte van punt A, zowel de totale waardedaling hoger (volgens onze berekening stijgt dit van ongeveer €5.7 miljard tot €15.5 miljard) als het gemiddelde percentage getroffen huizen in getroffen gemeenten (volgens onze berekening stijgt dit van ongeveer 25% tot 32%). Als we vervolgens de 10% turbines met de meeste impact (zie Figuur 13) zouden verplaatsen naar locaties met minder impact verschuift punt C. Afhankelijk van de nieuwe locatie van deze turbines (die leidt tot of meer ruimtelijke spreiding of juist tot meer clustering) zal punt C dan naar links of rechts schuiven; in beide gevallen zal tenminste de blauwe curve dalen, aangenomen dat de turbines op de nieuwe locaties inderdaad minder impact hebben. Hoe dit ook zij, in punt A is zowel de totale waardedaling als het percentage getroffen woningen in getroffen gemeenten lager dan in punt B (de hypothetische situatie waarbij alle turbines uitsluitend in de kustprovincies plus Flevoland zouden worden geplaatst).

Als deze positionering binnen het theoretisch raamwerk juist is, betekent dit dat, ondanks de toegenomen impact van windturbines, de situatie in 2030 dichter bij het theoretisch economische optimum ligt dan de situatie van 2020 – primair als gevolg van de gelijkmatiger ruimtelijke verdeling richting 2030. Voor zover die ruimtelijke verdeling het gevolg is van het decentrale RES proces, kan van een succesvol traject worden gesproken. Of we ook daadwerkelijk dichter bij het theoretisch

economische optimum komen kan op basis van onze analyse niet met zekerheid worden gezegd, omdat het exacte verloop van de rode en blauwe curves niet met precisie kan worden afgeleid uit onze analyse. Als startpunt A, mede door een ander verloop van de curves, links van het economisch optimale ruimtelijke spreidingsniveau zou liggen, dan zou de door ons geobserveerde gelijkmatiger verdeling van turbines over de ruimte tussen 2020 en 2030 (een verschuiving naar links in de grafiek) tot exact de tegenovergestelde conclusie leiden. Figuur 17 moet daarom niet gelezen als formeel bewijs voor het een of ander, maar als denkraam.

5.3 Handelingsperspectief

Ter afsluiting van deze studie resteert de vraag naar een handelingsperspectief. Wat kunnen we – gegeven de doelstelling voor de opwek van duurzame elektriciteit op land en uitgaande van de verwachte situatie zoals in deze studie geschetst – doen om de negatieve impact van windturbines op huizenprijzen zoveel mogelijk te minimaliseren? Waar is ruimte voor verbetering, en is dit financieel haalbaar? We schetsen hieronder een paar overwegingen ter inspiratie voor beleidskeuzes.

1. Turbines verder weg plaatsen van woningen?

In Tabel 6 en Tabel 7 verdelen we voor 2020 en 2030 het aantal woningen in de nabijheid van een turbine (Tabel 6) en het totale woningwaardeverlies (Tabel 7) over verschillende afstandscategorieën, d.w.z. afstanden tussen woning en turbine.

Tabel 6 Aantal woningen in nabijheid van windturbine.

Afstand woning-turbine	Totaal aantal woningen			
	2020		2030	
	€	%	€	%
< 0.5 km	2.710	0,3%	6.038	0,4%
0.5 – 1.0 km	37.870	4,2%	74.271	4,5%
1.0 – 1.5 km	128.603	14,4%	240.964	14,5%
1.5 – 2.0 km	261.518	29,3%	490.154	29,4%
2.0 – 2.5 km	461.017	51,7%	854.904	51,3%
Totaal	891.718	100,0%	1.666.331	100,0%

Tabel 7 Totale woningwaardedaling per afstandscategorie.

Afstand woning-turbine	Totale woningwaardedaling			
	2020		2030	
	€	%	€	%
< 0.5 km	20.755	0,4%	126.301	0,8%
0.5 – 1.0 km	412.619	7,3%	1.268.105	8,2%
1.0 – 1.5 km	1.275.463	22,5%	3.481.708	22,5%
1.5 – 2.0 km	1.925.183	33,9%	5.299.055	34,2%
2.0 – 2.5 km	2.042.879	36,0%	5.317.111	34,3%
Totaal	5.676.898	100,0%	15.492.280	100,0%

De tabellen laten zien dat zowel de verdeling van aantal woningen als van het woningwaardeverlies over de afstand categorieën vrijwel gelijk is in 2020 en 2030.

Tabel 6 laat zien dat naar schatting 80% van de getroffen woningen tussen 1.5 km en 2.5 km van een turbine liggen; 30% van het aantal getroffen woningen ligt binnen een straal van 1.5 km van turbines, en minder dan 1% binnen een straal van 500 meter. Tabel 7 laat zien dat een krappe 70% van het woningwaardeverlies afkomstig is van woningen die tussen 1.5 km en 2.5 km van een turbine liggen; iets meer dan 30% van het woningwaardeverlies wordt veroorzaakt binnen een straal van 1.5 km van turbines, en minder dan 1% binnen straal van 500 meter.

Dit betekent dat bij het identificeren van de meest geschikte locaties voor windturbines niet alleen rekening gehouden dient te worden met woningen zeer dicht bij een turbine, maar ook met woningen verder weg (tussen 1.5 en 2.5 km afstand). Dit wordt uiteraard niet eenvoudiger als het aantal turbines toeneemt, en onderstreept daarmee het belang van een gecoördineerde locatiekeuze om ruimtelijke afwenteling van overlast tussen gemeenten zoveel mogelijk te voorkomen; in dit opzicht speelt de RES-aanpak evident een belangrijke rol.

2. Grote of kleine turbines?

Als we de totale woningwaardedaling willen minimaliseren, kunnen we dan beter inzetten op grote of kleine turbines? Grote turbines hebben immers een grotere impact op huizenprijzen dan kleinere turbines (zie Figuur 1), maar er zijn minder grote dan kleine turbines nodig voor het opwekken van dezelfde hoeveelheid windenergie.

Uit onze analyse blijkt duidelijk dat een beperkt aantal grote turbines te verkiezen is boven een groter aantal kleine turbines. Immers, als we het woningwaardeverlies omrekenen naar de hoeveelheid opgewekte elektriciteit (in MWh) – zie Tabel 7 – blijkt dat in 2030 het woningwaardeverlies per MWh voor turbines met gemiddelde omvang (50-150 meter) naar verwachting ruim 2 keer zo groot is als voor de grootste turbines (> 150 meter): 125 vs 60 €/MWh. Met andere woorden, ook in termen van woningwaarde verlies zijn grote turbines vanwege een schaaleffect aanzienlijk efficiënter dan kleine turbines.

Overigens, in 2020 bedroeg dit verschil in woningwaardeverlies per MWh tussen de grootste turbines en turbines met een gemiddelde omvang zelfs een factor 17 (120 versus 7 €/MWh). Dit bevestigt het beeld dat de turbines van na 2020 (die relatief groot zijn) steeds vaker dichter op huizen komen te staan, hetgeen onvermijdelijk is bij het zoeken naar ruimte voor de gewenste forse groei in capaciteit van windenergie op land; zie punt 1 hierboven.

3. Relocatie van turbines

Uit onze analyse van het woningwaardeverlies per turbine (paragraaf 4.6) bleek dat 10% van de turbines verantwoordelijk is voor twee-derde van de totale waardedaling door alle turbines samen. Dit pleit ervoor om de locatie van deze 10% turbines met de meeste impact (zie Figuur 13) te heroverwegen. Vanuit het

perspectief van totale of maatschappelijke welvaart loont het immers om deze turbines te verplaatsen naar locaties met minder impact, en de eigenaren van de getroffen huizen op de nieuwe locaties te compenseren voor het aldus ontstane woningwaardeverlies. Voor de bestaande turbines in deze top 10% zou dit afbraak en wederopbouw betekenen; voor de nieuwe turbines betekent dit dat de RES-regio de geplande locatie moet heroverwegen.

Natuurlijk kent de locatie van de nieuwe turbines – zoals door ons voor 2030 op de kaart gezet – per definitie een zekere mate van onzekerheid; immers, zoals uiteengezet in Hoofdstuk 3.2, hebben wij bij het kiezen van de exacte locatie binnen de RES zoekgebieden onvermijdelijk een aantal aannames moeten maken die door de werkelijkheid kunnen worden ingehaald. Onze analyse in paragraaf 4.6 laat zien dat het niet alleen onvermijdelijk maar zelfs wenselijk is dat een aantal van de door ons gekozen locaties (zie Figuur 4) niet gerealiseerd worden maar vervangen door een betere locatie.

4. Compensatie van getroffen woningeigenaren

De negatieve impact van windturbines op hun directe omgeving is een typisch voorbeeld van zogeheten negatieve externe kosten. Vanuit een economisch welvaartsperspectief zouden deze kosten in principe moeten worden toegerekend aan de turbines; zo niet, dan worden deze kosten afgewenteld op de directe omgeving, alwaar ze kapitaliseren in huizenprijzen. Dit impliceert een welvaartsverlies voor de omwonenden van de turbine, voorkomend uit het feit dat de eigenaar van de turbine niet alle werkelijke kosten van de turbine draagt. De economische welvaartstheorie leert dat bij een dergelijk probleem van negatieve externe effecten, de veroorzaker van het probleem via onderhandelingen met het 'slachtoffer' diens welvaartsverlies (in casu de gedaalde woningwaarde) zou moeten compenseren. Dat betekent dat de externe kosten van woningwaarde daling optellen bij de overige (constructie)kosten van de turbine, voor rekening van de eigenaar. Maar kan zoiets in de praktijk überhaupt, of worden de turbines daarmee onrendabel?

Uit de analyse in paragraaf 4.7, waarbij we het totale woningwaardeverlies hebben berekend per turbine en per eenheid opgewekt elektriciteit, blijkt dat voor een gangbare grote turbine (>150 meter tiphoogte) het woningwaardeverlies gemiddeld genomen overeenkomt met 14.4% van de constructiekosten en 0.25 cent/kWh hogere productiekosten van windenergie (bij een veronderstelde 25-jarige levensduur van een turbine). Dit komt overeen met een kostprijsverhoging van windenergie met 7.9%, die zou optreden als de eigenaren van turbines de kosten van het woningwaardeverlies zouden dragen. Dit is een gemiddelde voor alle grote turbines; voor individuele turbines met relatief weinig huizen in de directe nabijheid ziet deze berekening er gunstiger uit, voor individuele turbines met relatief veel huizen in de directe nabijheid geldt het omgekeerde. Voor een beperkt deel van turbines met de meeste huizen in de directe nabijheid kan compensatie de turbine onrendabel maken.

Compensatie van omwonenden van windturbines gebeurt steeds vaker, maar bestaande compensatieregelingen (zoals planschade en omwonenden-regelingen)

zijn niet eenduidig qua omvang en vormgeving, en veelal afhankelijk van projectontwikkelaars of juridische procedures op initiatief van omwonenden.

In het Klimaatakkoord staan afspraken over omgevingsparticipatie bij de productie van hernieuwbare energie op land, waaronder het streven naar een ‘een evenwichtige eigendomsverdeling in een gebied waarbij gestreefd wordt naar 50% eigendom van de productie van de lokale omgeving (burgers en bedrijven)’. Steeds meer lokale en regionale overheden stellen aan ontwikkelaars van windprojecten op land voorwaarden op het gebied van financiële participatie. Dit krijgt vorm op meerdere manieren, variërend van een aandeel in het eigendom van een windpark tot een bijdrage van ontwikkelaars aan een fonds voor lokale duurzame projecten of financiële compensatie van omwonenden.

Uit de Participatiemonitor Hernieuwbare Energie op Land (RVO 2021) blijkt dat het oprichten van omgevingsfondsen in ongeveer een kwart van de gerealiseerde projecten tussen 2015 tot en met 2019 werd toegepast en dan met name in de grotere projecten; het gebeurt typisch niet bij solitaire turbines op boerenerven die worden opgeschaald. In 2020 werd in 16 van de 19 nieuwe projecten een omgevingsfonds opgericht; het oprichten van een fonds lijkt daarmee de norm geworden voor windparken.[31] Financiële participatie zonder eigendom, waarbij lokale bewoners de kans krijgen om via een (obligatie)lening te profiteren van de opbrengsten van een windpark, komt daarentegen slechts beperkt voor bij windprojecten die zijn gerealiseerd tussen 2015 en 2021.

Het toepassen van een zogenaamde omwonendenregelingen neemt echter wel toe; in de meeste gevallen gaat het om een geldbedrag dat wordt uitgekeerd aan omwonenden binnen een bepaalde afstand van het windpark, in een beperkt aantal gevallen kunnen lokale inwoners stroom afnemen van het windpark. Tussen 2015 en 2020 werd een omwonendenregeling toegepast bij circa één op de vijf gerealiseerde projecten; in 2020 was dit het geval bij bijna twee derde van het aantal gerealiseerde projecten (RVO 2021).

Wanneer woningeigenaren vermoeden dat de komst van windturbines tot een lagere woningwaarde leidt, kunnen zij bij de gemeente een procedure voor zogenoemde planschade starten. Deze planschaderegeling is geregeld in de Wet Ruimtelijke Ordening (artikel 6), die opgaat in de Omgevingswet zodra die in werking treedt (naar verwachting per 1 oktober 2022 of 1 januari 2023). Daarbij wordt de planschaderegeling vervangen door het hoofdstuk ‘nadeelcompensatie’ in de Omgevingswet (Hoofdstuk 15). In de planschaderegeling gold een eigen risico (standaardforfait) van 2%, hoewel in de jurisprudentie geregeld hogere percentages werden toegepast; in de nieuwe Omgevingswet geldt een eigen risico (‘normaal maatschappelijk risico’) van 4%.[32]

Om in aanmerking te komen voor een schaderegeling dient men ‘gevolgen van enige betekenis’ te ondervinden, oftewel belanghebbende te zijn; in 2018 heeft de afdeling bestuursrechtspraak van de Raad van State bepaalt dat in het geval van windparken hiervan alleen sprake is binnen een afstand van tien keer de tiphoogte

[31] Doorgaans wordt voor de omgevingsfondsen minimaal het richtbedrag van de gedragscode Windenergie op land toegepast (0,50 cent per MWh). Bron: RVO (2021).

[32] Zie ook https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/windenergie-op-land/subsidies-en-financiering-windprojecten en Planschade onder de Omgevingswet - Omgevingsweb

van de voor ‘appellanten’ dichtstbijzijnde windturbine, gemeten vanaf de voet van de windturbine.[33] De Raad van State gaat er van uit dat de gevolgen van het zicht op het windpark voor het woon- en leefklimaat op een afstand van meer dan tien keer de tiphoogte in beginsel te beperkt zijn om nog te kunnen spreken van gevolgen van enige betekenis. Bij nieuwe windturbines met een gangbare tiphoogte van 150 meter zijn belanghebbenden volgens deze richtlijn dus alleen bewoners van huizen binnen een straal van 1500 meter van de dichtstbijzijnde turbine.

De door ons gebruikte kengetallen uit de studie van Dröes en Koster (2021) laten zien dat bij de tegenwoordig gangbare grote turbines (>150 meter tiphoogte), meer dan 4% waardedaling grosso modo optreedt bij woningen binnen een straal van 2000 meter van een turbine (zie Figuur 1). Dat wijkt dus slechts beperkt af van de 1500 meter die de Raad van State aanhoudt. Uit ons onderzoek blijkt ook dat de relatieve woningwaardedaling in de nabijheid van windturbines gemiddeld 3.8% is voor de situatie in 2030, waarbij bijna 70% van de totale waardevermindering woningen betreft die tussen 1.5 km en 2.5 km van een turbine liggen, terwijl minder dan 1% van het totale waardeverlies optreedt binnen een straal van 500 meter van een turbine. Dat betekent dat in de huidige praktijk en jurisprudentie het door ons geïdentificeerde woningwaardeverlies – ondanks de gunstige businesscase berekening voor de gemiddelde grote turbine – maar in beperkte mate wordt gecompenseerd.

[33] Uitspraak van 21 februari 2018 (ECLI:NL:RVS:2018:616).

6 Conclusies

In deze studie schatten we voor het eerst de impact van *toekomstige* windturbines op huizenprijzen in Nederland, voor de periode tot 2030. Het plaatsen van meer windturbines op land is een belangrijk onderdeel van de strategie om de klimaatdoelstellingen in Nederland te halen. Maar windturbines geven overlast door geluid en slagschaduw en hebben impact op het landschapsbeeld. We weten dat deze 'externe effecten' van windturbines op hun directe omgeving 'kapitaliseren' in de waarde van woningen. In een studie voor het Ministerie van Economische Zaken en Klimaat (EZK) hebben Dröes en Koster (2021), op basis van een eerder door hen ontwikkelde 'hedonische prijsanalyse' (Dröes en Koster 2016), aangetoond dat de waardeontwikkeling van woningen in de nabijheid van de turbines aantoonbaar achter blijft ten opzichte van vergelijkbare woningen elders. In onze studie trekken we de resultaten van dit onderzoek door naar de toekomst: hoe ontwikkelt de relatieve waardedaling zich over de tijd en ruimte in de periode tot 2030, gegeven de plannen voor meer turbines op land?

Om die vraag te kunnen beantwoorden hebben we de eerste integrale windturbine kaart van Nederland tot 2030 geconstrueerd. De kaart geeft een overzicht van de locatie van alle bestaande turbines (eind 2020) plus de nieuwe turbines. Informatie over de geplande turbines hebben we verzameld uit de 30 Regionale Energiestrategieën (RES) die halverwege afgelopen jaar zijn gepubliceerd. De windturbine kaart laat goed zien dat de meeste huidige windturbines op land tot nu toe in de kustprovincies plus Flevoland staan, maar dat de nieuwe windturbines zich de komende jaren steeds verder landinwaarts gaan verspreiden – met name in Noord-Brabant, Zuid Holland, Gelderland, Overijsel en (Noord) Limburg. Hierdoor neemt de ruimtelijke ongelijkheid van de impact van windturbines op woningen aanzienlijk af richting 2030, wanneer ruim 70% van de gemeenten huizen bevat in de directe nabijheid; in 2020 gold dit voor ruim 50% van de gemeenten.

Bij volledige realisatie van de RES-plannen komen er tussen 2020 en 2030 naar onze inschatting ruim 1.400 windturbines op land bij. Dit is een groei van 75%. Hierdoor komen circa 774.000 extra woningen in de directe nabijheid van windturbines te staan, een groei van 87%. Deze informatie hebben we gekoppeld aan CBS data over locatie en waarde van woningen en de kengetallen van Dröes en Koster (2021), over de impact van windturbines op huizenprijzen. Daaruit volgt dat woningwaardedaling als gevolg van windturbines voor de situatie in 2030 (ceteris paribus) gemiddeld 3,8% per woning bedraagt, tegenover 2,6% in 2020. Voor alle woningen samen telt dit op tot circa €15,5 miljard waardeverlies per 2030, tegen €5,7 miljard in 2020. De sterke toename van het totale woningwaardeverlies wordt veroorzaakt door twee ontwikkelingen: i) doordat er meer turbines komen, staan ze onvermijdelijk vaker dichter op huizen en ii) nieuwe turbines zijn gemiddeld hoger dan bestaande turbines. Zowel een grotere turbinehoogte als een kortere afstand tot de turbine leidt tot een groter huizenprijseffect.

Het huizenprijseffect verschilt enorm tussen turbines: de tien procent windturbines met de meeste impact op de woningmarkt in 2030 veroorzaken samen twee derde van het totale relatieve woningwaardeverlies. Deze 'top-10%' windturbines liggen voornamelijk in de Randstad, waar het door de relatief hoge bevolkingsdichtheid moeilijker is om turbines op afstand van woningen te plaatsen. Het gemiddelde

woningwaardeverlies per turbine bedraagt voor de 2030 situatie €5,2 miljoen. Echter, dit bedrag is vertekend door de enorm scheve verdeling van de totale waardedaling over de turbines en verschilt bovendien aanzienlijk tussen turbines van verschillende omvang. We hebben daarom ook het mediane woningwaardeverlies per turbine en MWh berekend, uitgesplitst naar type turbine.

Uit die berekening volgt een mediaan woningwaardeverlies van €583.000 per turbine, hetgeen overeenkomt met ruim 17% van de eenmalige investeringskosten van een turbine. Indien de eigenaren van turbines de gehele kosten van het woningwaardeverlies zouden dragen en doorberekenen aan de consument komt dit overeen met een kostenstijging van 0,31 cent/kWh – minder dan tien procent.[34] Bij de nu gangbare grote turbines (>150 meter tiphoogte) vallen deze berekeningen voor de gemiddelde turbine nog iets gunstiger uit (een kostenstijging van 0,25 cent/kWh), omdat de kosten kunnen worden omgeslagen over meer vermogen; voor kleinere turbines geldt het omgekeerde. Oftewel, grote turbines zijn het meest efficiënt vanwege een schaaleffect – elektriciteit productie van een turbine neemt kwadratisch toe met de grootte.

Tegenover de kosten van windenergie staan baten in termen van een kale marktprijs van elektriciteit van circa 6 cent/kWh en gemiddeld 0,52 kg vermeden CO_2-emissie per kWh grijze stroom.[35] Als een turbine op land per 2030 gemiddeld 7,5 miljoen kWh/jaar opwekt[36], levert dit dus per turbine een jaarlijkse omzet op van ongeveer €450.000 en een besparing van ongeveer 3.900 ton CO_2. Gemeten over een 25-jarige levensduur telt dit op tot circa 11,3 miljoen euro omzet (private baten) en 97.500 ton CO_2-besparing (maatschappelijke baten) – bij een CO_2-emissie prijs van €60/ton komt dat laatste neer op ruim €5,8 miljoen. Dit is respectievelijk negentien en tien keer meer dan het mediane woningwaardeverlies van €583.000 per turbine. Deze ruwe kosten-baten berekeningen laten zien dat de business case van veruit de meeste windturbines op land volledige compensatie van woningwaardeverlies voor omwonenden ruimschoots toe laat. Dit geldt niet voor een zeer geringe groep kleinste turbines (< 50 meter tiphoogte) vanwege hun beperkte productiecapaciteit, en voor de eerder genoemde ‘top-10%’ turbines die op onze kaart verantwoordelijk zijn voor een disproportioneel aantal getroffen woningen.

Het huizenprijseffect treedt op binnen een straal van 2,5 km rond een windturbine (zie Dröes en Koster 2021), waarbij sprake is van een afruil: dichter bij de turbine is het effect per woning groter maar staan doorgaans ook minder huizen. Uit onze analyse blijkt dat bijna 70% van de totale waardevermindering woningen betreft die tussen 1,5 km en 2,5 km van een turbine liggen, terwijl ongeveer acht procent van het totale waardeverlies optreedt binnen een straal van 1 kilometer van een turbine.

Onze analyse laat ook zien dat de groei van het totale relatieve woningwaardeverlies door toename van het aantal windturbines op land, aanzienlijk wordt gedempt door deze gelijkmatiger ruimtelijke verdeling van turbines per 2030.

---

[34] Een mediane woningwaarde verlies van 583.000 euro per turbine komt neer op 121 euro per MWh, dan wel op toename van productiekosten van windenergie met 0,31 cent/kWh – gemeten over de levensduur van een turbine. Bij gemiddelde productiekosten van 3,22 cent/kWh komt dit overeen met een kostenstijging van 9,7 procent per kWh.

[35] Zie www.co2emissiefactoren.nl

[36] Dat is meer dan nu gemiddeld, omdat de turbines groter worden.

Voor zover die gelijkmatiger ruimtelijke verdeling het gevolg is van het decentrale RES-proces, kan van een succesvol traject worden gesproken. De meeste (toekomstige) windturbines staan logischerwijs in gemeenten met een relatief lage bevolkingsdichtheid en (dus) relatief lage huizenprijzen. Desondanks zien we in de data geen patroon dat windturbines onevenredig vaak geplaatst worden in gemeenten met de laagste gemiddelde woningwaarden; integendeel, de spreiding in termen van gemiddelde woningwaarde per gemeente is opvallend gelijkmatig, met name in 2030.

In de Omgevingswet, die naar verwachting per 1 oktober 2022 of 1 januari 2023 in werking treedt, is de mogelijkheid tot 'nadeelcompensatie' geregeld – ter vervanging van de planschaderegeling in de huidige Wet Ruimtelijke Ordening – daarbij wordt een eigen risico van vier procent gehanteerd (RVO (2020)).[37] De door ons gebruikte kengetallen uit de studie van Dröes en Koster (2021) laten zien dat bij grote turbines (>150 meter tiphoogte), meer dan vier procent waardedaling grosso modo optreedt bij woningen binnen een straal van twee kilometer van een turbine. Daarbij is het van belang op te merken dat deze kengetallen zijn gebaseerd op de 'revealed preferences' van kopers van woningen in het verleden, waarvan niet gezegd is dat die constant zijn over de tijd: ze kunnen veranderen onder invloed van nieuwe informatie, bijvoorbeeld als er in de toekomst eventueel toch wetenschappelijk bewijs komt voor het bestaan van schadelijke gezondheidseffecten bij wonen in de nabijheid van windturbines.

Inzicht in ruimtelijke verdelingseffecten kan helpen bij het maken van inclusief energietransitiebeleid, waarbij adoptie van duurzame energietechnologieën kan rekenen op maatschappelijk draagvlak en de lasten worden verdeeld op een manier die als rechtvaardig wordt beschouwd. In dit kader schetsen we, op basis van de resultaten van onze analyse, vijf handelingsperspectieven.

1. De zoektocht naar de economisch optimale ruimtelijke verdeling van windturbines op land kenmerkt zich door een afruil tussen het minimaliseren van het totale woningwaardeverlies enerzijds en een gelijke ruimtelijke verdeling van dit verlies anderzijds. Dit vraagt om een combinatie van de RES aanpak vanuit de regio en nationale coördinatie.

   Immers, de, politieke afwegingen die hierin meekomen kunnen niet alleen lokaal gemaakt worden. Daarbij kan bijvoorbeeld gedacht worden aan afwegingen inzake het plaatsen van meer turbines op industriële locaties (bv. de havengebieden) of het IJsselmeer (soort van near-shore).

2. Bij het identificeren van de meest geschikte locaties voor windturbines dient niet alleen rekening gehouden te worden met woningen zeer dicht bij een turbine, maar ook met woningen verder weg (tussen 1.5 en 2.5 km afstand).

   Dit wordt uiteraard niet eenvoudiger als het aantal turbines toeneemt, hetgeen het belang onderstreept van een gecoördineerde locatiekeuze om eventuele ruimtelijke afwenteling van overlast tussen gemeenten zoveel mogelijk te voorkomen; in dit opzicht speelt de RES-aanpak evident een belangrijke rol.

[37] Zie ook https://www.rvo.nl/onderwerpen/duurzaam-ondernemen/duurzame-energie-opwekken/windenergie-op-land/subsidies-en-financiering-windprojecten en Planschade onder de Omgevingswet - Omgevingsweb

3. Als we het totale relatieve woningwaardeverlies willen minimaliseren is een beperkt aantal grote turbines te verkiezen boven een groter aantal kleine turbines.

   De relatieve woningwaardedaling per MWh is namelijk aanzienlijk lager voor grote turbines dan voor kleine turbines, omdat grote turbines efficiënter zijn vanwege een schaaleffect (de productie van een turbine neemt kwadratisch toe met de grootte). De keerzijde daarvan is natuurlijk dat de relatief beperkte groep huizen in de nabijheid van grote turbines te maken krijgt met relatief veel waardedaling.

4. De locatie van de 10% turbines met de meeste impact op huizenprijzen verdient heroverweging.

   Een relatief klein aantal turbines is verantwoordelijk voor de meerderheid van de totale woningwaardedaling en zijn daarmee vanuit economisch perspectief onevenredig duur. Daarbij lijkt het raadzaam om te kijken naar mogelijkheden om turbines zoveel mogelijk te clusteren. Immers, uit het onderzoek van Dröes en Koster (2016, 2021) blijkt dat met name de eerste turbine in de nabijheid van een woning een effect heeft op woningwaarde.

5. Of, en zo ja in welke mate en door wie woningeigenaren in de nabijheid van turbines moeten worden gecompenseerd voor hun relatieve woningwaardedaling is een politieke keuze. Uit onze berekeningen blijkt dat de business case van (grote) windturbines, gemiddeld genomen, compensatie ruimschoots toe laat.

   Huidige compensatieregelingen (zoals planschade en omwonenden-regelingen) zijn niet eenduidig qua omvang en vormgeving, en veelal afhankelijk van projectontwikkelaars of juridische procedures op initiatief van omwonenden.

Deze studie biedt, voor zover ons bekend, het eerste en meest volledige ruimtelijk gespecificeerde overzicht van alle geplande nieuwe windturbines tot 2030. Maar onze kaarten moeten met de nodige voorzichtigheid worden geïnterpreteerd omdat de informatie op de kaarten onvermijdelijk imperfect is en onzekerheden bevat. Niet alle nieuwe turbines op onze kaarten zullen worden gerealiseerd op de exacte locatie zoals door ons geïdentificeerd. De reden daarvoor is drieërlei: i) niet alle RES-plannen zullen uiteindelijk worden gerealiseerd, ii) onze analyse houdt nog niet met alle locatie-specifieke kenmerken (zoals bestemmingsplannen of restricties vanwege luchtvaart of radarverstoring) rekening, en iii) onze inventarisatie berust deels op aannames omdat nog niet alle RES-plannen voldoende specifiek zijn. Een aantal van deze aannames – in de studie lichten we ze uitgebreid toe – zal de komende jaren ongetwijfeld door de werkelijkheid worden ingehaald. Bijvoorbeeld, indien een RES-regio in haar plan meerdere zoekgebieden voor het plaatsen van windturbines identificeert zonder daarbij het aantal turbines per zoekgebied te specificeren, verdelen wij het totale aantal benodigde turbines evenredig over de zoekgebieden; als de RES-regio op termijn toch kiest voor een bepaald zoekgebied ontstaat er verschil met onze analyse.

Naarmate de RES-plannen nader worden uitgewerkt kan onze analyse worden bijgewerkt en ook op lokaal niveau meer accuraat worden. Daarnaast kan onze analyse op andere manieren worden uitgebreid en verbeterd. In de eerste plaats kan er in meer detail worden gerekend aan de business case van individuele windturbines met het oog op eventuele compensatie van woningwaardeverlies bij omwonenden. In onze berekeningen hebben we alleen onderscheid gemaakt naar drie categorieën windturbines in termen van omvang (capaciteit). Voor individuele turbines ziet deze berekening er gunstiger of minder gunstig uit, afhankelijk van het aantal huizen in de directe nabijheid van de turbine. In de tweede plaats kan onze studie worden uitgebreid met een analyse van de kenmerken van de bewoners van de woningen in de nabijheid van windturbines.

De methode die wij gebruiken biedt veel mogelijkheden om de komende jaren, juist ook bij nieuwe informatie over energie infrastructuur en capaciteit of waarde van woningen, de impact van ons energiesysteem op de woonomgeving ruimtelijk expliciet te kwantificeren. Daarmee kan deze aanpak behulpzaam zijn bij de keuzes die op verschillende bestuurlijke niveaus moeten worden gemaakt in de zoektocht naar een economisch optimale ruimtelijke verdeling van locaties voor hernieuwbare energie op land.

Dankwoord

De auteurs bedanken graag de volgende personen voor hun suggesties en constructieve feedback op eerdere versies van dit rapport: Thijmen van Bree, Ruud van de Brink, André Faaij, Sanne Huveneers, Hans Koster (VU), Martin Scheepers, Peter Werkhoven en deelnemers aan diverse TNO seminars. Alleen de auteurs zijn verantwoordelijk voor de inhoud van dit rapport en mogelijke onjuistheden.

Referenties

Dröes, M.I., Koster, H.R.A. (2016). Renewable energy and negative externalities: The effect of wind turbines on house prices, *Journal of Urban Economics*, Volume 96, pp. 121-141. https://doi.org/10.1016/j.jue.2016.09.001

Dröes, M.I., Koster, H.R.A. (2019). Windturbines, zonneparken en woningprijzen. Studie in opdracht van EZK. https://www.urbaneconomics.nl

Dröes, M.I., Koster, H.R.A. (2021). Wind turbines, solar farms, and house prices, *Energy Policy*, Volume 155,12327. https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112327

PBL (2021a). Klimaat en Energie Verkenning.https://www.pbl.nl/publicaties/klimaat-en-energieverkenning-2021

PBL (2021b). Monitor RES 1.0. Een analyse van de Regionale Energie Strategieën 1.0. https://www.pbl.nl/publicaties/monitor-res-1.0

PBL (2021c). Eindadvies basisbedragen SDE++ 2021. PBL-publicatienummer: 4032.https://www.pbl.nl/sites/default/files/downloads/pbl-2021-eindadvies-basisbedragen-sde-plus-plus-2021_4032.pdf

RVO (2021). Monitor 2021: Participatiemonitor Hernieuwbare Energie op Land; Resultaten tot en met 2020. https://www.rijksoverheid.nl/documenten/rapporten/2021/10/28/participatie-monitor-2021-hernieuwbare-energie-op-land-resultaten-tm-2020

A Over de hedonistische prijsmethode

We maken in onze analyse gebruik van recent gepubliceerde kengetallen voor het effect van windturbines op huizenprijzen (zie Figuur 1). Deze kengetallen zijn afkomstig uit een studie van Dröes en Koster (2019, 2021). De kengetallen zijn door middel van een econometrische (regressie) analyse afgeleid uit data over locatie en vermogen van bestaande windturbines en gedetailleerde informatie over woningprijzen en woningkenmerken van meer dan 3 miljoen huizentransacties van in totaal 2,7 miljoen unieke woningen in Nederland zoals gemeld door makelaars aangesloten bij de Nederlandse Vereniging van Makelaars (NVM) in de periode 1985-2019. In de analyse wordt de waarde van woningen in de nabijheid van turbines vergeleken met vergelijkbare woningen elders.

De gevolgde aanpak staat bekend als een ‘difference-in-difference’ hedonische prijzenmethode, en is er op gericht om het effect van windturbines op huizenprijzen te isoleren van allerlei andere effecten die ook invloed hebben op huizenprijzen, zoals woning- en locatiekenmerken. We lichten de methode hieronder toe, gebaseerd op Hoofdstuk 4 in Dröes en Koster (2021).

Het effect van windturbines op huizenprijzen wordt geschat op basis van de volgende regressievergelijking:

$$Log\ P_{it} = \beta w_{it}\text{-}1 + \gamma X_{it} + \lambda_j + \lambda_t + \varepsilon_{it},$$

waarin P_{it} de transactieprijs is van woning i verkocht in jaar t , w_{it} - 1 is een indicator die 1 is als een woning is verkocht binnen 2 km in alle jaren na plaatsing van een windturbine (er wordt gerekend met de dichtstbijzijnde windturbine), X_{it} zijn woningkenmerken, λ_j zijn locatie ‘fixed effects’ op postcode-6 niveau (hetgeen overeenkomt met ongeveer een halve straat en gemiddeld iets meer dan 20 huishoudens, maar minder in landelijke gebieden), λt zijn jaarlijkse (en maandelijkse) tijdsdummies, e_{it} bevat karakteristieken van woningen of locaties die niet door ons worden geobserveerd. Deze worden verondersteld ongecorreleerd te zijn met de plaatsing van een turbine.

De analyse richt zich op het identificeren van een huizenprijseffect in het gebied van 2 km rond turbines, aangezien het meeste geluid (<500m), flikkering (<1000m) en landschapsbeeld (<2000m) typisch binnen dit gebied valt (Dröes en Koster, 2016). Er is ter controle ook expliciet onderzocht of het effect verder reikt dan 2 km.

In de regressievergelijking is met name de geschatte waarde van β van belang: dit meet de procentuele verandering in woningwaarde in de nabijheid van turbines ten opzichte van een controlegroep. In het onderzoek van Dröes en Koster (2021) wordt gerekend met verschillende controlegroepen: allereerst de woningen in de rest van Nederland en vervolgens de woningen op 3-5 km en 2-3 km afstand van turbines.

B Berekening externe kosten turbine

Tabel B 1 Achtergronddata Tabel 5

2030	Totaal	< 50m	>= 50, < 150	>= 150
Gemiddelde MW per turbine	2,8	0,1	2,4	4,2
Gemiddelde MWh/jaar per turbine	7.503	362	6.318	11.219
Investeringskosten per turbine (m€)	3,3	0,2	2,8	4,9
Constructiekosten per kWh (c/kWh)	1,76	1,76	1,76	1,76
Vaste O&M-kosten per kWh (c/kWh)	0,43	0,43	0,43	0,43
Variabele O&M-kosten per kWh (c/kWh)	1,03	1,03	1,03	1,03
Totaal (c/kWh)	3,22	3,22	3,22	3,22
Capacity factor (%)	30,4%	30,4%	30,4%	30,4%
Constructiekosten (m€/MW)	1,17	1,17	1,17	1,17
Constructiekosten (€/kWe) [38]	1170	1170	1170	1170
Vaste O&M-kosten (€/kWe/jaar) [39]	11,4	11,4	11,4	11,4
Variabele O&M-kosten (€/kWh) [40]	0,0103	0,0103	0,0103	0,0103

[38] Zie PBL (2021c).
[39] Zie PBL (2021c).
[40] Zie PBL (2021c).

C Verwijzingen gebruikte RES documenten

	RES-regio	Versie (+ datum)	Online link
1	Groningen	RES 1.0	https://resgroningen.nl/over+de+res/achtergrondinformatie/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1990181
2	Friesland	RES 1.0 April 2021	https://www.resfryslan.frl/wp-content/uploads/2021/04/RES-1.0_RES-FRYSL%C3%82N_NL_DEF_digitaal.pdf
3	Drenthe	RES 1.0 April 2021	https://www.energievoordrenthe.nl/res+10+regio+drenthe/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1937645
4	West-Overijssel	RES 1.0	https://overijssel.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=b0a1809ad333470f922ca8dfc04ca252
5	Twente	Concept RES April 2021	https://energiestrategietwente.nl/assets/media/210504_werkkaart.pdf
6	Cleantech Regio	RES 1.0 Maart 2021	https://cleantechregio.nl/res/images/Cleantech_Regio_Ontwerp_RES_1.0.pdf
7	Flevoland		Bron 1: https://www.flevoland.nl/wat-doen-we/energie/wind Bron 2: https://www.flevoland.nl/getmedia/720306d8-6fa8-45eb-86a4-490be4c65ddb/Regioplan-Windenergie-dv.pdf
8	Noord-Veluwe	RES 1.0	https://prvgelderland.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=994c29ac60444cfa9a56b8f8e6883135
9	Achterhoek	RES 1.0 Juli 2021	https://www.resachterhoek.nl/verzamelpagina+gepubliceerde+publiekelijke+documen/HandlerDownloadFiles.ashx?idnv=2004362
10	Arnhem-Nijmegen	RES 1.0	https://prvgelderland.maps.arcgis.com/apps/MapSeries/index.html?appid=e0b3c4dc3dac443db3a300e0094c5447
11	Rivierenland	RES 1.0 April 2021	https://www.resrivierenland.nl/wp-content/uploads/RES-1.0-Rivierenland-6-april-2021.pdf
12	Foodvalley	RES 1.0 April 2021	https://www.regiofoodvalley.nl/fileadmin/energietransitie/Jul_2021/Formele_versie_rapport_RES_1.0_2021_volledig-print.pdf
13	Alblasserwaard	RES 1.0 Maart 2021	https://www.molenlanden.nl/sites/default/files/2021-04/RES%201.0%20Alblasserwaard.pdf
14	Amersfoort	RES 1.0 Mei 2021	https://www.resregioamersfoort.nl/over+de+res/documenten-res-algemeen/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1967882
15	Utrecht - U16	Concept RES Maart 2020	https://www.energieregioutrecht.nl/publicaties/HandlerDownloadFiles.ashx?idnv=1612365
16	Noord-Holland Noord	RES 1.0 April 2021	Bron 1: https://energieregionhn.nl/res-viewer Bron 2: https://energieregionhn.nl/res
17	Noord-Holland Zuid	RES 1.0 April 2021	https://energieregionhz.nl/app/uploads/2021/05/nhz-res-1-20210503.pdf
18	Goeree-Overflakkee	RES 1.0 April 2021	Bron 1: https://klimaatkrachtiggo.nl/wp-content/uploads/202124-A4-klein.pdf
19	Rotterdam-Den Haag	RES 1.0 Maart 2021	https://www.resrotterdamdenhaag.nl/wp-content/uploads/2021/04/RES-1.0-Regio-Rotterdam-Den-Haag.pdf
20	Hoeksche Waard	RES 1.0 Maart 2021	https://issuu.com/gemeente-hw/docs/res_1.0_regio_hoeksche_waard_hr_30_maart_2021
21	Midden-Holland	RES 1.0 April 2021	https://resmiddenholland.nl/wp-content/uploads/2021/04/210416-RES-1.0-Midden-Holland-1.pdf
22	Holland Rijnland	RES 1.0 April 2021	Bron 1: https://wijzijnon.nl/media/uploads/blocks/RES 10_april 2021_def.pdf Bron 2: https://wijzijnon.nl/media/uploads/blocks/Bijlage 6.6 RES 1.0 kaart (finaal 31 maart).jpg

	RES-regio	Versie (+ datum)	Online link
23	Drechtsteden	RES 1.0 Mei 2021	https://drechtstedenenergie.nl/downloads/res-drechtsteden.pdf
24	Zeeland	RES 1.0 Februari 2020	https://www.zeeuwsenergieakkoord.nl/res-10/bibliotheek
25	Noordoost Brabant	RES 1.0 Maart 2021	https://energiewerkplaatsbrabant.nl/res/res+noordoost+brabant/publicaties+en+rapporten+overzicht/regionale+energiestrategie+10/default.aspx#folder=1929443
26	Metropoolregio Eindhoven	Concept RES Maart 2021	https://energieregiomre.nl/waar+staan+we+nu/documenten+concept+res/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1918309
27	Hart van Brabant	REKS 1.0 Maart 2021	https://www.regio-hartvanbrabant.nl/images/Nieuws/REKS/bijlagen-bod-1.0/reks-1_0-regio-hart-van-brabant.pdf
28	West-Brabant	RES 1.0 Januari 2021	https://energieregiowb.nl/app/uploads/sites/3/2021/02/RES-West-Brabant-Achtergrondrapport-Bijlagen-verkleind-gecomprimeerd_compressed.pdf
29	Noord- en Midden-Limburg	RES 1.0	https://www.resnml.nl/media/2021-04/RES-Noord--en-midden---1.0-Def..pdf
30	Zuid-Limburg	Concept RES Juli 2020	https://www.regionale-energiestrategie.nl/documenten/handlerdownloadfiles.ashx?idnv=1714358