

De rol van neighborhood-effects bij zon-PV adopties door bedrijven



“De rol van neighborhood-effects bij zon-PV adopties door bedrijven”

Masterthesis Economische Geografie
Rijksuniversiteit Groningen
Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen
Begeleider: dr. Sierdjan Koster

Hein Gerben van der Mei
hgvandermei@gmail.com
0614242084
s1260995

2 januari 2015

Voorwoord

Voor u ligt mijn masterthesis Economische Geografie die ik heb geschreven aan de faculteit Ruimtelijke Wetenschappen van de Rijksuniversiteit Groningen.

Enige tijd ben ik op zoek geweest naar een voor mij tastbaar onderwerp. De keuze voor het huidige thema is ontstaan vanuit het feit dat onderzoek naar neighborhood-effects niet alleen van toepassing kan zijn op zon-PV, maar ook op veel andere innovaties en producten. De door mij opgedane kennis hierover is eenvoudig gesteld goed te projecteren op verspreiding van alles dat verspreid zou moeten worden. Bovendien is dit onderwerp voor iedereen tastbaar en deelbaar: Iedereen kan zich inleven in situaties waarin persoonlijke interactie met gebruikers het laatste zetje heeft gegeven bij het nemen van een beslissing over de aanschaf van een product of dienst. Het “buurmaneffect” heeft op dat moment een rol gespeeld.

Voor de totstandkoming van dit onderzoek wil ik Sierdjan Koster bedanken voor de begeleiding. Zijn meedenken heeft gezorgd voor de focus op de kern van het verhaal en de door hem geleverde feedback is vaak van belang geweest voor de kwaliteit. Voor de toegang tot belangrijke data bedank ik hierbij diverse personen die dit mogelijk maakten.

Omdat met dit onderzoek afronding van mijn studie een feit is wil ik tot slot een aantal belangrijke personen bedanken die dit mede mogelijk hebben gemaakt in de vorm van support, vertrouwen, geduld, afleiding of sponsoring: Marloes, Gerben en Sietske, Jacob, Pietrik Janne, het is klaar.

Hein Gerben van der Mei

Samenvatting

In dit onderzoek wordt de invloed van neighborhood-effects op zon-PV adopties door bedrijven onderzocht. Bij onderzoek naar innovatiediffusie gaan neighborhood-effects over de invloed die adopters van een innovatie hebben op potentiële nieuwe adopters. Door middel van de zichtbaarheid van de installatie en persoonlijke interactie wordt verondersteld dat bedrijven die gebruik maken van zon-PV andere bedrijven positief beïnvloeden omtrent het toepassen van zon-PV.

In belangrijke literatuur over het onderwerp komt naar voren dat neighborhood-effects een van vele elementen zijn die van invloed zijn op innovatiediffusie. Neighborhood-effects zijn te herkennen aan een sterk toenemend aantal adopties als gevolg van de overgang van verspreiding via massamedia naar verspreiding via persoonlijke interactie. Daarnaast toont clustering van adopties en verspreiding vanuit deze concentraties de toenemende invloed van persoonlijke interactie aan.

Onderzoek naar de ruimtelijke spreiding van zon-PV adopties door bedrijven duidt op clustering, wat tezamen met een sterk toenemend aantal adopties vanaf 2010 aanleiding geeft om aan te nemen dat neighborhood-effects aan de orde zijn.

Schatting van neighborhood-effects aan de hand van historische data over de locatie en het moment van adopties levert op dat neighborhood-effects van invloed zijn op nieuwe adopties van zon-PV door bedrijven. In overeenkomst met de literatuur volgt uit het opgestelde model dat neighborhood-effects afnemen over afstand en tijd. Nabijgelegen en recente adopties hebben een grotere invloed op nieuwe adopties in vergelijking tot adopties die verder verwijderd zijn van potentiële adopters of verder in het verleden hebben plaatsgevonden.

Ten opzichte van andere elementen die van invloed zijn op de adoptie van zon-PV door bedrijven hebben neighborhood-effects een prominente rol. Bedrijven die gebruik maken van zon-PV zetten andere bedrijven aan dit ook te doen. Daarbij is hun onderlinge afstand van invloed op het effect van deze interactie, tezamen met de tijd die ligt tussen adoptiemomenten.

Voor stakeholders op de markt voor zon-PV biedt dit richting aan acties die gericht zijn op snellere verspreiding van deze innovatie onder bedrijven. Overheden en commerciële instellingen kunnen naast meer gerichte inzet van stimuleringsmaatregelen ook een inschatting maken van de doorwerking van hun inspanningen, wat betekent dat dit onderzoek een bijdrage kan leveren bij acties gericht op het behalen van klimaat- en duurzaamheidsdoelstellingen en ook toegepast kan worden in de marketing van zon-PV.

Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| 1. Inleiding | 1 |
| Probleemstelling | 1 |
| Doelstelling | 2 |
| Onderzoeksvragen | 2 |
| Onderzoeksgebied | 2 |
| Leeswijzer | 3 |
| 2. Theoretisch kader | 5 |
| 2.1 Elementen van onderzoek naar innovatiediffusie | 6 |
| De innovatie en kenmerken van de innovatie | 6 |
| Communicatiekanalen: massamedia en persoonlijk contact | 7 |
| Tijd en de adoption rate | 8 |
| Het sociaal systeem | 10 |
| 2.2 Innovatiediffusie als ruimtelijk proces | 11 |
| Fasering in ruimtelijke spreiding van adopties | 11 |
| De invloed van neighborhood-effects | 11 |
| 2.3 Conceptueel model | 13 |
| 3. Empirische strategie | 15 |
| 3.1 Gebruikte methoden bij de analyse van ruimtelijke spreiding van adopties | 16 |
| 3.2 Creëren van afstand-tijd-variabelen | 18 |
| 3.3 Overige variabelen in het model | 20 |
| Innovatievariabelen | 20 |
| Bedrijfsvariabelen | 21 |
| Systeemvariabelen | 22 |
| 3.4 Schatting van het model | 24 |
| Fixed effects | 24 |
| Assumpties | 25 |
| Werkwijze | 26 |

| | |
|--|-----------|
| 4. Data-omschrijving | 27 |
| 4.1 Adopties van zon-PV | 27 |
| 4.2 Bedrijfspopulatie in Enexisgebied | 27 |
| 4.3 Andere bronnen van variabelen in het model | 28 |
| Prijsindex van zon-PV systemen | 28 |
| Elektriciteitsprijzen | 29 |
| Overall economische omstandigheden | 29 |
| Investeringsklimaat | 30 |
| Subsidie SDE/SDE+ | 30 |
| Installateurs van zon-PV | 31 |
| 4.4 Overzicht van gebruikte variabelen in het model | 31 |
| 5. Resultaten | 33 |
| 5.1 Ruimtelijke spreiding van adopties | 33 |
| Toename van adopties sinds 2010 en patronen die duiden op neighborhood-effects ... | 33 |
| Clustering van adopties in lagere populatiedichtheden | 40 |
| Invloed van de bebouwde omgeving | 43 |
| 5.2 Schatting van neighborhood-effects | 45 |
| Positieve invloed van neighborhood-effects op nieuwe adopties | 45 |
| Over afstand afnemende sterkte van neighborhood-effects | 46 |
| Over tijd afnemende sterkte van neighborhood-effects | 46 |
| Effect van overige variabelen in het model | 47 |
| Verhouding van neighborhood-effects t.o.v. andere variabelen in het model | 48 |
| 6. Evaluatie | 51 |
| Beschikbaarheid en correctheid van data | 51 |
| Lineair model met fixed effects | 52 |
| Schaalgrootte | 52 |
| 7. Conclusie | 53 |
| Implicaties voor beleid en commercie | 55 |
| Aanbevelingen verder onderzoek | 55 |
| Bronnenlijst | 57 |

Bijlage 1: Berekening afstand-tijd variabelen in ArcGIS 10.2

Bijlage 2: Gestandaardiseerde effecten onderzoeksmodel

Overzicht figuren en tabellen

| | |
|--|----|
| Figuur 1: Onderzoeksgebied en Netbeheergebied elektriciteit Enexis..... | 3 |
| Figuur 2: S-vormige curve van het aantal nieuwe adopties op een specifiek moment in de tijd | 8 |
| Figuur 3: Conceptuele weergave van niveaus die van invloed zijn op innovatiediffusie | 14 |
| Figuur 4: Rasterweergave van het onderzoeksgebied..... | 17 |
| Figuur 5: Conceptuele weergave van het berekenen van afstand-tijd-variabelen | 19 |
| Figuur 6: Prijsindex van zon-PV systemen, per kwartaal..... | 28 |
| Figuur 7: Gemiddelde geïndexeerde prijzen van elektriciteit voor eindgebruikers, per kwartaal | 29 |
| Figuur 8: Koersverloop Amsterdam AEX-index, per kwartaal..... | 29 |
| Figuur 9: Kapitaalmarktrente in procenten, per kwartaal | 30 |
| Figuur 10: Curve van het cumulatieve aantal adopties van zon-PV door bedrijven in de dataset | 33 |
| Figuur 11: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2003..... | 34 |
| Figuur 12: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2004..... | 35 |
| Figuur 13: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2005..... | 35 |
| Figuur 14: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2006..... | 36 |
| Figuur 15: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2007..... | 36 |
| Figuur 16: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2008..... | 37 |
| Figuur 17: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2009..... | 37 |
| Figuur 18: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2010..... | 38 |
| Figuur 19: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2011 | 38 |
| Figuur 20: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2012..... | 39 |
| Figuur 21: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2013..... | 39 |
| Figuur 22: Hot Spot en Cold Spot analyse met Optimized Getis-Ord methode (OGO) | 41 |
| Figuur 23: Clusteranalyse met Anselin Cluster and Outlier Analysis methode (COA) | 42 |
| Figuur 24: Scatterplot van adoptiepercentages | 43 |
| Figuur 25: Adopties uit de Enexis dataset onderverdeeld naar bedrijfstak | 44 |
| | |
| Tabel 1: Overzicht van de afstand-tijd-variabelen en de omschrijving | 20 |
| Tabel 2: Overzicht SDE/SDE+, aanvraagperiode en vermogen | 30 |
| Tabel 3: Overzicht van variabelen in het onderzoeksmodel | 31 |
| Tabel 4: Effect van variabelen in het onderzoeksmodel op nieuwe zon-PV adopties door bedrijven | 45 |
| Tabel 5: Effect van 1 standaarddeviatie verandering van significante variabelen..... | 49 |

1. Inleiding

Het zelf opwekken van zonnestroom (zon-PV) is een van vele investeringsmogelijkheden in duurzame hernieuwbare energie. De potentie van zon-PV is groot gezien de vrijwel ongelimiteerde hoeveelheid energie die de zon kan leveren. Zeker wanneer elektriciteit als energiedrager een grotere rol gaat spelen ten opzichte van fossiele brandstoffen.

Een veel gebruikte toepassing is het aanbrengen van zonnepanelen op daken. Dit zorgt voor eigen stroomvoorziening en daarnaast kan “achter de meter” aan het elektriciteitsnet terug worden geleverd, wat beide leidt tot kostenbesparing op de energienota (Green Spread, 2013). Deze innovatie is in toenemende mate populair, onder andere vanwege bestaande subsidieregelingen, stijgende energieprijzen en dalende prijzen van zonnepanelen (Masson et al., 2013).

De markt voor zon-PV groeit al decennia bijzonder sterk met groeipercentages tussen 25 procent en 50 procent per jaar (Berenschot, 2011). Het CBS geeft aan dat ook in Nederland de laatste jaren de afzet van zonnepanelen sterk groeit: Sinds 2008 is het jaarlijks bijgeplaatste vermogen aan zon-PV steeds nagenoeg verdubbeld ten opzichte van het vorige jaar. Voor het jaar 2011 is bijna een verdriedubbeling gemeten ten opzichte van 2010 (CBS Statline, 2014).

Toch kwam het door het CBS gemeten totaal opgestelde vermogen voor zon-PV in Nederland eind 2011 slechts neer op een geschatte elektriciteitsproductie van 100 miljoen kWh, overeenkomend met een kleine 0,1 procent van het totale elektriciteitsverbruik. Vooral opvallend is de constatering dat dit vermogen voor bijna 60 procent opgesteld stond bij huishoudens. Bedrijven verbruikten in 2010 circa 400 PJ aan elektriciteit, terwijl huishoudens in dat jaar op 93 PJ uitkwamen (Ybema, Remko; Jurjus, André; Halma, Marcel, 2012).

Probleemstelling

De bijdrage van bedrijven aan decentrale duurzame energieopwekking met zonnepanelen is in dat licht laag in vergelijking tot huishoudens in Nederland en behelst dus maar een fractie van het totale elektriciteitsverbruik van bedrijven. Het is daarom belangrijk inzicht te hebben in de verspreiding van deze innovatie onder bedrijven. In de literatuur gaan veel onderzoeken echter over de verspreiding van zon-PV onder huishoudens.

In een recent artikel van Graziano & Gillingham (2014) over de ruimtelijke patronen van zon-PV adopties door huishoudens in Connecticut (Verenigde Staten) wordt beschreven dat adopties van zon-PV zich clusteren in de buurt van elkaar. Bij het onderzoeken van factoren die invloed hebben op adopties van zon-PV vinden zij een sterke relatie met “spatial neighborhood-effects”: Het aantal nieuwe installaties wordt positief beïnvloed door de aanwezigheid van in het verleden geïnstalleerde nabijgelegen installaties door de zichtbaarheid van de installatie en interactie met adopters (in de literatuur worden deze spatial neighborhood-effects ook wel neighborhood- of peer effects genoemd; in dit onderzoek wordt de term neighborhood-effects gehanteerd).

De positieve invloed van eerdere adopties op latere adopties is ook interessant voor onderzoek naar de verspreiding van zon-PV onder bedrijven in Nederland. Mogelijk zijn ook bedrijven die zon-PV gebruiken positief beïnvloed door andere bedrijven in de omgeving die eerder al gebruik zijn gaan maken van zon-PV. Stakeholders op de markt voor zon-PV kunnen in dat geval doel- en gebiedsgericht beleid vormen en acties inzetten met het oog op snellere verspreiding van deze innovatie onder bedrijven.

Doelstelling

Doel van dit onderzoek is daarom de invloed te bepalen van neighborhood-effects bij zon-PV adopties door bedrijven in Nederland. Hiervoor dient eerst de ruimtelijke spreiding van adopties door bedrijven in kaart te worden gebracht. Daarmee wordt gezocht naar clustering van adopties, wat een aanwijzing geeft voor neighborhood-effects. Vervolgens wordt onderzocht wat de invloed is van eerder geïnstalleerde zon-PV installaties op latere adopties in de nabije omgeving. Om hiervan een goede schatting te kunnen maken dient te worden gecontroleerd voor andere factoren die adopties kunnen beïnvloeden.

Onderzoeksvragen

De hoofdvraag van dit onderzoek luidt:

Wat is de rol van neighborhood-effects bij zon-PV adopties door bedrijven in Nederland?

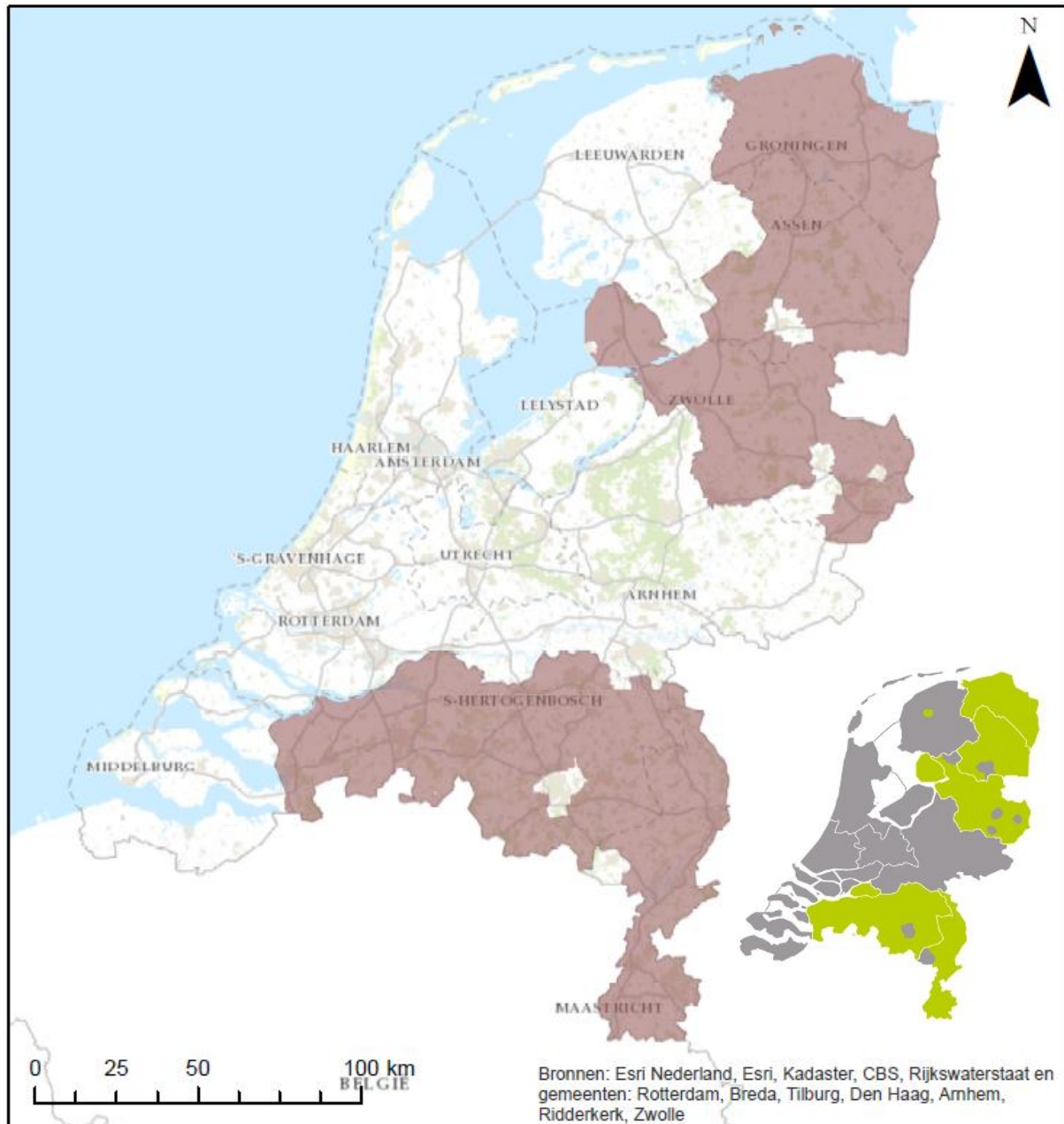
Deelvragen die bijdragen aan beantwoording van de onderzoeksvraag zijn:

- In hoeverre wijst de ruimtelijke spreiding van zon-PV adopties door bedrijven op clustering?
- Wat is de invloed van neighborhood-effects op zon-PV adopties door bedrijven?
- Hoe verhouden neighborhood-effects zich ten opzichte van andere factoren die invloed hebben op zon-PV adopties door bedrijven?

Onderzoeksgebied

Het onderzoeksgebied is grotendeels overeenkomstig met het netbeheergebied elektriciteit van Enexis. Reden voor deze keuze is de beschikbaarheid van data over adopties van zon-PV in dit gebied. Het onderzoeksgebied betreft gemeenten die volledig binnen het netbeheergebied vallen. Gemeenten die hier niet aan voldoen en een klein stuk netbeheergebied rond Leeuwarden zijn geen onderdeel van het onderzoeksgebied. Daarmee zijn de grootste aaneengesloten stukken van het netbeheergebied zoals in figuur 1 is te zien opgenomen in het onderzoeksgebied.

Figuur 1: Onderzoeksgebied (rood) en Netbeheergebied elektriciteit Enexis (groen)



(Bron: Enexis 2014; eigen bewerking)

Leeswijzer

In hoofdstuk twee wordt de theorie belicht die gebruikt is voor dit onderzoek. Het gaat hierbij om elementen die van invloed zijn op innovatiediffusie en de ruimtelijke component hiervan.

De empirische strategie in hoofdstuk drie betreft uitleg over de gebruikte methoden in dit onderzoek en de gehanteerde werkwijze. Deze is opgedeeld in vier onderdelen.

Bij het onderzoek gebruikte data en de bronnen van deze data worden beschreven in hoofdstuk vier. Tevens wordt hier in tabelvorm een volledig overzicht van deze data geboden.

Hoofdstuk vijf bevat de resultaten van het onderzoek. Het betreft hier enerzijds de bevindingen over de ruimtelijke spreiding van adopties van zon-PV door bedrijven. Daarnaast worden op basis van het opgestelde onderzoeksmodel de resultaten gepresenteerd die betrekking hebben op neighborhood-effects.

Een korte evaluatie van het onderzoek is beschreven in hoofdstuk zes. Hierin wordt genoemd welke implicaties bepaalde keuzes die zijn gemaakt tijdens het onderzoek hebben gehad en hoe hier in toekomstig onderzoek mee om zou kunnen worden gegaan.

Tot slot komen in hoofdstuk zeven de belangrijkste conclusies naar voren en wordt antwoord gegeven op de deelvragen en de hoofdvraag van dit onderzoek. Daarnaast zijn hier de implicaties voor beleid en commercie beschreven en worden aanbevelingen gedaan voor verder onderzoek.

2. Theoretisch kader

In klassieke economische theorieën werd er van uit gegaan dat bij volledige informatie het prijsmechanisme zorgt voor het samenbrengen van vraag en aanbod. Al snel werd echter vastgesteld dat buiten het prijsmechanisme met name sociale interactie juist een belangrijke factor zou kunnen zijn die vooraf koopgedrag beïnvloedt. De gedachte hierachter is dat koopgedrag slechts zelden gebaseerd is op volledige informatie, waardoor leden van een systeem eerst bij elkaar op zoek gaan naar informatie. Sociale interactie is hierdoor een belangrijk onderdeel geworden van onderzoek naar economisch gedrag, waarbij het uitgangspunt is dat leden van een systeem worden beïnvloed door de keuzes van anderen: Omdat leden van een systeem keuzes meestal niet op hetzelfde moment maken is er een feedbackloop van leden die in het verleden keuzes hebben gemaakt in de richting van leden die nog een keuze zullen maken in de toekomst (Soetevent, 2006).

De opvatting dat sociale interactie koopgedrag beïnvloedt is ook overgenomen in onderzoek naar verspreiding van innovaties (innovatiediffusie) en staat centraal in de theorie van dit onderzoek. Neighborhood-effects, welke in dergelijk onderzoek de invloed van eerdere adopties op latere adopties aangeven, geven weer welke rol deze vorm van sociale interactie speelt bij de verspreiding van innovaties.

Vanaf het begin van de vorige eeuw is vanuit verschillende wetenschappelijke disciplines onderzoek gedaan naar innovatiediffusie en de factoren die hierop van invloed zijn. Kennis hierover biedt marktpartijen en overheden handvatten om diffusie te versnellen of juist af te remmen in situaties waarin een innovatie ongewenst is. Met deze kennis kan bijvoorbeeld versnelde diffusie van zon-PV onder bedrijven een bijdrage leveren aan het behalen van de doelstellingen in het Energieakkoord die betrekking hebben op decentrale duurzame energieopwekking (SER, 2013).

Everett M. Rogers heeft in 1962 op het gebied van onderzoek naar innovatiediffusie een van de belangrijkste bijdragen geleverd. In zijn boek "Diffusion of Innovations" bracht hij vergelijkbare bevindingen uit diverse wetenschappelijke disciplines samen, wat heeft geleid tot een breed gedragen theoretisch raamwerk over innovatiediffusie (Sahin, 2006). Omdat deze opvattingen een belangrijke basis vormen voor onderzoek naar innovatiediffusie zal in dit hoofdstuk veel van Rogers' werk worden belicht.

Dat onderzoek naar innovatiediffusie ook een belangrijke ruimtelijke component bevat is aangetoond door Torsten Hägerstrand. De voor dit onderzoek belangrijkste opvattingen van Hägerstrand zullen daarom ook worden beschreven. Hägerstrand heeft met zijn onderzoek laten zien dat er een aantal algemene trends te herkennen is in de patronen van innovatiediffusie. Verder wordt duidelijk dat de locatie van leden in een systeem voor een belangrijk deel bepalend is bij sociale interactie tussen adopters en potentiële adopters en hierdoor van invloed is op de ruimtelijke patronen van innovatiediffusie. Ook de term neighborhood-effects is afkomstig van Hägerstrand en wordt toegelicht aan de hand van zijn bevindingen.

Uiteindelijk worden de belangrijkste elementen van innovatiediffusie in een conceptueel model geplaatst zodat duidelijk is vanaf welke niveaus innovatiediffusie wordt beïnvloed. Dit overzicht geeft richting aan het empirische gedeelte van dit onderzoek.

2.1 Elementen van onderzoek naar innovatiediffusie

Innovatiediffusie is het proces waarbij door leden van een sociaal systeem over een innovatie wordt gecommuniceerd via bepaalde communicatiekanalen. Vaak verwijst de term ook naar de optelsom van gebruikers van een innovatie. Bij onderzoek naar innovatiediffusie zijn vier elementen van belang: De innovatie, de communicatiekanalen, tijd en het sociaal systeem. Een innovatie is een idee, object of gebruik dat wordt gezien als nieuw door de leden van het sociaal systeem. Communicatiekanalen zijn de middelen waarmee informatie wordt overgedragen naar of tussen leden van het sociaal systeem. Het kan daarbij gaan om communicatie via massamedia, maar ook over persoonlijk contact tussen een of meerdere leden. Het element tijd heeft betrekking op de snelheid waarmee de innovatie zich verspreidt of is geadopteerd door leden. Het sociaal systeem bestaat uit potentiële adopters van de betreffende innovatie met een gelijke "cultuur", waarbij het kan gaan om zowel individuen als organisaties (Rogers, 1995).

De innovatie en kenmerken van de innovatie

Een innovatie is een idee, gebruik of object dat door een individu of organisatie wordt gezien als nieuw. Rogers voegt hier aan toe dat het nieuwe aan een innovatie niet slechts gaat over de nieuwigheid uitgedrukt in tijd vanaf het moment waarop de innovatie zich voor het eerst manifesteerde, maar meer over de mate waarin het voor ieder individu of organisatie wordt gezien als nieuw. Hij gebruikt technologie en innovatie vaak als synoniemen. Technologie is een voor de gebruiker nieuw middel dat kan worden ingezet om onzekerheid te verkleinen over het behalen van een beoogd doel (Rogers, 1995). Een concreet voorbeeld horend bij dit onderzoek is de situatie waarin een bedrijf de wens of het doel heeft om kosten te besparen. Het installeren van zonnepanelen op het dak van het bedrijf verkleint onzekerheid over de haalbaarheid van het doel, omdat het bedrijf zichzelf enerzijds van elektriciteit kan voorzien en anderzijds een vergoeding kan verwachten voor het terugleveren van elektriciteit aan het net.

Net als de mate waarin een innovatie voor een individu of organisatie nieuw is, is ook de perceptie van de eigenschappen van een innovatie verschillend. De perceptie van de eigenschappen van innovaties beïnvloedt de "rate of adoption" van een innovatie. Innovaties waarvan het beeld bestaat dat aan deze eigenschappen in hoge mate wordt voldaan hebben hogere adoption rates dan innovaties waarvan de perceptie van deze eigenschappen lager is.

Voor bedrijven is de adoptie van een innovatie als zon-PV op het eerste gezicht een economische afweging. Er kan een vergelijking worden gemaakt met bijvoorbeeld een bestaande situatie waarin elektriciteit strikt aan het net wordt onttrokken en een kosten-batenafweging worden gemaakt. Volgens Rogers wordt een perceptie gevormd over meerdere kenmerken. Hierin maakt hij het volgende onderscheid:

- Relative advantage: De mate waarin een innovatie wordt gezien als beter ten opzichte van een voorgaand idee. Dit kan uitgedrukt worden in economische termen, maar ook maatschappelijke status, comfort en tevredenheid kunnen belangrijk zijn.

- Compatibility: De perceptie van de raakvlakken die de innovatie heeft met bestaande waarden, eerdere ervaringen en behoeften van het individu of de organisatie.
- Complexity: Het beeld dat bestaat over of de innovatie moeilijk te begrijpen of toe te passen is.
- Trialability: De mogelijkheid een innovatie vooraf uit te kunnen proberen om bestaande onzekerheid weg te kunnen nemen.
- Observability: De mate waarin de resultaten of opbrengsten van een innovatie waarneembaar zijn voor anderen. (Rogers, 1995)

Duidelijk is dat het hier naast economische kenmerken ook praktische aspecten betreft. Het is per innovatie verschillend hoe deze kenmerken kunnen worden vertaald naar de praktijk.

Communicatiekanalen: massamedia en persoonlijk contact

Innovatiediffusie is volgens Rogers een vorm van communicatie waarbij de informatie die wordt uitgewisseld over een nieuw idee gaat. Het communicatiekanaal is de verbinding waarmee een individu of organisatie met kennis over of ervaring met een innovatie deze overdraagt op een individu of organisatie zonder deze kennis of ervaring. De onderlinge relatie bepaalt de omstandigheden waaronder degene met kennis of ervaring bereid of in staat is de informatie over te dragen en de effectiviteit van de overdracht.

Zo worden massamedia vaak gebruikt om snel een groot aantal leden in het systeem te informeren over een innovatie. Daarbij gaat het er meestal om dat potentiële adopters notie krijgen van het bestaan van een innovatie en een klein aantal hiervan over zal gaan tot adoptie.

Rogers stelt op basis van veel verschillende onderzoeken dat de meeste potentiële adopters besluiten een innovatie aan te nemen op basis van informatie verkregen uit persoonlijk contact met eerdere adopters. Ook imitatie door potentiële adopters van hun zogenaamde "near peers" is volgens Rogers een belangrijke drijfveer van innovatiediffusie.

Persoonlijk contact is dan ook het meest effectieve communicatiekanaal bij innovatiediffusie. Een belangrijk gegeven is dat informatieoverdracht door persoonlijk contact vaker plaatsvindt tussen individuen of organisaties die min of meer gelijk zijn. "Homophily" is de mate waarin deze individuen of organisaties gelijke kenmerken hebben. Het kan daarbij gaan om opleidingsniveau of sociale status, of in het geval van organisaties bijvoorbeeld bedrijfssector of grootte. De invloed van homophily ontstaat doordat fysieke en sociale nabijheid de aanwezigheid in groepen of netwerken faciliteert waardoor communicatie over nieuwe ideeën meer effect heeft in termen van kennistoename, het vormen of wijzigen van een zienswijze en aanpassing van gedrag (Rogers, 1995).

In het geval van de verspreiding van innovaties onder bedrijven betekent dit volgens Rogers dat verspreiding sneller plaatsvindt wanneer gelijksoortige bedrijven zich in de buurt van elkaar hebben gevestigd. Omdat gelijksoortige bedrijven volgens Rogers gemakkelijker met elkaar communiceren versterkt sociale- en fysieke nabijheid elkaar en worden de mogelijkheden vergroot voor potentiële adopters om informatie te verkrijgen bij adopters.

Dat deze opvatting van Rogers behalve voor individuen ook geldt voor bedrijven wordt vanuit de economische geografie ondersteund. Zeker in het geval van kleine bedrijven worden

beslissingen vaak genomen door de ondernemer (95 procent van de bedrijven in Nederland heeft minder dan tien medewerkers). Porter (1998) stelt dat de nabijheid van concurrenten er onder andere voor zorgt dat een bedrijf het eigen handelen gemakkelijker kan vergelijken met dat van anderen en sneller kan leren van anderen. Baptista & Swann (1998) vinden aanleiding om aan te nemen dat een bedrijf sneller innoveert wanneer deze zich bevindt in een omgeving met veel andere bedrijven uit dezelfde industrie.

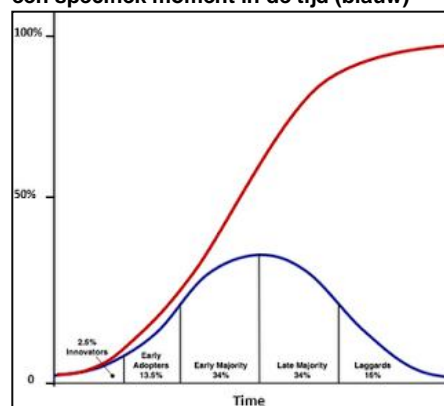
Tijd en de adoption rate

Een derde element in het proces van innovatiediffusie is tijd. De “rate of adoption” wordt vaak gebruikt om aan te geven hoe lang het duurt voordat een bepaald percentage leden binnen een systeem heeft besloten over te gaan tot adoptie van een innovatie. Het gaat daarbij dus om de snelheid waarmee een innovatie zich verspreidt onder alle leden binnen een systeem en niet over de snelheid waarmee een individu of organisatie besluit tot adoptie.

Het algemene beeld dat bij onderzoek naar innovatiediffusie vaak naar voren komt is dat het cumulatieve aantal adopters een S-vormige curve laat zien wanneer dit wordt afgezet tegen de tijd. Daarbij laat een snel verspreidende innovatie een steilere helling zien dan een innovatie die minder snel verspreidt. De exacte vorm van de curve is innovatie en systeem specifiek. Wel geldt voor iedere innovatie dat in de beginfase de curve licht stijgend is omdat er nog maar enkele adopters zijn. Vanaf het “take-off punt”, waarop de verspreiding van een innovatie door massamedia overloopt in verspreiding door persoonlijke interactie tussen adopters en potentiële adopters, wordt de helling steiler. Wanneer de helft van de potentiële adopters heeft besloten de innovatie in gebruik te gaan nemen vlt de helling af. Vanaf dit punt zullen steeds minder adopties plaatsvinden, omdat iedere nieuwe adopter steeds minder mogelijkheden heeft om potentiële adopters aan te zetten tot adoptie als gevolg van verzadiging of de opkomst van een nieuwe innovatie die een (beter) alternatief is ten opzichte van de voorgaande innovatie (Rogers, 1995).

In figuur 2 is de S-curve zoals Rogers deze beschrijft te zien. Deze curve geeft een volledige (hypothetische) cyclus weer van de adoptie van een innovatie in een systeem, waarbij geen sprake is van alternatieve innovaties tijdens de weergegeven periode.

Figuur 2: S-vormige curve van het cumulatieve aantal adopties in een systeem afgezet tegen de tijd (rood) en klokvormige curve van het aantal nieuwe adopties op een specifiek moment in de tijd (blauw)



(Bron: Rogers, 1995)

De rate of adoption wordt volgens Rogers vanuit verschillende richtingen beïnvloed. In de eerste plaats als gevolg van eerder beschreven verschillen in perceptie van kenmerken van een innovatie (innovatie gerelateerd: de mate waarin de kenmerken van de innovatie voldoen aan behoeften van potentiële adopters). In de tweede plaats als gevolg van verschil in toegang tot informatie over de innovatie (systeem gerelateerd: variërende fysieke en sociale nabijheid en daarmee variërende toegang tot groepen of netwerken).

Rogers voegt met de term innovativiteit aan de oorzaken van verschillende rates of adoption nog een nieuwe oorzaak toe die betrekking heeft op verschillen in de innovativiteit van leden in een systeem: Innovativiteit is de mate waarin een individu of organisatie in staat is nieuwe ideeën sneller te adopteren dan anderen.

Wanneer het aantal nieuwe adopties van een innovatie tegen de tijd wordt afgezet ontstaat een klokvormige curve, waarbij hypothetisch gezien het gemiddeld aantal adopties per tijdseenheid normaal verdeeld is. Op basis van het moment waarop de adoptie van een innovatie plaats heeft gevonden deelt Rogers vervolgens onder deze curve de adopters in vijf categorieën in (Figuur 2: innovators, early adopters, early majority, late majority, laggards).

De innovativiteit van een adopter wordt door Rogers op die manier pas achteraf toegedicht aan het moment waarop de adoptie van een specifieke innovatie heeft plaatsgevonden. Leden van een systeem die in een vroeger stadium over zijn gegaan tot adoptie van een innovatie zijn innovatiever dan leden die later adopteerden. In situaties waarin echter nog geen volledige cyclus is doorlopen en sprake is van incomplete adoptie kan met deze methode de innovativiteit van de leden in het systeem niet op een accurate wijze worden bepaald. De eigenschappen van de leden bieden echter wel een indicatie van hun innovativiteit.

Op het vlak van organisaties geeft Rogers aan dat uit veel onderzoeken volgt dat de grootte van een organisatie positief gerelateerd is aan innovativiteit. Dit biedt voor het huidige onderzoek naar (incomplete) innovatiediffusie onder bedrijven meer houvast. Hij voegt hier aan toe dat grootte vaak een “stand-in” is voor een breed scala aan kenmerken die betrekking hebben op de leiding van de organisatie (individual leader characteristics), de organisatie zelf (internal characteristics of the firm) en het systeem (external characteristics of the firm). In praktijk zijn deze uitgebreide kenmerken echter niet eenvoudig of in voldoende grote aantallen te meten, omdat het bijvoorbeeld gaat over de mate van interpersoonlijk contact tussen afdelingen of de openheid van het systeem waarin de organisatie zich bevindt.

In latere literatuur is veel gebruik gemaakt van de term “absorptive capacity”. De absorptive capacity van een bedrijf is de capaciteit nieuwe externe informatie te herkennen, op waarde in te schatten, zich eigen te maken en toe te passen in commerciële activiteiten (Cohen & Levinthal, 1990). Deze omschrijving lijkt veel op wat Rogers omschrijft als de innovativiteit van een organisatie, maar beperkt zich wel tot het niveau van de organisatie zelf. Verder wordt, zoals ook Rogers aangeeft, in veel onderzoeken een link gelegd tussen absorptive capacity, R&D activiteiten en de grootte van een organisatie: Grotere organisaties hebben doorgaans meer middelen voor R&D activiteiten of investeringen in nieuwe technologieën en hebben doorgaans meer mensen in dienst met specialistische kennis, wat er voor zorgt dat nieuwe ontwikkelingen kunnen worden toegepast op de commerciële activiteiten van de

organisatie (o.a. Rothwell & Dodgson, 1991; Rocha, 1999). De grootte van een organisatie dient in deze onderzoeken vaak als proxy voor absorptive capacity.

Het sociaal systeem

Het vierde element in het proces van innovatiediffusie dat Rogers noemt is het sociaal systeem. De leden hiervan kunnen individuen, groepen of organisaties betreffen en zijn aan elkaar gerelateerd op basis van een gemeenschappelijk doel. Normen zijn de bestaande gedragspatronen die gelden in een systeem en dienen als een soort standaard voor de leden. Ze kunnen zowel remmend als stuwend werken bij innovatiediffusie. Zo kan bijvoorbeeld het gebruik van zon-PV de norm worden wanneer een groot gedeelte van de bedrijven op een bedrijventerrein hier gebruik van maakt, waardoor de overige bedrijven ook geneigd zijn zich hieraan te conformeren. Naast de geldende normen in een systeem is de structuur van het systeem van invloed op de verspreiding van een innovatie en met name op het adoptiemoment van een innovatie (Rogers, 1995).

Eenzijds betreft het de formele structuur van het systeem waarbij de onderlinge verhoudingen hiërarchisch en gereguleerd zijn. Het gaat hierbij veelal om opgelegde condities die gelden voor alle leden in het systeem of een specifieke groep. Zo kan in Nederland een overheidsorgaan bedrijven of sectoren bij wet of in de vorm van richtlijnen aansporen zich meer in te spannen voor de implementatie van duurzame energie in het bedrijfsproces. Wanneer dit het geval is heeft de formele structuur van het sociaal systeem zijn doorwerking op het adoptiemoment en daarmee de diffusie van zon-PV.

Anderzijds is er de informele structuur waarbij het gaat om netwerken van persoonlijke contacten in een systeem. Een informele structuur ontwikkelt zich sterker tussen leden met veel gelijke kenmerken (homophilous; ook genoemd bij communicatiekanalen). De kans dat informatie over een innovatie wordt overgedragen is hierdoor groter. Gelijke kenmerken en de locatie (sociale en fysieke nabijheid) van leden in het systeem spelen dus een belangrijke rol bij de ontwikkeling van de structuur van het sociaal systeem en daarmee de diffusie van een innovatie (Rogers, 1995).

2.2 Innovatiediffusie als ruimtelijk proces

Torsten Hägerstrand heeft met zijn werk “Innovationsförloppet ur korologisk synpunkt” (1967) aan kunnen tonen dat kwantitatief onderzoek naar innovatiediffusie ook een belangrijke ruimtelijke component bevat. Adopties door boeren van verschillende agriculturele innovaties zijn door hem afgezet tegen zowel tijd als ruimte, met als doel de belangrijkste factoren te vinden die van invloed waren op de gevonden ruimtelijke patronen van innovatieadopties door boeren in de “Kinda-Ydre” regio. Uit dit onderzoek is gebleken dat innovatiediffusie voor een belangrijk deel wordt beïnvloed door een ruimtelijke component.

Fasering in ruimtelijke spreiding van adopties

Met een gedetailleerde empirische analyse heeft Hägerstrand de diffusie van innovaties van afzonderlijke adopties in kaart gebracht voor verschillende momenten in de tijd. Hierin ontdekte hij een duidelijke fasering in de ruimtelijke verspreiding van adopties. De fasering in drie stappen is in latere onderzoeken vaak teruggevonden en wordt tegenwoordig daarom vaak gebruikt als uitgangspunt:

1. De eerste adopties laten willekeurig lokale concentraties zien.
2. Radiale verspreiding vanaf de lokale concentraties naar buiten toe ondersteund met het ontstaan van secundaire agglomeraties, terwijl de allereerste concentraties grotere dichtheden blijven krijgen.
3. Afvlakkende verspreiding in de verzadigingsfase.
(Hägerstrand, 1967)

Deze fasering heeft veel overeenkomsten met de fasering die Rogers beschrijft. Hägerstrand heeft dit echter ook kunnen vertalen naar het ruimtelijke aspect en kunnen verklaren aan de hand van zijn empirische bevindingen. Locatie speelt hierin samen met tijd een sleutelrol.

De invloed van neighborhood-effects

Het aantal adopties neemt in de eerste fase toe in kleine aantallen en op willekeurige locaties ontstaan de eerste kleine concentraties. Hägerstrand noemt net als Rogers dat in deze beginfase gebruik wordt gemaakt van massamedia, wat zorgt voor de willekeurige locaties van de eerste adopties. Op dat moment is vaak niet precies bekend welke leden als eerste over gaan tot adoptie van de innovatie en waar ze zich bevinden

Radiale verspreiding in de tweede fase wordt volgens Hägerstrand verklaard uit de overgang van verspreiding via massamedia naar verspreiding via persoonlijk contact. Er is vanaf dan sprake van ongelijke verdeling van informatie. Doordat in de hogere populatiedichtheden de informatiedichtheid ook hoger is breiden de eerste concentraties zich hier gemakkelijker uit. Hägerstrand stelt dat “neighborhood-effects” in de tweede fase bepalend zijn:

De locatie van potentiële adopters ten opzichte van adopters is van belang en de kans dat informatie wordt overgedragen van adopter op een potentiële adopter neemt af met de afstand tussen beide. Hierdoor verspreiden innovaties zich vaak het snelst vanuit concentraties die gelegen zijn in gebieden met de hoogste populatiedichtheden.

Dat in de allereerste concentraties later nog grotere dichtheden ontstaan ligt volgens Hägerstrand aan een hogere "resistance". Hogere resistance zorgt er voor dat persoonlijk contact minder snel leidt tot adoptie. Leden in een systeem met een hogere resistance, veroorzaakt door economische afwegingen of andere individuele redenen, zullen in vergelijking tot leden met een lagere resistance later overgaan tot adoptie van een innovatie. Het effect van één portie informatie die een adopter overbrengt varieert daarom voor verschillende leden en vermindert met de tijd.

De term resistance die Hägerstrand gebruikt lijkt wat deze omschrijving betreft veel op de eerder besproken absorptive capacity van een bedrijf: De leden met hogere resistance hebben minder capaciteit de externe informatie van een eerdere adopter te herkennen, op waarde in te schatten, zich eigen te maken en toe te passen in hun eigen commerciële activiteiten. Nadat zij vaker door nieuwe adopters zijn geïnformeerd over de innovatie gaan deze leden pas over tot adoptie. Bestaande concentraties van adopties krijgen hierdoor later nog grotere dichtheden. Hägerstrand stelt dat ook hier neighborhood-effects bepalend zijn:

De locatie van leden met hogere resistance ten opzichte van eerdere adopters is van belang, omdat de kans dat informatie vaker wordt overgedragen afneemt met de afstand tussen deze leden en de eerdere adopters. Naarmate in de buurt van deze potentiële adopters zich meer adopters bevinden wordt de kans vergroot dat ook deze overgaat tot adoptie.

Over de derde fase stelt Hägerstrand dat de afvlakkende verspreiding wordt veroorzaakt door verzadiging, waarbij adopters steeds minder potentiële adopters kunnen vinden in de nabije omgeving die kunnen worden geïnformeerd over een innovatie. Ook Rogers noemt dit als oorzaak van de afvlakking van de S-curve van het cumulatieve aantal adopters.

De opvattingen van Hägerstrand en de verklaring van de ruimtelijke patronen van innovatiediffusie bieden een leidraad voor onderzoek naar de ruimtelijke patronen van de van zon-PV adopties door bedrijven.

Wanneer concentraties van adopties ontstaan en de genoemde daaropvolgende patronen zichtbaar worden bevindt de verspreiding zich in de tweede fase, waarin neighborhood-effects aan de orde zijn. De bestaande populatiedichtheden en meer specifiek de locatie van adopters en potentiële adopters spelen dan een belangrijke rol. De invloed die adopters hebben op potentiële adopters door informatie over een innovatie over te dragen neemt af met de afstand tussen adopters en potentiële adopters en met de tijd die tussen adopties ligt.

2.3 Conceptueel model

De opvattingen van Rogers en Hägerstrand bevatten enige overlap maar vullen elkaar ook aan. Zo bieden de ruimtelijke patronen die door Hägerstrand zijn beschreven een aanvulling op de kwantitatieve patronen die Rogers noemt, waardoor een combinatie van beide de mogelijkheid biedt om in te kunnen schatten in welke fase innovatiediffusie zich bevindt in het geval van adopties van zon-PV door bedrijven. Wanneer patronen kunnen worden herkend die volgens Rogers en Hägerstrand bij de tweede fase van innovatiediffusie horen is het relevant om onderzoek te doen naar neighborhood-effects. Om dit te kunnen onderzoeken is ruimtelijke informatie over adopties en het moment waarop ze plaats vonden nodig. Wanneer deze duiden op een rol van neighborhood-effects is het schatten hiervan relevant. Om dit zo nauwkeurig mogelijk te doen is ook de rol van andere elementen die van invloed zijn op innovatiediffusie van belang. De elementen die Rogers noemt geven drie niveaus aan van waaruit innovatiediffusie wordt beïnvloed: De innovatie, de leden van een systeem en het sociaal systeem.

De mate waarin kenmerken van de innovatie overeenkomen met de behoeften van de leden van het systeem heeft vanaf het niveau van de innovatie invloed op adoptie. Een verlaging van de prijs van de innovatie en daarmee een hogere relative advantage zorgt bijvoorbeeld voor meer en snellere adopties. Ook grotere zichtbaarheid draagt hier aan bij, omdat de kans wordt vergroot dat de aandacht van potentiële adopters wordt gevestigd op zon-PV. Kenmerken van de innovatie hebben dus betrekking op economische en praktische aspecten.

Ook de kenmerken van leden in het systeem hebben invloed op adoptie van een innovatie en worden in dit onderzoek uitgedrukt in de absorptive capacity, de capaciteit van de leden nieuwe externe informatie te herkennen, op waarde in te schatten, zich eigen te maken en toe te passen in commerciële activiteiten. Leden met een hoge absorptive capacity gaan volgens de theorie vaker en sneller over tot adoptie van een innovatie. Bedrijfs grootte is een veel gebruikte maateenheid die dient als proxy voor absorptive capacity.

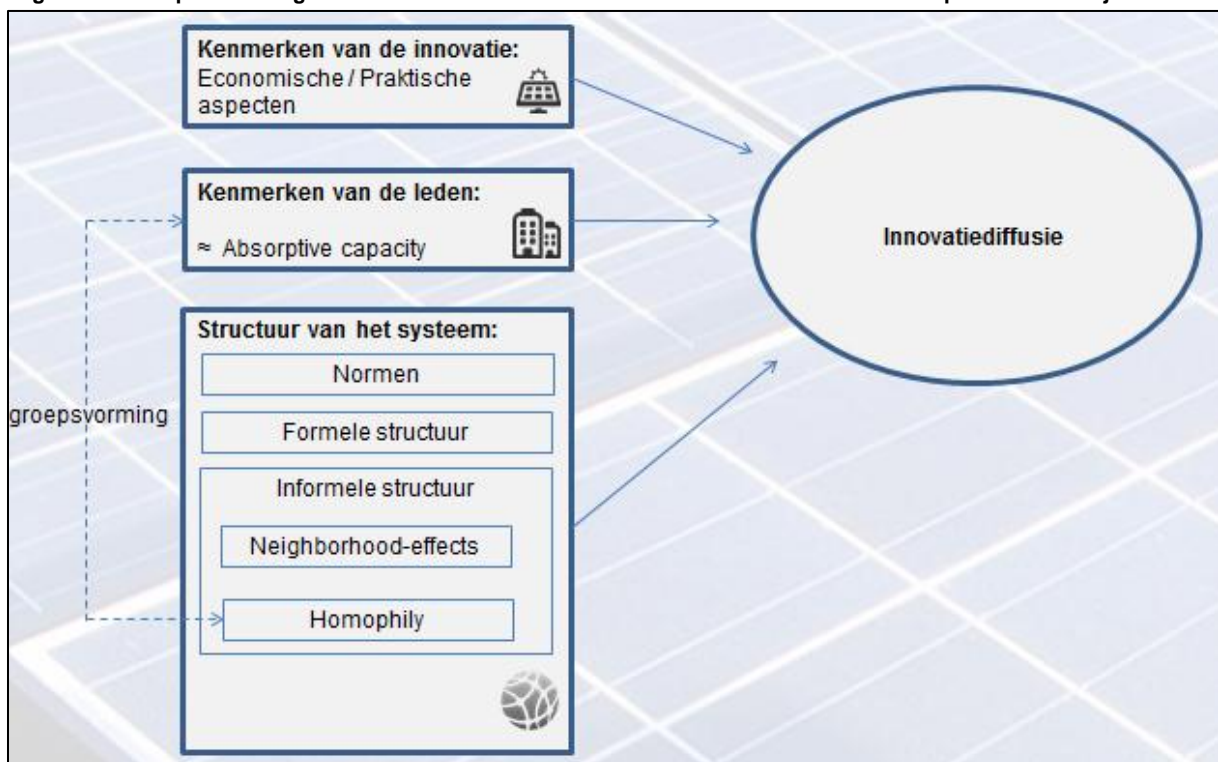
Het derde niveau dat invloed heeft op adoptie is het systeem. Dit niveau is veelomvattend en bestaat in de eerste plaats uit normen, waarmee de bestaande gedragsregels worden bedoeld. In de tweede plaats bestaat het systeem uit de formele structuur, waarin bijvoorbeeld wet en regelgeving sturend werkt ten opzichte van de leden en de innovatie. Daarnaast kan het ook praktische aspecten betreffen, zoals de fysieke omgeving die bepalend is of een innovatie wel of niet zinvol is voor de leden in het systeem. Ten derde is er ook de informele structuur waarin het er – eenvoudig uitgedrukt – om gaat wie met wie praat over een innovatie.

Dit is het niveau waarop neighborhood-effects aan de orde zijn. Een grotere fysieke afstand tussen adopters en potentiële adopters heeft negatieve invloed op de kans dat informatie over een innovatie wordt overgedragen tussen adopters en potentiële adopters. Met andere woorden, neighborhood-effects nemen volgens de theorie af met de afstand tussen adopters en potentiële adopters. Wanneer potentiële adopters als gevolg van een lagere absorptive capacity niet direct overgaan tot adoptie wordt het neighborhood-effect ook kleiner over de tijd. Deze potentiële adopters hebben meerdere nabijgelegen adopters nodig om over te gaan tot adoptie.

Een belangrijk effect binnen de informele structuur van het sociaal systeem is homophily, hetgeen de mate van overeenkomstigheid tussen leden en daarmee de kans op groepsvorming (en dus de groepsnorm) aangeeft. Contact tussen leden vindt vaker plaats wanneer deze meer gelijke kenmerken hebben, waardoor deze leden de neiging hebben groepen te vormen. In het geval van bedrijven gaat dit over kenmerken als bedrijfsgrootte of sector. Veel contact over een innovatie en een hoger adoptiepercentage zijn hierdoor niet het gevolg van neighborhood-effects waarbij fysieke nabijheid bepalend is, maar als gevolg van grotere sociale nabijheid dat zich manifesteert als groepsvorming.

Aldus kunnen de verschillende niveaus die invloed hebben op innovatiediffusie en de ruimtelijke patronen van innovatiediffusie conceptueel worden weergegeven in een het model dat is weergegeven in figuur 3. Op basis hiervan is in dit onderzoek verondersteld dat met empirische data van innovatiediffusie een inschatting kan worden gemaakt van neighborhood-effects door het effect van voorgaande adopties van zon-PV door bedrijven op latere adopties te schatten. Daarbij dient zo veel mogelijk te worden gecontroleerd voor de invloed van andere elementen in het model. Het is voor een goede schatting dus belangrijk dat andere niveaus ook worden meegenomen in het onderzoek.

Figuur 3: Conceptuele weergave van innovatiediffusie en de verschillende niveaus die hierop van invloed zijn



(Bron: eigen bewerking)

3. Empirische strategie

De empirische strategie van dit onderzoek naar zon-PV adopties door bedrijven in Nederland bestaat uit vier stappen:

In de eerste plaats is onderzocht of patronen kunnen worden herkend die overeenkomen met de theorie over de tweede fase van innovatiediffusie. Dit biedt volgens de theorie aanleiding om aan te nemen dat neighborhood-effects een rol spelen bij adoptie van zon-PV door bedrijven. Hiervoor is het cumulatieve aantal adopties en de ruimtelijke spreiding van adopties over de tijd onderzocht.

Het steiler worden van de helling in de grafiek van het cumulatieve aantal adopties duidt volgens de theorie op een overgang van verspreiding via massamedia naar verspreiding via persoonlijke interactie. Daarom is gekeken of er een omslagpunt kan worden herkend in het cumulatieve aantal adopties van zon-PV. Daarnaast is onderzocht of er sprake is van clustering van adopties en uitbreiding vanuit deze clusters.

Een tweede stap betreft het aanmaken van een set variabelen om de sterkte van neighborhood-effects te kunnen schatten. Dit zijn de afstand-tijd-variabelen genoemd en deze belichamen de invloed van eerdere adopties op latere adopties van zon-PV door bedrijven. Om vast te kunnen stellen of en in hoeverre deze afnemen over afstand en tijd hebben de variabelen betrekking op de afstand en tijd tussen adopties en eerdere adopties in de nabije omgeving. Hiervoor is gebruik gemaakt van de locatie en het moment van adoptie. De dataset van Enexis maakt dit mogelijk omdat van iedere zon-PV installatie het adres bekend is en de aanmelddatum. Deze aanmelddatum is gebruikt als het adoptiemoment.

Om te controleren voor andere factoren die van invloed zijn op adopties van zon-PV zijn vervolgens overige variabelen opgesteld waarvan op basis van de theorie en eigen onderzoek naar de markt voor zon-PV wordt verwacht dat zij deze factoren belichamen.

De laatste stap betreft het opstellen en uitvoeren van een statistisch model, waarmee is onderzocht wat de invloed is van neighborhood-effects, in hoeverre deze afnemen over afstand en tijd en hoe neighborhood-effects zich verhouden tot andere variabelen in het model.

Het aantal nieuwe adopties op een bepaald moment in de tijd (een kwartaal) is de afhankelijke variabele en neighborhood-effects in de vorm van de afstand-tijd-variabelen zijn hierin de belangrijkste onafhankelijke variabelen. Behalve de afstand-tijd-variabelen zijn ook de andere onafhankelijke (controle)variabelen toegevoegd waarvan wordt verwacht dat deze van invloed zijn op adopties van zon-PV.

3.1 Gebruikte methoden bij de analyse van ruimtelijke spreiding van adopties

Om te achterhalen of neighborhood-effects aan de orde zijn is onderzoek gedaan naar het aantal adopties van zon-PV over de tijd en naar de ruimtelijke spreiding van adopties. Er is onderzocht waar en wanneer clustering van adopties te herkennen is, omdat dit volgens de theorie er op duidt dat neighborhood-effects een rol spelen bij innovatiediffusie. Ook is onderzocht of de patronen overeenkomen met de verwachting vanuit de theorie dat de eerste grote concentraties van adopties ontstaan vanuit de hoogste populatiedichtheden. Hiervoor is gebruik gemaakt van Esri ArcGIS 10.2, een computerapplicatie die ruimtelijke analyse mogelijk maakt.

Er is gebruik gemaakt van verschillende datasets. Het betreft in de eerste plaats een dataset van netbeheerder Enexis, welke adressen bevat waarvan bekend is dat hier gebruik wordt gemaakt van zon-PV. Vooraf is deze dataset gekoppeld met datasets van LISA (2014) waarin voor ieder jaar geregistreerde bedrijfsvestigingen in Nederland zijn vermeld. Koppeling is gemaakt op basis van postcode, huisnummer en huisnummertoevoeging. Hierdoor is van de gekoppelde adressen in de datasets bekend dat het gaat om locaties waarop een bedrijfsvestiging geregistreerd staat en dat hier gebruik wordt gemaakt van zon-PV. Deze adressen zijn door ze te geocoderen in ArcGIS 10.2 geladen, zodat voor iedere case in de dataset de exacte locatie bekend is (Mitchell, 2005).

Voor adoptie van zon-PV door een bedrijf is de definitie gehanteerd dat het dient te gaan om een unieke aansluiting op een adres waar een bedrijfsvestiging geregistreerd staat. Het gaat hierbij om locaties waar voor het eerst gebruik is gemaakt van zon-PV. Het is namelijk ook mogelijk dat een installatie een uitbreiding betreft van eerdere installaties (niet-unique aansluiting), wat betekent dat daadwerkelijke adoptie op deze locatie eerder plaats heeft gevonden. Dit onderscheid is in de dataset van Enexis te maken en daarom zijn uitsluitend unieke aansluitingen gerekend tot adopties van zon-PV. Het moment van adoptie is gebaseerd op de aanmelddatum van de installatie bij Enexis.

De bedrijfspopulatie en de bestaande dichtheden hiervan zijn voor het onderzoeksgebied ook in ArcGIS 10.2 geladen. Adopties van zon-PV zijn afgezet tegen deze populatiedichtheden. Door dit voor verschillende momenten in de tijd te doen is onderzocht of en op welk moment de eerste concentraties van adopties kunnen worden gevonden en of deze, zoals op basis van de theorie wordt verwacht, hun oorsprong hebben in de grootste populatiedichtheden.

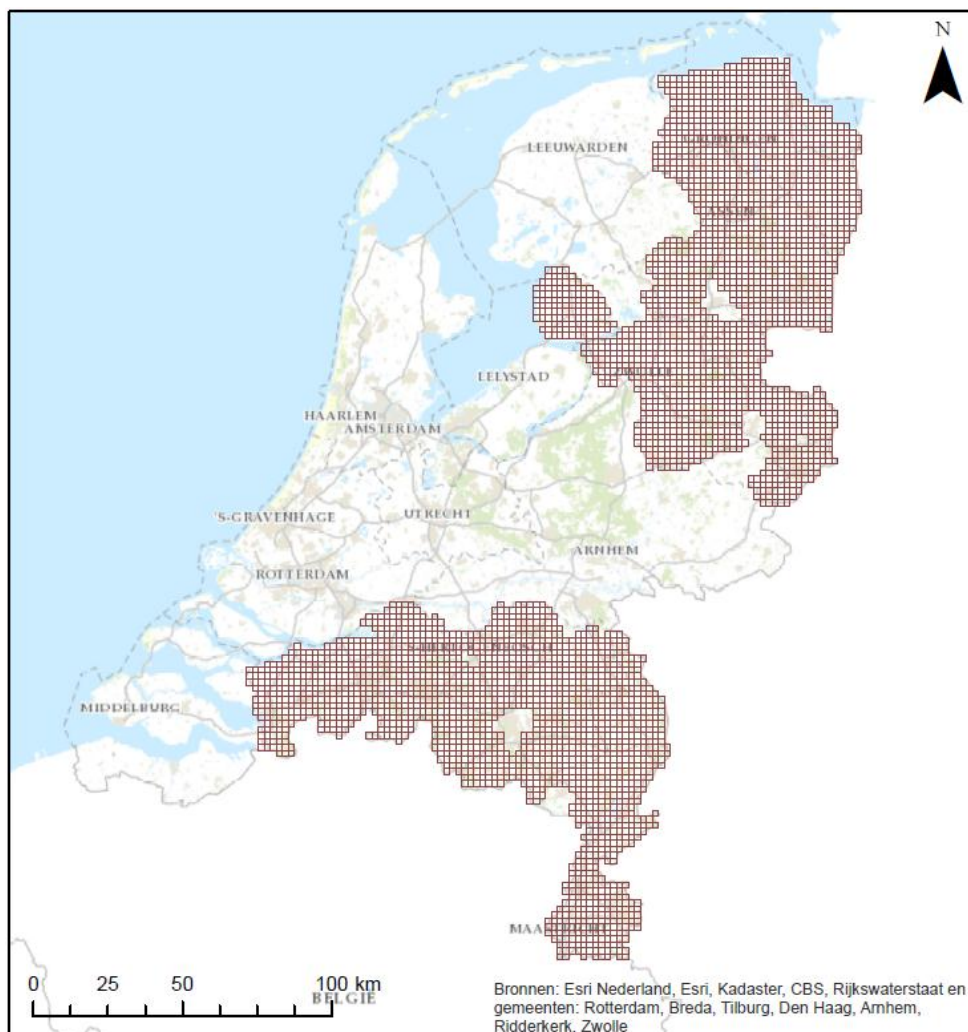
Met twee statistische ruimtelijke analysemethoden is gezocht naar ondersteunend bewijs voor bevindingen over de concentraties van zon-PV adopties. Dit is gedaan in ArcGIS 10.2 met de Optimized Getis-Ord (OGO) methode en Anselin Cluster and Outlier Analysis (COA). Beide methoden zoeken naar concentraties over een specifieke afstand die een hogere mate van clustering hebben dan wat kan worden verwacht op basis van toeval. Met OGO kunnen statistisch significant hoge (hot spots) of lage (cold spots) dichtheden worden opgespoord, waarbij deze methode zelf de zogenaamde “cut-off distance” bepaalt. COA maakt gebruik van Moran's I en identificeert waar hoge en lage waarden zich concentreren, maar wijst ook plekken (outliers) aan met waarden die sterk afwijken van de omliggende omgeving (ESRI, 2013). Hierbij dient de cut-off distance zelf opgegeven te worden. Er zijn daarom eerst meerdere afstanden opgegeven, waarbij vergelijkbare resultaten werden gevonden.

Uiteindelijk is gekozen voor een afstand van 7000 meter, welke in de buurt ligt bij de afstand die OGO automatisch heeft gekozen (6800 meter).

Beide methoden vereisen geaggregeerde data. Mede daarom is voorafgaand aan het onderzoek het onderzoeksgebied met Fishnetting (ESRI, 2013) opgedeeld met een raster (figuur 4), welke ook voor de overige onderdelen in het onderzoek is gebruikt. Iedere cel heeft een afmeting van 2 kilometer bij 2 kilometer. Het verdelen van het gebied in een raster met gelijke vlakken biedt een voordeel ten opzichte van het gebruik van bijvoorbeeld gemeenten: Gemeenten zijn onderling verschillend in oppervlakte. Bij analyses met geaggregeerde data kan dan de zogenaamde "areal bias" optreden, waardoor de resultaten kunnen leiden tot misinterpretatie (Openshaw, 1984). Met het gebruik van rastercellen met gelijke oppervlakten wordt dit zo veel mogelijk beperkt.

Cellen die volledig over waterpartijen liggen zijn niet gebruikt in het vervolg van het onderzoek en dus uit het raster verwijderd. Daarnaast zijn cellen die over de regio van de stad Vught liggen ook buiten het onderzoek gehouden, omdat hier sprake is van een data-gap. De gebruikte LISA dataset bleek geen gegevens te bevatten van bedrijfsvestigingen in dit gebied. Hierdoor zijn geen bedrijfsvestigingen gegeocodeerd in deze regio, waardoor bijvoorbeeld adopties niet kunnen worden afgezet tegen populatiedichtheden in deze cellen.

Figuur 4: Rasterweergave van het onderzoeksgebied (rood), verdeeld in 3836 gelijke gebieden van 4 km²



(Bron: eigen bewerking)

3.2 Creëren van afstand-tijd-variabelen

Een tweede onderdeel van de empirische strategie in dit onderzoek betreft het creëren van afstand-tijd-variabelen die zijn gebruikt om de invloed te bepalen van eerdere nabije adopties op latere adopties.

Om vast te kunnen stellen wat de sterkte is van neighborhood-effects en of deze afnemen over afstand is voor iedere adoptie in ArcGIS 10.2 berekend hoeveel eerdere adopties plaats hebben gevonden op verschillende afstanden. Rondom iedere adoptie zijn ringen ingesteld voor verschillende afstandsranges: 0 tot 500 meter, 500 tot 1000 meter en 1000 tot 2000 meter. Voor iedere range is vervolgens een aparte variabele berekend van het aantal adopties dat in het verleden plaats vond. De afstanden zijn gekozen op basis van theorie en praktijk: Wanneer een eigenaar van een bedrijf ziet of merkt dat een nabijgelegen bedrijf gebruik maakt van zon-PV is het aannemelijk dat dit opgemerkt wordt als deze bedrijven enigszins op zichtafstand van elkaar liggen. Andersom is het aannemelijk dat personen horend bij een bedrijf, dat gebruik maakt van zon-PV, het snelst bedrijven zonder zon-PV gadeslaan en informeren wanneer deze zich bevinden op zicht-, loop- of hooguit fietsafstand.

Naast verschillende ranges is de berekening van het aantal eerdere adopties ook uitgevoerd voor verschillende periodes. Hiermee kan worden bepaald of de invloed van eerdere adopties afneemt over tijd. Gekozen is voor een periode van een jaar, twee jaar en de "installed base". Deze laatste geeft voor de verschillende ranges het totaal aantal adopties in het verleden weer (In de dataset heeft de oudste zon-PV installatie 1-1-1998 als aanmelddatum).

Om overschatting als gevolg van "simultaneity" te voorkomen (Manski, 1993) zijn adopties die minder dan 90 dagen vooraf gingen aan een adoptie niet meegeteld. Bij simultaneity gaat het om situaties waarin twee adopties kort op elkaar volgen, waardoor niet te bepalen is in welke richting de informatiestroom plaatsvond en deze elkaar ook tegelijkertijd kunnen hebben beïnvloed. Hier kan bijvoorbeeld gedacht worden aan twee bedrijven die gebruik zijn gaan maken van zon-PV waarbij slechts enkele weken tussen de registratiedatum zit in de Enexis dataset. In dergelijke situaties is niet te bepalen of de laatste aanmelding daadwerkelijk is beïnvloed door de voorgaande of dat dit juist andersom plaatsvond. Door het uitsluiten van naburige adopties die tot 90 dagen eerder plaatsvonden staat nagenoeg vast staat dat de beïnvloeding van adopter in de richting van een potentiële adopter plaatsvond. De reden voor de keuze van 90 dagen is de samenhang met meetmomenten in het model die gaan over kwartalen. De afstand-tijd variabelen betreffen door deze keuze altijd eerdere adopties die minimaal een volledig kwartaal en meetmoment eerder plaatsvonden dan de latere adopties.

De technische handelingen die voor het berekenen van deze variabelen zijn verricht zijn opgenomen in bijlage 1. Voor een indruk van de berekening van de afstand-tijd-variabelen is in figuur 5 een voorbeeld weergegeven hoe deze methodiek werkt voor één adoptie. Dit voorbeeld laat zien hoe de berekening werkt van het aantal adopties dat tot een jaar eerder plaatsvond over de verschillende ranges.

Tot slot zijn voor gebruik in het model de variabelen toegepast op het raster van het onderzoeksgebied. Het betreft daarom per rastercel gemiddeldes van het aantal eerdere

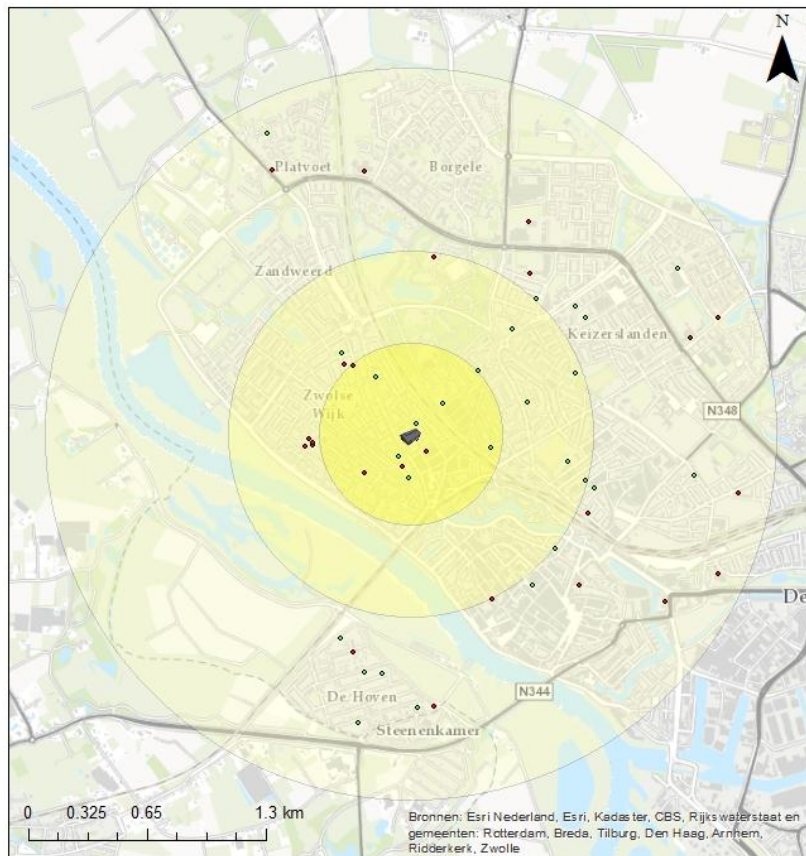
naburige adopties dat voorafging aan adopties in een specifiek kwartaal. Een volledig overzicht van de opgestelde afstand-tijd variabelen is weergegeven in tabel 1.

Tabel 1: Overzicht van de afstand-tijd-variabelen en de omschrijving

| | EenJr500 | EenJr1000 | EenJr2000 |
|---|--|---|--|
| Gemiddeld aantal naburige adopties per rastercel... | 90 - 365 dagen eerder op een afstand van 0 m. - 500 m. | 90 - 365 dagen eerder op een afstand van 500 m. - 1000 m. | 90 - 365 dagen eerder op een afstand van 1000 m. - 2000 m. |
| | TweeJr500 | TweeJr1000 | TweeJr2000 |
| Gemiddeld aantal naburige adopties per rastercel... | 90 - 730 dagen eerder op een afstand van 0 m. - 500 m. | 90 - 730 dagen eerder op een afstand van 500 m. - 1000 m. | 90 - 730 dagen eerder op een afstand van 1000 m. - 2000 m. |
| | InstB500 | InstB1000 | InstB2000 |
| Gemiddeld aantal naburige adopties per rastercel... | > 90 dagen eerder op een afstand van 0 m. - 500 m. | > 90 dagen eerder op een afstand van 500 m. - 1000 m. | > 90 dagen eerder op een afstand van 1000 m. - 2000 m. |

(Bron: eigen bewerking)

Figuur 5: Conceptuele weergave van het berekenen van afstand-tijd-variabelen. In deze weergave is voor één adoptie het aantal eerdere adopties te zien dat in een periode van 12 maanden vooraf is gegaan aan de adoptie van onderzoek en te berekenen voor drie verschillende ranges



Legenda

- Locatie onderzochte adoptie
- Adopties < 1 jaar eerder
- Adopties > 1 jaar eerder
- 0 - 500 meter
- 500 - 1000 meter
- 1000 - 2000 meter

(Bron: eigen bewerking, ArcGIS 10.2)

3.3 Overige variabelen in het model

Uit de theorie volgt dat volgens Rogers innovatiediffusie wordt beïnvloed vanuit drie niveaus. Kenmerken van de innovatie, kenmerken van de leden in het systeem en vanuit het systeem zelf. Neighborhood-effects spelen op het niveau van het systeem en hiervoor zijn de afstand-tijd variabelen opgesteld. Om een model op te kunnen stellen voor het schatten van neighborhood-effects is zo veel mogelijk gecontroleerd voor andere effecten op de drie genoemde niveaus. Variabelen die hiervoor zijn gebruikt worden beschreven in dit onderdeel van de empirische strategie.

Bij onderzoek naar neighborhood-effects komt verder aan de orde dat deze bij statistische analyses moeten worden geïsoleerd van andere effecten van sociaal gedrag. Het gaat hierbij om group endogeneity, correlated unobservables en simultaneity die voor een “bias” (verkeerde schatting) in de schatting van neighborhood-effects kunnen zorgen (Manski, 1993). Simultaneity is zo veel mogelijk beperkt bij het creëren van de afstand-tijd-variabelen.

Group endogeneity gaat over de mate waarin sprake is van homophily: Leden met gelijke kenmerken vormen groepen en stemmen gedrag op elkaar af, wat er toe leidt dat op zo'n locatie gedrag afwijkt van de rest van de populatie. Wanneer bijvoorbeeld op een specifieke locatie bedrijven besluiten duurzaamheid na te streven, zorgt dit groepseffect er voor dat de verspreiding van zon-PV hier afwijkt van het gemiddelde in de bedrijfspopulatie. Om voor dit effect te compenseren is informatie over de mate van homophily in het onderzoeksgebied van belang.

Correlated unobservables zijn ongeregistreerde externe effecten die lokaal doorwerken. Hierbij kan gedacht worden aan een installateur van zon-PV die korting geeft aan bedrijven in de buurt of een lokale marketingcampagne uitvoert, waardoor de context waarbinnen adopties van zon-PV plaatsvinden lokaal anders is ten opzichte van de rest van de bedrijfspopulatie. De verspreiding van zon-PV ontwikkelt zich daarom anders in deze groep bedrijven. Het is niet altijd bekend wat voor prikkel het verschil veroorzaakt. Wanneer dit wel bekend is blijkt vaak dat dataverzameling een complexe bezigheid is. Daarom worden in onderzoeken vaak de bestaande onderlinge lokale verschillen zelf gebruikt als een proxy voor deze prikkels (Soetevent, 2006).

De verschillende variabelen die zijn opgesteld zijn toegepast op de cellen in het raster van het onderzoeksgebied. Hierdoor kan rekening worden gehouden met lokale verschillen. Daar waar het gaat om variabelen die gelden voor de gehele populatie zijn deze waarden toegepast op iedere cel van het onderzoeksgebied.

Innovatievariabelen

Prijs van zon-PV installaties: Op het niveau van de innovatie speelt de prijs van een zon-PV installatie een belangrijke rol. In veel rapporten die betrekking hebben op de markt voor zon-PV wordt met name gesproken over het belang van zo laag mogelijke kosten van een installatie en een zo kort mogelijke terugverdientijd (o.a. Berenschot, 2011; Ecofys, 2011).

Voor de prijs van zon-PV installaties is de “Photovoltaik-Preismonitor Deutschland” gebruikt waarin de Duitse retailprijzen over de gehele onderzoeksperiode worden vermeld van een volledige installatie (EuPD Research, 2013). Een vergelijking van de rapportages van deze instantie met rapportages over de Nederlandse retailprijzen leverde op dat de prijstrends nauwelijks verschillen. Omdat de prijzen in Nederland pas sinds 2011 worden bijgehouden (Stichting Monitoring Zonnestroom, 2014) is daarom gekozen voor gebruik van deze Duitse rapportage.

Elektriciteitsprijzen: Voor het belangrijkste alternatief, stroom uit het net, zijn ook variabelen toegevoegd omdat dit de met zon-PV vermeden kosten aangeeft en de vergoeding voor teruglevering samenhangt met de elektriciteitsprijs. Voor drie verbruikersgroepen is er een variabele voor de geïndexeerde prijs per kwartaal van elektriciteit. De verwachting is dat met name de elektriciteitsprijs voor de laagste verbruikersgroep (tot 1 MWh) van belang is in het model. Per kwartaal en over de gehele onderzoeksperiode vertonen de indices van de hogere groepen namelijk weinig variatie. Bovendien ligt het minder voor de hand dat bedrijven uit deze groepen kiezen voor zon-PV, omdat dit maar een fractie van hun verbruik zou compenseren. Omdat in de dataset toch ook enkele bedrijven zijn te vinden waarvan wordt verwacht dat zij tot de grotere verbruikersgroepen behoren is toch gekozen voor inbreng van data over de elektriciteitsprijs voor deze hogere verbruikersgroepen.

Praktische kenmerken van zon-PV: De meer praktische kenmerken van zon-PV zijn in het model niet meegenomen, omdat wordt verwacht dat vooral de economische aspecten voor bedrijven het zwaarst wegen in hun perceptie over zon-PV. Eventuele onzekerheden in de perceptie over de praktische aspecten zoals de geschiktheid van het dak (complexity) en het “uitproberen” van een installatie (trialability) zijn bovendien te beperken voor bedrijven die zon-PV overwegen, omdat dit wordt afgevangen met diverse websites waarop het mogelijk is te bepalen of en op welke manier een installatie toepasbaar is (Bijvoorbeeld op www.zonatlas.nl en zonnepanelensimulator.eneco.nl, 2014).

Bedrijfsvariabelen

Bedrijfs grootte: Uit de theorie volgt dat de absorptive capacity van bedrijven het belangrijkste effect is op het niveau van leden in het systeem, waarbij de grootte van een bedrijf vaak wordt gebruikt om dit weer te geven. In de LISA dataset is voor alle bedrijven in het onderzoeksgebied bekend hoeveel banen op iedere bedrijfslocatie worden ingevuld. Het gemiddeld aantal banen per bedrijfsvestiging in een rastercel is daarom gebruikt als variabele voor absorptive capacity. Daarbij is gebruik gemaakt van de LISA dataset van het jaar 2010.

Ondanks dat bekend is dat het aantal banen per locatie kan variëren over verschillende jaren hebben lange doorlooptijden van het geocoderen in combinatie met de grote omvang van de LISA datasets geleid tot de keuze voor het gebruik van de dataset van alleen 2010.

Systeemvariabelen

Op het niveau van het systeem zijn meerdere variabelen gebruikt in het onderzoeksmodel. Enerzijds vanwege het feit dat binnen het systeem de formele en informele structuur afzonderlijke aspecten zijn die van invloed zijn op het functioneren van het geheel. Anderzijds vanwege de complexe rol die de informele structuur heeft bij het genoemde risico van verkeerde schatting van neighborhood-effects.

Algemene economische condities: Overall economische condities variëren altijd en hebben een stuwende of remmende doorwerking op bedrijfsinvesteringen. Daarom is de beurskoers gebruikt als variabele die overall economische omstandigheden voor Nederland weergeeft. Daarnaast is voor het investeringsklimaat data gebruikt over de rente op de kapitaalmarkt. Dit geeft de kosten weer die gemoeid gaan met het verkrijgen van langlopende leningen die bedrijven af kunnen sluiten voor de financiering van investeringen (CBS, 2014).

Subsidie: Een ander belangrijk effect op de adoptie van zon-PV dat speelt op het niveau van het sociaal systeem is de invloed van subsidies. De belangrijkste subsidie in Nederland tijdens de periode die is onderzocht is volgens het CBS (2012) de algemene uitvoeringsregeling Stimulering Duurzame Energieproductie, ofwel SDE/SDE+. Ondanks het feit dat de overheid geen inzage mag geven over toekenning aan bedrijfstvormen die tot personen herleidbaar zijn is met informatie uit de Enexis dataset (vermogen, bouwjaar en aanmelddatum van de installatie) bepaald welke adopties in aanmerking kwamen voor deze subsidie. Hiervoor is vervolgens een variabele gecreëerd in de vorm van het cumulatieve percentage eerdere adopties in een rastercel dat in aanmerking kwam voor SDE/SDE+-subsidie. Dit percentage is afgemeten tegen het cumulatieve aantal eerdere adopties voor iedere rastercel.

Bedrijven kunnen naast SDE/SDE+ ook gebruik maken van diverse fiscale aftrekposten voor bedrijfsmiddelen of energiebesparende investeringen (Kleinschaligheidsinvesteringsaftrek, Energie-investeringsaftrek, Milieu-investeringsaftrek). Deze aftrekposten bieden de mogelijkheid een aanzienlijk deel van de kosten van een zon-PV installatie op de belastbare winst in mindering te brengen (Belastingdienst, 2014). Het inbrengen in het model van een variabele voor de omvang van het gebruik van fiscale aftrekposten is echter niet mogelijk, omdat van de bedrijven in dit onderzoek niet bekend is of en hoeveel winst de bedrijven maakten. Gezien de voorwaarden die gelden voor gebruik van de aftrekposten is wel bekend dat nagenoeg ieder bedrijf een beroep kan doen op deze posten, wat de noodzaak van toevoeging van deze variabele minder groot maakt omdat er in dat opzicht weinig sprake is van onderlinge verschillen.

Dichtheden van de bedrijfspopulatie: Omdat uit zowel de theorie als de analyse van ruimtelijke patronen van zon-PV adopties volgt dat er een relatie lijkt te zijn tussen bestaande dichtheden in de bedrijfspopulatie en adopties van zon-PV is ook gebruik gemaakt van het aantal bedrijven in iedere rastercel. Het aantal bedrijven per cel in het raster kan worden gezien als proxy voor onder andere de hoeveelheid voor zon-PV geschikte bedrijfsgebouwen, waarbij lagere dichtheden aangeven dat bedrijven op deze locaties meer ruimte hebben voor grotere bedrijfspanden, dat de kans kleiner is dat panden worden gedeeld en dat de kans groter is dat bedrijven zelf eigenaar van het pand zijn.

Controleren voor group-endogeneity: Voor de mate van homophily is de Herfindahl-Index berekend voor iedere cel. Eerst is vastgesteld tot welke bedrijfstak een bedrijf behoort aan de hand van gegevens uit de LISA dataset. Met de 2-cijferige SBI'08-code zijn bedrijven in dit bestand ingedeeld in 22 verschillende bedrijfstakken (CBS, 2014). Op basis hiervan is per rastercel de Herfindahl-Index berekend. Deze geeft de concentratie van bedrijfstakken weer ten opzichte van elkaar in een getal tussen 0 en 1.

In de berekening wordt in plaats van aantallen bedrijven per bedrijfstak gebruik gemaakt van (gekwadrateerde) percentages ten opzichte van het totaal aantal bedrijven, waardoor verschillen in het totaal aantal bedrijven minder impact hebben op de waarden. Dicht bij 0 betekent dat er niet veel concentratie is en dat alle bedrijfstakken ongeveer een gelijk aandeel innemen. Er is dan weinig reden om aan te nemen dat er sprake is van groepsvorming. Dicht bij 1 betekent veel concentratie van één bedrijfstak ten opzichte van andere bedrijfstakken. Groepsvorming van bedrijven die horen bij deze bedrijfstak ligt in dat geval meer voor de hand dan in situaties waarin sprake is van minder concentratie (CBS, 2013).

Controleren voor correlated unobservables: De variabele van de Herfindahl-Index is ook gebruikt om rekening te houden met onbekende prikkels die lokale verschillen kunnen veroorzaken, omdat deze variabele de bestaande verschillen in de populatie weergeeft die zoals eerder genoemd kunnen dienen als proxy voor correlated unobservables.

Daarnaast is een variabele gecreëerd voor het aantal installateurs in iedere cel, omdat wordt verwacht dat installateurs lokaal positieve invloed hebben op zon-PV adopties. Een derde variabele die met gebruik van de LISA dataset tot stand is gekomen betreft de aanwezigheid van bedrijven die met zon-PV, warmtepompen of waterkracht elektriciteit opwekken voor de handel. Deze laatste groep kan lokaal op het gebied van duurzame energieopwekking een bovengemiddeld grote voorbeeldfunctie hebben naar andere bedrijven, bijvoorbeeld vanwege de grotere omvang van de PV-installaties en de zichtbaarheid ervan.

3.4 Schatting van het model

Voor het schatten van neighborhood-effects is gebruik gemaakt van een lineair model met fixed effects in SPSS 20.0 (Brady & West, 2009). Het betreft een “balanced model” waarbij iedere case in de dataset (rastercel van het onderzoeksgebied) een gelijk aantal waarnemingen heeft, namelijk twaalf kwartalen van 2010 tot en met 2012. Deze onderzoeksperiode is gekozen op basis van de eerste onderzoeksresultaten over het omslagpunt in het cumulatieve aantal adopties en de clustering van adopties, welke er op duiden dat 2010 een relevant startpunt is.

In een ideale experimentele situatie zouden twee of meerdere geografische gebieden met identieke gelijkblijvende omgevingseigenschappen, demografische en economische condities kunnen worden gebruikt voor onderzoek. Met het willekeurig plaatsen van zon-PV installaties bij bedrijven zou vervolgens kunnen worden gekeken of dit leidt tot extra adopties (Bollinger & Gillingham, 2012). Omdat geografische gebieden en condities nooit gelijk zijn en gebruik moet worden gemaakt van waarnemingen uit de praktijk is een dergelijk experiment niet mogelijk.

Fixed effects

Voor schatting van neighborhood-effects is daarom een regressie uitgevoerd met fixed effects. Deze methode kan omgaan met “cross-sectional time-series data”, wat inhoudt dat gebruik kan worden gemaakt van herhaalde waarnemingen bij meerdere cases.

De fixed effects methode biedt een alternatief in situaties waarbij de setting van een experiment met afgesloten geografische gebieden niet haalbaar is. Er kan naast herhaalde waarnemingen ook om worden gegaan met veranderende elementen voor individuele cases. Veranderende elementen waarvan wordt verwacht dat deze invloed hebben op nieuwe adopties kunnen hierdoor worden toegevoegd aan het model. Met de methode is het effect van een verandering te schatten, door voor neighborhood-effects en andere elementen de coëfficiënt te schatten. Daarnaast biedt dit de mogelijkheid te controleren voor de eerder besproken group enogeneity bias en correlated unobservables (Allison, 1994).

Voor correlated unobservables kan overigens nooit helemaal volledig gecontroleerd worden om de eenvoudige reden dat ze “unobserved” zijn. In het onderzoek is zoals aangegeven met de beschikbare data zo veel mogelijk gecontroleerd hiervoor. De grote hoeveelheid data over de bedrijfspopulatie die nodig is voor modellen met fixed effects is voor het grootste deel ontsloten in de dataset. Een tekortkoming hierin is dat deze data niet varieert over de verschillende kwartalen. In dit onderzoek bestond het voornemen gebruik te maken van jaarlijkse gegevens van LISA over de bedrijfspopulatie als proxy voor externe prikkels. Zoals eerder genoemd beperkten lange doorlooptijden van het geocoderen de mogelijkheden hiertoe en is gebruik gemaakt van populatiegegevens over één jaar (2010).

Omdat de populatiedata statisch is en daarmee ook een aantal populatievariabelen, is ook gecontroleerd voor correlated unobservables met de variabele die het aantal installateurs per rastercel aangeeft en de variabele over het aantal commerciële zon-PV producenten. De waarden van deze variabelen zijn verschillend per rastercel maar niet over de tijd, wat

betekent dat alleen de komst van nieuwe installateurs tijdens de onderzoeksperiode niet is geobserveerd. Omdat data over andere variabelen is ontsloten met waarnemingen per kwartaal zou de jaarlijkse populatiedata van LISA echter ook niet volledig hebben kunnen voorkomen dat een dergelijke gebeurtenis wordt geprojecteerd op meerdere kwartalen, wat aangeeft dat de komst van een installateur hoe dan ook niet voor het juiste kwartaal geregistreerd had kunnen worden in de dataset.

Tot slot is voor simultaneity in het model gecontroleerd bij het opstellen van de afstand-tijd variabelen door het registreren van voorgaande adopties en door het niet meetellen van adopties die negentig of minder dagen vooraf gingen aan de adoptie waarvoor de variabele is berekend.

Assumpties

Bij het opstellen van het model is uitgegaan van de bevindingen uit de theorie en het conceptueel model. De afhankelijke variabele is het aantal nieuwe adopties per rastercel in een kwartaal. Onafhankelijke variabelen zijn de innovatievariabelen, bedrijfsvariabelen en systeemvariabelen (inclusief de afstand-tijd variabelen) die eerder zijn opgesomd.

In het model is een “intercept” toegevoegd omdat wordt verondersteld dat iedere rastercel in het onderzoek naast een eigen uniek verloop (slope) een uniek initieel startpunt (intercept) kent. Zo kan bijvoorbeeld voorafgaand aan de waarnemingen de kennis over zon-PV van een verschillend niveau zijn onder de bedrijven in de verschillende rastercellen. Een vereenvoudigde specificatie van het model ziet er daarmee als volgt uit:

$$\text{AdoptiesNW}_{i,t} \approx \alpha + \beta N_{i,t} + \gamma I_{i,t} + \theta B_i + \lambda S_{i,t} + \varepsilon_{i,t}$$

Hierbij is $\text{AdoptiesNW}_{i,t}$ het aantal nieuwe adopties van zon-PV door bedrijven in rastercel i in kwartaal t . $N_{i,t}$ betreft de neighborhood-effects in de vorm de afstand-tijd variabelen, het gemiddeld aantal eerdere adopties voor bedrijven in rastercel i in kwartaal t voor drie afstanden. $I_{i,t}$ is de verzameling innovatievariabelen (de prijsindex van zon-PV installaties in kwartaal t en de prijsindex voor elektriciteit in kwartaal t). B_i is de absorptieve capacity van bedrijven (uitgedrukt in de gemiddelde bedrijfsgrootte in rastercel i). De verzameling systeemvariabelen is uitgedrukt in $S_{i,t}$ en omvat zoals eerder genoemd een ruime hoeveelheid variabelen (Het overzicht in tabel 3 biedt volledig inzicht in de variatie per variabele over tijd en/of locatie). α is de intercept en wordt evenals de coëfficiënten β , γ , θ en λ en de residuele variantie $\varepsilon_{i,t}$ geschat.

Voor “repeated covariance type” is gekozen voor “diagonal”, wat uitgaat van verschillende variantie op ieder punt in de tijd. Dit ligt het meest voor de hand omdat niet ieder kwartaal hetzelfde aantal adopties per rastercel voorkomt. Daarnaast wordt verondersteld dat er geen automatische correlatie is tussen verschillende meetmomenten, omdat de verwachting is dat iedere rastercel in het onderzoeksgebied ieder kwartaal weer kans heeft op nieuwe adopties (Kincaid, 2005).

Werkwijze

Schatting van het model met fixed effects is gedaan met SPSS 20.0 met de functie Linear Mixed Models (Norušis, 2014). Voor de verschillende periodes waarvoor de afstand-tijd variabelen zijn berekend is het model apart uitgevoerd, wat betekent dat de regressie drie keer is uitgevoerd (gemiddeld aantal voorgaande adopties tot één jaar voorafgaand aan adopties in een rastercel i in kwartaal t , adopties tot twee jaar voorafgaand en totaal aantal voorgaande adopties in het verleden). Cases in het model zijn de rastercellen van het onderzoeksgebied en repeated observations zijn de kwartalen van 2010 tot en met 2012.

Data over twaalf kwartalen van deze drie jaren in de dataset omvat 46.032 waarnemingen (12 kwartalen x 3836 rastercellen), waarbij 3686 waarnemingen één of meerdere nieuwe adopties bevatten. Dit komt neer op 8% van het totaal, wat voldoende variatie blijkt te zijn om met de omschreven methode het model te kunnen schatten. De uitkomsten op basis van deze opstelling zijn verwerkt in de resultaten van dit onderzoek.

In resultatenoverzicht van het model is weergegeven wat het geschatte statistische effect is van de verschillende elementen. Iedere variabele wordt hier op een eigen schaal gemeten. Om te kunnen bepalen wat het economisch effect is van neighborhood-effects en hoe deze zich verhouden ten opzichte van andere elementen in het model is een extra overzicht geboden voor de uitvoering van het model met adopties tot één jaar geleden. Om de impact van effecten onderling te kunnen vergelijken is hierin het gestandaardiseerd effect berekend (Koster & Van Stel, 2014) en weergegeven in een apart overzicht waarin per variabele wordt weergegeven wat het effect is wanneer een verandering optreedt van één standaarddeviatie (bijvoorbeeld het effect op nieuwe adopties in een rastercel van verandering van één standaarddeviatie in het gemiddeld aantal adopties dat tot één jaar eerder plaatsvond).

Het model is aanvankelijk geprobeerd te schatten met een dataset die data bevat over de jaren 2008 tot en met 2012 met 76.720 waarnemingen. Met deze opstelling bleek het niet mogelijk een schatting te kunnen maken van het model, wat wordt veroorzaakt door te weinig variatie in de afhankelijke variabele, het aantal nieuwe adopties per rastercel in een kwartaal: Het totaal aantal rastercellen met één of meerdere adopties tussen 2008 en 2012 bedraagt slechts 3913, wat neerkomt op 5,1% van het totaal aantal waarnemingen.

De oorzaak hiervan ligt in het feit dat een groot gedeelte van de rastercellen over gebieden valt waar weinig bedrijven zijn gevestigd, waardoor waarnemingen van deze rastercellen meestal geen adopties bevatten. Het gebruik van grotere rastercellen zou in dat licht een oplossing kunnen bieden, maar dit betekent dat een groot gedeelte van het prepareren van de data in het model opnieuw zou moeten worden gedaan. Bovendien komt uit het onderzoek naar de ruimtelijke spreiding van adopties naar voren dat het aantal adopties in 2008 en 2009 nog relatief laag was. Ook komt in de resultaten van het onderzoek het vermoeden naar voren dat neighborhood-effects voor het gehele onderzoeksgebied pas vanaf het jaar 2010 prominent aan de orde zijn. Op basis van deze informatie is er voor gekozen de rastercellen intact te laten en het model te schatten met data over de jaren 2010 tot en met 2012.

4. Data-omschrijving

In dit hoofdstuk is de gebruikte data beschreven en de bronnen waarvan de data afkomstig is. Van alle variabelen in het onderzoeksmodel is daarnaast een overzicht toegevoegd met beschrijvende statistiek.

In de eerste plaats is de data beschreven die is gebruikt voor het vaststellen van bedrijfsvestigingen met zon-PV adopties en de bedrijfspopulatie in het onderzoeksgebied. Hiermee is de analyse gemaakt van ruimtelijke patronen van zon-PV adopties door bedrijven en daarnaast zijn deze gegevens de basis van het statistische model waarmee neighborhood-effects zijn geschat. Verder is ook de data beschreven die gebruikt is bij de totstandkoming van de andere (controle)variabelen (waarvoor andere bronnen zijn gebruikt) in het onderzoeksmodel die worden genoemd in hoofdstuk 3.3.

4.1 Adopties van zon-PV

Over de data over zon-PV adopties is reeds genoemd dat deze afkomstig is van netbeheerder Enexis. Deze data is onderdeel van een bestand waarin wordt bijgehouden op welke adressen in het Enexisgebied decentrale duurzame energieopwekking plaatsvindt, omdat dit voor de netbeheerder van belang is voor het bepalen van de capaciteit van het huidige en toekomstige elektriciteitsnet. Van iedere installatie is het adres en de aanmelddatum bekend. Daarnaast is ook het vermogen (in KWp) bekend, het fabricagejaar van de omvormer van de installatie, het type aansluiting aan het stroomnet (kleinverbruik/grootverbruik) en er is vermeld of een installatie een unieke aansluiting is of een uitbreiding van een bestaand areaal. De dataset telt 5716 installaties die op basis van adres gerelateerd konden worden aan bedrijfsvestigingen, waarvan 5076 unieke installaties. De eerste installatie is aangemeld op 1-1-1998 en de laatste van de in dit onderzoek relevante aanmeldingen vonden plaats op 31-12-2012.

4.2 Bedrijfspopulatie in Enexisgebied

Voor informatie over de bedrijfspopulatie is gebruik gemaakt van datasets van Stichting LISA die in bezit zijn van de Rijksuniversiteit Groningen. Dit zijn databestanden met gegevens over alle bedrijfsvestigingen in Nederland. Voor een bedrijfsvestiging hanteert LISA de definitie: "Locatie van een onderneming, instelling of zelfstandige beroepsbeoefenaar (dat wil zeggen elke fabriek, werkplaats, kantoor, winkel of andere bedrijfsruimte, dan wel elk complex daarvan) waarin of van waaruit een economische activiteit of zelfstandig (vrij) beroep wordt uitgeoefend door minimaal 1 werkzaam persoon". De stichting vertegenwoordigt 21 regionale werkgelegenheidsregisters die hun bestanden in LISA inbrengen. Dit zorgt voor koppeling van de regionale bestanden tot één landsdekkend bestand. De kerngegevens per vestiging hebben een ruimtelijke component

(adresgegevens) en een sociaal-economische component (LISA, 2014). Sociaal-economische componenten die zijn gebruikt voor dit onderzoek zijn het aantal banen per vestiging en de activiteitencodes zoals deze worden gebruikt door het CBS (standaardbedrijfsindeling, SBI 2008). De data over het jaar 2010 is gebruikt voor het opstellen van variabelen die gaan over de bedrijfspopulatie in het Enexisgebied. Het gaat om een totaal van 374.704 vestigingen. Daarnaast zijn voor het vaststellen van zon-PV adopties door bedrijven verschillende jaren gebruikt voor het matchen met de dataset van Enexis.

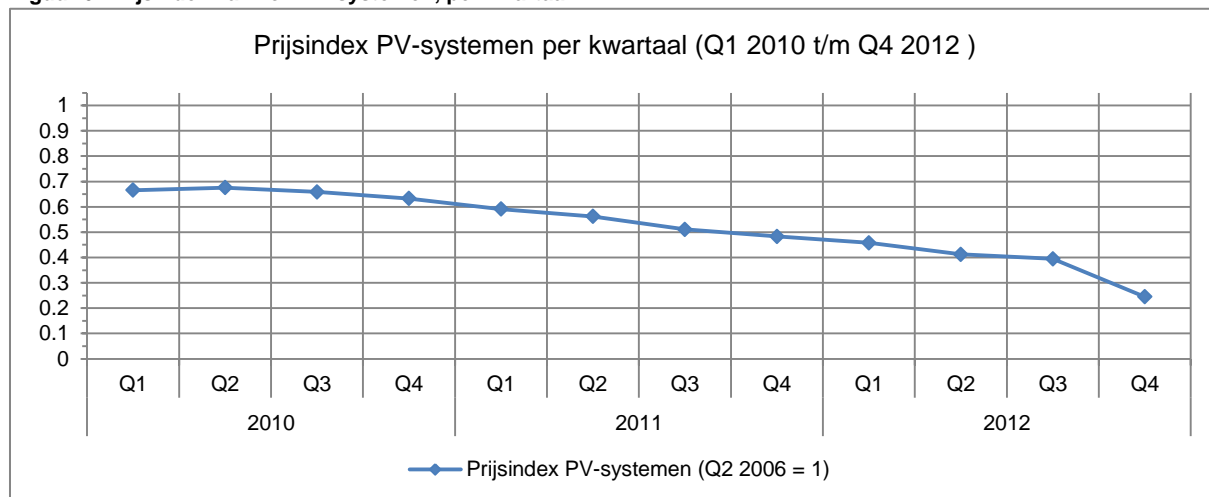
4.3 Andere bronnen van variabelen in het model

Een belangrijk gedeelte van de variabelen uit het model is zoals omschreven in de empirische strategie berekend met informatie uit de datasets van Enexis en LISA. Een aantal andere variabelen is tot stand gekomen met informatie van andere bronnen. Deze zijn hieronder opgenomen in de data-omschrijving.

Prijsindex van zon-PV systemen

Om verschillen in prijs voor ieder kwartaal vast te stellen voor zon-PV installaties is gebruik gemaakt van gegevens uit het rapport “Photovoltaik-Preismonitor Deutschland” van EuPD Research (2013). Hierin is de Europese retail prijsindex van PV-systemen sinds het tweede kwartaal van 2006 opgenomen. De gegevens die van toepassing zijn op dit onderzoek zijn weergegeven in onderstaande grafiek, waarin een aanzienlijke prijsdaling van PV-systemen is te zien.

Figuur 6: Prijsindex van zon-PV systemen, per kwartaal

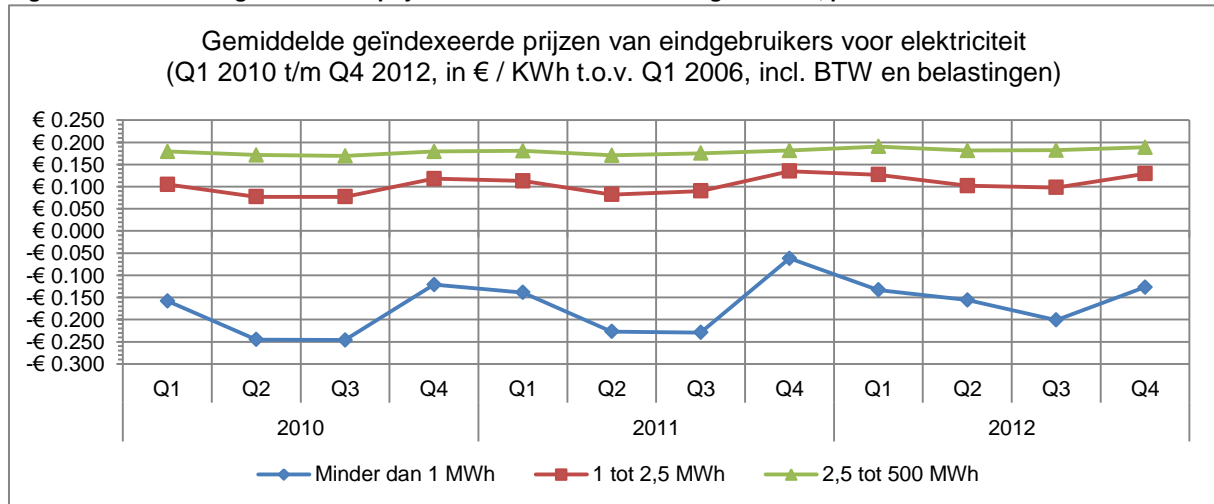


(Bron: EuPDRResearch, 2013; eigen bewerking)

Elektriciteitsprijzen

De voor dit onderzoek gebruikte gegevens over de elektriciteitsprijs per kwartaal zijn afkomstig van het CBS en betreffen geïndexeerde prijzen per kwartaal voor eindgebruikers, inclusief BTW en belastingen (CBS, 2014). De grafiek in figuur 7 geeft het verloop weer van de elektriciteitsprijzen per verbruikersgroep tijdens de periode van onderzoek. Voor alle drie verbruikersgroepen is een variabele toegevoegd aan het model die per kwartaal de geïndexeerde prijs van elektriciteit aangeeft.

Figuur 7: Gemiddelde geïndexeerde prijzen van elektriciteit voor eindgebruikers, per kwartaal

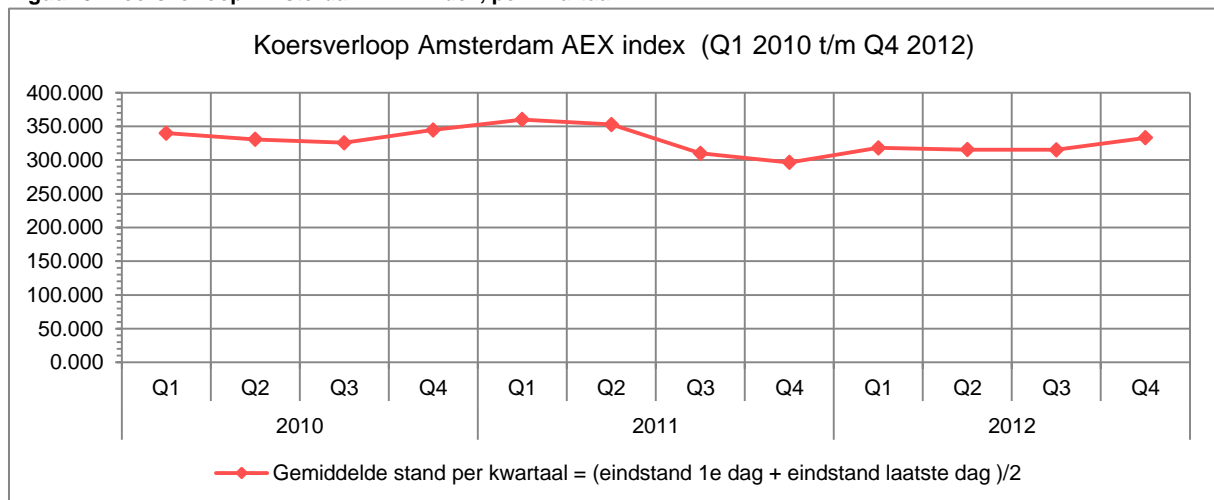


(Bron: CBS, 2014; eigen bewerking)

Overall economische omstandigheden

Voor overall economische omstandigheden is gebruik gemaakt van data over de koers van de Amsterdam AEX-index. Historische gegevens over koersstanden zijn verkregen bij ING Private Banking (2014), een onderdeel van de financiële instelling ING dat zich bezighoudt met vermogensbeheer. Er is gebruik gemaakt van de stand aan het begin van een kwartaal en de eindstand aan het einde van een kwartaal om de koersstand voor een heel kwartaal te berekenen. Het verloop van de AEX-index is weergegeven in figuur 8.

Figuur 8: Koersverloop Amsterdam AEX-index, per kwartaal

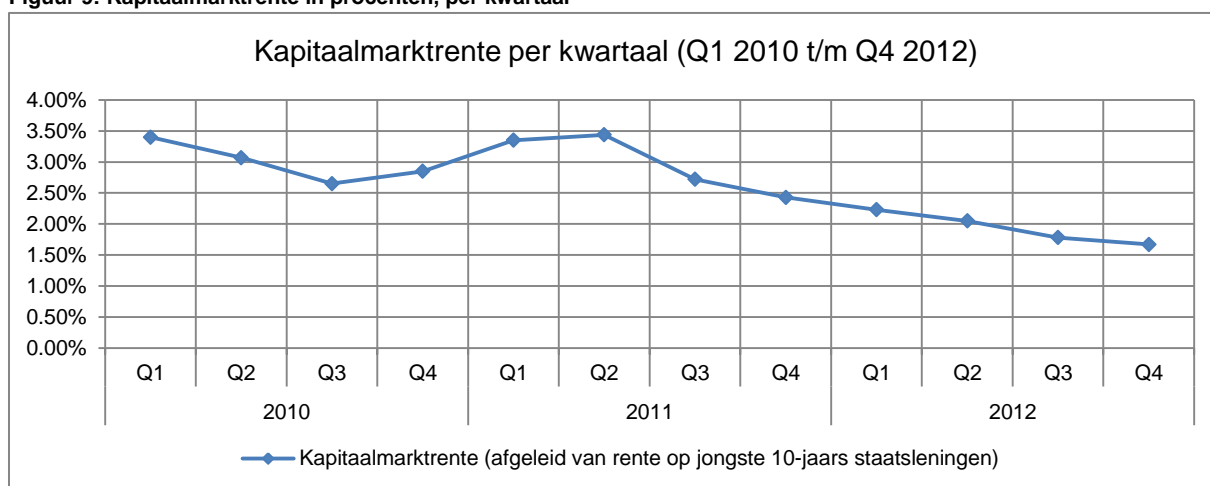


(Bron: ING Private Banking, 2014; eigen bewerking)

Investeringsklimaat

Data die is gebruikt voor de variabele die het investeringsklimaat aangeeft is afkomstig van De Nederlandsche Bank (DNB), een zelfstandig bestuursorgaan dat deel uitmaakt van het Europees Stelsel van Centrale Banken. Op het gebied van statistiek richt DNB zich op de monetaire ontwikkelingen en de ontwikkelingen van de financiële sector. Met historische cijfers over de rente op 10-jaars staatsleningen is bepaald wat de kapitaalmarktrente per kwartaal in Nederland was tijdens de periode van onderzoek. Kapitaalmarktrente wordt namelijk bepaald aan de hand van de rente op staatsleningen en betreft de rente op leningen met een looptijd vanaf twee jaar (De Nederlandsche Bank, 2014).

Figuur 9: Kapitaalmarktrente in procenten, per kwartaal



(Bron: De Nederlandsche Bank, 2014; eigen bewerking)

Subsidie SDE/SDE+

Om te kunnen bepalen of een adoptie in de Enexis dataset in aanmerking kwam voor SDE/SDE+ subsidie is gebruik gemaakt van gegevens over de vereisten voor toekenning die zijn gepubliceerd door De Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO). RVO stimuleert Nederlandse ondernemers bij duurzaam ondernemen met onder andere informatievoorziening omtrent subsidies en over het voldoen aan wet- en regelgeving. Op de website van RVO is voor ieder jaar te vinden op welke manier de SDE/SDE+ regelingen werken (RVO, 2014). De criteria om voor subsidie in aanmerking te komen varieerden tussen verschillende subsidierondes wat betreft de aanmeldperiode of het toegestane vermogen van de zon-PV installatie. Van deze criteria is een overzicht gemaakt om te kunnen bepalen welke zon-PV installaties in de Enexis dataset in aanmerking kwamen voor subsidie.

Tabel 2: Overzicht SDE/SDE+, aanvraagperiode en vermogen gekoppeld aan Enexis dataset

| Aanvraagperiode SDE/SDE+ regeling: | in aanmerking voor SDE indien | Aanmelddatum installatie |
|------------------------------------|-------------------------------|--------------------------|
| 2008 1-4-2008 tot 1-8-2008 | Geen SDE subsidieregeling | 2-4-2008 t/m 6-8-2009 |
| 2009 6-8-2009 tot 30-10-2009 | > 0,601 KWp en < 3.5 KWp | 7-8-2009 t/m 1-3-2010 |
| 2010 1-3-2010 tot 01-11-2010 | > 0,601 KWp en <100 KWp | 2-3-2010 t/m 1-7-2011 |
| 2011 1-7-2011 tot 31-12-2011 | > 1 KWp en <100 KWp | 2-7-2011 t/m 13-3-2012 |
| 2012 13-3-2012 tot 27-12-2012 | >15 KWp, GVB aansluiting | 14-3-2012 t/m 31-3-2012 |
| (RVO) | (RVO) | (Enexis dataset) |

(Bron: RVO, 2014; Enexis dataset; eigen bewerking)

Installateurs van zon-PV

Voor het creëren van een variabele die het aantal installateurs in een rastercel weergeeft is gebruik gemaakt van de 5-cijferige SBI-codering uit de LISA dataset die de economische activiteit aanduidt. Vooraf is vastgesteld onder welke codering de meeste installateurs zijn vermeld (SBI-code 43.221 en 43.222). Hiervoor is gebruik gemaakt van een dataset met 675 installateurs van Zonnepanelenaanbieders.nl (2014), een gezamenlijk initiatief van fabrikanten-, distributeurs- en installateurs van zonnepanelen waar advies over zonnepanelen kan worden ingewonnen en kan worden gezocht naar de dichtstbijzijnde installateur.

Commerciële duurzame elektriciteitsproducenten

Het aantal commerciële producenten van elektriciteit opgewekt door zonnecellen, warmtepompen of waterkracht is op dezelfde manier achterhaald als de variabele die het aantal installateurs aangeeft. Op basis van de 5-cijferige SBI-codering (35.11.3) is bepaald of en hoeveel hiervan gevestigd zijn in een rastercel.

4.4 Overzicht van gebruikte variabelen in het model

In onderstaande tabel is een overzicht geboden van de gebruikte variabelen in het onderzoeksmodel. Voor iedere variabele is beschrijvende statistiek toegevoegd en vermeld welke gegevensbron is gebruikt. De kolom "Var. i" geeft aan of een variabele in het model al dan niet varieert over rastercellen in het onderzoeksgebied, "Var. t" geeft dit aan over de variatie per kwartaal in de onderzoeksperiode. Alle 3836 rastercellen tellen in het uitgevoerde model waarnemingen voor twaalf kwartalen van 2010 tot en met 2012, wat het totaal aantal waarnemingen op 46.032 brengt.

Tabel 3: Overzicht van variabelen in het onderzoeksmodel (Q1 2010 t/m Q4 2012)

| | Var. naam | Min. | Max. | Gem. | St. Dev. | Var. i | Var. t | Bron |
|--|------------|------|-------|------|----------|--------|--------|-----------------------------|
| Aantal nieuwe adopties per rastercel en per kwartaal | AdoptiesNW | 0 | 10 | .10 | .41 | V | V | Enexis (2014) / LISA (2014) |
| Gemiddeld aantal eerdere adopties 0 tot 500 meter, tot 1 jaar eerder | EenJr500 | 0 | 5.00 | .017 | .151 | V | V | Enexis (2014) / Berekend |
| Gemiddeld aantal eerdere adopties 500 tot 1000 meter, tot 1 jaar eerder | EenJr1000 | 0 | 9.00 | .027 | .225 | V | V | Enexis (2014) / Berekend |
| Gemiddeld aantal eerdere adopties 1000 tot 2000 meter, tot 1 jaar eerder | EenJr2000 | 0 | 21.00 | .075 | .530 | V | V | Enexis (2014) / Berekend |
| Gemiddeld aantal eerdere adopties 0 tot 500 meter, tot 2 jaar eerder | TweeJr500 | 0 | 11.00 | .025 | .202 | V | V | Enexis (2014) / Berekend |
| Gemiddeld aantal eerdere adopties 500 tot 1000 meter, tot 2 jaar eerder | TweeJr1000 | 0 | 15.00 | .040 | .310 | V | V | Enexis (2014) / Berekend |

| | Var. naam | Min. | Max. | Gem. | St. Dev. | Var. i | Var. t | Bron |
|---|---------------|-------------|-------------|-------------|----------|--------|--------|-------------------------------|
| Gemiddeld aantal eerdere adopties 1000 tot 2000 meter, tot 2 jaar eerder | TweeJr2000 | 0 | 24.75 | .113 | .733 | V | V | Enexis (2014) / Berekend |
| Gemiddelde installed base 0 tot 500 meter | InstB500 | 0 | 12.00 | .032 | .239 | V | V | Enexis (2014) / Berekend |
| Gemiddelde installed base 500 tot 1000 meter | InstB1000 | 0 | 15.00 | .051 | .366 | V | V | Enexis (2014) / Berekend |
| Gemiddelde installed base 1000 tot 2000 meter | InstB2000 | 0 | 25.25 | .143 | .875 | V | V | Enexis (2014) / Berekend |
| Prijsindex van zon-PV systemen | PrijsPV | .245 | .676 | .524 | .127 | | V | EuPDRresearch (2013) |
| Prijsindex elektriciteit < 1 MWh (€ / KWh) | Pr1mwh | -.246 | -.062 | -.170 | .056 | | V | CBS (2014) |
| Prijsindex elektriciteit 1 tot 500 MWh (€ / KWh) | Pr1mwh500 | .169 | .190 | .179 | .006 | | V | CBS (2014) |
| Prijsindex elektriciteit 500 tot 2000 MWh (€ / KWh) | Pr500mwh2k | .108 | .124 | .116 | .004 | | V | CBS (2014) |
| Gemiddelde bedrijfsgrootte in de rastercel (in aantal banen per vestiging) | GemBedrGr | .00 | 673.00 | 4.760 | 12.438 | V | | LISA (2014) / Berekend |
| AEX-index (kwartaalstand) | AEX | 296. 325 | 360. 095 | 328. 411 | 17.874 | | V | ING Private Banking (2014) |
| Rentepercentage op de kapitaalmarkt (in %) | RenteKapitaal | 1.67 | 3.44 | 2.64 | .60 | | V | DNB (2014) |
| Cumulatieve % eerdere adopties in aanmerking voor SDE/SDE+ (t.o.v. cumulatieve aantal adopties) | SDEperc | 0 | 100 | 13.14 | 32.82 | V | V | RVO (2014) / Berekend |
| Concentratie van bedrijfstakken (Herfindahl Index) | Hindex | 0 | 1 | .280 | .216 | V | | LISA (2014) / Berekend |
| Concentratie van de bedrijfspopulatie (bedrijven / km ²) | BedrKM2 | 0 | 978.75 | 24.13 | 50.07 | V | | LISA (2014) / Berekend |
| Aantal installateurs | Installateurs | 0 | 16 | .69 | 1.53 | V | | LISA (2014) |
| Aantal officiële commerciële duurzame elektriciteitsproducenten | ComProd | 0 | 3 | .01 | .12 | V | | LISA (2014) |

(Bron: Samengesteld in SPSS 20.0)

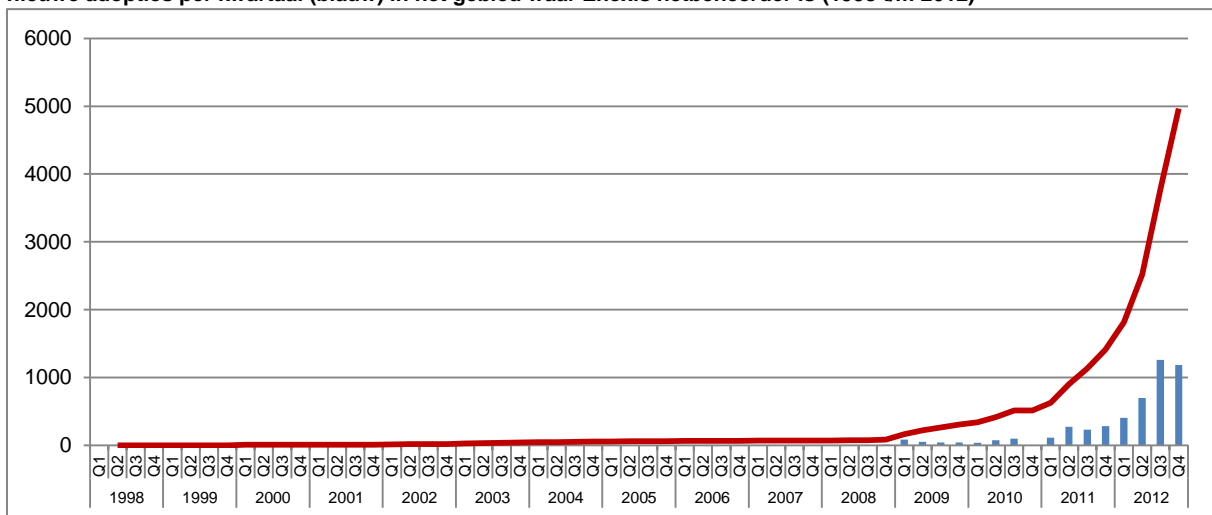
5. Resultaten

De resultaten van dit onderzoek betreffen enerzijds de ruimtelijke spreiding van adopties waarin clustering van zon-PV adopties door bedrijven is geanalyseerd en anderzijds de uitkomsten van de schatting van neighborhood-effects en de verhouding ten opzichte van andere elementen die van invloed zijn op adoptie van zon-PV.

5.1 Ruimtelijke spreiding van adopties

Het totaal aantal zon-PV adopties door bedrijven krijgt vanaf 2008 een steilere helling en heeft een duidelijk omslagpunt eind 2010 (figuur 10). Volgens de theorie duidt dit omslagpunt in de curve op de overgang van verspreiding via massamedia naar verspreiding via persoonlijke interactie.

Figuur 10: Curve van het cumulatieve aantal adopties van zon-PV door bedrijven in de dataset (rood) en het aantal nieuwe adopties per kwartaal (blauw) in het gebied waar Enexis netbeheerder is (1998 t/m 2012)



(Bron: Enexis dataset; eigen bewerking)

De ruimtelijke patronen van zon-PV adopties suggereren aanwezigheid van neighborhood-effects wanneer verspreidingspatronen uit de tweede fase van innovatiediffusie zijn te herkennen: Radiale verspreiding vanaf de lokale concentraties naar buiten toe, het ontstaan van nieuwe agglomeraties en verdichting van de allereerste concentraties. Deze patronen worden gevonden vanaf een moment dat redelijk samenvalt met het omslagpunt in de curve van het totaal aantal zon-PV adopties door bedrijven.

Toename van adopties sinds 2010 en patronen die duiden op neighborhood-effects

In figuur 11 tot en met 21 zijn de locaties van zon-PV adopties door bedrijven in kaart gebracht. Hierin komt naar voren dat vanaf 2010 over het gehele onderzoeksgebied verspreid patronen waarneembaar zijn die duiden op neighborhood-effects. Deze patronen komen namelijk overeen met patronen die volgens de theorie horen bij de tweede fase van

innovatiediffusie, waarbij de rol van persoonlijke interactie in toenemende mate van belang is.

In 2010 is duidelijk te zien dat bestaande concentraties op verschillende plekken in het onderzoeksgebied zich uit hebben gebreid naar buiten toe en dat er nieuwe concentraties op andere plekken zijn ontstaan. Dit biedt aanleiding om aan te nemen dat vanaf dat moment neighborhood-effects niet slechts lokaal aan de orde zijn maar een rol spelen op meerdere plekken die verspreid liggen over het onderzoeksgebied.

In en rond de stad Groningen is in 2003 al een eerste concentratie te zien. Dit gebied lijkt in dat opzicht een voorloper op de rest van het onderzoeksgebied. Verspreiding van adopties vanuit deze concentratie naar buiten toe vindt vanaf dat moment plaats met enkele adopties per jaar. Op andere plekken zijn de eerste kleine concentraties vanaf 2008 te herkennen in stedelijke regio's van Noord-Brabant en Zuid-Limburg. Radiale verspreiding vanuit deze concentraties lijkt sinds 2010 aan de orde. In de regio Groningen is sinds 2008 verdichting te herkennen van de eerste concentratie. Daarnaast ontstonden nieuwe concentraties op andere plekken. Vanaf 2010 zijn op meerdere plekken verspreid over het onderzoeksgebied clusters van adopties te herkennen,

Figuur 11: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2003



Legenda

- Adoptie zon-PV
- Onderzoeksgebied

(Bron figurenreeks 11 t/m 21: Enexis & LISA dataset; eigen bewerking ArcGIS 10.2)

Figuur 12: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2004



Figuur 13: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2005



Figuur 14: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2006



Figuur 15: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2007



Figuur 16: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2008



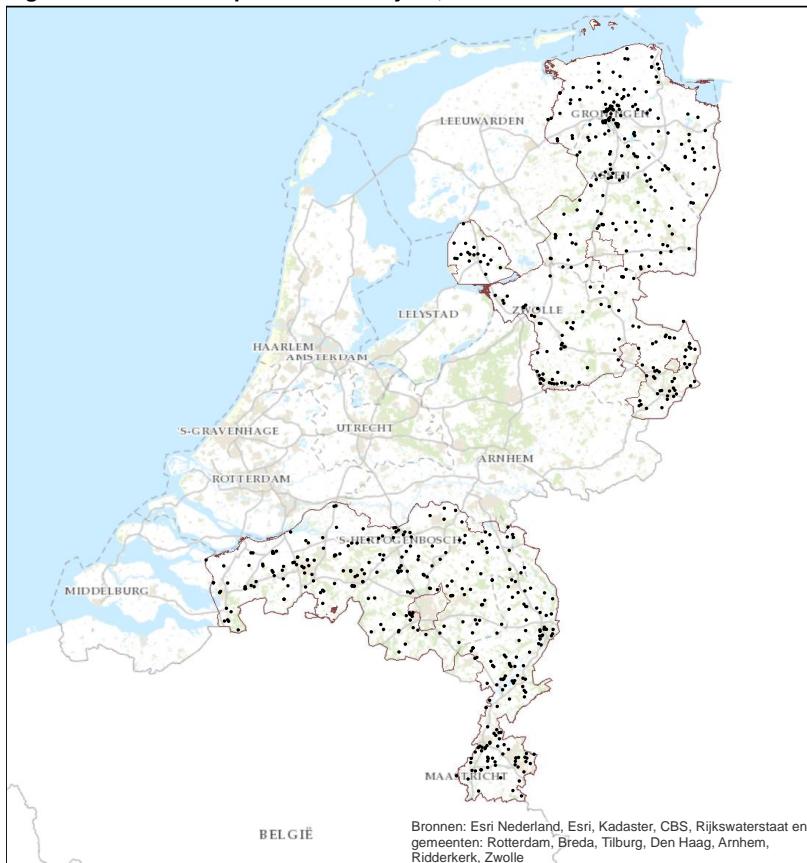
Figuur 17: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2009



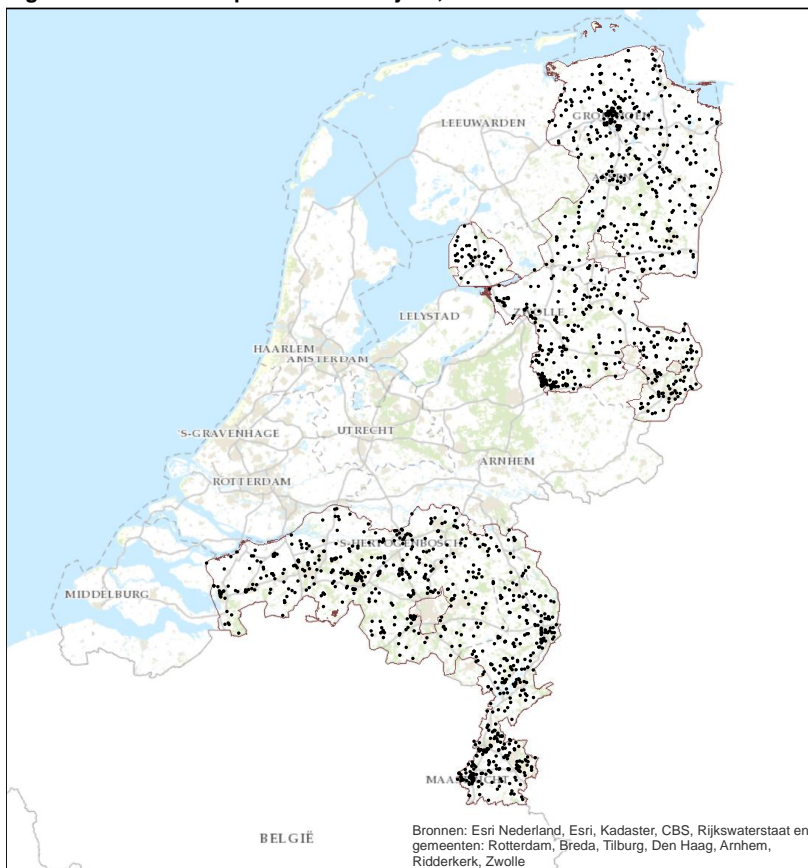
Figuur 18: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2010



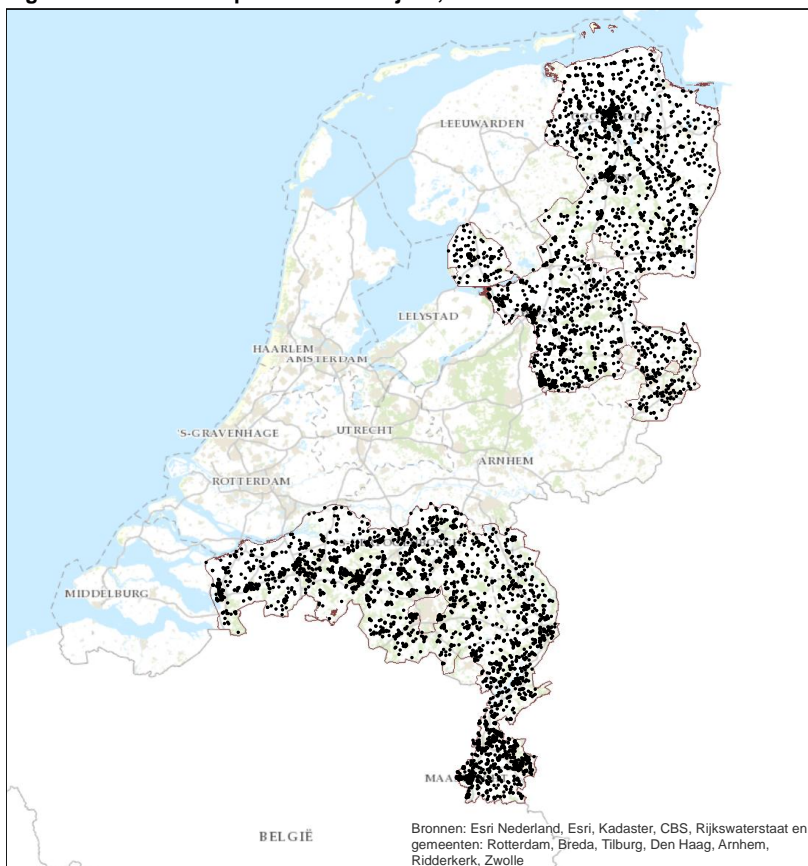
Figuur 19: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2011



Figuur 20: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2012



Figuur 21: Zon-PV adopties door bedrijven, 1-1-2013



Clustering van adopties in lagere populatiedichtheden

Clusteranalyses met zowel de Optimized Getis-Ord (OGO) methode als Anselin Cluster and Outlier Analysis (COA) geven resultaten die aansluiten bij de constatering dat sprake is van clustering van zon-PV adopties door bedrijven. Dit biedt ondersteunend bewijs voor het belang van persoonlijke interactie en de afstand tussen adopters en potentiële adopters. OGO (figuur 22) wijst grote gebieden aan met hot spots. COA (figuur 23) lijkt kritischer bij het aanwijzen van clusters maar wijst veelal dezelfde gebieden aan als de OGO methode. Opvallend is echter dat de aangewezen clusters zich veelal niet bevinden in gebieden met de hoogste populatiedichtheden. Op dit vlak wijkt de verspreiding van zon-PV onder bedrijven af van de theorie. De bevindingen hebben reden geboden om het aantal bedrijven per km² als variabele toe te voegen aan het model om de relatie te bepalen met nieuwe zon-PV adopties door bedrijven.

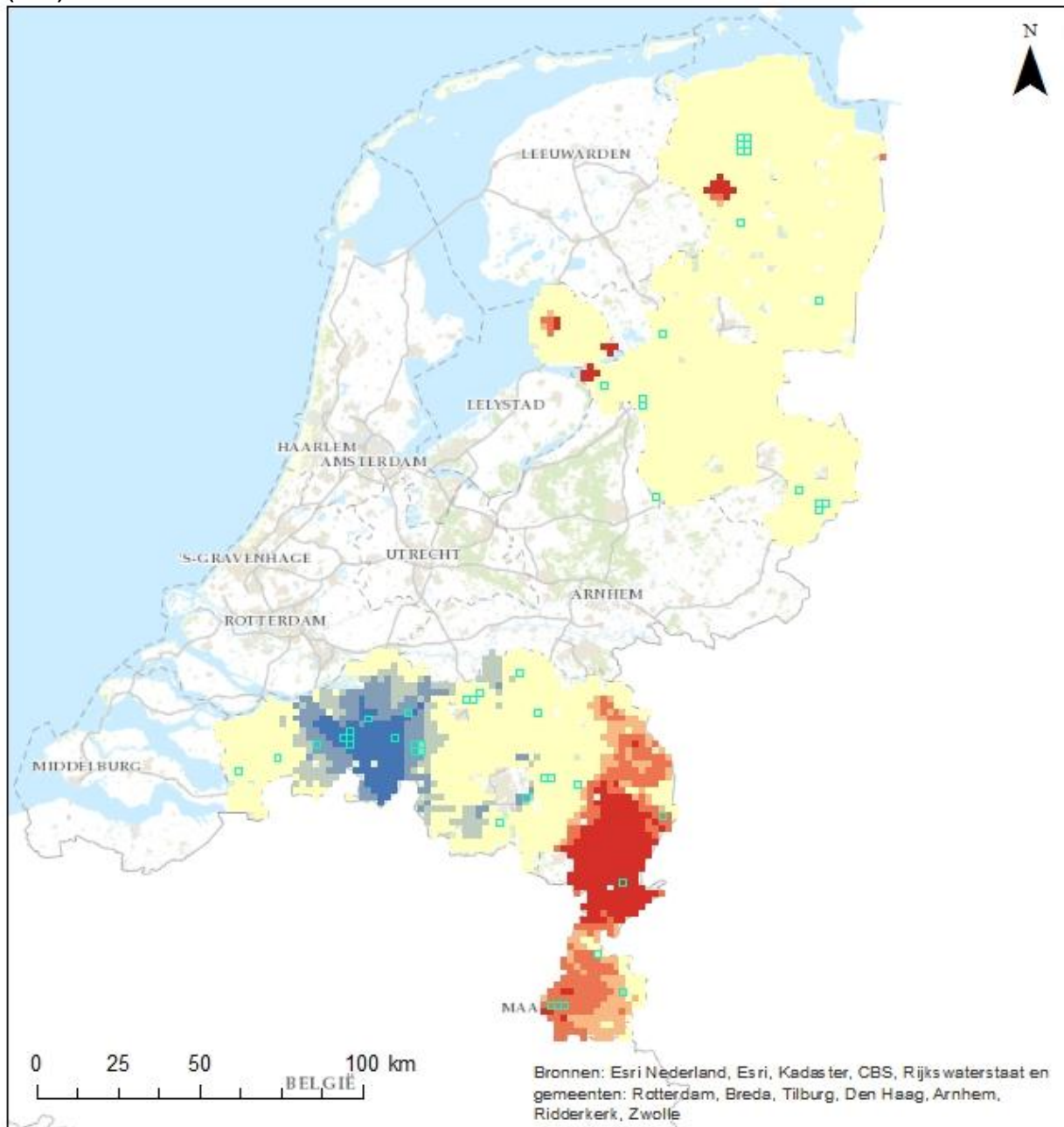
De OGO methode wijst op de hoogste populatiedichtheden nagenoeg geen hot spots aan. In het zuidelijke gedeelte van het onderzoeksgebied wordt bovendien in de omgeving van de steden Breda en Tilburg een cold spot gevonden. In deze regio worden relatief lage adoptieconcentraties gemeten ten opzichte van de populatiedichtheden. Daartegenover wordt in Noord-Limburg een groot hot spot gebied gevonden terwijl hier overwegend lagere populatiedichtheden zijn te vinden. Ook de hot spots die worden aangegeven in het noordelijke gedeelte van het onderzoeksgebied bevinden zich niet op locaties met de hogere populatiedichtheden.

COA wijst in nog sterkere mate locaties van High-High clusters aan in gebieden met het allerlaagste aantal bedrijven per km². Een High-High cluster wordt in 95 procent van de gevallen (112 van 118) aangewezen in een cel waar minder dan 19 bedrijven per km² geregistreerd staan. De High-Low outliers, die hoge uitschieters aangeven ten opzichte van de omgeving, worden ook alle 49 aangewezen in cellen met minder dan 19 bedrijven per km². Ook met deze methode wordt duidelijk dat de grootste concentraties van adopties veelal niet ontstaan op plekken met de hoogste populatiedichtheden.

Uit deze bevindingen volgt dat de concentraties vaak niet ontstaan op plekken met de allergrootste populatiedichtheden (281-979 bedrijven per km²), maar zich vooral bevinden op plekken hier omheen met lagere dichtheden die variëren van enkele tot ongeveer 200 bedrijven per km². Dit geldt voor de eerste concentratie bij Groningen en de eerste concentraties in het zuidelijke gedeelte van het Enexisgebied, maar ook latere (secundaire) concentraties zijn vaak te vinden in gebieden met lagere dichtheden.

Een kwantitatieve onderbouwing hiervoor biedt tot slot de scatterplot in figuur 24, welke de situatie weergeeft voor 31 december 2012 voor rastercellen van het onderzoeksgebied waarin adopties van zon-PV door bedrijven hebben plaatsgevonden. Aan de figuur is af te leiden dat adoptiepercentages in gebieden met de hoogste populatiedichtheden over het algemeen lager zijn dan in gebieden met lagere dichtheden en dat het aantal bedrijven per km² een negatieve relatie lijkt te hebben met nieuwe adopties van zon-PV.

Figuur 22: Hot Spot en Cold Spot analyse van adoptiepercentages per rastercel met Optimized Getis-Ord methode (OGO)

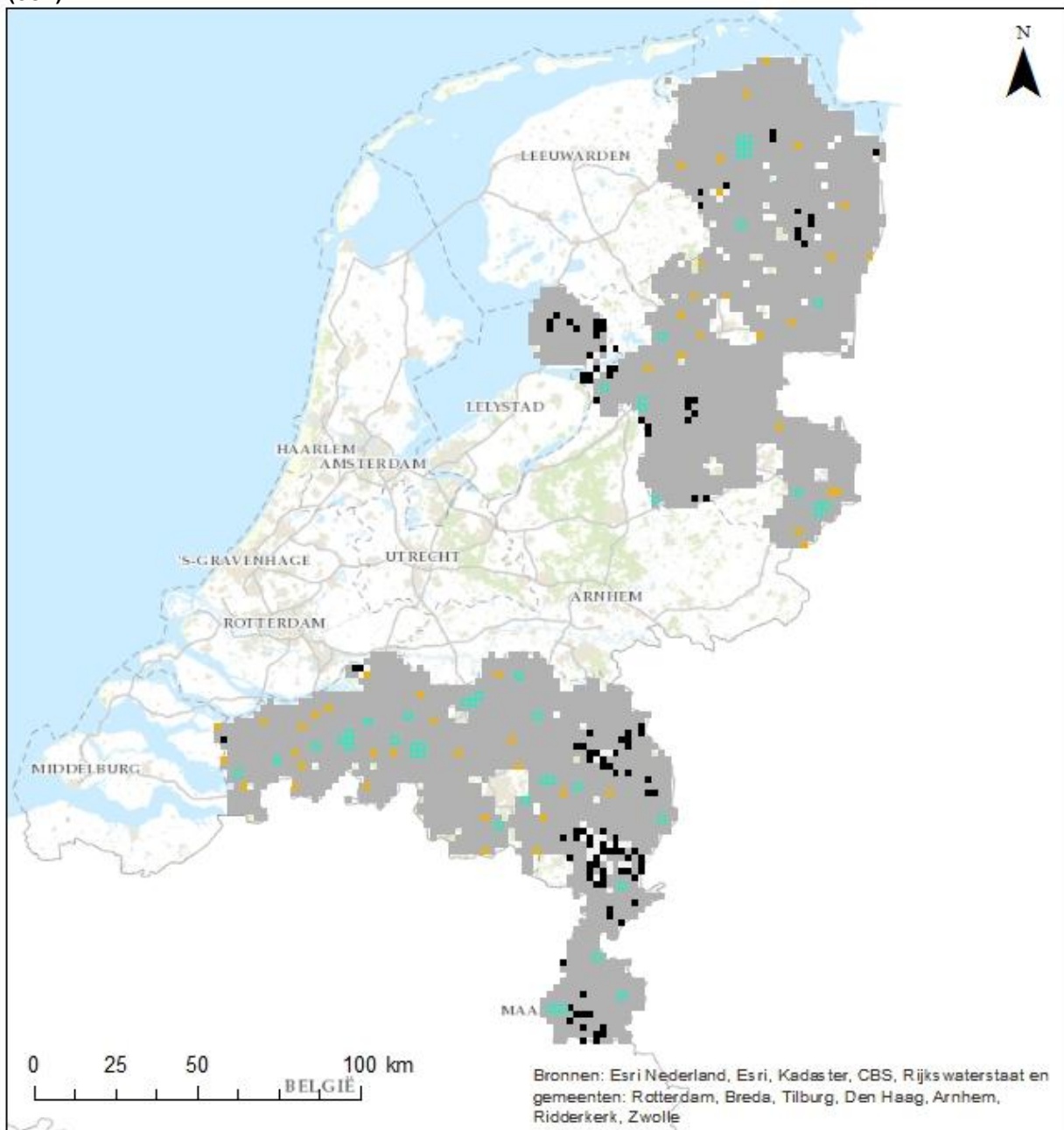


Legenda

- Cold Spot - 99% Confidence
 - Cold Spot - 95% Confidence
 - Cold Spot - 90% Confidence
 - Not Significant
 - Hot Spot - 90% Confidence
 - Hot Spot - 95% Confidence
 - Hot Spot - 99% Confidence
- Hoge populatiedichtheid (> 200 bedrijven per km²)

(Bron: Enexis & LISA dataset; eigen bewerking ArcGIS 10.2)

Figuur 23: Clusteranalyse van adoptiepercentages per rastercel met Anselin Cluster and Outlier Analysis methode (COA)

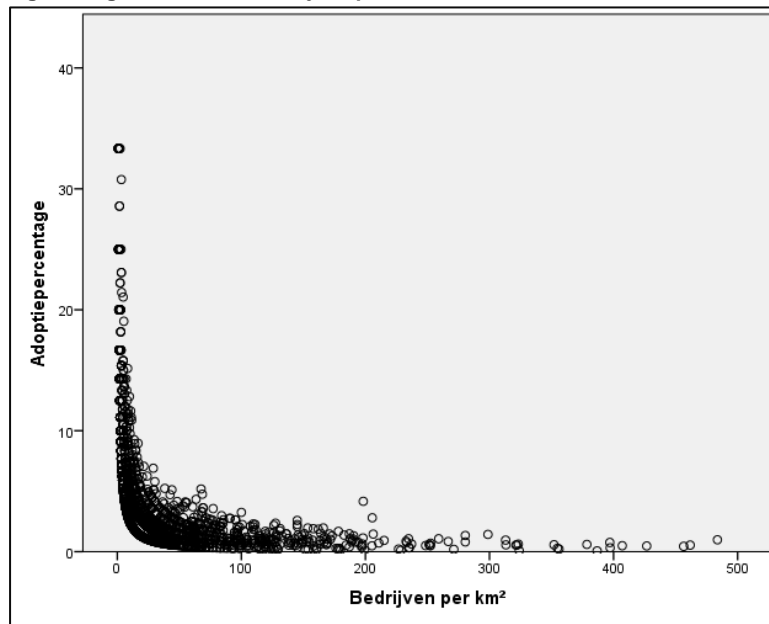


Legenda

- Not Significant
 - High-High Cluster
 - High-Low Outlier
 - Low-High Outlier
 - Low-Low Cluster
- Hoge populatiedichtheid (> 200 bedrijven per km²)

(Bron: Enexis & LISA dataset; eigen bewerking ArcGIS 10.2)

Figuur 24: Scatterplot van adoptiepercentages op 31-12-2012 per rastercel, afgezet tegen het aantal bedrijven per km²



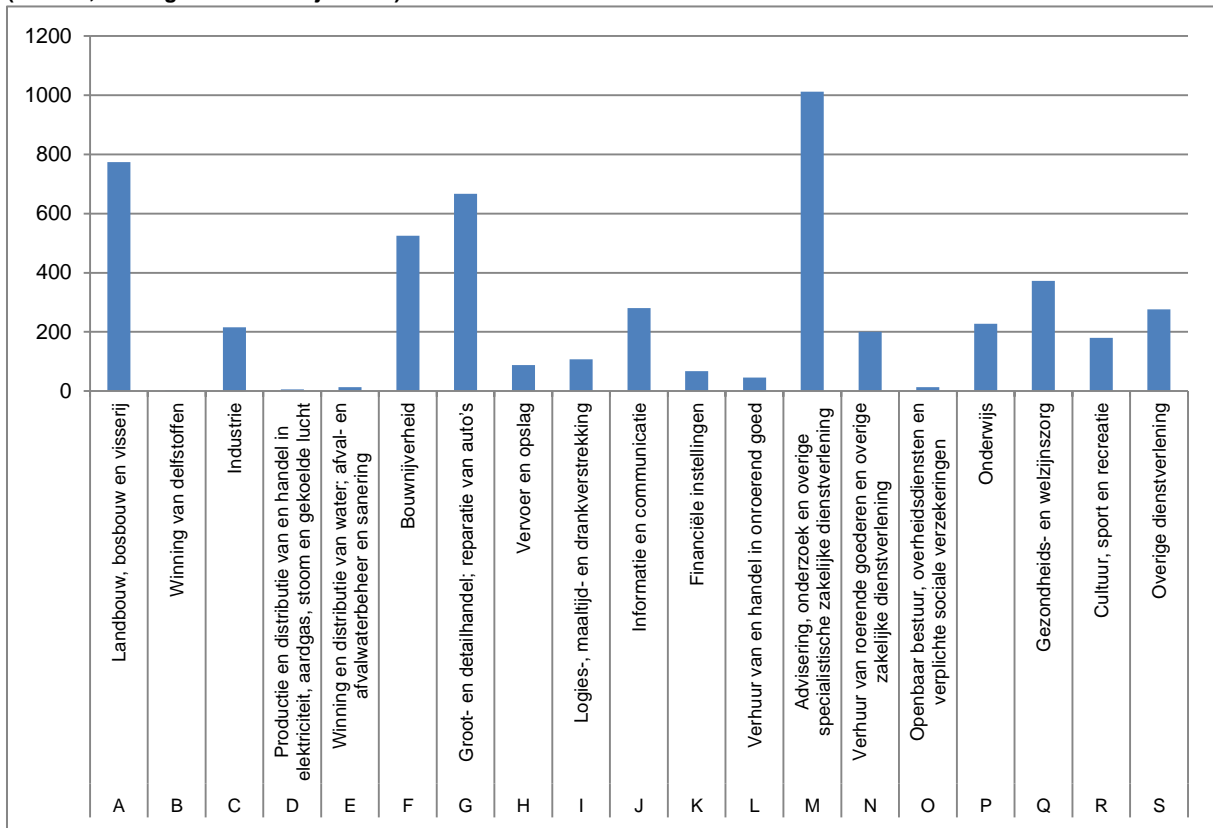
(Bron: Enexis & LISA dataset; eigen bewerking SPSS 20.0)

Invloed van de bebouwde omgeving

Voor vergelijkbare constatering over de locaties van adoptieconcentraties die Graziano & Gillingham (2014) vinden in hun onderzoek naar zon-PV bij huishoudens suggereren zij dat de verklaring voor afwijking van de theorie gezocht kan worden in een combinatie van eigenschappen van zon-PV installaties (de innovatie) en eigenschappen van de bebouwde omgeving (het systeem): Op plekken met minder hoge populatiedichtheden zijn vanwege meer ruimte ook meer voor zon-PV geschikte gebouwen. Daarnaast worden hier minder gebouwen gedeeld met andere gebruikers en is de kans groter dat gebruikers vaker ook eigenaar van het gebouw zijn. In de praktijk betekent dit laatste dat gebruikers van zon-PV meer ruimte beschikbaar hebben voor een installatie, minder te maken hebben met extra regelgeving of aandachtspunten met betrekking tot salderen en er minder vaak afstemming nodig is met andere gebruikers of toestemming van de eigenaar van het gebouw (Agentschap NL, 2012).

De grotere afname zon-PV vanuit specifieke bedrijfstakken biedt aanvulling hierop. Uit figuur 25 wordt duidelijk dat een aantal bedrijfstakken een aanzienlijk deel van de zon-PV adopties uit de Enexis dataset voor rekening neemt. Van sommige van deze bedrijfstakken is bekend dat deze – onder andere vanwege de behoefte aan relatief meer ruimte of aan grotere bedrijfsgebouwen – zich doorgaans niet vestigen in de meest stedelijke gebieden met de grootste dichtheden. Hierbij kan onder andere gedacht worden aan industrie, groothandel, maar ook landbouwbedrijven welke doorgaans zelfs gevestigd zijn in buitengebieden. Populatiedichtheden zijn vanuit deze redenering dus van invloed op de adopties van zon-PV: De vraag naar zon-PV lijkt groter in gebieden met lagere dichtheden.

Figuur 25: Adopties uit de Enexis dataset onderverdeeld naar bedrijfstak (SBI'08) voor de periode 1998 t/m 2012 (N=5076, niet ingedeelde bedrijven: 23)



(Bron: Enexis & LISA dataset; eigen bewerking)

5.2 Schatting van neighborhood-effects

Met het model is geschat in hoeverre neighborhood-effects invloed hebben op nieuwe zon-PV adopties door bedrijven. In tabel 4 zijn de uitkomsten hiervan gepresenteerd. Het model is voor iedere periode apart uitgevoerd, waardoor voor het gemiddeld aantal eerdere adopties tot een jaar eerder, tot twee jaar eerder en alle eerdere adopties die plaatsvonden het effect is geschat voor de verschillende ranges.

Positieve invloed van neighborhood-effects op nieuwe adopties van zon-PV door bedrijven

De resultaten van het model geven voor alle afstand-tijd variabelen over de verschillende periodes en afstanden (cursief gedrukt) consequent aan dat deze significant zijn en een positieve coëfficiënt hebben. Dit houdt in dat een hoger gemiddeld aantal eerdere nabije adopties in een rastercel positief gerelateerd is aan het aantal nieuwe adopties in die rastercel. Eerdere nabije adopties van zon-PV door bedrijven hebben dus een positief effect op nieuwe adopties. Neighborhood-effects hebben aldus op basis van de resultaten uit het model een positieve invloed op de verspreiding van zon-PV onder bedrijven.

Tabel 4: Effect van variabelen in het onderzoeksmodel op nieuwe zon-PV adopties door bedrijven

| Variabele | <i>Gemiddeld aantal adopties per rastercel, 1 jaar voorafgaand..</i> | | <i>Gemiddeld aantal adopties per rastercel, 2 jaar voorafgaand..</i> | | <i>Gemiddeld aantal adopties per rastercel, installed base..</i> | |
|----------------------------|--|-----------|--|-----------|--|-----------|
| | Coëfficiënt | Std. Fout | Coëfficiënt | Std. Fout | Coëfficiënt | Std. Fout |
| Intercept | 0.162 * | 0.098 | 0.165 * | 0.095 | 0.160 * | 0.092 |
| <i>..0 - 500 meter</i> | 0.505 *** | 0.014 | 0.400 *** | 0.011 | 0.322 *** | 0.009 |
| <i>..500 - 1000 meter</i> | 0.318 *** | 0.011 | 0.232 *** | 0.008 | 0.180 *** | 0.007 |
| <i>..1000 - 2000 meter</i> | 0.278 *** | 0.005 | 0.232 *** | 0.004 | 0.208 *** | 0.003 |
| PrijsPV | -0.276 *** | 0.026 | -0.241 *** | 0.025 | -0.215 *** | 0.025 |
| Pr1mwh | -0.095 ** | 0.048 | -0.099 ** | 0.047 | -0.094 ** | 0.046 |
| Pr1mwh500 | -0.208 | 0.639 | 0.003 | 0.620 | 0.102 | 0.598 |
| Pr500mwh2k | -0.133 | 0.462 | -0.540 | 0.452 | -0.709 | 0.442 |
| GemBedrGr | -0.00009 | 0.00007 | -0.00009 | 0.00007 | -0.00008 | 0.00007 |
| AEX | 0.0004 *** | 0.0001 | 0.0003 *** | 0.0001 | 0.0003 *** | 0.0001 |
| RenteKapitaal | -0.021 *** | 0.004 | -0.014 *** | 0.004 | -0.013 *** | 0.004 |
| SDEperc | 0.00013 *** | 0.00003 | 0.00006 | 0.00003 | 0.00001 | 0.00003 |
| Hindex | -0.023 *** | 0.004 | -0.023 *** | 0.004 | -0.024 *** | 0.004 |
| BedrKM2 | 0.0003 *** | 0.00002 | 0.0003 *** | 0.00002 | 0.0002 *** | 0.00002 |
| Installateurs | 0.002 *** | 0.001 | 0.002 *** | 0.001 | 0.003 *** | 0.001 |
| ComProd | -0.008 | 0.007 | -0.006 | 0.007 | -0.011 | 0.007 |

Afhankelijke variabele: Aantal nieuwe adopties per rastercel in een kwartaal.

N = 46.032

* p<0.10

** p<0.05

*** p<0.01

(Bron: eigen bewerking van outputs SPSS 20.0)

Over afstand afnemende sterkte van neighborhood-effects

Op basis van de resultaten uit het model kan worden aangenomen dat de sterkte van neighborhood-effects op nieuwe adopties van zon-PV door bedrijven afneemt met de afstand tussen adopters en potentiële adopters. Dit komt overeen met wat vanuit de theorie werd verwacht over afnemende sterkte van neighborhood-effects over afstand.

De positieve coëfficiënten van de afstand-tijd variabelen nemen af bij grotere ranges. Wanneer bijvoorbeeld naar adopties tot één jaar eerder wordt gekeken valt af te lezen dat het effect van eerdere adopties op een afstand van 500 tot 1000 meter (0,32) kleiner is dan het effect van adopties die eerder plaats vonden op een afstand van 0 tot 500 meter (0,51).

Neighborhood-effects zijn tot op een afstand van 2000 meter aanwezig. De significantie van de variabele voor de range van 1000 tot 2000 meter en de waarde van de coëfficiënt doen vermoeden dat deze effecten over een nog grotere afstand aan de orde zijn.

Op het eerste gezicht lijken overigens de coëfficiënten van de variabelen voor het gemiddeld aantal adopties op 1000 tot 2000 meter afstand nauwelijks kleiner in vergelijking tot de coëfficiënten van de variabelen die betrekken hebben op adopties in de range 500 tot 1000 meter. Een verklaring hiervoor ligt in de zoekafstand (1000 m.) die twee maal groter is dan bij de beide lagere ranges (500 m.) waardoor relatief meer adopties zijn geteld binnen deze range in vergelijking tot de kleinere ranges. Wanneer hier rekening mee wordt gehouden kan geconcludeerd worden dat het effect van eerdere adopties duidelijk afneemt over afstand.

Over tijd afnemende sterkte van neighborhood-effects

Daarnaast volgt uit de resultaten dat de sterkte van neighborhood-effects ook afneemt met tijd. Bijvoorbeeld de coëfficiënt van het gemiddeld aantal adopties tot één jaar eerder op 0 tot 500 meter is groter in vergelijking met de coëfficiënt van het gemiddeld aantal adopties tot twee jaar eerder op dezelfde afstand (0,50 versus 0,40). Resultaten uit het model met de gemiddelde installed base laten zien dat ook de coëfficiënt voor 0 tot 500 meter (0,32) op zijn beurt kleiner is dan de coëfficiënt van het gemiddeld aantal adopties tot twee jaar eerder.

Op basis van de resultaten uit het model wordt daarom verondersteld dat meer recente voorgaande adopties een groter effect hebben op nieuwe adopties. Dit duidt er op dat het effect van informatie over zon-PV die wordt overgedragen van een adopter op een potentiële adopter (door middel van persoonlijke interactie of de zichtbaarheid van een installatie) lager wordt naarmate de tijd vordert. De sterkte van neighborhood-effects neemt af over tijd.

Een praktische invulling van deze bevinding kan zijn dat met name de bouw van een installatie het meest opvalt en hierdoor de aandacht wekt van potentiële adopters in de omgeving. De installateur(s) lopen over het dak van het bedrijf waar zon-PV wordt geïnstalleerd en daarna is het aanzicht van het gebouw anders dan normaal. Dit kan een trigger zijn voor andere bedrijven en (eventueel voorafgaand met persoonlijke interactie) leiden tot nieuwe adopties. Na enige tijd wordt de aanpassing aan het bedrijfsgebouw normaal in de “mental map” van anderen in de omgeving, waardoor de prikkel van de zon-PV installatie aan sterkte afneemt.

Effect van overige variabelen in het model

Ook voor een aantal andere variabelen in het model worden significante effecten gevonden. Stijging van de prijs per Wattpiek van zon-PV installaties heeft een remmend effect op nieuwe adopties, andersom heeft daling van de prijs van zon-PV installaties zoals vooraf werd verwacht een positief effect heeft op nieuwe adopties van zon-PV door bedrijven.

Stijging van de prijs van elektriciteit tot een verbruik van 1 MWh heeft op basis van resultaten uit het model een significant, maar verrassend negatief effect op adopties van zon-PV door bedrijven. Op voorhand werd een positief effect op nieuwe adopties verwacht wanneer de prijs voor elektriciteit stijgt, omdat de vermeden kosten door het gebruik van zon-PV dan hoger zijn en omdat de teruglevergoeding voor met zon-PV opgewekte elektriciteit wordt gebaseerd op de elektriciteitsprijs. De vooraf veronderstelde positieve relatie wordt toch realistischer geacht dan de negatieve relatie die het model oplevert.

Het model trekt een mogelijk een negatief verband doordat stijgingen van de elektriciteitsprijs van 2010 tot en met 2012 steeds door werden gevoerd in het vierde kwartaal (figuur 7), terwijl in het vierde kwartaal van ieder jaar ook minder adopties van zon-PV zijn geregistreerd in vergelijking met andere kwartalen van het jaar, hetgeen vermoedelijk gestuurd wordt door de startdata van de SDE/SDE+-subsidierondes en het feit dat het winterseizoen er voor zorgt dat installateurs niet het dak op gaan bij vorst. Op basis van de huidige opstelling van deze variabelen in het model is het daarom riskant om een conclusie te verbinden aan de negatieve coëfficiënten van de elektriciteitsprijs tot 1 MWh.

De resultaten met betrekking tot de variabelen voor de hogere gebruikersgroepen hebben binnen het model geen significant effect op nieuwe adopties. Dit is in lijn met wat hierover werd verwacht, omdat enerzijds de prijzen voor deze gebruikersgroepen nauwelijks variëren en anderzijds de opbrengstevan van zon-PV voor de grotere gebruikers vermoedelijk maar een kleine besparing opleveren.

De overall economische omstandigheden die in het model zijn opgenomen met een variabele van de kwartaalstand van de AEX-index en een variabele van de rente op de kapitaalmarkt hebben op nieuwe adopties een significant effect dat qua richting overeenkomt met de verwachtingen. Stijging van de AEX-index heeft in het model een significant positief effect op nieuwe adopties en stijging van de rente op de kapitaalmarkt leidt tot minder adopties.

Het effect van het cumulatieve percentage adopties dat in aanmerking kwam voor SDE/SDE+-subsidie is alleen significant positief in het model met de afstand-tijd variabelen die betrekking hebben op het gemiddeld aantal eerdere adopties tot één jaar. Dit betekent dat een hoger percentage eerdere adopties in een rastercel dat in aanmerking kwam voor deze subsidie van positieve invloed is op nieuwe adopties in de betreffende rastercel. In de overige uitvoeringen van het model met afstand-tijd variabelen voor eerdere adopties tot twee jaar en de installed base heeft de variabele geen significante coëfficiënt. Dit geeft reden om te veronderstellen dat de invloed van voor SDE/SDE+-subsidie in aanmerking komende adopties niet significant is wanneer deze meer dan één subsidieronde in het verleden liggen.

Het effect van de concentratie van de bedrijfspopulatie is significant positief, wat betekent dat een hoger aantal bedrijven per km² in een rastercel een positief effect heeft op nieuwe adopties. Dit komt niet geheel overeen met de bevindingen uit de resultaten van de

ruimtelijke spreiding van adopties. Hierin kwam naar voren dat in rastercellen met de hoogste dichtheden adoptiepercentages relatief laag zijn. De reden dat dit niet kan worden herkend in de resultaten uit het model ligt naar verwachting enerzijds in het beperkte aantal rastercellen met hoge populatiedichtheden, waardoor in het model de verwachte relatie niet naar voren komt. Anderzijds kunnen, achteraf gezien, andere meer specifieke variabelen de relatie met de bebouwde omgeving mogelijk beter blootleggen. Hier kan bijvoorbeeld gedacht worden aan de totale hoeveelheid geschikt dakoppervlak per rastercel.

Tot slot geldt voor een aantal van de variabelen waarmee is gecontroleerd voor onder andere unobserved heterogeneity dat deze een significant effect hebben binnen het model. Zoals vooraf werd verwacht heeft het aantal installateurs in een rastercel een significant positief effect op nieuwe adopties. De variabele voor de Herfindahl-Index, welke de mate van concentratie van bedrijfstakken weergeeft per rastercel, geeft aan dat concentratie in een rastercel een negatief effect heeft op nieuwe adopties. Dit is niet in overeenstemming met de theorie, waarin onder andere Baptista & Swann (1998) zijn genoemd die stellen dat bedrijven innovatiever zijn wanneer deze zich bevinden in een omgeving met andere bedrijven uit dezelfde industrie.

Zoals echter uit eerdere bevindingen op basis van figuur 25 al blijkt is deze veronderstelling beperkt toepasbaar. Wanneer het gaat om adoptie van zon-PV blijkt dat het zeer afhankelijk is van welke bedrijfstak geconcentreerd is, omdat de vraag naar zon-PV hoog is in slechts een aantal specifieke bedrijfssectoren. Het gebruik van één variabele voor de concentratie van meerdere bedrijfstakken blijkt op basis van die informatie in combinatie met de resultaten hierover uit het model een minder geschikte methode om het effect te schatten van concentratie van bedrijfstakken. Een separate variabele voor de concentratie per bedrijfstak (bijvoorbeeld in de vorm van het percentage van een bedrijfstak ten opzichte van het totaal aantal bedrijven in een rastercel) zou bij vervolgonderzoek beter inzicht kunnen verschaffen in de invloed van concentratie van bedrijfstakken op nieuwe adopties.

Verhouding van neighborhood-effects ten opzichte van andere variabelen in het model

Om de relatieve sterkte van neighborhood-effects te kunnen bepalen ten opzichte van andere variabelen in het model is het gestandaardiseerde effect in tabel 5 berekend. Het gaat hier om het effect op nieuwe zon-PV adopties door bedrijven van één standaard deviatie verandering van een significante afhankelijke variabele uit het model. De belangrijkste is het model met afstand-tijd variabelen die betrekking hebben op adopties tot één jaar eerder, omdat hierin ook de variabele met het cumulatieve percentage voor SDE/SDE+-subsidie in aanmerking komende adopties een significant effect heeft. Het complete overzicht met de gestandaardiseerde effecten is voor de overige uitvoeringen van het model opgenomen in bijlage 2.

De tabel laat zien dat de neighborhood-effects beduidend meer invloed hebben op nieuwe adopties dan andere effecten in het model. Het gestandaardiseerde effect van de neighborhood-effects is beduidend groter dan andere effecten. Een toename met één standaarddeviatie van het gemiddeld aantal adopties per rastercel dat één jaar eerder plaatsvond op een afstand van 0 tot 500 meter heeft bijvoorbeeld meer dan twee maal

zoveel impact als een afname met één standaarddeviatie van de prijs van zon-PV installaties.

Tabel 5: Effect van 1 standaarddeviatie verandering van significante variabelen (N=46.032)

| Variabele: | Coëfficiënt | Std. Dev. | Effect 1 Std. Dev. |
|--|-------------|-----------|--------------------|
| <i>Gemiddeld aantal adopties per rastercel, 1 jaar voorafgaand..</i> | | | |
| ..0 - 500 meter (EenJr500) | .505 | 0.151 | .076 |
| ..500 - 1000 meter (EenJr1000) | .318 | 0.225 | .072 |
| ..1000 - 2000 meter (EenJr2000) | .278 | 0.53 | .147 |
| PrijsPV | -.276 | 0.127 | -.035 |
| Pr1mwh | -.095 | 0.056 | -.005 |
| AEX | .0004 | 17.874 | .007 |
| RenteKapitaal | -.021 | 0.60 | -.012 |
| SDEperc | .00013 | 32.82 | .004 |
| Hindex | -.023 | 0.216 | -.005 |
| BedrKM2 | .0003 | 50.07 | .015 |
| Installateurs | .002 | 1.53 | .004 |

Afhankelijke variabele: Aantal nieuwe adopties per rastercel in een kwartaal (2010 t/m 2012)

(Bron: eigen bewerking van outputs SPSS 20.0)

Ook overall economische omstandigheden hebben binnen het model aanzienlijk minder impact dan neighborhood-effects. De invloed op nieuwe adopties van stijging met één standaarddeviatie van de koers van de AEX-index heeft voor een rastercel in het model minder dan tien keer de impact van één standaarddeviatie aan toename van het gemiddeld aantal adopties per rastercel dat één jaar eerder plaatsvond op een afstand van 0 tot 500 meter. Daarnaast is deze laatste zes maal groter dan het gestandaardiseerde effect van de rente op de kapitaalmarkt.

Het gestandaardiseerde effect van het percentage eerdere adopties in een rastercel dat in aanmerking kwam voor SDE/SDE+-subsidie heeft een relatief gering effect ten opzichte van de neighborhood-effects (17 tot 34 keer kleiner). In de andere twee modellen met afstand-tijd variabelen, die adopties die meer dan een jaar eerder plaatsvonden ook betrekken in de schatting, is het effect van de subsidievariabele niet significant. In dat opzicht kan de vraag worden gesteld of deze variabele op een adequate manier de invloed belichaamt van subsidies op adopties van zon-PV door bedrijven. Afgaand op onder andere de stelling van het CBS (2014) dat adopties sterk aangewakkerd zijn door subsidie is de verwachting dat, wanneer exacte data beschikbaar zou zijn geweest over welke adopties daadwerkelijk subsidie hebben ontvangen, het gestandaardiseerde effect van een dergelijke variabele minstens gelijk maar vermoedelijk groter is dan wat nu wordt gemeten voor het effect van het cumulatieve percentage adopties dat in aanmerking kwam voor de subsidie.

Interessant is de vergelijking van de gestandaardiseerde neighborhood-effects met de concentratie van de bedrijfspopulatie. Toename met één standaarddeviatie (0,15) van het

gemiddeld aantal adopties per rastercel dat één jaar eerder plaatsvond op een afstand van 0 tot 500 meter heeft vijf keer meer impact dan toename met één standaarddeviatie van het aantal bedrijven per km² (50 bedrijven). Deze uitkomst ondersteunt bevindingen over de clustering van adopties in gebieden met relatief kleine concentraties van de bedrijfspopulatie. Er is met de aanwezigheid van neighborhood-effects slechts een geringe concentratie van de bedrijfspopulatie nodig voor een toename van het aantal nieuwe adopties van zon-PV bij bedrijven.

Neighborhood-effects zijn aldus prominent aanwezig in vergelijking tot andere effecten in het model. Algemeen geldende uitspraken over de exacte sterkte en verhoudingen is toch enige voorzichtigheid bij geboden. Eerder kwam aan de orde dat niet naar volledige tevredenheid kon worden gecompenseerd voor group endogeneity en correlated unobservables, waardoor vermoedelijk binnen het model sprake is van lichte overschatting van neighborhood-effects. Daarnaast bestaat er enige twijfel over de mate waarin de gebruikte subsidievariabele het daadwerkelijke in de praktijk voorkomende subsidie-effect belichaamt en lijkt de variabele voor de prijs van elektriciteit onterecht een negatieve relatie te hebben met nieuwe adopties.

Desalniettemin is met het model in dit onderzoek duidelijk naar voren gekomen dat neighborhood-effects een aanwijsbaar effect hebben op nieuwe adopties van zon-PV door bedrijven. Deze effecten nemen af over afstand en tijd en hebben meer invloed dan een aantal andere belangrijke elementen die volgens de theorie van invloed zijn op diffusie van innovaties zoals de prijs van zon-PV installaties en concentratie van de bedrijfspopulatie. Daarnaast zijn in het model neighborhood-effects sterker dan bijvoorbeeld overall economische omstandigheden, wat er op duidt dat micro gebeurtenissen in de vorm van persoonlijke interactie tussen adopters en potentiële adopters van grotere invloed zijn op nieuwe adopties van zon-PV dan macro veranderingen in elementen die ook van invloed zijn op adopties.

6. Evaluatie

Een aantal belangrijke afwegingen en aangetroffen beperkingen verdienen aandacht om gemaakte keuzes te kunnen motiveren en aanleiding te bieden voor eventueel verder onderzoek dat zou kunnen worden gedaan met gebruik van de bevindingen uit dit onderzoek. In deze evaluatie worden de belangrijkste punten op dit vlak genoemd.

Beschikbaarheid en correctheid van data

De beschikbaarheid van data is in dit onderzoek cruciaal geweest. Zoals vermeld is historische data over adopties van zon-PV een belangrijke vereiste tezamen met gegevens over de bedrijfspopulatie. De data over zon-PV adopties is gekoppeld aan LISA-data over bedrijfsvestigingen en hierbij valt op dat het aantal “éénpitters” in de dataset groot is. Het is niet gewenst deze uit te sluiten als zijnde een bedrijf, maar de vraag rijst wel of gebruikers van een zon-PV installatie dit strikt gebruiken voor bedrijfsdoeleinden, aangezien op het gebied van huisvesting bij deze groep werken vaak gecombineerd wordt met wonen. Het antwoord hierop zal zijn dat huishoudelijk en bedrijfsmatig gebruik in elkaar overlopen. Dit voorbeeld toont aan dat er geen volledige scheiding valt te maken tussen bedrijven en huishoudens, wat voor vervolgonderzoek aanleiding geeft deze beide groepen te zien als leden van één systeem. Een concrete vraag die daarbij gesteld zou kunnen worden: Hebben adopties van zon-PV door huishoudens invloed op nieuwe adopties door bedrijven en vice versa?

Data over de bedrijfspopulatie in dit onderzoek gaat over het jaar 2010 en is daarmee statisch in de dataset, waardoor niet volledig naar tevredenheid gecontroleerd kon worden voor overschatting van neighborhood-effects en een voorzichtige formulering is gehanteerd over concrete sterkte van deze effecten. Extra data over de twee jaren daarna zou gezien de korte periode naar verwachting over het gehele onderzoeksgebied gemeten geen significante schommelingen in de dataset aanbrengen, waardoor vanwege de tijd die het kost om deze data te laten geocoderen is besloten de LISA data van alleen 2010 te gebruiken.

Daarnaast doen uitkomsten van het model vermoeden dat de gebruikte SDE/SDE+-variabele de daadwerkelijke invloed van SDE/SDE+-subsidie op zon-PV adopties onvoldoende weergeeft. Op basis van andere bronnen die aangeven dat dit effect zeer sterk is zal voor een nauwkeurige schatting van dit effect concrete data beschikbaar moeten zijn over welke adopties gebruik maken van subsidie. Omdat gegevens hierover in het geval van bedrijven niet openbaar gemaakt worden is in dit onderzoek hiertoe geen mogelijkheid geweest.

Ditzelfde geldt ook voor het effect van fiscale voordelen, waarover eveneens het vermoeden bestaat dat de invloed hiervan aanzienlijk is. Ook lokale (collectieve) stimuleringsmaatregelen bleken lastig te inventariseren voor het gehele onderzoeksgebied. Nederland kent een woud aan regelingen op decentraal niveau die beperkt zijn samengebracht in een centrale database, waarbij de grootste beperking is dat hierin nauwelijks wordt vermeld welke regelingen voor bedrijven gelden. Om toch het effect van subsidieprikkels in het model toe te passen is daarom gebruik gemaakt van het cumulatieve percentage adopties dat in aanmerking kwam voor SDE/SDE+. Voor toekomstig onderzoek

bieden de gevonden obstakels omtrent het verkrijgen van data over subsidies aanleiding dit onderzoek te richten op een kleiner schaalniveau, bijvoorbeeld in de vorm van een vergelijking van enkele gemeenten. In het huidige onderzoek biedt een vergelijking van neighborhood-effects met bijvoorbeeld veranderingen in de prijs van zon-PV installaties voldoende houvast om te concluderen dat neighborhood-effects een belangrijke rol spelen bij adopties van zon-PV door bedrijven.

Lineair model met fixed effects

De methode waarmee de neighborhood-effecten zijn geschat kan omgaan met longitudinale data en maakt het daarmee mogelijk het effect van een veronderstelde relatie tussen variabelen in plaats van onafhankelijke waarnemingen te schatten op basis van historische en ruimtelijke verschillen in deze variabelen.

Een beperking van de methode is dat outputs geen inzicht geven in de verklaarde variantie binnen het model. Waar andere meer eenvoudige regressiemethoden met R^2 een duidelijke indicatie hierover bieden geeft in SPSS 20.0 de optie Mixed Models geen mogelijkheid hiertoe.

Schaalgrootte

De beperkte beschikbaarheid van landsdekkende centrale data over het thema en de eerder genoemde opmerking over grootte van de gebieden in de dataset geven samen reden om de resultaten uit dit onderzoek te vergelijken met onderzoek op kleinere schaal. Zoals genoemd zou dit zich kunnen beperken tot een vergelijking van enkele gemeenten. Ook kan worden overwogen andere meer kwalitatieve methoden te hanteren op die schaal, zoals het afnemen van interviews of enquêtes. Dit kan ondersteunend bewijs bieden bij het algemene beeld dat is verkregen uit het huidige onderzoek.

Resumerend betekenen de bevindingen van deze onderzoeksevaluatie dat over de rol die neighborhood-effects spelen voldoende naar voren is gekomen in dit onderzoek om algemene uitspraken te doen die toegepast kunnen worden op een groter gebied. Wanneer meer ingezoomd wordt op regio's kan met kwalitatieve methoden meer gedetailleerde data worden verkregen zodat lokale verschillen en overeenkomsten met de resultaten van dit onderzoek aan het licht kunnen worden gebracht.

7. Conclusie

In dit onderzoek is de verspreiding van zon-PV bij bedrijven aan de orde geweest. Meer specifiek is de rol belicht die neighborhood-effects hier in spelen. Neighborhood-effects gaan over de invloed die adopties van zon-PV hebben op nieuwe adopties in de nabije omgeving. Hierbij wordt verondersteld dat bedrijven die al gebruik maken van zon-PV andere bedrijven in hun omgeving positief beïnvloeden door de zichtbaarheid van de installatie en verspreiding van zon-PV gerelateerde informatie bij persoonlijke interactie tussen adopters en potentiële adopters. Welke rol neighborhood-effects hebben bij zon-PV adopties door bedrijven in Nederland is de hoofdvraag in het onderzoek.

In belangrijke literatuur over dit thema komt naar voren dat innovatiediffusie vanaf drie niveaus wordt beïnvloed: Kenmerken van de innovatie, kenmerken van leden in het systeem en de structuur van het systeem. De structuur van het systeem is veelomvattend en neighborhood-effects zijn hierin ook te positioneren. Het begrip ruimte is hier van belang omdat dit voor een belangrijk deel de structuur van het systeem bepaalt. De locatie van bedrijven en de onderlinge afstand tussen adopters en potentiële adopters bepalen volgens de theorie de sterkte van neighborhood-effects. Wanneer sprake is van clustering van adopties is er aanleiding om aan te nemen dat neighborhood-effects aan de orde zijn. De sterkte neemt af met de onderlinge afstand tussen adopters en potentiële adopters. Daarnaast hebben recente adopties een sterker neighborhood-effect dan adopties die verder in het verleden plaatsvonden. De sterkte neemt dus ook af met tijd.

Volgens de theorie duidt een sterke toename van het cumulatieve aantal adopties op een toenemende rol van neighborhood-effects. Ook is dit in de ruimtelijke patronen van verspreiding te herkennen aan clustering van adopties en uitbreiding met nieuwe adopties vanuit dergelijke concentraties. Resultaten van dit onderzoek laten zien dat vanaf 2008 het aantal nieuwe adopties sterker toe begint te nemen. Vanaf 2010 is een duidelijk omslagpunt te herkennen waarna het cumulatieve aantal adopties ieder kwartaal meer toeneemt. De ruimtelijke patronen van verspreiding van zon-PV bij bedrijven laten daarnaast zien dat in de regio rond de stad Groningen sinds 2003 al sprake is van clustering. Vanaf 2010 zijn verspreid over het onderzoeksgebied meerdere clusters te herkennen van waaruit bestaande concentraties zich uitbreiden. Statistische methoden wijzen eveneens clustering van adopties aan. Op basis van deze resultaten en hun overeenkomstigheid met de theorie is aangenomen dat in het onderzoeksgebied neighborhood-effects een rol spelen bij adopties van zon-PV door bedrijven.

Wat opvalt is dat de locaties waar adopties zich veelal concentreren zich in lagere populatiedichtheden bevinden. In de theorie is verondersteld dat adoptieconcentraties vaak ontstaan op plekken met de hoogste populatiedichtheden, vanwege het feit dat de informatiedichtheid (over zon-PV) hier ook het hoogst is. De in praktijk gevonden patronen wijken dus af op dit vlak. Een mogelijke verklaring is de bebouwde omgeving die bij hoge dichtheden beperkend werkt op de toepasbaarheid van zon-PV in de vorm van onvoldoende geschikt dakoppervlak. Geschikte daken met voldoende oppervlak zijn vaker te vinden op plekken met een lager aantal bedrijven per km². Dit wordt ondersteund door de bevinding dat zon-PV het meest wordt toegepast door bedrijven uit bedrijfstakken die vanwege hun economische activiteit vaak al kiezen voor locaties met lagere dichtheden en meer ruimte.

Wat de invloed van neighborhood-effects is op zon-PV adopties door bedrijven is in het onderzoek met een statistisch model onderzocht aan de hand van historische gegevens over de locatie en het moment van adoptie van zon-PV door bedrijven. In dit lineaire model met fixed effects zijn ook andere elementen opgenomen die volgens de theorie van invloed zijn op adopties. Daarbij is zo veel mogelijk gecontroleerd voor uit de literatuur bekende problemen die kunnen optreden bij het schatten van neighborhood-effects.

Uit de schattingen van dit model volgt dat neighborhood-effects van invloed zijn op adoptie van zon-PV door bedrijven: Voor de periode 2010 t/m 2012 geldt dat, op locaties waar het gemiddeld aantal eerdere adopties hoger is in de nabije omgeving van bedrijven zonder zon-PV, het aantal nieuwe adopties op deze locatie hoger is. Dit geeft aan dat eerdere adopties positieve invloed hebben op nieuwe adopties.

In het model is het effect van eerdere adopties op nieuwe adopties geschat voor een afstand tot 2000 meter. Adopties die zich dichterbij potentiële adopters bevinden blijken hierop een sterker effect te hebben in vergelijking met adopties die verder verwijderd zijn. Neighborhood-effects nemen dus af over de onderlinge afstand tussen adopters en potentiële adopters, wat overeenkomt met wat vooraf op basis van de theorie werd verwacht. Ook volgt uit het model dat neighborhood-effects vermoedelijk aan de orde zijn over een afstand die groter is dan de onderzochte onderlinge afstand van 2000 meter.

Een andere opvatting uit de theorie is dat neighborhood-effects afnemen met tijd. Recentere adopties hebben meer invloed op nieuwe adopties. Uit het model in dit onderzoek is dit ook naar voren gekomen. Neighborhood-effects zijn het grootst voor adopties die tot één jaar voorafgingen aan latere adopties. Wanneer wordt gekeken naar adopties die tot twee jaar eerder plaatsvonden dan is dit effect kleiner en het effect van het totaal aantal eerdere adopties wordt in het model het kleinst geschat.

Om te bepalen hoe neighborhood-effects zich verhouden ten opzichte van andere elementen die van invloed zijn op de adoptie van zon-PV door bedrijven is het gestandaardiseerde effect van significante elementen in het model onderling vergeleken. Neighborhood-effects hebben ten opzichte van andere elementen een prominente rol en zijn vaak sterker dan andere elementen in het model. Het positieve effect van eerdere adopties is op basis van de resultaten uit het model groter dan verandering van de prijs van zon-PV installaties of overall economische omstandigheden. Ook is het effect van eerdere adopties sterker dan het positieve effect van de dichtheid van de bedrijfspopulatie.

Bij het doen van uitspraken over de exacte sterkte en onderlinge verhoudingen van de elementen die van invloed zijn op zon-PV adopties door bedrijven is een voorzichtige opstelling aangenomen. Over enkele elementen in het model rest enige onzekerheid over de mate waarin deze daadwerkelijk de invloed in de praktijk belichamen. Overschatting van neighborhood-effects is daarom mogelijk.

Dit onderzoek heeft kunnen bevestigen dat neighborhood-effects invloed hebben op zon-PV adopties door bedrijven. Deze effecten nemen af met de afstand tussen adopters en potentiële adopters en de tijd die tussen de adoptiemomenten ligt. Ten opzichte van andere elementen die van invloed zijn op adopties van zon-PV door bedrijven hebben neighborhood-effects een prominente rol.

Implicaties voor beleid en commercie

Bevindingen uit dit onderzoek bieden voor overheden een ondersteunend argument voor uitvoering van beleid dat zich richt op verspreiding van zon-PV onder bedrijven. Uit de resultaten blijkt dat bedrijven met zon-PV andere bedrijven positief beïnvloeden, waardoor een adoptie vaak leidt tot extra nieuwe adopties. Neighborhood-effects zorgen dus in dat opzicht voor een zekere doorwerking van beleid dat zich richt op verspreiding van zon-PV. Overheidssubsidie (of een andere prikkel) die hier voor in wordt gezet levert dus niet alleen baten op vanuit het bedrijf dat zon-PV neemt, maar kent ook positieve externaliteiten omdat op een wat later tijdstip andere bedrijven een eerder voorbeeld volgen.

Dat neighborhood-effects doorwerken over een afstand van in ieder geval twee kilometer betekent voor het stimuleren van zon-PV dat dit gericht in zou kunnen worden gezet op specifieke bedrijven, die gevestigd zijn op een centrale en zichtbare plaats, zodat de doorwerking als gevolg van de neighborhood-effects zo goed mogelijk kan worden benut. Door overheidsgebouwen te voorzien van zon-PV kan de overheid hier zelf een belangrijke voorbeeldfunctie in nemen. Daarnaast kan, voor het stimuleren van zon-PV, een selectiebeleid worden overwogen bij het toekennen van budgetten aan bedrijven die zon-PV nemen, met de (zicht)locatie als belangrijke voorwaarde.

Verder komt naar voren dat neighborhood-effects afnemen over tijd, wat voor overheden betekent dat het effect van (wel of niet gestimuleerde) adopties op nieuwe adopties naar verloop van tijd vermindert. Dit houdt in dat, wanneer andere aspecten die van invloed zijn op adopties weinig veranderen, herhaling van stimuleringsmaatregelen nodig is in situaties waarin het gewenst is dat in bepaalde gebieden meer bedrijven gebruik gaan maken van zon-PV.

Voor commerciële stakeholders op de markt voor zon-PV bieden de resultaten van dit onderzoek eveneens aanleiding om eigen acties die gericht zijn op grotere afname door bedrijven onder de loep te nemen. Waar aanvankelijk bijvoorbeeld door installateurs zou kunnen worden verondersteld dat promotieacties ingezet dienen te worden op locaties waar de afname van zon-PV door bedrijven nog beperkt is, kan daarentegen ook worden overwogen dit toe te passen op de nabije omgeving van bedrijven die recentelijk gebruik zijn gaan maken van zon-PV. De vanuit eerdere adopties aangewakkerde belangstelling voor zon-PV kan op die manier in de richting worden geleid van de partij die de promotieactie initieert.

Verschillende spelers op de markt voor zon-PV kunnen gebruik maken van kennis over de rol van neighborhood-effects bij adopties van zon-PV door bedrijven. Hoewel dit een korte opsomming betreft van de beleidsimplicaties en het commerciële nut dat gedurende het onderzoeksproces kon worden herkend, zullen er ongetwijfeld andere mogelijkheden of toepassingen aanwijsbaar zijn. Aanvullend onderzoek kan hierbij mogelijk belangrijk zijn.

Aanbevelingen verder onderzoek

In de onderzoeksevaluatie kwamen reeds diverse mogelijkheden naar voren voor verder onderzoek. Hierbij gaat het over suggesties voor het nauwkeurig schatten van neighborhood-effects en andere effecten die van invloed zijn op adopties van zon-PV door bedrijven.

Verder is de evaluatie genoemd dat onderzoek op kleinere schaal de kennis over het onderwerp kan vergroten en aanvullend bewijs kan bieden over de rol van neighborhood-effects.

Aanvullend hierop is het zinvol het bedrijfsproces in toekomstig onderzoek onder de loep te nemen. In dit onderzoek is bedrijfsgrootte als proxy genomen voor de absorptive capacity van bedrijven, maar komt vanuit de theorie ook naar voren dat een veelheid aan aspecten binnen het bedrijf een rol speelt bij innovatieadoptie. Om meer te weten te kunnen komen over welke interne bedrijfsaspecten van invloed zijn op de adoptie van zon-PV kunnen casestudies uitkomst bieden hierover.

Daarnaast komt in het onderzoek naar voren dat de vraag naar zon-PV verschillend is per bedrijfssector. Aanvullend onderzoek hiernaar kan uitwijzen in hoeverre neighborhood-effects variëren tussen bedrijfssectoren. Dit kan bijvoorbeeld worden gedaan door een vergelijking te maken tussen gemengde bedrijventerreinen en bedrijventerreinen waar één bedrijfssector gevestigd is.

Tot slot kan mogelijk nog veel kennis worden vergaard uit onderzoek naar non-adoptie van zon-PV. Het vergt moeite om te achterhalen welke bedrijven zon-PV hebben overwogen maar niet over zijn gegaan tot adoptie, maar de oorzaken van de keuze kan belangrijke informatie bevatten voor de verspreiding deze innovatie. Hierbij komt ook de vraag naar voren in hoeverre neighborhood-effects een negatieve rol zouden kunnen spelen bij adoptie van zon-PV door bedrijven.

Bronnenlijst

- Agentschap NL, 2012. *Zonnestroom en de Nederlandse wetgeving*. Utrecht: Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie Agentschap NL.
- Agentschap NL, 2014. *Energiesubsidiewijzer*. Beschikbaar via: <http://www.energiesubsidiewijzer.nl/> [Geraadpleegd op 17 juli 2014].
- Allison, P.D., 1994. Using Panel Data to Estimate the Effects of Events. *Sociological Methods & Research*, 23(2), pp.174-99.
- Baptista, R. & Swann, P., 1998. Do firms in clusters innovate more? *Research Policy*, 27(5), pp.525-40.
- Belastingdienst, 2014. *Investeringsaftrek en desinvesteringsbijtelling*. Beschikbaar via: http://www.belastingdienst.nl/wps/wcm/connect/bldcontentnl/belastingdienst/zakelijk/winst/inkomstenbelasting/inkomstenbelasting_voor_ondernemers/investeringsaftrek_en_desinvesteringsbijtelling/ [Geraadpleegd op 19 augustus 2014].
- Berenschot, 2011. *Zon op Nederland: Roadmap 2011-2015*. Utrecht: Berenschot Berenschot.
- Bollinger, B. & Gillingham, K., 2012. Peer Effects in the Diffusion of Solar Photovoltaic Panels. *Marketing Science*, 31(6), pp.900-12.
- Brady, T. & West, M.A., 2009. Analyzing Longitudinal Data With the Linear Mixed Models Procedure in SPSS. *Evaluation & the Health Professions*, 32(3), pp.207-28.
- CBS Statline, 2014. *Zonnestroomsystemen; handel in panelen, werkgelegenheid en omzet, 1991-2012*. Beschikbaar via: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?DM=SLNL&PA=70949NED&D1=2-3&D2=9-21&HDR=T&STB=G1&CHARTTYPE=1&VW=T> [Geraadpleegd op 6 februari 2014].
- CBS, 2012. *Sterke toename van zonnepanelen*. Beschikbaar via: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/industrie-energie/publicaties/artikelen/archief/2012/2012-3673-wm.htm> [Geraadpleegd op 20 juli 2014].
- CBS, 2013. *Verskillende methoden om clusters van bedrijven te meten*. Beschikbaar via: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/bedrijven/methoden/dataverzameling/overige-dataverzameling/default.htm> [Geraadpleegd op 13 augustus 2014].
- CBS, 2014. *Aardgas en elektriciteit, gemiddelde prijzen van eindverbruikers*. Beschikbaar via: <http://statline.cbs.nl/StatWeb/publication/?VW=T&DM=SLNL&PA=81309ned&D1=6-11&D2=0&D3=0&D4=5-8,10-13,15-18,20-23,25-28&HD=140925-1921&HDR=T&STB=G2,G3,G1> [Geraadpleegd op 9 augustus 2014].
- CBS, 2014. *Macro-economie*. Beschikbaar via: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/themas/macro-economie/methoden/begrippen/default.htm?ConceptID=1098> [Geraadpleegd op 30 september 2014].
- CBS, 2014. *SBI 2008 - Standaard Bedrijfsindeling 2008*. Beschikbaar via: <http://www.cbs.nl/nl-NL/menu/methoden/classificaties/overzicht/sbi/sbi-2008/default.htm> [Geraadpleegd op 2 oktober 2014].
- Cohen, W.M. & Levinthal, D.A., 1990. Absorptive Capacity: A New Perspective on Learning and Innovation. *Administrative Science Quarterly*, 35(1), pp.128-52.

- De Nederlandsche Bank, 2014. *Marktrentevoeten*. Beschikbaar via: <http://www.statistics.dnb.nl/index.jsp?lang=nl&todo=Rentes&data=121&type=k> [Geraadpleegd op 4 augustus 2014].
- Ecofys, 2011. *National Survey Report of PV Power Applications in The Netherlands*. Utrecht: Ecofys.
- Eneco, 2014. *Eneco Zonnepanelensimulator*. Beschikbaar via: <https://zonnepanelensimulator.eneco.nl/> [Geraadpleegd op 4 juli 2014].
- ESRI, 2013. *Hot Spot Analysis (Getis-Ord Gi*) (Spatial Statistics)*. ESRI Beschikbaar via: <http://resources.arcgis.com/en/help/main/10.1/index.html#//005p00000010000000> [Geraadpleegd op 16 september 2014].
- Essent, 2014. *Profiteer maximaal van de zon met Essent SpaarPanelen*. Beschikbaar via: <http://spaarpanelen.essent.nl> [Geraadpleegd op 4 juli 2014].
- EuPD Research, 2013. *Photovoltaik-Preismonitor Deutschland*. Bonn: EuPD Research EuPD Research.
- Graziano, M. & Gillingham, K., 2014. Spatial Patterns of Solar Photovoltaic System Adoption: The Influence of Neighbors and the Built Environment. *Journal of Economic Geography*, 14, pp.1-25.
- Green Spread, 2013. *Masterplan Zon-PV: Rendabele exploitatie van zonnepanelen*. Arnhem: Green Spread.
- Hägerstrand, T., 1967. *Innovation Diffusion as a Spatial Process*. Vertaald door A. Pred. Chicago: University of Chicago Press.
- ING Private Banking, 2014. *Historische data AEX per einde kwartaal*. Groningen.
- Kincaid, C., 2005. *Guidelines for Selecting the Covariance Structure in Mixed Model Analysis*. SAS Beschikbaar via: <http://www2.sas.com/proceedings/sugi30/198-30.pdf> [Geraadpleegd op 11 oktober 2014].
- Klimaatverbond Nederland & Tetraeder Solar, 2014. *Zonatlas*. Beschikbaar via: <http://www.zonatlas.nl/> [Geraadpleegd op 3 augustus 2014].
- Koster, S. & Van Stel, A., 2014. The relationship between start-ups, market mobility and employment growth: An empirical analysis for Dutch regions. *Papers in Regional Science*, 93(1), pp.203-17.
- LISA, 2014. *Lisa: Voor feiten en cijfers over werkgelegenheid*. Beschikbaar via: <http://www.lisa.nl/home> [Geraadpleegd op augustus 19 2014].
- Manski, C.F., 1993. Identification of Endogenous Social Effects: The Reflection Problem. *The Review of Economic Studies*, 60(3), pp.531-42.
- Masson, G., Latour, M., Rekingier, M. & Theologitis, I.-T., 2013. *Global Market Outlook For Photovoltaics 2013-2017*. Brussel: EPIA European Photovoltaic Industry Association.
- Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties, 2012. *Zonnecollectoren en zonnepanelen*. (2) Beschikbaar via: <http://www.rijksoverheid.nl/documenten-en-publicaties/brochures/2010/07/20/zonnecollectoren-en-zonnepanelen.html> [Geraadpleegd op 4 juli 2014].
- Mitchell, A., 2005. *The ESRI Guide to GIS Analysis*. Redlands, CA: ESRI Press.

- Norušis, M.J., 2014. *IBM SPSS Advanced Statistics 20*. IBM: Prentice Hall Beschikbaar via: <http://www-01.ibm.com/software/analytics/spss/products/statistics/> [Geraadpleegd op 4 augustus 2014].
- Openshaw, S., 1984. *The Modifiable Areal Unit Problem*. 38th ed. Norwich, Engeland: Geobooks.
- Porter, M.E., 1998. Clusters and the New Economics of Competition. *Harvard Business Review*, 76(6), pp.77-91.
- Rocha, F., 1999. Inter-Firm Technological Cooperation: Effects Of Absorptive Capacity, Firm Size And Specialization. *Economics of Innovation and New Technology*, 8(3), pp.253-71.
- Rogers, E.M., 1995. *Diffusion of Innovations*. 4th ed. New York: The Free Press.
- Rothwell, R. & Dodgson, M., 1991. External linkages and innovation in small and medium-sized enterprises. *R&D Management*, 21(2), pp.125-37.
- RVO, 2014. *Publicaties Stimulering Duurzame Energieproductie*. Beschikbaar via: <http://www.rvo.nl/subsidies-regelingen/publicaties-stimulering-duurzame-energieproductie> [Geraadpleegd op 4 augustus 2014].
- Sahin, I., 2006. Detailed Review of Rogers' Diffusion of Innovations Theory and Educational Technology-Related Studies Based on Rogers' Theory. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 4(5), pp.14-23.
- SER, 2013. *Energieakkoord voor duurzame groei*. Den Haag: SER.
- Soetevent, A.R., 2006. Empirics of the Identification of Social Interactions; An Evaluation of the Approaches and their Results. *Journal of Economic Surveys*, 20(2), pp.193-228.
- Stichting Monitoring Zonnestroom, 2014. *Marktinventarisaties*. Beschikbaar via: <http://www.zonnestroomnl.nl/onderzoeken/marktinventarisaties/> [Geraadpleegd op 7 augustus 2014].
- West, B.T., 2009. Analyzing Longitudinal Data With the Linear Mixed Models Procedure in SPSS. *Evaluation & the Health Professions*, 32(3), pp.207-28.
- Ybema, Remko; Jurjus, André; Halma, Marcel, 2012. *Energie Trends 2012*. Amsterdam: ECN, Energie-Nederland en Netbeheer Nederland.
- Zonnepanelenaanbieders.nl, 2014. *Hier zijn wij actief met zonnepanelen*. Beschikbaar via: <http://zonnepanelenaanbieders.nl/> [Geraadpleegd op 3 augustus 2014].

Bijlage 1: Berekening afstand-tijd variabelen in ArcGIS 10.2

1. Voor iedere adoptie te bepalen: Eerdere adopties binnen 500 meter in het jaar voorafgaand, met uitzondering van adopties die binnen de afgelopen 90 dagen vallen.

Om voor iedere adoptie te bepalen hoeveel eerdere adopties in het jaar voor deze adoptie in een straal van 500 meter voorafgegaan zijn is een aantal handelingen in ArcMap verricht. Hiervoor zijn uitsluitend cases gebruikt waarbij de kolom "Unieke aansluiting" = 1. Anders worden uitbreidingen op hetzelfde adres meegenomen als adoptie. Hierdoor vielen 640 cases uit. 5076 cases bleven over. Hierdoor missen enkele case ID's, bijvoorbeeld CaseID 31.

Voor de handelingen is de puntenkaart "InstallatiesData" gebruikt met daarin de kolom "Datuminuit" en alle cases uit de dataset die gelden als unieke aansluiting. De kolom is vooraf geschikt gemaakt voor calculaties met ArcMap door Windows in te stellen op locatie Verenigde Staten. Hiermee wordt het mogelijk om in Microsoft Excel de kolom "Datuminuit" aan te passen aan ArcMap, namelijk Short Date notatie: yyyy-mm-dd. De puntenkaart is voor gebruiksgemak in ArcMap hernoemd naar "Target".

Daarna is nogmaals dezelfde puntenkaart "InstallatiesData" geladen in ArcMap welke voor gebruiksgemak is hernoemd naar "Join". Eerste stap is geweest de punten binnen een straal van 500 meter te vinden voor iedere afzonderlijke adoptie. Dit kan met de functie "Spatial Join" met als output een nieuwe puntenkaart "InstallatiesSpatialJoin". Parameters hiervoor zijn:

The screenshot shows the Spatial Join tool interface. The 'Target Features' dropdown is set to 'InstallatiesData'. The 'Join Features' dropdown is also set to 'InstallatiesData'. The 'Output Feature Class' is 'C:\Users\Marloes\Documents\ArcGIS\Default.gdb\InstallatiesData_SpatialJoin2'. The 'Join Operation' is set to 'JOIN_ONE_TO_MANY'. The 'Keep All Target Features' checkbox is checked. The 'Field Map of Join Features' list contains: X (Double), Y (Double), CASEID (Long), CASEID_1 (Double), Datuminuit (Date), Jaar (Double), CASEID_12 (Long), CASEID_12_13 (Double), and Datuminuit_1 (Date). The 'Match Option' is set to 'INTERSECT'. The 'Search Radius' is 500 Meters. The 'Distance Field Name' is empty.

Met "JOIN_ONE_TO_MANY" wordt in de attribute table van de output layer *ieder punt* aangegeven dat voldoet aan de opgegeven voorwaarde ten opzichte van de punten in de layer die is opgegeven als Target Features. Punten uit de target layer komen hierdoor vaker voor in de attribute table van "InstallatiesDataSpatialJoin" wanneer meerdere punten uit de join layer voldoen aan de voorwaarden (binnen 500 m. afstand).

Omdat dezelfde adoptie voorkomt in zowel de Target Features als de Join Features dient eerst te worden uitgesloten dat er sprake is van dubbeltelling doordat deze adoptie ook voldoet aan de voorwaarde dat deze binnen 500 meter van de Target Feature valt. Dit is opgelost door eerst een kolom toe te voegen in de attribute table van "InstallatiesDataSpatialJoin" met de naam Match500. Hierin zijn de CaselD's van de join actie van elkaar afgetrokken, wat oplevert dat dubbeltellingen de waarde 0 opleveren.

| indinuit | CASEID | X | Y | CASEID_1 | Datuminuit | Jaar | Maandinuit | Match500 | Match500True | Datedif | D |
|----------|--------|---------------|---------------|----------|------------|------|------------|----------|--------------|---------|---|
| 9 | 1 | 185570.9982 | 517270.9994 | 1 | 2012-09-28 | 2012 | 9 | 0 | 0 | 0 | |
| 9 | 1 | 185387.997577 | 516806.997626 | 4561 | 2012-12-05 | 2012 | 12 | -4560 | 1 | 68 | |
| 10 | 2 | 151947.1803 | 412029.9466 | 2 | 2012-10-18 | 2012 | 10 | 0 | 0 | 0 | |

Door dit te hercoderen (waarbij 0=0 en iedere andere waarde=1) is het mogelijk in de kolom "Match500True" te herkennen of de case in de join een terechte match (1) of een dubbeltelling (0) van dezelfde case betreft. Gebruikte commando in de field calculator(Python):

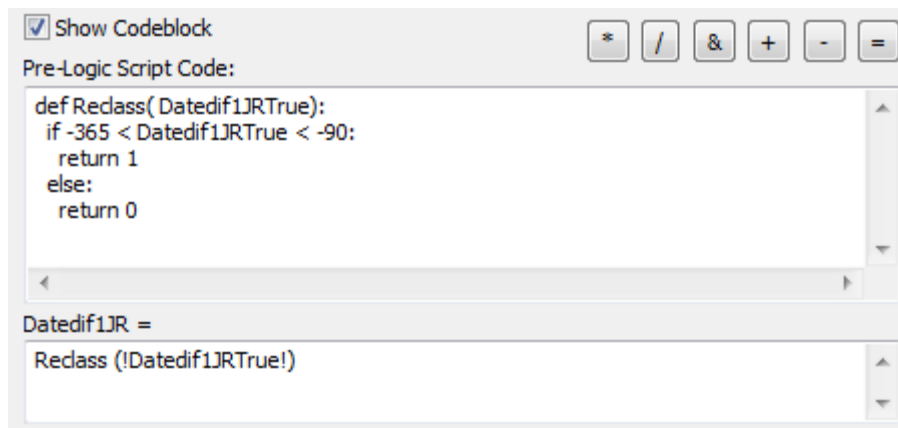
```
Pre-Logic Script Code:
def Redass(Match500):
    if Matches500 <> 0:
        return 1
    else:
        return 0

Match =
Redass(!Match500!)
```

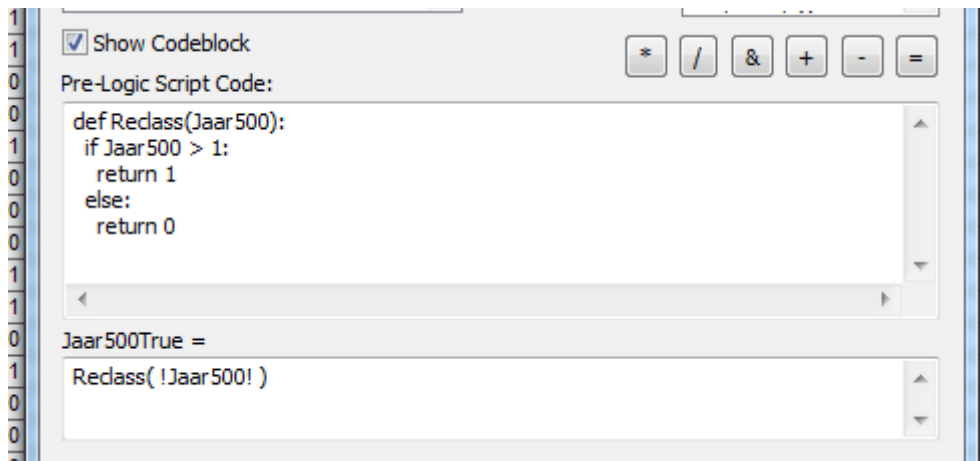
Vervolgens is nog gekeken naar de andere voorwaarde, namelijk het moment van adoptie van de naburige adopties aan de rechterkant van de join in "InstallatiesDataSpatialJoin". Deze dienen in eerste instantie te voldoen aan de voorwaarde dat deze maximaal een jaar voorafgegaan zijn aan een nieuwere adoptie. Om te voorkomen dat sprake is van simultaneity dienen voorgaande adopties binnen hetzelfde kwartaal (90 dagen) niet te worden meegenomen. Dit is gedaan door eerst met de kolom "Datedif1JR" het verschil tussen beide datums uit te rekenen met de field calculator door de actie kolom "Datuminuit" minus "Datuminuit_1" toe te passen (VB Script):

```
Show Codeblock
Datedif1JR =
DateDiff("d", [Datuminuit] , [Datuminuit_1])
```

Ook deze kolom is met hercoderen teruggebracht naar de waarden 1 en 0 door voorwaarden in te voeren in de kolom "Datedif1JRTrue". Deze voorwaarden zijn dat de adoptie een 1 meekrijgt in deze kolom wanneer -365dagen < adoptie < -90dagen. Wanneer de adoptie niet aan deze voorwaarde voldoet krijgt deze een 0 mee, wat betekent dat de adoptie minder dan 90 dagen eerder, of meer dan 365 dagen eerder, of later dan de adoptie in kwestie ligt. Voor deze kolom geldt in de field calculator daarom (Python):



In wederom een nieuwe kolom “Jaar500” is eerst de optelsom gemaakt van kolom “Match500True” + kolom “Datedif1JRTrue”. De waarden die dit oplevert zijn 0, 1 en 2. Op basis van het voorgaande is alleen een waarde van 2 een correcte match op basis van 500 meter i.c.m. de gekozen periode voorafgaand aan de betreffende adoptie. Door hercoderen in een nieuwe kolom “Jaar500True” is dit om te zetten in een binair overzicht met waarden 1 en 0, waarbij 1 voldoet aan de beschreven voorwaarden. Dit is op de volgende manier ingevoerd in de field calculator (Python):



Nu voor iedere case in de join met output “InstallatiesDataSpatialJoin” bekend is of deze voldoet aan de voorwaarden is er nog enkel het probleem nog dat cases aan de linkerkant van de join meerdere malen voor komen in de attribute table.

Dit is opgelost door opnieuw een join toe te passen, maar dit keer via de gewone Join Data functie vanuit een derde geladen versie van de layer “InstallatiesData” (rechtermuisknop op de layer-Join and Relates – Join). Door te kiezen voor de optie “Join data from another layer based on spatial location” is het mogelijk om de hiervoor bewerkte layer met de extra kolommen “InstallatiesDataSpatialJoin” te joinen met de layer “InstallatiesData”, waarbij kolommen worden opgeteld wanneer een case vaker voorkomt in de join layer. Omdat de kolom “Jaar500True” binair gecodeerd is wordt deze voor iedere afzonderlijke case in de output “Installaties1Jaar500m” opgeteld wanneer de checkbox “Sum” is aangevinkt.

De kolom in de attribute table van de output “Installaties1Jaar500m” met de naam “Sum_Jaar500True” is uiteindelijk het eindresultaat: Voor iedere CaseID is bekend onder deze kolom hoeveel voorgaande adopties er vallen binnen 500 meter met de adoptiedatum maximaal 364 dagen eerder, met uitzondering van adopties die 90 dagen of minder hieraan voorafgegaan zijn.

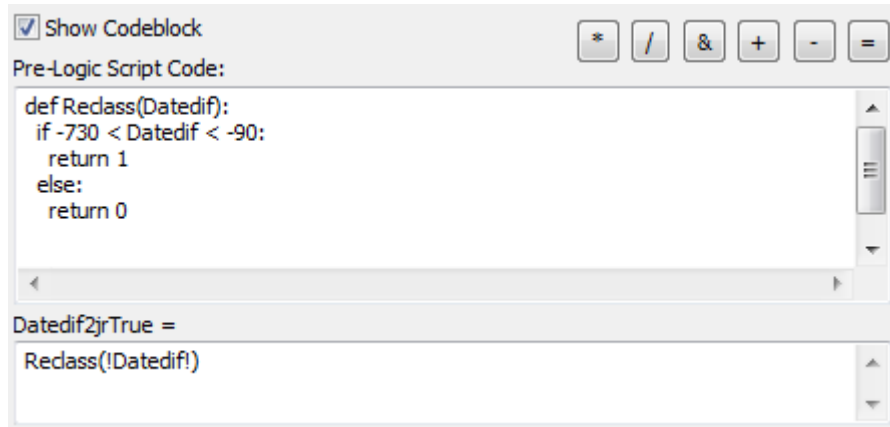
2. Voor iedere adoptie te bepalen: Eerdere adopties binnen 1000 en 2000 meter in het jaar voorafgaand, met uitzondering van adopties die binnen de afgelopen 90 dagen vallen.

Hiervoor zijn dezelfde handelingen toegepast, maar in de eerste spatial join actie is de Search Radius aangepast naar 1000 meter en 2000 meter. Uiteraard is voor gebruiksgemak ook gebruik gemaakt van andere kolomnamen in de attribute tables, waardoor ook de VBA- en Pythonscripting in dit opzicht anders is. Het functionele gedeelte van de scripting is identiek.

The screenshot shows the 'Spatial Join' tool interface. The 'Target Features' and 'Join Features' are both set to 'InstallatiesData'. The 'Output Feature Class' is 'C:\Users\Marloes\Documents\ArcGIS\Default.gdb\InstallatiesData_SpatialJoin2'. The 'Join Operation' is 'JOIN_ONE_TO_MANY' and the 'Keep All Target Features' checkbox is checked. The 'Field Map of Join Features' lists several fields: X (Double), Y (Double), CASEID (Long), CASEID_1 (Double), Datumnuit (Date), Jaar (Double), CASEID_12 (Long), CASEID_12_13 (Double), and Datumnuit_1 (Date). The 'Match Option' is 'INTERSECT'. The 'Search Radius' is set to 500 and the unit is 'Meters'. The 'Distance Field Name' is empty.

3. Voor iedere adoptie te bepalen: Eerdere adopties binnen 500, 1000 en 2000 meter in twee jaar voorafgaand, met uitzondering van adopties die binnen de afgelopen 90 dagen vallen.

Om voor iedere adoptie te bepalen hoeveel naburige adopties voorafgegaan zijn in de voorliggende twee jaren (identieke afstanden, maar een ruimer tijdsbestek) is wederom van dezelfde functies gebruik gemaakt. Kolomnamen in de attribute table zijn aangepast aan de onderzoeksafstanden en aan de periode van twee jaar. In de VBA- en Pythonscripting is buiten de functionaliteit echter gebruik gemaakt van een aantal dagen, namelijk -730 dagen (= 2 jaar).

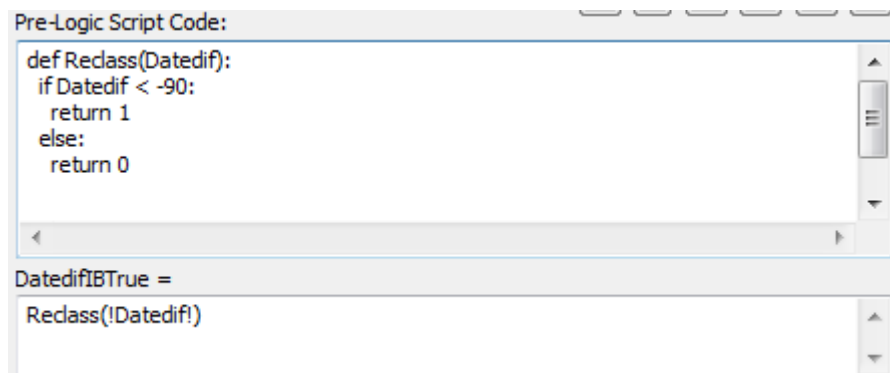


```
Pre-Logic Script Code:
def Reclass(Datedif):
    if -730 < Datedif < -90:
        return 1
    else:
        return 0

Datedif2jrTrue =
Reclass(!Datedif!)
```

4. Voor iedere adoptie te bepalen: De installed base binnen 500, 1000 en 2000 meter, met uitzondering van adopties die binnen de afgelopen 90 dagen vallen.

Voor het bepalen van de installed base rondom iedere adoptie over de verschillende afstanden kan ook gebruik worden gemaakt van dezelfde stappen als onder 1. Kolomnamen zijn wederom aangepast voor gebruiksgemak. VBA en Pythonscripting heeft dezelfde functionaliteit, maar met betrekking tot het aantal dagen dat terug dient te worden gegaan in de tijd is er geen beperking ingesteld. Wel zijn de 90 dagen voorafgaand aan de adoptie toegepast. Hierdoor wordt uiteindelijk voor iedere adoptie het totaal aantal naburige adopties uitgerekend dat in het verleden binnen de opgegeven afstand heeft plaatsgevonden, met uitzondering van adopties die binnen de voorliggende 90 dagen liggen.



```
Pre-Logic Script Code:
def Reclass(Datedif):
    if Datedif < -90:
        return 1
    else:
        return 0

DatedifIBTrue =
Reclass(!Datedif!)
```

5. Overzicht van de data samenvoegen: Kolommen "Sum_*periode* *afstand*True

Voor iedere adoptie is bepaald hoeveel voorgaande adopties hebben plaatsgevonden. Dit bevindt zich echter in negen verschillende shapefiles. Voor de afstand van 500 meter met de periode van het voorgaande jaar bevindt dit zich voor iedere adoptie bijvoorbeeld in de puntenkaart "Adopties500m1jr" in de kolom "Sum_Jaar500True" van de attribute table.

Om alles in één overzicht onder te brengen is de attribute table van het basisbestand "InstallatiesData" geëxporteerd naar Microsoft Excel. Vervolgens zijn alle kolommen geëxporteerd waarin zich de Sum_*periode*_*afstand* data bevindt (termen tussen ** variëren o.b.v. te koppelen bestand). Ook de kolom CASEID en OBJECTID zijn in de export meegenomen om een koppeling mogelijk te maken met het basisbestand.

Omdat het effect van eerdere adopties op latere dient te worden berekend voor verschillende afstanden (0m-500m, 500m-1000 en 1000m-2000m) zijn de binnenste ringen afgetrokken van de opvolgende ringen. Zo zijn bijvoorbeeld van kolom EenJr1000 de waarden uit de kolom EenJr500 afgetrokken en van de kolom EenJr2000 de waarden uit kolom Eenjr1000 en EenJr500 afgetrokken.

| Variabele | Berekening o.b.v attributen ArcMap | = Aantal naburige adopties... |
|------------|---|--|
| EenJr500 | Sum_Jaar500True | 90 - 365 dagen eerder op een afstand van 0 - 500 meter |
| TweeJr500 | Sum_TweeJaar500True | 90 - 730 dagen eerder op een afstand van 0 - 500 meter |
| InstB500 | Sum_IB500True | > 90 dagen eerder op een afstand van 0 - 500 meter |
| EenJr1000 | Sum_Jaar1000True – Sum_Jaar500True | 90 - 365 dagen eerder op een afstand van 500 - 1000 meter |
| TweeJr1000 | Sum_TweeJaar1000True – TweeJr500 | 90 - 730 dagen eerder op een afstand van 500 - 1000 meter |
| InstB1000 | Sum_IB1000True – Sum_IB500True | > 90 dagen eerder op een afstand van 500 - 1000 meter |
| EenJr2000 | Sum_Jaar2000True – Sum_Jaar1000True – Sum_Jaar500True | 90 - 365 dagen eerder op een afstand van 1000 - 2000 meter |
| TweeJr2000 | Sum_TweeJaar2000True – Sum_TweeJaar1000True – Sum_TweeJaar500True | 90 - 730 dagen eerder op een afstand van 1000 - 2000 meter |
| InstB2000 | Sum_IB2000True – Sum_IB1000True – Sum_IB500True | > 90 dagen eerder op een afstand van 1000 - 2000 meter |

| X | Y | CASEID | Datum | Jaar | Maand | EenJr500 | TweeJr500 | InstB500 | EenJr1000 | TweeJr1000 | InstB1000 | Eenjr2000 | TweeJr2000 | InstB2000 |
|----------|----------|--------|------------|------|-------|----------|-----------|----------|-----------|------------|-----------|-----------|------------|-----------|
| 185571 | 517271 | 1 | 2012-09-28 | 2012 | 9 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 151947.2 | 412029.9 | 2 | 2012-10-18 | 2012 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 3 | 0 | 2 | 2 |

Bijlage 2: Gestandaardiseerde effecten onderzoeksmodel

Effect van één standaarddeviatie verandering van significante variabelen in het onderzoeksmodel. Weergegeven voor de drie verschillende modeluitvoeringen.

| Variabele | Gemiddeld aantal adopties per rastercel, 1 jaar voorafgaand.. | | | Gemiddeld aantal adopties per rastercel, 2 jaar voorafgaand.. | | | Gemiddeld aantal adopties per rastercel, installed base.. | | |
|---------------------|--|----------|-------------------|--|----------|-------------------|--|----------|-------------------|
| | Coëfficiënt | St. Dev. | Effect 1 St. Dev. | Coëfficiënt | St. Dev. | Effect 1 St. Dev. | Coëfficiënt | St. Dev. | Effect 1 St. Dev. |
| ..0 - 500 meter | .504600 | 0.151 | .076195 | .399997 | 0.202 | .080799 | .322493 | 0.239 | .077076 |
| ..500 - 1000 meter | .318490 | 0.225 | .071660 | .231753 | 0.31 | .071843 | .180236 | 0.366 | .065966 |
| ..1000 - 2000 meter | .278022 | 0.53 | .147352 | .231959 | 0.733 | .170026 | .208493 | 0.875 | .182431 |
| PrijsPV | -.275609 | 0.127 | -.035002 | -.240774 | 0.127 | -.030578 | -.215319 | 0.127 | -.027346 |
| Pr1mwh | -.095027 | 0.056 | -.005322 | -.098524 | 0.056 | -.005517 | -.093727 | 0.056 | -.005249 |
| AEX | .000393 | 17.874 | .007032 | .000295 | 17.874 | .005278 | .000262 | 17.874 | .004676 |
| BedrKM2 | .000300 | 50.07 | .015004 | .000256 | 50.07 | .012804 | .000195 | 50.07 | .009765 |
| Installateurs | .002466 | 1.53 | .003774 | .002339 | 1.53 | .003578 | .002539 | 1.53 | .003885 |

Afhankelijke variabele: Aantal nieuwe adopties per rastercel in een kwartaal.

“De rol van neighborhood-effects bij zon-PV adopties door bedrijven”

Masterthesis Economische Geografie
Rijksuniversiteit Groningen
Faculteit Ruimtelijke Wetenschappen
Begeleider: dr. Sierdjan Koster

Hein Gerben van der Mei
hgvandermei@gmail.com
0614242084
s1260995

2 januari 2015