
Zeven bewogen jaren

Het effect van aardbevingen op de huizenprijzen in Groningen
per 1-1-2019

Eindredactie: Nadine van den Berg

Atlas voor gemeenten
Capital C, 4^e etage
Weesperplein 4
1018 WZ Amsterdam

info@atlasvoorgemeenten.nl
www.atlasvoorgemeenten.nl

© Atlas voor gemeenten, Utrecht, oktober 2019

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd, opgeslagen in een geautomatiseerd gegevensbestand, of openbaar gemaakt, in enige vorm of op enige wijze, hetzij elektronisch, mechanisch, door fotokopieën, opnamen, of enig andere manier, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.

Zeven bewogen jaren

Het effect van aardbevingen op de huizenprijzen in Groningen per 1-1-2019

Dr. Joost Poort

Dr. Roderik Ponds

Drs. Marco Kerste

Dr. Clemens van Woerkens

Drs. Marten Middeldorp

M.m.v.

Prof. dr. Maarten Bosker

Prof. dr. Harry Garretsen

Dr. Gerard Marlet

Inhoud

Samenvatting en conclusies	6
1 Inleiding en achtergrond	11
2 Methode en afbakening risicogebied	19
3 Actualisatie bevingsindicator	38
4 Actualisatie basismodellen één periode <i>Nog altijd in beweging</i>	50
5 Ontwikkeling in de tijd	65
6 Synthese	92
Bijlage 1 Afbakening risicogebied	102
Bijlage 2 Schadehistorie	117
Bijlage 3 Selectie referentiewoningen	120
Bijlage 4 Voortplantingsformules voor aardbevingen	127
Bijlage 5 Modelspecificaties	128

Samenvatting en conclusies

Dit rapport onderzoekt het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico op de huizenprijzen in het Groningse aardbevingsgebied. Het onderzoek richt zich op de periode van augustus 2012 (de beving bij Huizinge) tot 1 januari 2019. Het bouwt voort op vier eerdere onderzoeken die Atlas voor gemeente sinds 2015 heeft uitgevoerd naar de gevolgen van bevingen op de huizenprijzen. De methodiek is daarbij steeds verder verfijnd, mede naar aanleiding van toetsing door en suggesties van derden.

Aanpak

Het aardbevingsgebied is het gebied waar het aannemelijk is dat aardbevingen en aardbevingsrisico leiden tot lagere huizenprijzen, of waar een daling niet kan worden uitgesloten. De grenzen van dat gebied zijn in dit onderzoek niet op voorhand aangenomen, maar empirisch vastgesteld (zie hieronder). De daling van de huizenprijzen in dit ‘risicogebied’ wordt bepaald door de transactiepreizen van verkochte woningen in het risicogebied (met hedonische prijsanalyses) te vergelijken met de transactiepreizen van verkochte referentiewoningen buiten het risicogebied, maar op voor het overige zo goed mogelijk vergelijkbare locaties.

Door daadwerkelijke transacties van verkochte woningen in het risicogebied te vergelijken met transacties op vergelijkbare referentielocaties buiten dat gebied en in de modellen te corrigeren voor verschillen in woningkenmerken, resteert in potentie een verschil in prijzen dat toe te rekenen is aan aardbevingen en aardbevingsrisico. Het onderzoek meet dus een eventueel *niveaoverschil* in de huizenprijzen ten opzichte van vergelijkbare woningen op vergelijkbare locaties zonder bevingsrisico op een bepaald moment in de tijd, en geen waardeontwikkeling sinds ‘Huizinge’.

In deze aanpak wordt geen onderscheid gemaakt tussen een op- of een neergaande markt: een negatief waardeverschil ten opzichte van referentielocaties geldt als een waardedaling, ook wanneer de prijzen zelf stijgen.

Vaststellen risicogebied

Het risicogebied is empirisch vastgesteld door te kijken naar het percentage schadetoekenningen ten opzichte van de totale woningvoorraad per postcodegebied. Het percentage schadetoekenningen is immers een goede

benadering voor de mate waarin een gebied wel of geen schade aan woningen kent. In eerder onderzoek was vastgesteld dat voor het gebied met 20% of meer geaccepteerde schadegevallen het bestaan van een negatief effect op de woningprijzen niet viel uit te sluiten. Die analyse is herhaald met de geactualiseerde schadegegevens en woningmarkttransacties. Wederom blijkt dat een grens van 20% schadetoekenning de meest ruime afbakening van het risicogebied betreft die in overeenstemming is met de empirie, en dit geldt daarmee in beginsel als logische grens voor het risicogebied.

Het risicogebied dat op basis van dit 20%-criterium ontstaat, omsluit enkele ‘enclaves’, die volgens dat criterium *niet* tot het empirisch vastgestelde risicogebied behoren. Ook zijn er twee ‘eilanden’ buiten de rest van het gebied, die volgens het 20%-criterium er juist *wel* toe behoren. Omdat de vraag gerechtvaardigd is waarom deze gebieden buiten respectievelijk binnen het uiteindelijk gehanteerde risicogebied vallen, worden de modellen in dit rapport, behalve voor het empirisch vastgestelde *20%-risicogebied*, ook geschat voor een alternatief *aaneengesloten risicogebied*, waarbij de enclaves wel en de eilanden niet zijn opgenomen in het risicogebied. Het 20%-risicogebied omvat volgens de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) van het Kadaster 87.046 woningen; het aaneengesloten risicogebied 94.679.

Referentiewoningen

Referentiewoningen zijn in dezelfde periode verkocht als woningen in het risicogebied en worden ‘gematcht’ op locatiekenmerken. Tevens mogen in de postcode waar de referentiewoning zich bevindt geen schadetoekenningen hebben plaatsgevonden om uit te sluiten dat ook de referentiewoning last heeft van een prijsdaling als gevolg van aardbevingen. Voor dit laatste is een schade-intensiteit van 1% als grens gehanteerd. Het toestaan van referentiewoningen uit postcodegebieden met een schade-intensiteit tussen 0% tot 1% verbetert namelijk de kwaliteit van de matching, terwijl het door het waterbedeffect niet aannemelijk is dat in deze gebieden waardeverlies is opgetreden. Bij de gehanteerde grens van 1% is de match gemiddeld over alle transacties in het risicogebied 99,9%. Dat wil zeggen dat de op basis van omgevingskenmerken voorspelde locatiewaarde van een referentielocatie gemiddeld niet meer dan 0,1% verschilt van die voor de transactielocatie.

Bevingsindicatoren

Om prijsverschillen als gevolg van aardbevingen en aardbevingsrisico tussen transacties binnen het risicogebied en transacties van referentiewoningen te verklaren, is gekeken naar een drietal 'bevingsindicatoren': een eventueel imago-effect voor het gebied als geheel, het effect van de bevingshistorie van individuele woningen, en het effect van de schadehistorie van individuele woningen.

Woningen die liggen in het risicogebied kunnen waardedaling ondervinden door een 'negatief' imago als gevolg van de aardbevingen en toekomstige risico's. De indicator voor een eventueel imago-effect geeft daarom aan of een woning in het risicogebied ligt of niet.

Aardbevingen leiden tot grondbewegingen die weer leiden tot mogelijke schade of gevoelens van overlast. Bevingshistorie is daarmee een mogelijke indicator voor het verklaren van waardeverlies. Om de grondsnelheid per locatie als gevolg van een beving te bepalen, wordt gebruikgemaakt van formules die voortkomen uit geologisch onderzoek. In dit rapport wordt de meest actuele formule van Bommer et al. (2019) gebruikt om de PGV (*peak ground velocity*, oftewel maximale grondsnelheid) op een locatie te berekenen. Het is daarbij de vraag vanaf welke grens voor de grondsnelheid een aardbeving mogelijk tot schade leidt. Hier wordt uitgegaan van een grenswaarde van 5 mm/s, die overeenkomt met de (laagste) karakteristieke grenswaarde voor het ontstaan van schade aan gebouwen op basis van metselwerk. Veiligheidshalve wordt daarnaast gewerkt met een lagere grenswaarde van 2,9 mm/s voor schade aan gevoelige structuren en monumenten. Bij het onderzoeken van het effect van de bevingshistorie zijn twee typen indicatoren getest: de totale cumulatieve grondsnelheid en het aantal bevingen, beide voor bevingen boven de drempelwaarden. Het gaat daarbij om alle bevingen sinds het moment dat het KNMI deze meet: bevingen voor 'Huizinge' tellen mee in het effect dat na 'Huizinge' optreedt.

De derde indicator is de schadehistorie van een woning. Deze geeft weer of de woning schade heeft gehad en zo ja, hoeveel compensatie daarvoor is ontvangen en of dit bedrag € 1000 of meer bedraagt (de ondergrens voor het kunnen deelnemen aan de Waardevermeerderingsregeling).

Overige (controle)variabelen

Verschillen in prijzen tussen – qua locatietekenen identieke – woningen kunnen, in plaats van aardbevingsgerelateerd, ook het gevolg zijn van verschillen in kenmerken van die woningen zelf: type woning, bouwperiode, staat van onderhoud, enzovoorts. Daarom zijn er bij het bepalen van het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico, in aanvulling op de bevingindicatoren, verschillende zogenoemde ‘controlevariabelen’ gebruikt.

Bij het al dan niet opnemen van variabelen dient het uiteindelijke doel van het onderzoek als criterium, namelijk om zo goed mogelijk het *causale effect* van bevingen en aardbevingsrisico vast te stellen. Er wordt dus niet gestreefd naar een optimaal *voorspelmodel* van huizenprijzen. Dit betekent bijvoorbeeld ook dat sociaal-economische kenmerken zoals inkomen in een buurt niet in aanmerking komen als verklarende variabelen. Deze zijn immers eerder een resultaat dan een oorzaak van lage of hoge huizenprijzen: in populaire buurten zijn huizenprijzen hoog waardoor vaak alleen hoge inkomensgroepen in staat zijn zich er een woning te veroorloven.

Resultaten

Binnen beide definities van het risicogebied is een dataset met ongeveer 10 duizend transacties geanalyseerd voor de vier varianten van de bevingindicator. Deze resultaten zijn op grote lijnen vergelijkbaar met de eerdere onderzoeken van Atlas voor gemeenten. Er wordt in alle modelvarianten een statistisch significant negatief imago-effect gevonden van ligging in het risicogebied en een aanvullend negatief effect voor elke beving dan wel de opgetelde grondsnelheid boven de gehanteerde drempelwaarden op de plek van een woning. Het negatieve effect van ligging in het gebied is ongeveer 2,5% als wordt uitgegaan van het *20%-risicogebied*, en ongeveer 1,5% als wordt gewerkt met het grotere *aaneengesloten risicogebied*. Dit verschil wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat tot die tweede afbakening ongeveer 9% meer woningen behoren (vooral in de stad Groningen) die in de empirische gebiedsafbakening gemiddeld juist een positief effect lieten zien. Het negatieve effect van bevingen is voor beide definities van het risicogebied vrijwel gelijk, ongeveer 1% tot 1,5%.

De schadehistorie van individuele woningen heeft geen significant effect op de waarde. Dat wijkt af van eerdere onderzoeken van Atlas voor gemeenten, waarin een *positief* effect werd gevonden van een toegekend schadebudget van € 1000 of meer, dat in verband werd gebracht met de

Waardevermeerderingsregeling. In de modellen voor het 20%-risicogebied is de puntschatting nog wel positief maar niet langer statistisch significant, in de modellen voor het aaneengesloten risicogebied is de puntschatting nu negatief maar evenmin significant. Ook de hoogte van het schadebudget blijkt naast het effect van de bevingen geen effect te hebben op de waarde.

Omgerekend naar alle woningen in het risicogebied impliceert dit – afhankelijk van de gekozen modelvariant – per 1 januari 2019 een gemiddelde waardedaling van 3,5~3,8% als wordt uitgegaan van het 20%-risicogebied en 2,5~2,8% voor het aaneengesloten risicogebied. Binnen deze gemiddelden bestaan grote verschillen tussen gemeenten. Zo is (voor de modelvariant die uitgaat van het aantal bevingen vanaf 2,9 mm/s) de gemiddelde waardedaling voor Loppersum het grootst met 11,2% en voor de delen van Zuidhorn, De Marne, Aa en Hunze en Oldambt die tot het risicogebied behoren met 2,3% het kleinst. Ook binnen gemeenten kunnen de verschillen aanzienlijk zijn, afhankelijk van de bevingshistorie van individuele woningen.

Een groot aantal gevoeligheidsanalyses – voor het effect van extra omgevingsvariabelen in de regressies, de weging van referentielocaties, het uitsluiten van postcodegebieden met 0% tot 1% schades als potentiële referentielocatie en het effect van schade aan individuele woningen – geeft geen aanleiding te kiezen voor een alternatief basismodel. In dit kader is ook gekeken naar *versterkte* woningen, maar van de ongeveer 10 duizend transacties in het risicogebied bleek het in slechts twaalf gevallen om een versterkte woning te gaan, waardoor een kwantitatieve analyse niet mogelijk was.

Voorts is getoetst of de looptijd van de verkoop van een woning in het risicogebied negatief afwijkt ten opzichte van die van referentielocaties. Het is immers denkbaar dat woningen in het risicogebied veel langer te koop staan en de waardedaling daardoor wordt onderschat. Er blijken echter geen aanwijzingen voor een langere looptijd te zijn.

In de basismodellen wordt uitgegaan van één periode. Getoetst is of er voor het imago-effect van ligging in het risicogebied of voor de bevingvariabelen sprake is van een trendmatige ontwikkeling, en of een meerperiodemodel tot betere resultaten leidt. Dit blijkt niet het geval.

1 Inleiding en achtergrond

Op 16 augustus 2012 werd Groningen opgeschrikt door een aardbeving met een kracht van 3.6 op de schaal van Richter bij het dorp Huizinge in de gemeente Loppersum. Sindsdien is de aardbevingsproblematiek onafgebroken in het nieuws gebleven en loopt er een wetenschappelijke, maatschappelijke en juridische discussie over de invloed van aardbevingen en het aardbevingsrisico op de woningwaarden in het gebied.

Sinds 'Huizinge' is er veel gebeurd dat van invloed kan zijn geweest op de woningmarkt in het gebied. Los van bevingen met magnitudes tot 3.4 die daarna op verschillende plekken in het gebied hebben plaatsgevonden, is er meer duidelijkheid gekomen over de risico's en afhandeling. Allereerst de publicatie van een KNMI-onderzoek in januari 2013 waarin werd geconcludeerd dat Groningen in de toekomst mogelijk rekening moet houden met aardshokken tot een kracht van 5 op de schaal van Richter.¹ En daarna vele andere publicaties over bijvoorbeeld de bevingen die hebben plaatsgevonden en de schadeafhandeling.

Daarnaast hebben er ook verschillende gebeurtenissen plaatsgevonden waarvan een positief effect op de woningmarkt zou kunnen zijn uitgegaan, zoals begin 2014 de aankondiging van diverse compensatiemaatregelen² – waaronder een compensatieregeling voor de waardedaling van woningen³ en een Waardevermeerderingsregeling⁴ –, de vernietiging van het voorgenomen nieuwe winningsplan door de Raad van State en als gevolg daarvan een reductie van de gaswinning van 33 naar 27 miljard kubieke meter in

¹ B. Dost, M. Caccavale, T. van Eck, D. Kraaijpoel, 2013: Report on the expected PGV and PGA values for induced earthquakes in the Groningen area (KNMI, De Bilt).

² Kamerbrief minister Kamp van Economische Zaken, 17 januari 2014.

³ Regeling Waardedaling van de Nederlandse Aardolie Maatschappij. Versie 29 april 2014. <http://www.namplatform.nl/wp-content/uploads/2014/04/Regeling-waardedaling1.pdf>. De Regeling Waardedaling (kortweg: Waarderegeling) geldt voor woningeigenaren die hun woning aan een particuliere koper hebben verkocht, en die bij de verkoop van hun woning mogelijk een lagere verkoopprijs voor hun woning konden realiseren als gevolg van aardbevingen en/of aardbevingsrisico (ook in geval van echtscheiding of erfrechtelijke verkrijgingen kunnen bewoners opteren voor een compensatie onder de regeling). Deze regeling richt zich dus op de compensatie voor waardedaling en staat naast een al langer (sinds 1993) bestaande regeling voor het herstel van fysieke aardbevingschade (kortweg: Schaderegeling).

⁴ Via de Tijdelijke Regeling Waardevermeerdering (WVM) bood de NAM met ingang van 17 januari 2014 een subsidie van maximaal € 4000 aan eigenaren van woningen in het aardbevingsgebied met een bevingsschade van minimaal € 1000. Met deze tegemoetkoming konden zij energiebesparende of -opwekkende maatregelen financieren die de waarde van hun woning verhoogden, bijvoorbeeld zonnepanelen.

november 2015,⁵ en het nieuwe Gasbesluit in juni 2016 waarin een verdere verlaging van de gaswinning van 27 naar 24 miljard kubieke meter werd aangekondigd.⁶ De Raad van State vernietigde ook dat besluit en verlaagde het productieplafond voor 2018 naar 21,6 miljard kubieke meter.⁷ Op 29 maart 2018 kondigde de minister aan de gaswinning in het Groningenveld op termijn volledig te beëindigen: uiterlijk per oktober 2022 moet de gaswinning afgenomen zijn tot onder 12 miljard kubieke meter en in de jaren erna wordt deze geleidelijk afgebouwd naar nul.⁸ Na dat besluit is het kabinet op zoek gegaan naar aanvullende maatregelen ten behoeve van een snellere afbouw. In de huidige plannen “zou de gaswinning al in het gasjaar 2020/2021 op de 12 miljard Nm³ uitkomen. En vanaf maart 2022 zou de jaarlijkse winning beneden de 4 miljard Nm³ blijven. Daarna komt de nul snel in zicht.”⁹

Naar aanleiding van de beving met een magnitude van 3.4 bij Westerwijtdwerd adviseerde het Staatstoezicht op de Mijnen het ministerie van EZK om de gaswinning een jaar eerder – in 2019/2020 – terug te brengen tot 12 miljard Nm³.¹⁰ Maatregelen daartoe worden thans verkend.¹¹

Eerder onderzoek

Sinds de beving bij Huizinge is door verschillende partijen onderzoek gedaan naar het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico op de waarde van woningen in het risicogebied. Zo deed Ortec Finance sinds 2013 in opdracht van het ministerie van Economische Zaken onderzoek naar de woningwaardeontwikkelingen in aardbevingsgevoelige gebieden rond het Groningenveld.¹² Dat onderzoek is voortgezet door het Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), en wordt inmiddels op verzoek van de Nationaal Coördinator Groningen (NCG) elk half jaar herhaald.¹³ Koster en Van

⁵ Raad van State 18 december 2015, ECLI:NL:RVS:2015:3578. Overschrijding tot maximaal 33 miljard kubieke meter was volgens de uitspraak toegestaan als het gasjaar 2015-2016 een relatief koud jaar zou blijken te zijn.

⁶ Kamerbrief minister Kamp van Economische Zaken 24 juni 2016.

⁷ Raad van State 15 november 2017, ECLI:NL:RVS:2017:3156.

⁸ Kamerbrief minister Wiebes van EZK, 29 maart 2018.

⁹ Kamerbrief minister Wiebes van EZK, 17 juni 2019.

¹⁰ Staatstoezicht op de Mijnen, ‘Advies n.a.v. beving Westerwijtdwerd’, brief aan de minister van EZK, 28 mei 2019.

¹¹ Kamerbrief minister Wiebes van EZK, 17 juni 2019.

¹² M. Francke, K. Lee, 2013: De waardeontwikkeling op de woningmarkt in aardbevingsgevoelige gebieden rond het Groningenveld (Ortec Finance, Rotterdam). En meest recent: M. Francke, B. Broekmeulen, 2016: De ontwikkelingen op de woningmarkt rond het Groningenveld: actualisatie 2^e kwartaal 2016 (Ortec Finance, Rotterdam).

¹³ CBS, 2015: Woningmarktontwikkelingen rondom het Groningenveld. 1e kwartaal van 1995 tot en met 2e kwartaal 2015 (CBS, Den Haag). En meest recent: CBS, 2019: Woningmarktontwikkelingen rondom het Groningenveld - 1e kwartaal 1995 tot en met 4e kwartaal 2018 (CBS, Den Haag).

Ommeren van de Vrije Universiteit (VU) hebben eveneens onderzoek gedaan naar de effecten van de aardbevingsproblematiek op huizenprijzen,¹⁴ en in 2018 hebben ook Durán en Elhorst van de Rijksuniversiteit Groningen een *working paper* met onderzoeksresultaten gepresenteerd.¹⁵

Atlas voor gemeenten heeft (in samenwerking met onderzoekers verbonden aan de Rijksuniversiteit Groningen, Erasmus Universiteit Rotterdam en Universiteit van Amsterdam) sinds 2015 vier rapporten gepubliceerd over het effect van de aardbevingen en aardbevingsrisico's op de woningmarkt. Daarnaast hebben de onderzoekers enkele artikelen gepubliceerd over deze studies en hebben zij het initiatief genomen voor het organiseren van een *special session* over de relatie tussen aardbevingen en woningwaarde op het congres van de European Regional Science Association (ERSA) in Groningen in 2017.¹⁶ Kern van de gehanteerde onderzoeksmethodiek is de hedonische prijsmethode. Deze methode wordt ook in het genoemde onderzoek van Koster en Van Ommeren en door Durán en Elhorst gehanteerd. Atlas voor gemeenten maakt daarbij gebruik van de zogeheten matchingmethodiek, waarbij voor elke verkochte woning in het risicogebied een of meerdere verkochte woningen worden gezocht op locaties buiten het gebied die verder zo goed mogelijk vergelijkbaar zijn op (het waarde-effect van) een groot aantal omgevingsvariabelen.¹⁷

2015: Schokken de prijzen?

In 2015 publiceerde Atlas voor gemeenten het rapport *Schokken de prijzen?*¹⁸ Het risicogebied werd in deze studie afgebakend als de acht gemeenten die op dat moment onder de Waarderegeling vielen. Woningen die zich binnen een ruime bandbreedte rond die acht gemeenten bevinden, werden

¹⁴ H. Koster, J. van Ommeren, 2015: A Shaky Business: Natural Gas Extraction, Earthquakes and House Prices, *European Economic Review*, 80, pp. 120-139, en meer recent: H. Koster, 2016: Gaswinning, aardbevingen en huizenprijzen. Rapport in opdracht van OTB, Universiteit Delft (VU, Amsterdam).

¹⁵ N. Durán & J.P. Elhorst, 5 June 2018: A spatio-temporal-similarity and common factor approach of individual housing prices: the impact of many small earthquakes in the north of the Netherlands. 2018007-EEF.

¹⁶ G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, C van Woerkens, 2016: Waardedaling door aardbevingen. *Real Estate Research Quarterly*, 15(2), pp. 19-29. M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, C. van Woerkens, 2016: Bijdrage aardbevingen aan waardedaling woningen in Groningen overschat. *Economisch Statistische Berichten (ESB)*, 101 (4733), 294-298. M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, C. van Woerkens, 2016: Naschrift bij: Bijdrage aardbevingen aan waardedaling woningen in Groningen overschat. *Economisch Statistische Berichten (ESB)*, 101 (4735), 382. R. Ponds, J. Poort, G. Marlet, 2018: Compensatie woningwaardeverlies moet op basis van actueel model. *Me Judice*, 7 januari 2019.

¹⁷ Hoofdstuk 2 en Bijlage 3 van dit rapport geven een uitvoerige beschrijving van de methodiek.

¹⁸ M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, C. van Woerkens, 25 mei 2015: Schokken de prijzen? Relatieve huizenprijsontwikkeling in het aardbevingsgebied in Groningen en de invloed van aardbevingen en aardbevingsrisico (Atlas voor gemeenten, Utrecht).

uitgesloten als mogelijke referentiewoningen. Op basis van transacties tussen de Huizingebeving en 31 maart 2015 werd in de betreffende acht gemeenten een gemiddelde waardedaling gevonden van tussen 1,9% en 2,6%. Deze waardedaling heeft (net als die in alle andere onderzoeken van Atlas voor gemeenten) betrekking op het *niveauverschil* in de huizenprijzen ten opzichte van vergelijkbare woningen op vergelijkbare locaties zonder bevingsrisico, en geen waardeontwikkeling sinds ‘Huizinge’. Voorts werden aanwijzingen gevonden dat de waardedaling in de eerste helft van die periode (tot en met 2013) wat groter was. Voor de periode vanaf 2014 was het gemeten effect statistisch niet significant. Ook werd geconstateerd dat het meenemen van toegekende budgetten voor schadeherstel de modellen verbeterde. Hiervan ging een positief effect uit op de prijs van de desbetreffende woningen, waarnaast vervolgens een iets groter negatief gebiedseffect werd gemeten.

In januari 2016 zijn de verschillende op dat moment beschikbare onderzoeken door OTB (TU Delft) vergeleken en beoordeeld.¹⁹ De studie van Atlas voor gemeenten werd overwegend positief beoordeeld. OTB deed wel enkele aanbevelingen. Zo beval OTB aan om nader onderzoek te doen naar een andere indeling in risico- en referentiegebieden op basis van schades. Tevens constateerde OTB dat de onderzochte periode vanaf ‘Huizinge’ relatief kort was, waardoor het aantal verklarende variabelen in sommige modellen groot was in vergelijking met het aantal cases. Voorts wierp OTB de vraag op of er voor de beving bij Huizinge geen effecten waren op de woningmarkt en merkte OTB op dat in het rapport informatie ontbrak over de woning- en omgevingskenmerken in de modellen en de bijbehorende coëfficiënten en standaardfouten. Ook stelde OTB vast dat geen vergelijking was gemaakt tussen de bestaande woningvoorraad en de dataset van verkochte woningen, waardoor *sample selection bias* een rol zou kunnen spelen, hoewel de matchingmethodiek dit risico vermindert.

2016: Met angst en beven

Op 14 april 2016 publiceerde Atlas voor gemeenten het rapport *Met angst en beven*.²⁰ Dit rapport vormde een update en verdieping van de eerdere studie en nam de aanbevelingen die door OTB waren gedaan ter harte.

¹⁹ S. Jansen, P. Boelhouwer, H. Boumeester, H. Coolen, J. de Haan, C. Lamain, 2016: Beoordeling woningmarktmodellen aardbevingsgebied (OTB, Delft).

²⁰ M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, R. van Dooren, C. van Woerkens, 2016: Met angst en beven. Verklaringen voor dalende huizenprijzen in het Groningse aardbevingsgebied (Atlas voor gemeenten, Utrecht).

Zo bevatte het rapport een uitvoerige methodologische verantwoording en een overzicht van de gebruikte locatie- en woningkenmerken.²¹ Tevens presenteerde het rapport gevoeligheidsanalyses voor het bepalen van de referentielocaties en is het effect onderzocht van zowel schade aan de verkochte woningen, als schade in de omgeving. De onderzochte periode was met twee kwartalen uitgebreid – tot en met het derde kwartaal van 2015 – waardoor het aantal verkochte woningen in het risicogebied met 29% toenam van 1506 naar 1949 (zie tabel 1.1). Opnieuw werd een generiek negatief gebiedseffect van tussen 2% en 3% gemeten (-2,6% in het voorkeursmodel).

Ook is onderzocht of er vóór de beving bij Huizinge, in de periode tussen 1 januari 2011 en 15 augustus 2012, een effect kon worden vastgesteld, hetgeen niet het geval was.²² Het eventuele risico van *sample selection bias* is eveneens onderzocht door te kijken naar het onderhoudsniveau van verkochte versus te koop staande woningen. Te koop staande woningen bleken gemiddeld iets beter te zijn onderhouden dan verkochte woningen, dus voor een bias die de gemeten waardedaling zou verkleinen bestond geen aanwijzing.

Tevens is – bij wijze van verfijning en ingegeven door het onderzoek van de VU-onderzoekers Koster en Van Ommeren (2015) – onderscheid gemaakt tussen locaties *binnen* het risicogebied, op basis van berekeningen van het aantal voelbare aardbevingen op de locatie van een verkochte woning.²³ Dit resulteerde in een generiek gebiedseffect (imago-effect) van 2,0% in het voorkeursmodel, een additioneel negatief effect van 0,5% per voelbare beving en – wederom – een positief effect voor woningen met een toegekend budget voor schadeherstel.

²¹ De bijbehorende coëfficiënten en standaardfouten voor het basismodel zijn in het rapport *Vijf jaar na Huizinge* uit 2017 eveneens als bijlage opgenomen.

²² Deze bevinding is niet van invloed op de waardedalingen die na de Huizingebeving wel consistent worden gevonden, omdat de methodiek een verschil in het niveau van de prijzen meet ten opzichte van de referentielocaties en niet een verschil sinds 'Huizinge'.

²³ Net als in Koster en Van Ommeren en later onderzoek door Elhorst en Durán (2018) werd daarbij een voortplantingsfunctie voor bevingen van Dost et al. (2004) gebruikt, waarbij net als in Koster en Van Ommeren een drempelwaarde voor de grondsnelheid van 5 mm/s is gehanteerd. In hoofdstuk 4 worden deze voortplantingsfunctie en drempelwaarde op basis van de relevante literatuur geactualiseerd.

2017: Vijf jaar na Huizinge

De aanbeveling van OTB om het risicogebied op basis van schades af te bakken is in het rapport *Vijf jaar na Huizinge*²⁴ van 16 oktober 2017 overgenomen. Het risicogebied is niet langer gedefinieerd als de gemeenten die onder de Waarderegeling vallen, maar empirisch vastgesteld aan de hand van het percentage woningen met een toegekende schade-uitkering. Voor postcodegebieden waar aan minder dan 20% van de woningvoorraad een schade-uitkering is toegekend, kon een negatief prijseffect (naar gangbare wetenschappelijke maatstaven) worden uitgesloten en werd zelfs een positief effect gevonden, mogelijk als gevolg van een ‘waterbedeffect’. Op basis daarvan is het risicogebied opnieuw afgebakend. Alle postcodegebieden waar ooit bevestigsschade is toegekend zijn als referentiegebied uitgesloten.

In deze studie is de onderzochte periode tevens geactualiseerd tot en met juni 2017 en zijn opnieuw enkele belangrijke verfijningen aangebracht. Het aantal verkochte woningen in het (nieuwe) risicogebied ging hierdoor van 1949 naar 6985 (een toename van 260%). Het positieve maar tegenintuïtieve effect van schade-uitkeringen op de transactieprijs is nader onderzocht. Dit bleek samen te hangen met de hiervoor genoemde Waardevermeerderingsregeling waarvoor woningen met een schade van € 1000 of meer in aanmerking komen. Conform de doelstelling van deze regeling lijken deze woningen dus door de maatregelen inderdaad meer waard te zijn geworden.

In het voorkeursmodel kwam het generieke gebiedseffect over de hele periode uit op -1,8%, met een (ten opzichte van het voorgaande onderzoek groter) additioneel effect per voelbare beving van -1,1% en een positief effect van gemiddeld 2,3% voor woningen die in aanmerking kwamen voor de WVR. Splitsing van het gebiedseffect in drie perioden – voor en na februari 2014 (begin Waarderegeling) en na juli 2016 (nieuw Gasbesluit) – wees op een gestaag afnemend effect; in de laatste periode -1,1% en statistisch niet significant.

2018: Nog altijd in beweging

In 2018 volgde *Nog altijd in beweging*, dat Atlas voor gemeenten in december van dat jaar publiceerde. Het risicogebied dat in 2017 empirisch was afgebakend werd daarbij gelijk gehouden.

²⁴ G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, C. van Woerkens, M. Bosker, H. Garretsen, 2017: Vijf jaar na Huizinge. Het effect van aardbevingen op de huizenprijzen in Groningen (Atlas voor gemeenten, Utrecht).

De onderzochte periode werd opnieuw geactualiseerd, met gegevens tot en met 31 december 2017, waardoor het aantal verkochte woningen in het risicogebied steeg van 6985 naar 8103 (een toename van 16%). Ook is een aantal verfijningen doorgevoerd ten opzichte van de voorgaande studies. Zo is naast het aantal bevingen tevens gekeken naar de totale cumulatieve grondsnelheid als indicator voor bevingshistorie. Beide indicatoren voor bevingshistorie zijn verder gebaseerd op geactualiseerd geologisch onderzoek naar hoe bevingen leiden tot grondsnelheden, vanaf welke grondsnelheid schade kan ontstaan aan gebouwen en wanneer een beving potentieel voelbaar is. Daarbij is getoetst of het een verbetering is om te werken met een drempelwaarde ten behoeve van het meenemen van bevingen voor de cumulatieve grondsnelheid, in plaats van het cumuleren van alle grondsnelheden, inclusief de kleinste. Dat bleek zo te zijn, en de modellen zijn doorgerekend voor verschillende drempelwaarden.

Afhankelijk van de keuze voor de bevingindicator en de drempelwaarde, volgde een prijseffect over de hele onderzochte periode en het hele risicogebied van gemiddeld -2,2% tot -2,0%. Dit is het netto effect, inclusief het positieve effect van een toegekend schadebudget voor schadeherstel van € 1000 of meer. Naast dit positieve effect van een schadebudget boven de drempel, bleken de omvang van het budget en toegekende schade in de omgeving van een woning geen effect op de prijzen te hebben. Het bruto effect (exclusief dat positieve effect) varieerde tussen -3,0% en -2,6%. Net als in de eerdere studie in 2017 bleek het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico te variëren in de tijd: in de kern van het gebied liep het onder invloed van nieuwe bevingen op, terwijl het aan de randen geleidelijk afnam.

In *Nog altijd in beweging* is ook onderzocht in hoeverre er aanwijzingen zijn dat de waardedaling verschilt tussen verschillende typen woningen. Dit leverde aanwijzingen op dat woningen in het hogere segment (vrijstaand, luxe, groot) en vooroorlogse woningen mogelijk een sterkere waardedaling kennen dan gemiddeld, en dat andere woningen dus juist een minder sterke daling ondervinden dan gemiddeld, of soms zelfs een positief (waterbed)effect. Deze resultaten bleken echter onvoldoende robuust en met grotere onzekerheid omgeven. Vermoedelijk heeft dat onder meer te maken met het feit dat vrijstaande woningen relatief vaker staan op plekken staan waar ook meer bevingen boven de drempelwaarde zijn geweest. Het maken van een onderscheid tussen woningtypen in de modellen bleek zo

veelal ten koste te gaan van de mogelijkheid om met de bevingsvariabelen onderscheid te maken tussen locaties in het gebied die zwaarder of minder zwaar zijn getroffen door bevingen.

Tabel 1.1 Periode transacties en verkochte woningen in het risicogebied in opvolgende studies Atlas voor gemeenten

Rapport	Periode t/m	Definitie risicogebied	Transacties risicogebied	Toename transacties (t.o.v studie ervoor)
Schokken de prijzen?	2015 Q1	8 gemeenten	1506	
Met angst en beven	2015 Q3	Waarderegeling	1949	+29%
Vijf jaar na Huizinge	2017 Q2		6985	+258%
Nog altijd in beweging	2017 Q4	pc4 met >=20% schade-uitkeringen	8103	+16%
Huidig onderzoek	2018 Q4		9510*	+17%

*Bij keuze zes 'enclaves' toe te voegen aan risicogebied en twee 'eilanden' uit te sluiten (zie paragraaf 2.2) gaat het om 10.266 transacties, een toename van 27% ten opzichte van *Nog altijd in beweging*.

Het huidige onderzoek

Het huidige onderzoek is een actualisatie en op diverse punten een verfijning van de eerdere studies van Atlas voor gemeenten. Na een toelichting op de onderzoeksmethodiek in hoofdstuk 2 volgt in hoofdstuk 3 allereerst een actualisatie van voortplantingsformules voor bevingen. Vervolgens laat hoofdstuk 4 stapsgewijs zien wat het effect is van de diverse aspecten van deze actualisatie op de uitkomsten voor de basismodellen met één periode en toont het een aantal gevoeligheidsanalyses. Tevens wordt in dit hoofdstuk onderzocht of er aanwijzingen zijn dat het aantal dagen dat verkochte woningen te koop hebben gestaan (de looptijd) in het risicogebied hoger is. Hoofdstuk 5 onderzoekt vervolgens de ontwikkeling van de gevonden effecten in de tijd. Hoofdstuk 6 besluit met een synthese van de belangrijkste uitkomsten.

2 Methode en afbakening risicogebied

De centrale vraag in dit onderzoek is hoe groot in het risicogebied de prijsdaling is, die is toe te schrijven aan aardbevingen en aardbevingsrisico, en hoe deze daling varieert binnen het risicogebied. Om dit te kunnen vaststellen, moet het eventuele effect van aardbevingen en aardbevingsrisico geïsoleerd worden van andere factoren die effect hebben op huizenprijzen in het risicogebied. Daartoe is in dit onderzoek gebruikgemaakt van de zogenoemde hedonische prijsmethode. In het onderzoek zijn verschillende stappen gezet: de afbakening van het risicogebied, de selectie van referentiewoningen en de constructie van de bevingsindicatoren en de controlevariabelen die in de uiteindelijke regressieanalyses zijn gebruikt. Deze stappen worden in dit hoofdstuk toegelicht. Voor meer detail wordt verwezen naar de bijlagen 1 tot en met 3.

2.1 De hedonische prijsmethode

De hedonische prijsmethode is de wetenschappelijk gangbare methode om de (positieve of negatieve) waarde van een bepaald verschijnsel (zoals aardbevingen) in te schatten, waarvoor geen eigen markt bestaat waarop een prijs tot stand komt.²⁵ De hedonische prijsmethode gaat ervan uit dat mensen de voor- en nadelen van een bepaalde woonlocatie meewegen in hun bereidheid om te betalen voor een woning op zo'n locatie.²⁶ Overlast en onveiligheid in de woonomgeving zijn voorbeelden van factoren die de woningprijzen in theorie beïnvloeden.²⁷ Daarmee is het centrale idee dat ook

²⁵ De onderzoekers die dit onderzoek naar de prijseffecten van aardbevingen hebben uitgevoerd, hebben op deze manier eerder met succes het effect van overstromingsrisico op de huizenprijzen in Nederland geïsoleerd van het prijseffect van andere kenmerken, en gepubliceerd in een *peer reviewed* wetenschappelijk tijdschrift (M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, C. van Woerkens, 2019: Nether Lands. Evidence on the price and perception of rare natural disasters, in: *Journal of the European Economic Association*, 17-2, pp. 413-453). Met de gebruikte methode en indicatoren wordt bovendien aangesloten bij eerder onderzoek waarmee huizenprijzverschillen in Nederland worden verklaard (G.A. Marlet, 2009: De aantrekkelijke stad. Moderne locatietheorieën en de aantrekkingskracht van Nederlandse steden (VOC Uitgevers, Nijmegen); H. Garretsen, G. Marlet, 2017: Amenities and the Attraction of Dutch Cities, in: *Regional Studies*, 51, 5, pp. 724-736) en grondprijzverschillen op woonlocaties (H. de Groot, G. Marlet, C. Teulings, W. Vermeulen, 2011: *The Urban Land Premium* (Edward Elgar Publishers)).

²⁶ S. Rosen, 1974: Hedonic prices and implicit markets: product differentiation in pure competition, in: *Journal of Political Economy*, 82, pp.34-55; J. Roback, 1982: Wages, rents, and the quality of life, in: *Journal of political economy*, 90, p.1257-1278.

²⁷ De verlangde compensatie voor een woning die in een relatief onveilige woonomgeving staat bleek in de VS in de jaren tachtig bijvoorbeeld gemiddeld 2200 dollar per woning te zijn. Zie: G.C. Blomquist, M.C. Berger, J.P. Hoehn, 1988: New estimates of Quality-of-life in Urban Areas, in: *The American Economic Review*, 78, 1, pp. 89-107. Zie voor Nederland: H. Garretsen, G. Marlet, 2017: Amenities and the Attraction of Dutch Cities, in: *Regional Studies*, 51, 5, pp. 724-736.

(het risico op) aardbevingen op die manier via een lagere woningprijs tot uiting komt.

De hedonische prijsmethode gaat uit van de *feitelijke transacties* op de woningmarkt in het risicogebied. Dat geldt ook voor dit onderzoek. Uitgangspunt voor de analyse zijn dus niet de gemiddelde prijzen in een buurt, wijk of gemeente, maar individuele transactieprizen.²⁸ De prijzen van verkochte woningen in het risicogebied worden met hedonische prijsanalyses vergeleken met de prijzen van verkochte referentiewoningen buiten het risicogebied maar op voor het overige zo goed mogelijk vergelijkbare locaties.²⁹ Op die manier wordt zo goed mogelijk uitgesloten dat er prijsverschillen worden gevonden die het gevolg zijn van andere locatiekenmerken dan aardbevingen en aardbevingsrisico.

De gebruikte gegevens over woningtransacties zijn afkomstig van de Nederlandse Vereniging van Makelaars (NVM). Hoewel verreweg het grootste deel van de makelaars in Nederland (en in de provincie Groningen) bij de NVM is aangesloten, heeft dit tot gevolg dat niet alle transacties in Nederland in dit onderzoek zijn meegenomen. Het Kadaster registreert wel alle transacties maar registreert in vergelijking met de NVM een veel beperkter aantal woningkenmerken en bovendien het moment van overdracht in plaats van transactie. Omdat het voor het bepalen van het effect van (het risico op) bevingen op de woningprijs van belang is zo goed

²⁸ De vraag is of die transactieprizen het hele verhaal vertellen van wat er gaande is op de woningmarkt in het risicogebied. Het beeld zou eventueel kunnen worden vertekend indien alleen de beste woningen nog verkocht worden of wanneer woningen langer te koop staan of onverkoopbaar zijn geworden. Zie hierover: CMO STAMM & Sociaal Planbureau Groningen, 2016: Wonen en leven met aardbevingen. Meningingen, knelpunten en oplossingsrichtingen van burgers (CMO STAMM & Sociaal Planbureau Groningen, Groningen). Hier zijn echter geen systematische aanwijzingen voor. Uit eerder onderzoek bleek dat de looptijd van verkochte woningen in het risicogebied niet langer was dan die in vergelijkbare gebieden; het gevonden verschil was drie à vier dagen en statistisch niet significant (M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, R. van Dooren, C. van Woerkens, 2016: Met angst en beven. Verklaringen voor dalende huizenprijzen in het Groningse aardbevingsgebied (Atlas voor gemeenten/Rijksuniversiteit Groningen)). Ook bleek uit dat onderzoek dat de staat van onderhoud (zowel binnen als buiten) van de woningen die per 1 oktober 2015 te koop stonden iets beter was dan van de verkochte woningen. Als alleen de beste woningen nog verkocht worden, zou je precies het omgekeerde verwachten. Onderzoek van het Centraal Bureau voor de Statistiek bevestigt dat beeld (CBS, 2016: Woningmarktontwikkelingen rondom het Groningenveld: 1^e kwartaal 1995 tot en met 2^e kwartaal 2016 (CBS, Den Haag)). Het onderzoek laat zien dat de kenmerken van de verkochte en te koop staande woningen in het aardbevingsgebied niet afwijken van de totale woningvoorraad in dat gebied als het gaat om oppervlakte, WOZ-waarde en bouwjaar. Paragraaf 4.3 onderzoekt of er in de geactualiseerde data aanwijzingen zijn voor een langere looptijd van woningen in het risicogebied, hetgeen niet het geval blijkt.

²⁹ Op die manier wordt aangesloten bij het principe van *propensity score matching*, zie bijvoorbeeld: G.W. Imbens & J.M. Wooldridge, 2009: Recent Developments in the Econometrics of Program Evaluation. *Journal of Economic Literature* 47.1 (5-86); G.W. Imbens, 2004: Nonparametric estimation of average treatment effects under exogeneity: A review. *Review of Economics and Statistics* 86.1 (4-29).

mogelijk rekening te houden met woningkenmerken en het transactiemoment, is het gebruik van de NVM-database voor dit type onderzoek te prefereren boven de gegevens van het Kadaster.

2.2 De afbakening van het risicogebied

Om de prijsdaling als gevolg van aardbevingen en aardbevingsrisico te onderzoeken is het noodzakelijk eerst te bepalen in welk gebied er mogelijk sprake is van een daling, *het risicogebied*. Prijzen in dat gebied worden in de hedonische prijsmethode vervolgens vergeleken met prijzen buiten dat gebied. In het onderzoek *Vijf jaar na Huizinge* uit 2017 heeft Atlas voor gemeenten naar aanleiding van eerdere aanbevelingen het risicogebied langs empirische weg afgebakend (zie hoofdstuk 1). De eerdere afbakening, die uitging van de gemeenten die onder de Waarderegeling vallen, is daarmee losgelaten.

Als potentiële kopers aardbevingen en bevingsrisico mee laten wegen in hun koopbeslissingen, ligt het voor de hand dat de mate waarin een gebied wel of geen schade aan woningen kent, bepalend is voor het optreden van waardedaling in het gebied. Daarom is voor de gebiedsafbakening gebruikgemaakt van het aandeel woningen met toegekende schadeclaims, een indicator die samenvalt met de mate waarin het risico op de woningmarkt wordt beleefd. De schades zijn ‘objectief’, in de zin dat in beginsel door experts is vastgesteld dat ze door bevingen zijn veroorzaakt en het betreft controleerbare informatie; de locaties waar veel of weinig schade is toegekend, zijn bekend. Omdat erkende schade als zodanig wordt hersteld of vergoed, is het daarbij niet gezegd dat schade in een gebied altijd betekent dat er ook waardedaling is. De samenhang tussen toegekende schade en waardedaling, en dus het vaststellen van het risicogebied, is derhalve een empirische vraag.

In het onderzoek *Vijf jaar na Huizinge* is voor het *potentiële risicogebied* in eerste instantie uitgegaan van alle 4-positie-postcodegebieden (4-ppc, de vier cijfers) waar minimaal één keer aardbevingsgerelateerde schade is toegekend. Het ging daarbij om de schadetoekenningen tot en met het derde kwartaal van 2016. Vervolgens is onderzocht of er een bepaalde grens in het percentage toegekende schadegevallen aan te geven is, waarbij er geen negatief prijseffect meer is. Dat bleek inderdaad zo te zijn; in gebieden met

30% of meer geaccepteerde schadeclaims werd een statistisch significant negatief prijseffect gevonden. Voor het gebied met tussen 20% en 30% schade was dat niet het geval, maar was een negatief prijseffect ook niet uit te sluiten. Voor de gebieden met *minder dan 20% schade* was een negatief prijseffect naar gangbare wetenschappelijke maatstaven wel uit te sluiten. Er werd zelfs een *positief effect* gevonden, mogelijk als gevolg van een ‘waterbedeffect’: de vraag naar woningen net buiten het risicogebied kan worden opgestuwd door bewoners en potentiële kopers die de kern van het risicogebied vermijden, waardoor de prijzen daar juist stijgen. Om er zeker van te zijn dat het risicogebied niet te klein werd gedefinieerd, is het in *Vijf jaar na Huiszinge* en het daaropvolgende onderzoek *Nog altijd in beweging* uit 2018 gedefinieerd als *alle gebieden met een schadepercentage van meer dan 20%* op basis van de schadetoekenningen tot en met het derde kwartaal van 2016. Dat gebied bestond uit 128 4-ppc-gebieden.

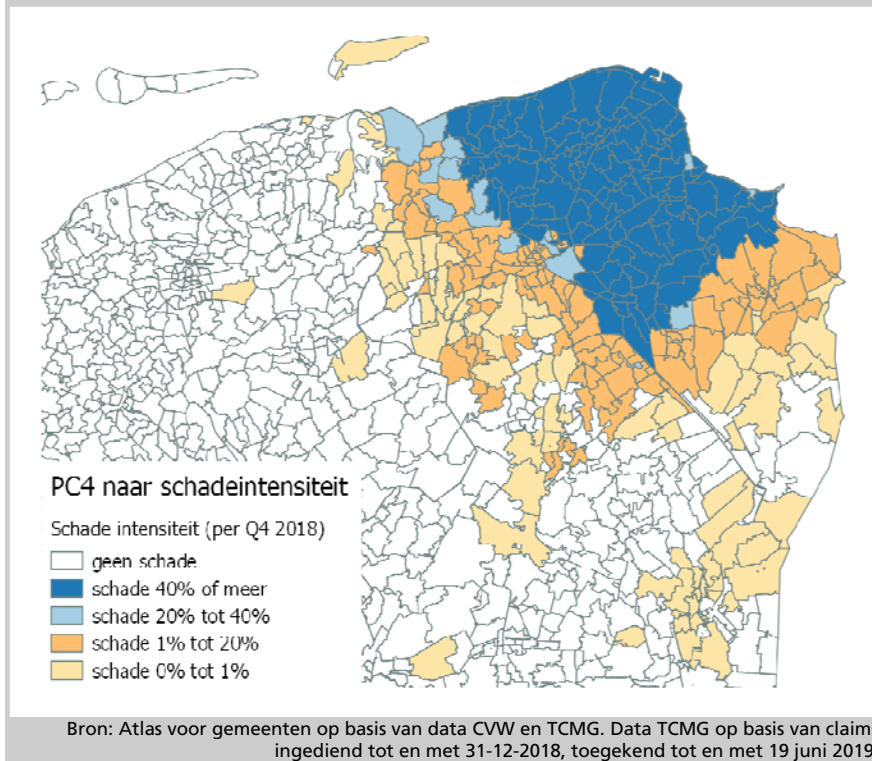
Sinds het derde kwartaal van 2016 is een aanzienlijk aantal nieuwe schades toegekend, met name door TCMG (Tijdelijke Commissie Mijnbouwschade Groningen), waardoor het percentage schadegevallen per 1 januari 2019 in veel postcodegebieden hoger ligt. Ook zijn er sinds de empirische afbakening van het risicogebied in 2017 veel nieuwe transacties op de woningmarkt geweest, is er in sommige postcodegebieden bijgebouwd en zijn er in het gebied twee nieuwe 4-ppc-gebieden ‘gecreëerd’ die voorheen niet bestonden.

Al deze ontwikkelingen noodzaken tot een actualisatie van de empirische afbakening van het risicogebied. Net als in 2017 zijn daarvoor alle 4-ppc-gebieden ingedeeld in categorieën van schade-intensiteit: minder dan 10% schadetoekenningen ten opzichte van de woningvoorraad; tussen 10% en 20% etc. Vervolgens is gekeken vanaf welke categorie een negatief prijsverschil ten opzichte van de referentiewoningen niet kon worden uitgesloten. Voorafgaand aan de praktische uitvoering van de actualisatie moeten diverse, meer generieke onderzoeksstappen worden gezet, die ook nodig zijn voor de analyses in de latere hoofdstukken van dit rapport. Die stappen dienen vooral om de beschikbare data bruikbaar te maken voor het onderzoek. Voor de nadere beschrijving van die actualisatie, en van de onderzoeksstappen die ervoor nodig waren, wordt verwezen naar bijlage 1.

Uit de actualisatie van de empirische afbakening van het risicogebied komt het volgende beeld naar voren, waarbij wordt gewerkt in twee stappen (zie bijlage 1):

- De empirische afbakening van het risicogebied op basis van de *schadedata per 2016* is robuust voor het toevoegen van nieuwe transacties en referentiewoningen: onder 20% schade-intensiteit wordt een significant positief effect waargenomen; boven 30% een significant negatief effect. Tussen 20% en 30% schade-intensiteit is het effect onzeker.
- Na *actualisatie van de schadedata* bestaat in gebieden met 40% of meer geaccepteerde schadeclaims (ten opzichte van de woningvoorraad per 1 januari 2019) een statistisch significant negatief prijseffect. In gebieden met tussen 20% en 40% geaccepteerde schadeclaims is het gevonden effect statistisch niet significant in positieve of negatieve zin, en kan een negatief prijseffect dus niet worden uitgesloten. In gebieden met minder dan 20% geaccepteerde schadeclaims wordt een statistisch positief effect gevonden dat vermoedelijk samenhangt met het genoemde waterbedeffect.

Kaart 2.1 4-positie-postcodegebieden naar schade-intensiteit



Kaart 2.1 geeft de schade-intensiteit in het gebied (na beide stappen) grafisch weer. In het donderblauwe gebied met een schade-intensiteit van 40% of meer wordt een robuust significant negatief effect gevonden. Dit gebied behoort met statistische zekerheid tot het risicogebied. Voor de lichtblauwe postcodegebieden kan een negatief prijseffect niet worden uitgesloten, terwijl in de licht- en donkergele gebieden een significant positief effect gevonden is.

Op grond van de analyses in bijlage 1 ligt 20% geaccepteerde schadeclaims ten opzichte van de woningvoorraad dus net als in de vorige twee studies voor de hand als uitgangspunt voor de afbakening van het risicogebied. Deze grens geeft de meest ruime afbakening van het risicogebied die in overeenstemming is met de empirie. Doordat de geactualiseerde afbakening gebaseerd is op een groter aantal schadeclaims, treden er ten opzichte van de vorige afbakening echter wijzigingen op die om nadere inhoudelijke

analyse vragen. In het bijzonder zijn er gebieden die buiten danwel binnen dit '20%-gebied' vallen waarvoor dat moeilijk te verklaren is gegeven de uitkomsten voor de omliggende gebieden.

Het 20%-gebied omvat zes 'enclaves', waar het percentage geaccepteerde schadeclaims onder de 20% ligt, terwijl de omliggende gebieden meer dan 20% geaccepteerde schadeclaims kennen. In alle zes gevallen gaat het om postcodes in de gemeente Groningen, zie kaart 2.1.³⁰ Twee ervan (9614 en 9622) zijn nieuwe postcodes met een klein aantal woningen en een percentage onder de 10%, die pas sinds 2017 bestaan en waarop dus pas sinds 2017 schadeclaims kunnen zijn geregistreerd. De andere vier bevatten meer woningen en hebben schadepercentages tussen 10% en 20%. Al deze postcodes worden *omringd* door postcodes die binnen het 20%-gebied vallen. Dit roept de vraag op waarom in deze gebieden geen waardedaling zou zijn als dat in alle omliggende gebieden wel het geval is. Daarom worden de modellen in de rest van dit rapport behalve voor het *20%-risicogebied* tevens geschat voor een alternatief *aaneengesloten risicogebied*, waarin deze postcodes alle zes zijn meegeteld.³¹

Voorts zijn er zes postcodegebieden met in totaal 816 woningen, die in de eerdere studies niet, maar per 1-1-2019 wel boven die grens van 20% uitkomen en dus worden toegevoegd aan het 20%-risicogebied.³² Echter, twee van die nieuwe gebieden (postcodes 9656 in Aa en Hunze en 9884 in Zuidhorn) liggen als 'eilanden' omringd door postcodegebieden die buiten het 20%-gebied vallen (zie kaart 2.1). Net als bij de enclaves binnen het risicogebied rijst de vraag waarom in deze eilanden wel waardedaling zou zijn, terwijl dat in alle omliggende gebieden niet het geval is. In beide postcodegebieden hebben bovendien tot eind 2018 geen bevingen plaatsgevonden met een grondsnelheid boven de 2,9 mm/s. Daar komt bij dat het om twee postcodegebieden gaat met een schadepercentage tussen 20% en 30%, waar een postief of negatief effect niet kan worden

³⁰ Het gaat om de postcodes 9613, 9614, 9622, 9732, 9733, 9736.

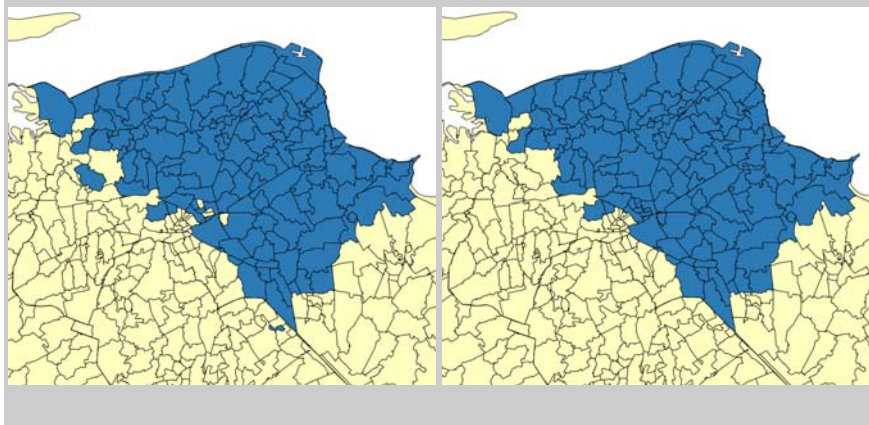
³¹ Ook de gebiedsafbakening in *Vijf jaar na Huizinge* en *Nog altijd in beweging* kende enkele van dit soort enclaves, die in deze studies *niet* tot het risicogebied zijn gerekend. Inclusie van deze gebieden in deze studie op grond van de genoemde inhoudelijke argumenten in het *aaneengesloten risicogebied* maakt het gebied dus wat groter. Postcode 9736, een van de huidige enclaves, behoorde in die eerdere studies overigens al wel tot het risicogebied, als gevolg van een inconsistentie in de registratie van niet toegekende claims, waardoor een aantal niet toegekende claims in de bestanden als schadeuitkering '€ 0' geregistreerd stond en abusievelijk is meegeteld in het schadepercentage. De postcode 9883 in Zuidhorn (met 621 woningen) viel door dezelfde inconsistentie ook abusievelijk binnen het risicogebied in de voorgaande studies. Op grond van de nieuwe analyses valt deze postcode buiten zowel het *0%-risicogebied* als het *aaneengesloten risicogebied*.

³² Het gaat om de postcodes 9605, 9656, 9884, 9973, 9975, 9978.

vastgesteld, en met weinig woningen (108 respectievelijk 64) waardoor het schadepercentage relatief gevoelig is voor het effect van individuele schades.³³ Deze twee postcodes worden dan ook *niet* tot het alternatieve aaneengesloten risicogebied gerekend. De overige vier ‘nieuwe’ postcodes die direct grenzen aan het eerder afgebakende risicogebied, behoren zowel tot het geactualiseerde 20%-risicogebied als tot het aaneengesloten risicogebied.

Per saldo leidt dit tot twee varianten voor het geactualiseerde risicogebied: het ‘datagedreven’ 20%-risicogebied, dat bestaat uit de 132 postcodegebieden met samen in totaal 87.046 woningen (kaart 2.2, links) en het aaneengesloten risicogebied – zonder eilanden en enclaves – dat bestaat uit 136 postcodegebieden met in totaal 94.679 woningen (kaart 2.2, rechts). De postcodegebieden die tot het 20%-risicogebied behoren, zijn in tabel B1.6 in bijlage 1 lichtgrijs gearceerd; de postcodes die daar als enclave binnen liggen, zijn donkergrijs. De twee eilanden met schade-intensiteit 20%-30% die buiten het aaneengesloten gebied vallen, zijn met een * gemarkeerd.

Kaart 2.2 20%-risicogebied (links) en aaneengesloten risicogebied (rechts)



³³ Statistisch beschouwd ligt de ondergrens van het binomiale betrouwbaarheidsinterval van het schadepercentage in deze postcodes rond de 16% (zowel in de normale benadering als in de Clopper-Pearson benadering), dus onder de grens van 20%.

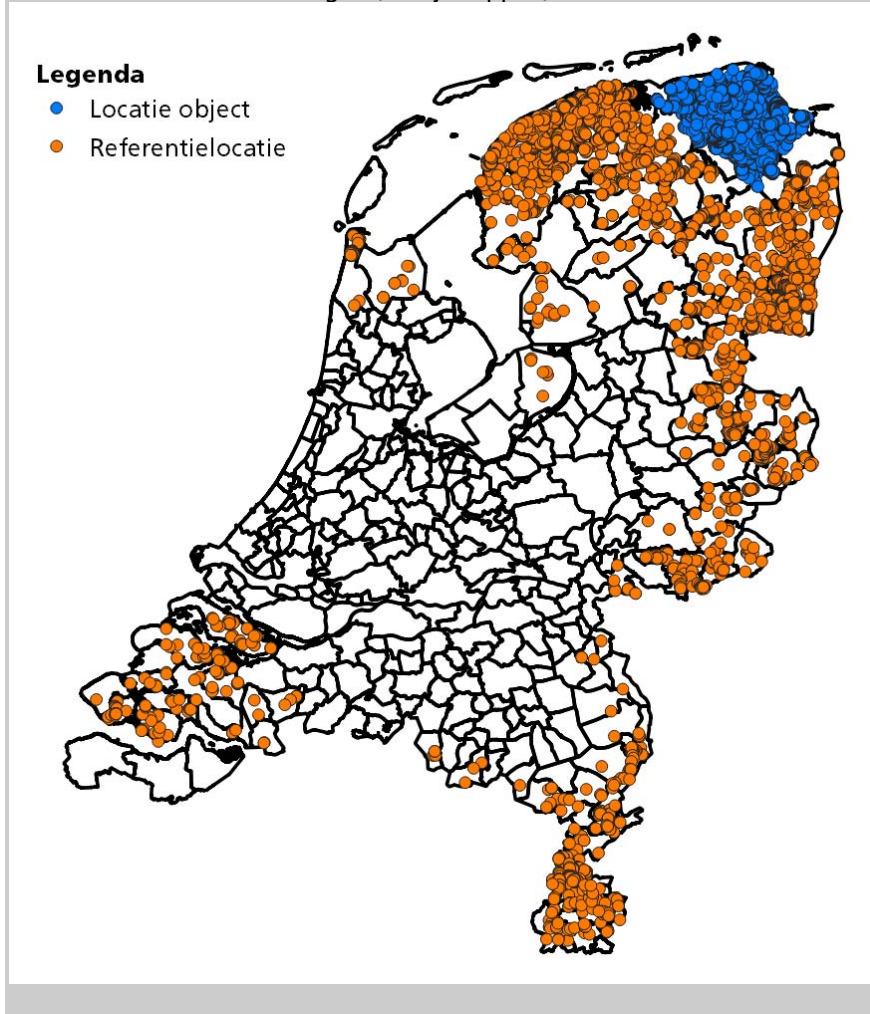
2.3 De selectie van referentiewoningen

Voor elke woning die tussen 16 augustus 2012 en 31 december 2018 in het potentiële risicogebied is verkocht, is een referentiewoning elders in Nederland geselecteerd die in dezelfde periode is verkocht. Daarbij is rekening gehouden met individuele locatiekenmerken en met het moment van verkoop. Als aanvullend criterium mogen de referentiewoningen in beginsel niet in een gebied liggen waar ooit een schademelding in verband met aardbevingen is toegekend. Op die manier is zo goed mogelijk uitgesloten dat er referentiewoningen zijn die zelf ook last hebben van het (imago-)effect van aardbevingen. Bij de selectie van referentiewoningen is nog geen rekening gehouden met individuele woningkenmerken; voor prijsverschillen ten gevolge van verschillen in woningkenmerken wordt in de hedonische prijsregressies met zogenoemde controlevariabelen gecorrigeerd (zie paragraaf 2.5).

De geselecteerde referentiewoning is dus in dezelfde periode verkocht en staat op een locatie die qua locatiescore zo goed mogelijk overeenkomt met de plek in het potentiële risicogebied, met uitzondering van de aardbevingshistorie en het risico op aardbevingen. Bijlage 2 beschrijft de selectie van referentiewoningen en het model dat aan de selectie ten grondslag ligt in meer detail.

Bijlage 2 beschrijft ook dat in ongeveer een kwart van de postcodegebieden met toegekende schades, het percentage schades ten opzichte van het aantal woningen minder is dan 1%. Dit zijn de lichtgele gebieden in kaart 2.1, die over het algemeen vrij ver van het risicogebied af liggen en er op een enkele uitzondering in het noordwesten na ook niet aan grenzen. Door het uitsluiten van deze postcodegebieden met een zeer kleine schade-intensiteit als mogelijke referentielocaties, blijkt de kwaliteit van de match iets te verslechteren, omdat er dan minder en verder weg gelegen postcodes in aanmerking komen als referentielocatie. Tegelijk blijkt uit de analyse voor de afbakening van het risicogebied dat gebieden met minder dan 20% schade een positief (waterbed)effect laten zien (zie bijlage 1). Het risico dat de aardbevingen ook in gebieden met een zeer kleine schade-intensiteit van <1% tot waardedaling hebben geleid, is in de praktijk dus niet aan de orde.

Kaart 2.3 Locaties van alle transacties in het aaneengesloten risicogebied (blauwe stippen) en bijbehorende locaties van referentiewoningen (oranje stippen)



Daarom vormt het uitsluiten van referentielocaties in een 4-posities-postcodegebied met een schade-intensiteit van $\geq 1\%$ in dit onderzoek de basisvariant. In een aantal gevallen wordt het strengere uitsluitingscriterium van $>0\%$ als robuustheidsanalyse getoond. Kaart 2.3 toont met blauwe stippen de locaties van alle transacties vanaf 'Huizinge' tot en met het vierde kwartaal van 2018 in het aaneengesloten risicogebied zoals afgebakend in paragraaf 2.2, en met oranje stippen de locaties van referentiewoningen in

die basisvariant. In totaal gaat het om 10.266 verkochte woningen in het risicogebied en 4473 referentiewoningen in de basisvariant. Deze gegevens staan ook in tabel 2.1. De eerste kolom geeft het aantal transacties en referenties voor het 20%-risicogebied, de tweede kolom voor het aaneengesloten risicogebied. De derde kolom geeft het lagere aantal referentiewoningen als voor dat laatste gebied het strengere uitsluitingscriterium voor referentiewoningen wordt gehanteerd.

Uit Tabel 2.1 blijkt dat één referentiewoning gemiddeld voor 2,3 tot 2,5 woningen in het risicogebied de beste match is. Om een goed gebalanceerde set van woningen in het risicogebied en referentiewoningen te houden, worden referentiewoningen in de regressieanalyses daarom gewogen met het aantal maal dat ze als referentiewoning zijn geselecteerd. In de belangrijkste modellen wordt een ongewogen schatting als robuustheidsanalyse getoond.³⁴

Tabel 2.2 laat voor het 20%-risicogebied de verdeling van de referentiewoningen over COROP-gebieden in Nederland zien. Tabel 2.3 toont de vrijwel identieke verdeling voor het aaneengesloten risicogebied. Noord-Friesland en Zuidoost-Drenthe vormen met elk ruim 20% de twee gebieden met de meeste referentiewoningen, gevolgd door Twente, Zuid-Limburg en Noord-Drenthe.

Tabel 2.1 Transacties risicogebied en aantal referenties

	20%-risicogebied (refs. <1% schade)	Aaneengesloten risicogebied (refs. <1% schade)	Aaneengesloten risicogebied (refs. 0% schade)
Transacties risicogebied	9510	10.266	10.266
Referenties (ongewogen)	4181	4473	4091
Referenties (gewogen)	9510	10.266	10.266
Gemiddeld aantal keer dat ref. voorkomt	2,3	2,3	2,5

³⁴ In *Nog altijd in beweging* vormde de ongewogen variant het basismodel en werd de gewogen variant als robuustheidsanalyse gepresenteerd. Het gemiddeld aantal keer dat een referentiewoning voorkomt, is in de opvolgende studies echter toegenomen; in *Nog altijd in beweging* was het 2,15 en in *Vijf jaar na Huizinge* was het 2,09, waardoor het belang van weging geleidelijk is toegenomen. Het belang van weging is ook groter als de gevonden bevingscoëfficiënten veranderen in de tijd, zoals in de modellen in paragraaf 4.2.

Tabel 2.2 Verdeling referentiewoningen (ongewogen en gewogen) naar
COROP-gebied: 20%-risicogebied

	frequentie gewogen	% gewogen	frequentie ongewogen	% ongewogen
Noord-Friesland	2362	24,8%	1019	24,4%
Zuidoost-Drenthe	2190	23,0%	1049	25,1%
Twente	898	9,4%	334	8,0%
Zuid-Limburg	830	8,7%	339	8,1%
Noord-Drenthe	519	5,5%	239	5,7%
Oost-Groningen	399	4,2%	184	4,4%
Achterhoek	367	3,9%	166	4,0%
Overig Zeeland	327	3,4%	122	2,9%
Zuidoost-Friesland	253	2,7%	121	2,9%
Zuidwest-Friesland	250	2,6%	121	2,9%
Noord-Overijssel	234	2,5%	99	2,4%
Overig Groningen	185	1,9%	102	2,4%
Kop van Noord- Holland	135	1,4%	46	1,1%
Midden-Limburg	133	1,4%	69	1,7%
Groot-Rijnmond	96	1,0%	42	1,0%
Noord-Limburg	94	1,0%	38	0,9%
Zuidwest-Drenthe	74	0,8%	34	0,8%
Flevoland	72	0,8%	27	0,6%
Arnhem/Nijmegen	35	0,4%	9	0,2%
Zuidoost-Noord-Brab.	27	0,3%	9	0,2%
West-Noord-Brabant	24	0,3%	9	0,2%
Noordoost-Noord- Brab.	6	0,1%	3	0,1%
Totaal	9510		4181	

Tabel 2.3 Verdeling referentiewoningen (ongewogen en gewogen) naar COROP-gebied: aaneengesloten risicogebied

	frequentie gewogen	% gewogen	frequentie ongewogen	% ongewogen
Noord-Friesland	2510	24,4%	1072	24,0%
Zuidoost-Drenthe	2306	22,5%	1107	24,7%
Twente	1008	9,8%	377	8,4%
Zuid-Limburg	896	8,7%	356	8,0%
Noord-Drenthe	609	5,9%	283	6,3%
Oost-Groningen	399	3,9%	184	4,1%
Achterhoek	391	3,8%	172	3,8%
Overig Zeeland	330	3,2%	124	2,8%
Zuidoost-Friesland	277	2,7%	132	3,0%
Zuidwest-Friesland	265	2,6%	130	2,9%
Noord-Overijssel	252	2,5%	106	2,4%
Kop van Noord- Holland	218	2,1%	61	1,4%
Overig Groningen	189	1,8%	106	2,4%
Midden-Limburg	151	1,5%	73	1,6%
Noord-Limburg	119	1,2%	52	1,2%
Groot-Rijnmond	98	1,0%	45	1,0%
Flevoland	82	0,8%	29	0,6%
Zuidwest-Drenthe	74	0,7%	34	0,8%
Arnhem/Nijmegen	35	0,3%	9	0,2%
Zuidoost-Noord- Brab.	27	0,3%	9	0,2%
West-Noord-Brabant	24	0,2%	9	0,2%
Noordoost-Noord- Brab.	6	0,1%	3	0,1%
Totaal	10.266	100%	4.473	100%

Tabel 2.4 Gem. matchingspercentage per gemeente (postcodegebieden die tot risicogebied behoren): 20%-risicogebied

	aantal	gemiddeld matchingspercentage
Appingedam	484	99,99%
Bedum	561	99,99%
De Marne	369	99,99%
Delfzijl	1110	99,37%
Eemsmond	686	99,75%
Groningen	1966	99,99%
Loppersum	475	99,99%
Midden-Groningen	2591	99,96%
Oldambt	76	99,94%
Ten Boer	403	100,00%
Winsum	744	99,69%
Zuidhorn	30	99,99%
Aa en Hunze	15	100,00%
Totaal	9510	99,90%

Tabel 2.5 Gemiddeld matchingspercentage per gemeente (alleen postcodegebieden die tot risicogebied behoren)

	transacties	gemiddeld matchingspercentage
Appingedam	484	99,99%
Bedum	561	99,99%
De Marne	369	99,99%
Delfzijl	1110	99,37%
Eemsmond	686	99,75%
Groningen	2750	99,99%
Loppersum	475	99,99%
Midden-Groningen	2591	99,96%
Oldambt	76	99,94%
Ten Boer	403	100,00%
Winsum	744	99,69%
Zuidhorn	17	99,99%
Totaal	10.266	99,91%

Tabel 2.4 laat voor het 20%-risicogebied het aantal transacties en het gemiddelde matchingspercentage zien voor het risicogebied als geheel en per gemeente (alleen voor postcodegebieden die tot het risicogebied behoren). Tabel 2.5 toont dezelfde gegevens voor het aaneengesloten risicogebied. Het matchingspercentage is berekend als 100% minus het (absolute) procentuele

verschil in de locatiescore van de transactie- en de referentielocatie, zoals berekend met het model van tabel B3.1. Het gaat dus om het verschil in de op basis van omgevingskenmerken voorspelde locatiewaarde. Door deze berekening is het percentage altijd lager dan 100% en middelen iets hogere en iets lagere locatiescores van de referentielocatie elkaar niet uit. Gemiddeld over alle transacties bedraagt het matchingspercentage 99,9% en voor elke gemeente komt het ruim boven de 99% uit. In de gemeente waar het gemiddelde matchingspercentage het minst hoog is (Delfzijl) bedraagt het nog steeds 99,37%. Voor transacties in de gemeente Ten Boer is het matchingspercentage met (bijna) 100% het hoogst.

De *sample* voor dit onderzoek bestaat uit een totaal van $9510 + 4181 = 13.691$ observaties bij het 20%-risicogebied, en $10.266 + 4473 = 14.739$ observaties bij het aaneengesloten risicogebied. Bij het schatten van de modellen bleek dat voor 57 respectievelijk 95 woningen (0,4% resp. 0,6%) niet alle relevante woningkenmerken bekend waren. De uiteindelijk *sample* bestaat daardoor uit 13.634 respectievelijk 14.644 observaties. De gewogen sample bestaat uit 18.962 respectievelijk 20.431 woningen.

2.4 De bevingindicatoren

Om het prijseffect van aardbevingen en aardbevingsrisico geïsoleerd te kunnen onderzoeken, is de ontwikkeling van de transactiepreizen van woningen in het risicogebied vergeleken met de ontwikkeling van de transactiepreizen van referentiewoningen. Die prijsverschillen kunnen aardbevingsgerelateerd zijn. Om dat te kunnen onderzoeken zijn op basis van de economische theorie over het verwachte effect van aardbevingen op huizenpreizen³⁵ voor dit onderzoek verschillende ‘bevingindicatoren’ geconstrueerd:

1. Een indicator voor het eventuele bestaan van een imago-effect, die aangeeft of een woning al dan niet ligt in het risicogebied, zoals toegelicht in paragraaf 2.2 en bijlage 1.
2. Een indicator die per verkochte woning de feitelijke *bevingsgeschiedenis* aangeeft, dat wil zeggen: het aantal bevingen boven een bepaalde

³⁵ Zie hiervoor: M. Bosker, et al., 2016: Met angst en beven. Verklaringen voor de dalende huizenpreizen in het Groningse aardbevingsgebied (Atlas voor gemeenten, Utrecht).

grondsnelheid, of de cumulatieve grondsnelheid van al die bevingen. Daarvoor is gebruikgemaakt van de aardbevingscatalogus van het KNMI. In dat bestand staat de plek van het epicentrum van alle geïnduceerde aardbevingen die hebben plaatsgevonden en de diepte waarop die beving heeft plaatsgevonden. Die gegevens van het KNMI zijn bewerkt om per locatie de resulterende grondsnelheid te berekenen. Zie hoofdstuk 3 voor een uitgebreide beschrijving.

3. Een indicator die de *schadehistorie* van een woning weergeeft: of de woning schade heeft gehad en zo ja, hoeveel compensatie daarvoor is ontvangen en of dit bedrag €1000 of meer bedraagt (de ondergrens voor deelname aan de Waardevermeerderingsregeling). Bijlage 2 geeft nadere informatie over de schadehistorie.

2.5 De controlevariabelen

Verschillen in prijzen tussen – qua locatiekenmerken identieke – woningen kunnen, in plaats van aardbevingsgerelateerd, ook het gevolg zijn van verschillen in kenmerken van die woningen zelf: type woning, bouwperiode, staat van onderhoud, enzovoorts. Daarom zijn er bij het bepalen van het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico verschillende zogenoemde ‘controlevariabelen’ gebruikt. Deze controlevariabelen zijn grotendeels volledig objectieve variabelen van de woningen, zoals oppervlakte, type woning, bouwperiode, parkeergelegenheid, en voor een klein deel subjectieve variabelen zoals een inschatting van de staat van onderhoud van de woning en de tuin. Deze inschatting is gemaakt door een makelaar die de woning verkocht waardoor het niet ondenkbaar is dat er een zekere bias in zit ten faveure van de verkopende partij. Als deze bias structureel is, heeft dat gevolgen voor de interpretatie van deze variabelen (een oordeel als ‘goed’ kan dan in de praktijk minder gunstig zijn dan verwacht).

Deze indicatoren worden in dit onderzoek echter alleen gebruikt als controlevariabele om zo goed mogelijk uit te sluiten dat het gevonden effect van bevingen niet door andere factoren wordt veroorzaakt. Zolang het gebruik van deze predicaten niet systematisch verschilt tussen het risicogebied en de referentielocaties, maakt het niet uit wanneer makelaars collectief een wat rooskleurige voorstelling van zaken zouden geven. In bijlage 5 is een volledige modelspecificatie opgenomen van de basismodellen

met één periode (tabel 4.5 en 4.6), met daarin een complete lijst van de in dit onderzoek als controlevariabele gebruikte woningkenmerken en hun effect op de prijsverschillen van woningen.

De basismodellen corrigeren *niet* voor omgevingskenmerken. De reden daarvoor is dat in dit onderzoek gebruik wordt gemaakt van *matching* op basis van omgevingskenmerken. De verkochte woningen in het risicogebied en de daaraan gekoppelde referentiewoningen zijn daardoor al vrijwel identiek als het gaat om omgevingskenmerken voor zover die relevant zijn voor de waarde. Dat blijkt ook uit de hoge matchingspercentages in tabel 2.4 en 2.5. Door referentiewoningen in de modellen te wegen met het aantal maal dat ze als referentiewoning zijn geselecteerd, wordt verder geborgd dat de omgevingskenmerken van de verkochte woningen in het risicogebied en van de referentiewoningen gemiddeld vrijwel identiek zijn. Door vervolgens te corrigeren voor verschillen in huizenkenmerken in de modelschattingen is zo goed mogelijk uitgesloten dat verschillen in transactiepreizen het gevolg zijn van andere factoren dan het risico op beving. Dat geldt in elk geval voor het effect van ligging in het gebied: dat is immers het verschil tussen de gemiddelde transactieprijs van alle verkochte woningen in het risicogebied en van de verkochte woningen op de referentielocaties.

Voor de bevingsindicator, die varieert *binnen* het risicogebied, bestaat echter het risico dat het gevonden effect wordt beïnvloed door correlaties met locatiekenmerken. Als kenmerken van locaties in het risicogebied met relatief veel bevingen bijvoorbeeld structureel ongunstiger zijn dan die in gebieden met weinig bevingen is het denkbaar dat het effect van bevingen wordt overschat wanneer die locatiekenmerken in het model ontbreken. Het aantal bevingen meet dan naast de bevingsintensiteit (onbedoeld) ook bijvoorbeeld het relatief lage aantal banen binnen acceptabele reistijd (*omitted variable bias*). Ook het omgekeerde kan het geval zijn, met een onderschatting van het effect van bevingen als gevolg: *omitted variable bias* kan zowel een over- als onderschatting van de relevante variabelen tot gevolg hebben. Het toevoegen van locatiekenmerken als controlevariabele lost dit eventuele probleem in theorie op. Echter, locatiekenmerken die onvoldoende variëren tussen locaties en in de tijd, kunnen onbedoeld als dummy gaan werken voor (een deel van) het risicogebied en zo leiden tot een onderschatting van ligging in het gebied of van aardbevingen. Dat is eenvoudig in te zien bij het gebruik van echte dummy's voor buurten of gemeenten in de vorm van *fixed effects*. Daarmee zou in theorie kunnen worden gecontroleerd voor alle

factoren die variëren per locatie maar niet door de tijd, maar deze *fixed effects* absorberen tevens het gemiddelde gebiedseffect ('imago-effect') over de meetperiode. Ook bij het gebruik van locatienmerken die maar in beperkte mate variëren in de tijd of waarbij er een gemiddeld niveauverschil is tussen de woningen in het risicogebied en de referentielocaties, bestaat dit risico op onderschatting van het aardbevingseffect. Daarom is niet met zekerheid te stellen dat het toevoegen van locatienmerken leidt tot een betere meting van het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico's, ook wanneer zij de verklaringskracht van het model verhogen. Het doel van dit onderzoek is immers niet om zo goed mogelijk de huizenprijs te voorspellen (via een model met een zo hoog mogelijke R^2)³⁶ maar om zo goed mogelijk het causale effect van bevingen en (toekomstig) bevingsrisico vast te stellen.³⁷ Om diezelfde reden worden geen sociaal-economische kenmerken zoals inkomensniveaus of het aandeel uitkeringsontvangers in een buurt gebruikt als verklarende variabele, ook niet bij de selectie van referentielocaties. Dergelijke sociaal-economische factoren zijn immers eerder een resultaat dan een oorzaak van lage of hoge huizenprijzen. Het opnemen ervan als verklarende variabelen leidt tot omgekeerde causaliteit en verstoring van de andere geschatte variabelen (endogeniteitsproblematiek).

Modellen zonder verdere correctie voor omgevingskenmerken vormen dus steeds het basismodel. In een aantal modellen is bij wijze van robuustheidsanalyse een aantal omgevingskenmerken als controlevariabele opgenomen. Het gaat daarbij om variabelen die in zekere mate corrigeren voor stedelijkheid, maar de variabelen dienen binnen en buiten het risicogebied voldoende ruimtelijke variatie te hebben om te voorkomen dat ze interfereren met de bevingsvariabelen.

2.6 De regressieanalyse

Met hedonische prijsregressies voor alle woningen in het risicogebied en alle referentiewoningen is uiteindelijk onderzocht hoe de transactieprijzen van woningen in het risicogebied verschillen van de transactieprijzen van de referentiewoningen en door welke factoren – zowel de bevingsindicatoren

³⁶ Waar het toevoegen van *fixed effects* op gemeente- en buurniveau wel waardevol kan zijn – en in elk geval de R^2 fors omhoog haalt.

³⁷ Zie voor een verdere wetenschappelijke discussie hierover: C. Young, 2018: The Difference Between Causal Analysis and Predictive Models: Response to "Comment on Young and Holsteen (2017)"; in *Sociological Methods & Research*. Nog te verschijnen – online in te zien via <https://doi.org/10.1177/0049124118782542>

als de controlevariabelen – die prijsverschillen te verklaren zijn. Op deze manier kan zo goed mogelijk het effect van aardbevingen en aardbevingsrisico's op de prijs van woningen worden geïsoleerd van andere effecten. Daarnaast is rekening gehouden met de mogelijke variatie binnen het risicogebied; door het gebruik van de drie verschillende bevingsindicatoren zijn zowel het eventuele prijseffect van feitelijke aardbevingen (bevings- en schadehistorie) als het imago-effect voor de regio als geheel (ligging in het risicogebied) onderzocht.

De uitkomsten van deze hedonische prijsregressies hebben (net als die in alle eerdere onderzoeken van Atlas voor gemeenten) betrekking op het verschil tussen de vierkantemeterprijs van een woning op een bepaald moment en de (hypothetische) situatie dat er geen bevingsrisico zou zijn. Het onderzoek meet een *niveaoverschil* in de huizenprijzen ten opzichte van vergelijkbare woningen op vergelijkbare locaties zonder bevingsrisico, en *geen waardeontwikkeling sinds 'Huiszinge'*. Dat wil dus zeggen dat ook wanneer er wel al enige waardedaling zou zijn geweest voor die beving,³⁸ deze waardedaling niet bij de uitkomsten van de regressies opgeteld zou moeten worden. Referentiewoningen worden immers gematcht op de voorspelde locatiewaarde op basis van de omgevingskenmerken, niet op de feitelijke locatiewaarde.³⁹

Verder is van belang dat de analyse geen onderscheid maakt tussen een op- of een neergaande markt: een negatief waardeverschil ten opzichte van referentielocaties geldt als een waardedaling, ook wanneer de prijzen zelf stijgen. De interpretatie is dan dat bewoners zonder de bevingen en bevingsrisico's van een *hogere* waardestijging hadden geprofiteerd, en dus een waardestijging hebben *gederfd* als gevolg van bevingen en bevingsrisico.

³⁸ In tegenstelling tot wat in 2016 bleek in *Met angst en beven* (zie hoofdstuk 1).

³⁹ Anders gezegd: het deel van de locatiewaarde dat niet kan worden verklaard met het hedonische prijsmodel in bijlage 3 speelt geen rol bij het bepalen van referentielocaties. Het is juist in dat onverklaarde deel dat een eventueel effect van bevingen zou zitten.

3 Actualisatie bevingsindicator

Om het effect van een beving op de specifieke locatie van een woning te bepalen, zijn de afstand tussen het epicentrum van de beving en de locatie van de woning van belang, in combinatie met de zwaarte en dominante frequentie van een beving. Afhankelijk van de wijze waarop aardbevingen zich voortplanten in de bodem, bepalen deze factoren samen de grondsnelheid en grondversnelling die een beving op de plek van een woning teweegbrengt. Vervolgens is de vraag hoe bepaalde grondbewegingen leiden tot mogelijke *schade* en *gevoelens van overlast of onveiligheid*.

Omdat de grondsnelheid en grondversnelling niet (op elke locatie) worden gemeten, worden in alle onderzoeken naar het effect van bevingen op huizenprijzen de grondsnelheid en grondversnelling per locatie voor elke beving berekend met formules die voortkomen uit geologisch onderzoek. In dergelijk onderzoek worden formules afgeleid van metingen van de grondsnelheid en grondversnellingen van bevingen op een aantal locaties.

Paragraaf 3.1 bespreekt de formules die daarvoor in dit onderzoek zijn gehanteerd. Deze zijn ontleend aan een update van het onderzoek dat in 2018 in *Nog altijd in beweging* is gebruikt. Paragraaf 3.2 bespreekt de gehanteerde drempelwaarden voor het meetellen van bevingen en het cumuleren van grondsnelheid. Deze zijn ongewijzigd ten opzichte van *Nog altijd in beweging*, met dien verstande dat de drempelwaarde van 1,0 mm/s in dat onderzoek tot minder robuuste en plausibele resultaten leidde en daarom in dit onderzoek niet meer wordt gebruikt. Paragraaf 3.3 geeft enkele beschrijvende statistieken van de gebruikte bevingsindicatoren en laat in kaarten zien hoe deze waarden binnen het gebied verschillen.

3.1 Voortplanting aardbevingen

In *Vijf jaar na Huiszinge* gebruikte Atlas voor gemeenten voor de voortplanting van aardbevingen in de bodem een formule ontleend aan Dost et al. (2004, p. 166).⁴⁰ De maximale grondsnelheid (PGV, voor *peak ground velocity*) die bevingen op de locatie van woningen teweegbrengen,

⁴⁰ B. Dost, T. van Eck & H. Haak, 2004: Scaling of peak ground acceleration and peak ground velocity recorded in the Netherlands, *Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata*, 45(3), pp. 153-168.

wordt in die studie als criterium gehanteerd voor mogelijke effecten en in de basismodellen worden bevingen op een locatie meegeteld wanneer ze een PGV van ten minste 5 mm/s tot gevolg hebben. De keuze voor de formule van Dost et al. (2004), de focus op PGV en de gehanteerde grenswaarde van 5 mm/s zijn alle gebaseerd op de studie van Koster & Van Ommeren (2015).⁴¹ Deze formule wordt tevens gebruikt in Durán & Elhorst (2018).⁴²

Het onderzoek van Dost et al. waarin deze formule is ontwikkeld, is echter gebaseerd op metingen tot en met 2003 en is daarmee sterk gedateerd: juist daarna is het aantal geïnduceerde bevingen in het risicogebied en de kracht ervan opgelopen. In het rapport *Nog altijd in beweging* is gebruikgemaakt van de actuelere inzichten en formules uit Bommer et al. (2017).⁴³ Dat vormde een belangrijke verbetering ten opzichte van het gebruik van de verouderde formule van Dost et al.

Inmiddels is er een nieuwe actualisatie door Bommer et al. (2019)⁴⁴ beschikbaar. Het is om twee redenen van belang die te gebruiken in deze actualisatie:

1. *De nieuwe studie is gebaseerd op een actuelere en aanzienlijk grotere dataset.*
Bommer et al. (2019) is ten opzichte van de eerdere studie gebaseerd op acht additionele bevingen, waaronder de beving bij Zeerijp in januari 2018, die samen 693 nieuwe metingen hebben opgeleverd. De eerdere studie was gebaseerd op 1014 metingen bij 47 bevingen.
2. *In de nieuwe studie is een eerdere kalibratiefout van het meetnetwerk van het KNMI gecorrigeerd.*
In augustus 2018 kwamen inconsistenties tussen metingen aan het licht bij het KNMI, die in december van dat jaar hebben geleid tot een aanpassing van de afstelling van de versnellingsmeters. Hoewel het effect van de onderliggende kalibratiefout klein blijkt te zijn, is het voor

⁴¹ H.A. Koster & J.N. van Ommeren, 2015: A Shaky Business: Natural Gas Extraction, Earthquakes and House Prices, *European Economic Review*, 80, pp. 120–139.

⁴² N. Durán & J.P. Elhorst, 2018: A spatio-temporal-similarity and common factor approach of individual housing prices: the impact of many small earthquakes in the north of the Netherlands. University of Groningen, SOM research school, SOM Research Reports; vol. 2018007-EEF.

⁴³ J.J. Bommer, P.J. Stafford & N. Ntinalexis, november 2017: Empirical Ground-Motion Prediction Equations for Peak Ground Velocity from Small-Magnitude Earthquakes in the Groningen Field Using Multiple Definitions of the Horizontal Component of Motion. Updated Model for Application to Smaller Earthquakes.

⁴⁴ J.J. Bommer, P.J. Stafford & N. Ntinalexis, maart 2019: Updated Empirical GMPEs for PGV from Groningen Earthquakes.

de zorgvuldigheid en exactheid van de resultaten van belang deze correctie mee te nemen.⁴⁵

De functionele vorm van de PGV-formule in Bommer et al. (2019) is gelijk aan die uit 2017. De update leidt wel tot een (beperkte) aanpassing van de vijf coëfficiënten die op basis van de data zijn geschat. Dit heeft een meer nauwkeurige en actuele voorplantingsfunctie opgeleverd. Technische details staan in bijlage 4. De formules van Bommer et al. (2019) maken net als de eerdere formules uit 2017 en 2004 geen onderscheid naar grondsoort of bodemgesteldheid.

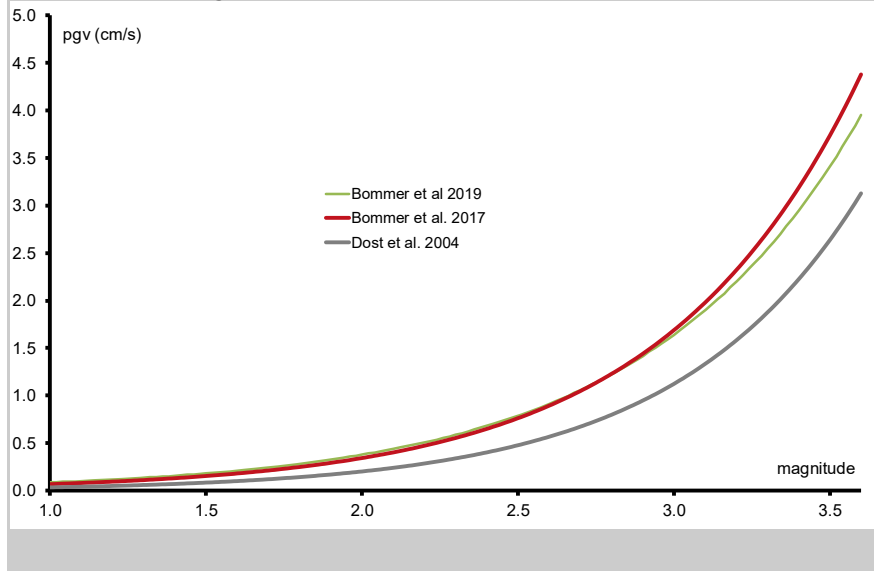
De figuren 3.1 en 3.2 laten zien hoe de oude formule van Dost et al. (2004), de formule van Bommer et al. (2017) en de actualisatie uit 2019 zich tot elkaar verhouden. Het effect van de actualisatie uit 2019 is kleiner dan dat van de eerdere stap van Dost et al. (2004) naar Bommer et al. (2017).

Figuur 3.1 geeft de berekende mediane PGV recht boven de locatie van een aardbeving (epicentrum), *afhankelijk van de magnitude* van de beving. Voor magnitudes tot 2.8 op de schaal van Richter, geven Bommer et al. (2019) een iets hogere voorspelde PGV dan Bommer et al. (2017), daarboven juist een iets lagere. Het verschil loopt op tot maximaal 4,3 mm/s recht boven de Huizingebeving ($M = 3,6$). Het verschil tussen de formules van Bommer et al. en die van Dost et al. (2004) is beduidend groter.

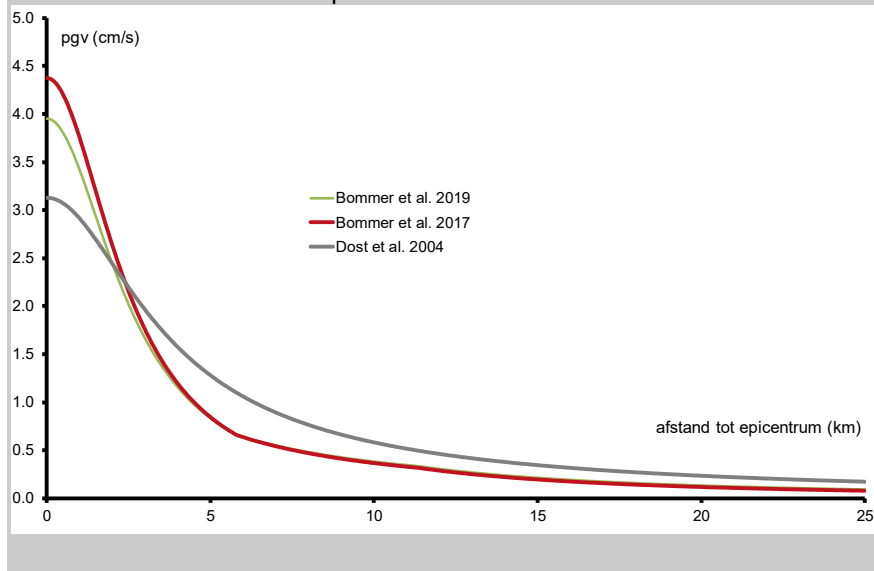
Figuur 3.2 geeft de berekende mediane PGV van een aardbeving met magnitude 3.6, *afhankelijk van de afstand* tot het epicentrum. Bij kleinere afstanden is de PGV volgens de actualisatie uit 2019 wat lager, bij grotere afstanden juist wat hoger. Het omslagpunt ligt bij een afstand van 5,7 km. Opnieuw is het verschil met Dost et al. groter.

⁴⁵ Tweede Kamer, 2018-2019, 33529 Gaswinning, nr. 583, Brief van de minister van Economische Zaken en Klimaat en de staatssecretaris van Infrastructuur en Waterstaat. In een tussentijdse rapportage over de kalibratiefout concludeert SodM "dat de seismische metingen die op dit moment gedaan worden correct zijn, met uitzondering van de metingen van de B0-meters." (Staatstoezicht op de Mijnen, juli 2019: Validatie van het seismische netwerk van het KNMI in Groningen, p. 32). SodM vraagt KNMI en NAM daarom de vergelijking voor de groundbeweging opnieuw vast te stellen zodra die metingen gecorrigeerd zijn. Voorlopig zijn de formules uit maart 2019 echter de meest actuele en accurate. Daarbij is niet zeker of er daadwerkelijk een actualisatie nodig zal zijn. Ntinalexis, Bommer et al. concluderen in een rapport voor NAM: "The conclusion of these exercises was that the recordings of the mounted instruments are reliable for Fourier spectral frequencies below about 15 Hz, oscillator periods above 0.1 second, and for the calculation of PGV." (M. Ntinalexis, J.J. Bommer, E. Ruigrok, B. Dost, R. Pinho, A.A. Correia & J. Uilenreef, juni 2019: Groningen Ground-Motion Recording Networks: Overview and Assessment of Performance).

Figuur 3.1 PGV boven de locatie aardbeving (epicentrum), afhankelijk van de magnitude



Figuur 3.2 PGV van aardbeving met magnitude 3.6, afhankelijk van de afstand tot het epicentrum



3.2 Grenswaarden en gebruik PGV

De in 2017 geactualiseerde *Trillingsrichtlijn* van SBRCURnet⁴⁶ vormt een logisch vertrekpunt voor de keuze tussen grondsnelheid (PGV) en grondversnelling (PGA) en voor de te hanteren grenswaarde. Hoewel de *Trillingsrichtlijn* niet specifiek is geschreven voor geïnduceerde aardbevingen, staat daarover: “Aardbevingen brengen een bouwwerk vanuit de fundering in trilling. Deze trillingsniveaus kunnen ook beoordeeld worden volgens de richtlijn. Hierbij dient wel aandacht te worden geschonken aan het gebruik van het juiste frequentiebereik.” (p. 14).

Hoofdstuk 10 van de *Trillingsrichtlijn* presenteert een methode voor het bepalen van grenswaarden voor het ontstaan van schade, afhankelijk van enkele factoren zoals de dominante frequentie van de trilling en de constructie. In zijn algemeenheid schrijft de *Trillingsrichtlijn* over de grenswaarden: “Als de trillingsbelasting lager is dan de grenswaarde, dan is de kans op constructieve schade nihil en de kans op niet constructieve schade acceptabel klein. Trillingen in combinatie met een andere schadefactor kunnen er voor zorgen dat bij een trillingsbelasting rond de grenswaarde in een enkel geval toch niet-constructieve schade ontstaat of bestaande schade wordt vergroot.” (p. 12). Onder niet-constructieve schade wordt schade verstaan die geen betrekking heeft op de constructieve veiligheid van een gebouw, maar die wel zichtbaar kan zijn (bijvoorbeeld een scheur in metselwerk) en op die manier de economische waarde en de gebruikswaarde van een gebouw kan verminderen.

De grenswaarden voor het ontstaan van schade worden in de richtlijn primair gerelateerd aan de maximale *trillingsnelheid* V_{top} bij de dominante frequentie. Dat is in lijn met diverse andere studies⁴⁷ en het eerdere onderzoek van Atlas voor gemeenten, Koster & Van Ommeren en Durán & Elhorst waarin ook gerekend is met grondsnelheid en niet met grondversnelling. De grenswaarde V_r is vervolgens afhankelijk van a) de dominante frequentie van de trilling, b) de categorie van het bouwwerk,

⁴⁶ SBRCURnet, november 2017: SBR Trillingsrichtlijn A: Schade aan bouwwerken: 2017 en SBR Trillingsrichtlijn B: Hinder voor personen: 2017.

⁴⁷ Zie in dit kader: D.J. Wald, V. Quitoriano, T.H. Heaton, H. Kanamori, C.W. Scrivner & B. Worden, 1999: Trinet “Shakemaps”: Rapid Generation of Peak Ground Motion and Intensity Maps for Earthquakes in Southern California, *Earthquake Spectra*, 15(3) 537-555 en: D.J. Wald, V. Quitoriano, T.H. Heaton, H. Kanamori, 1999: Relationships between Peak Ground Acceleration, Peak Ground Velocity, and Modified Mercalli Intensity in California. *Earthquake Spectra*, August 1999, Vol. 15, No. 3, pp. 557-564. In deze artikelen wordt gesteld dat aardbevingschade met name samenhangt met *grondsnelheden* (PGV): “The kinetic energy available for damage is well characterized by PGV”. Het voelen van aardbevingen hangt mogelijk meer samen met *grondversnellingen*.

alsmede correctiefactoren voor c) het type trilling en d) de bouwkundige staat.

Uit onderzoek van TNO op basis van de bevingen in Groningen in 2014 en 2015 blijken gemiddelde dominante frequenties van 8 Hz en 13 Hz.⁴⁸ Aangezien frequenties tot en met 10 Hz volgens de *Trillingsrichtlijn* corresponderen met de *laagste* grenswaarde (tabel en figuur op p. 67), wordt uitgegaan van een dominante frequentie van 10 Hz. Voorts wordt de *laagste* grenswaarde behorend bij gebouwen van Categorie 2 (metselwerk) gehanteerd. Dit resulteert in een **karakteristieke grenswaarde (V_{kar}) van 5 mm/s**. Dit is de grens waarboven gegeven de frequentie van de trilling er schade zou kunnen ontstaan aan metselwerk.

Deze waarde dient eventueel nog gecorrigeerd te worden voor partiële veiligheidsfactoren voor het *type trilling* en de *bouwkundige staat/monumentale status*. Voor het type trilling bestaat onderscheid tussen kortdurend, herhaald kortdurend en continu. Daarvan is ‘kortdurend’ het meest passend.⁴⁹ Dit geeft een correctiefactor 1, dus geen correctie. Voor de bouwkundige staat geldt een correctiefactor 1 bij een normale staat/geen monument en een factor 1,7 voor gevoelige structuren en monumenten. Veiligheidshalve kan worden uitgegaan van die tweede correctiefactor. Daarmee komt de **grenswaarde voor de trillingssnelheid V_r** vanuit het perspectief van mogelijke schade uit op $5/1,7 = 2,9$ mm/s. Dit sluit goed aan bij de drempelwaarde die volgt uit de voorgaande editie van de SBR-Trillingsrichtlijn. Voor oude en monumentale gebouwen met grote cultuurhistorische waarde (SBR-gebouwen categorie 3) betrof dit 3 mm/s.⁵⁰

Samenvattend: een grenswaarde voor de trillingssnelheid (PGV) van **5 mm/s** – zoals gehanteerd in Atlas voor Gemeenten (2017, 2018), Koster & Van Ommeren (2015) en Durán & Elhorst (2018) – komt overeen met de (laagste) karakteristieke grenswaarde voor het ontstaan van *schade aan gebouwen* van Categorie 2 (metselwerk). Veiligheidshalve wordt daarnaast gewerkt met een lagere grenswaarde voor *schade aan gevoelige structuren en monumenten* van **2,9 mm/s**.

⁴⁸ Te weten 8 Hz voor de x- en y-kanalen en 13 Hz voor het z-kanaal. H. Borsje, J.P. Pruikman, S.A.J. de Richemont, 12 december 2016: Monitoringsnetwerk gebouwtrillingen – Analyse aardbevingen in 2014 en 2015, TNO Rapport nummer R10217, p. 20.

⁴⁹ Bij continue trillingen moet bijvoorbeeld gedacht worden aan trillingen als gevolg van machines in of bij een gebouw; herhaald kortdurende trillingen zijn bijvoorbeeld afkomstig van weg- en railverkeer of heiwerkzaamheden.

⁵⁰ Zie: NAM, augustus 2017: Trillingssschade aan gebouwen. Informatiedocument. Versie 1.0. (p. 24).

Voor het mogelijke effect van bevingen wordt enerzijds gekeken naar het *aantal bevingen* dat op een locatie een PGV boven deze drempelwaarden teweegbracht.⁵¹ Anderzijds wordt gekeken naar de *cumulatieve grondsnelheid*.⁵² Deze tweede maat houdt – beter dan het aantal voelbare bevingen – rekening met het verschil tussen zwaardere en lichtere bevingen boven de drempelwaarde. Anders dan in eerdere studies wordt daarbij echter alleen gecumuleerd over bevingen met een lokale PGV boven de grenswaarden. Bevingen met een PGV ter plaatse onder deze grenswaarden worden dus niet meegenomen in de cumulatieve PGV, omdat het niet aannemelijk is dat dergelijke bevingen schade veroorzaken of gevoeld kunnen worden.

Behalve aardbevingen veroorzaakt de gaswinning ook bodemdaling. Box 3.1 gaat daar kort op in en concludeert dat het niet aannemelijk is dat bodemdaling tot schade aan woningen leidt. Derhalve is er geen aanleiding bodemdaling een rol te laten spelen in de modelspecificaties.

Box 3.1 Bodemdaling

De sterkste bodemdaling als gevolg van de gaswinning is gemeten in de omgeving van Loppersum, waar de bodem ongeveer 32 centimeter is gedaald. Volgens voorspellingen uit 2015 zal de bodem er tot 2100 nog 18 centimeter verder dalen, maar in verband met het recente besluit de gaswinning af te bouwen en op termijn te staken zal dat volgens de huidige verwachtingen minder zijn.

De bodemdaling heeft vooral gevolgen voor de waterhuishouding. De scheefstand van gebouwen als gevolg van de bodemdaling bedraagt op een gevel van tien meter momenteel minder dan 0,1 millimeter. Zelfs bij een honderd maal zo grote scheefstand van 1 cm valt volgens de Commissie Bodemdaling nog geen schade van enige betekenis te verwachten. Ook schade als gevolg van ongelijkmatige zakking door veranderingen in de grondwaterstand is niet aannemelijk.

Bommer et al. (2019) ontwikkelden hun formules op basis van gegevens over bevingen met een magnitude tussen 1.8 en 3.6. Extrapolatie naar aardbevingen met een hogere of lagere magnitude wordt afgeraden. Met 3.6 was de kracht van de beving bij Huizinge van 16 augustus 2012, de sterkste beving ooit in het gebied. Extrapolatie naar een hogere magnitude is dus niet aan de orde.

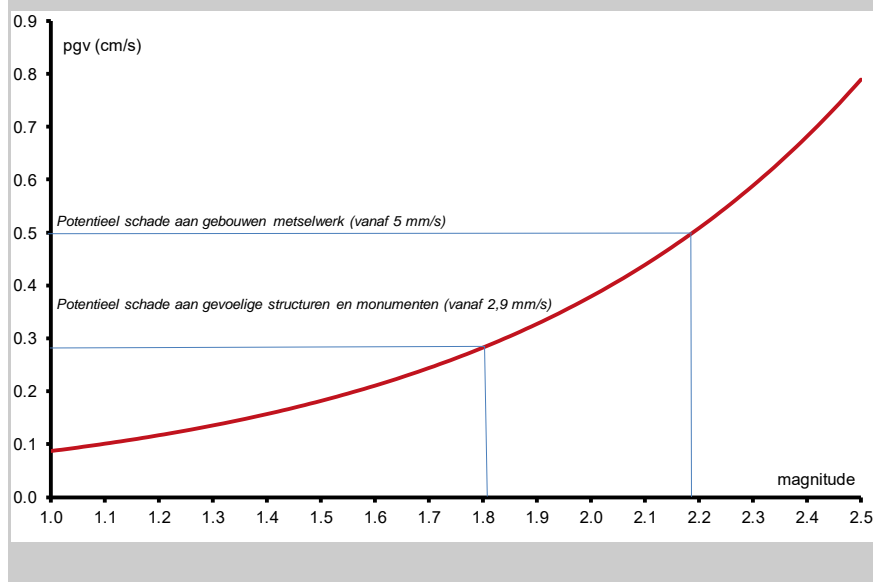
Wel zijn er veel bevingen geweest met een *lagere* magnitude en lijkt het onjuist deze bevingen te negeren, puur omdat gebruik van de formule tot hogere onnauwkeurigheid leidt. De grenswaarde voor de PGV van 5 mm/s

⁵¹ Zoals in Atlas voor gemeenten (2017) en Koster & van Ommeren (2015).

⁵² Zoals in Atlas voor gemeenten (2017) en Durán & Elhorst (2018).

wordt in het epicentrum echter pas vanaf een magnitude van 2.19 bereikt, dus extrapolatie van de formule is daarvoor niet nodig. Hetzelfde geldt voor de grenswaarde van 2,9 mm/s voor schade aan gevoelige structuren en monumenten, die in het epicentrum bij een magnitude van 1.82 wordt bereikt. Extrapolatie van de formule voor potentieel schadeveroorzakende bevingen is dus niet nodig. Figuur 3.3 illustreert dit: in de figuur zijn de gehanteerde grenswaarden ingetekend voor de grondsnelheid in het epicentrum.

Figuur 3.3 PGV boven de locatie aardbeving (epicentrum) en grenswaarden



3.3 Beschrijvende statistieken bevingsindicatoren

In dit onderzoek wordt de formule van Bommer et al. (2019) gebruikt om de PGV op een locatie als gevolg van een beving te berekenen. Tabel 3.1 geeft voor beide definities van het risicogebied het gemiddeld aantal bevingen vanaf de drempelwaarden 5,0 en 2,9 mm/s in de dataset, de standaardafwijking daarin, de maximale waarde en het deel van de verkochte woningen in het risicogebied dat nooit een grondsnelheid boven de drempelwaarde heeft ervaren.

De tabel laat zien hoe groot de verschillen in het gebied zijn: er zijn woningen die tien bevingen met een grondsnelheid van 5 mm/s of meer hebben ervaren, maar het gemiddelde ligt binnen het risicogebied op 0,53 voor het 20%-risicogebied en 0,49 voor het aaneengesloten risicogebied. Meer dan driekwart van de woningen heeft nooit te maken gehad met een dergelijke grondsnelheid. De helft van de woningen heeft wel een of meerdere malen een grondsnelheid van 2,9 mm/s ervaren; sommige woningen maar liefst zeventien maal.

Tabel 3.1 Beschrijvende statistiek bevingsvariabelen risicogebied

	Gemiddelde	Standaard- afwijking	% woningen met 0	Max
<i>20%-risicogebied</i>				
Aantal bevingen 5 mm/s	0,53	1,31	76%	10
Cumulatieve PGV 5 mm/s	0,43	1,20	76%	11,9
Aantal bevingen 2,9 mm/s	1,49	2,46	52%	17
Cumulatieve PGV 2,9 mm/s	0,78	1,58	52%	13,3
<i>Aaneengesloten risicogebied</i>				
Aantal bevingen 5 mm/s	0,49	1,27	78%	10
Cumulatieve PGV 5 mm/s	0,40	1,16	78%	11,9
Aantal bevingen 2,9 mm/s	1,45	2,38	50%	17
Cumulatieve PGV 2,9 mm/s	0,75	1,52	50%	13,3

De kaarten 3.1 tot en met 3.4 laten zien hoe het aantal bevingen en de cumulatieve grondsnelheid bij de twee drempelwaarden verdeeld zijn in het gebied. De blauwe lijn geeft steeds het aaneengesloten risicogebied weer dat in het vorige hoofdstuk en bijlage 1 is bepaald. De grijs omliggende gebiedjes binnen en buiten het aaneengesloten risicogebied zijn de enclaves en eilanden die bestaan als wordt uitgegaan van het 20%-risicogebied. De enclaves in het aaneengesloten risicogebied behoren dus niet tot het 20%-gebied, en de eilanden erbuiten juist wel. Deze kaarten tonen op basis van de meest actuele inzichten over de voortplanting van de bevingen, de feitelijke grondsnelheden en bevingen die zijn opgetreden op elke locatie tot en met 31 december 2018. Deze feitelijke historische bevingsactiviteit vormt de basis om binnen het risicogebied verschillen in de waardedaling te duiden

en om in het laatste hoofdstuk van dit rapport de waardedaling per 1 januari 2019 (modelmatig) te bepalen.⁵³

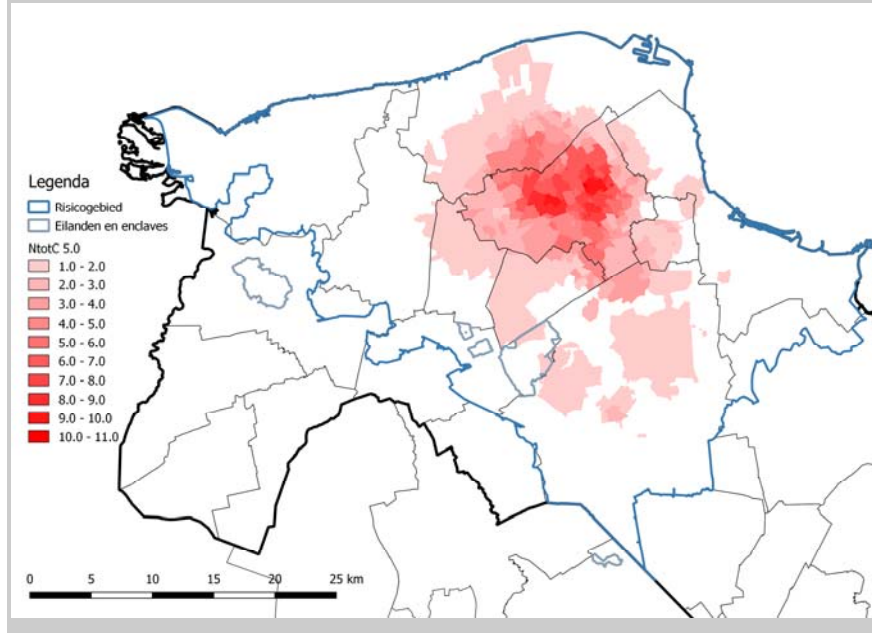
Een deel van één van de enclaves heeft één maal een grondsnelheid van meer dan 5 mm/s ervaren (kaart 3.1) en twee maal een grondsnelheid van meer dan 2,9 mm/s (kaart 3.3), terwijl ook de andere enclaves een grondsnelheid boven 2,9 mm/s hebben ervaren. Dat geldt juist niet voor de eilanden buiten de blauwe lijn en pleit ervoor om voor de modelmatige bepaling van de waardedaling per 1 januari 2019 uit te gaan van het *aaneengesloten risicogebied*.

Deze kaarten wijken af van de seismische *hazardkaarten* die het KNMI met enige regelmaat publiceert.⁵⁴ De kaarten van het KNMI geven niet de historische bevingsactiviteit weer, maar een voorspelling van de kans op het toekomstige optreden van bepaalde grondversnellingen, die onder meer afhankelijk is van toekomstige beleidskeuzes en de vraag of toekomstige winters koud of warm zijn.

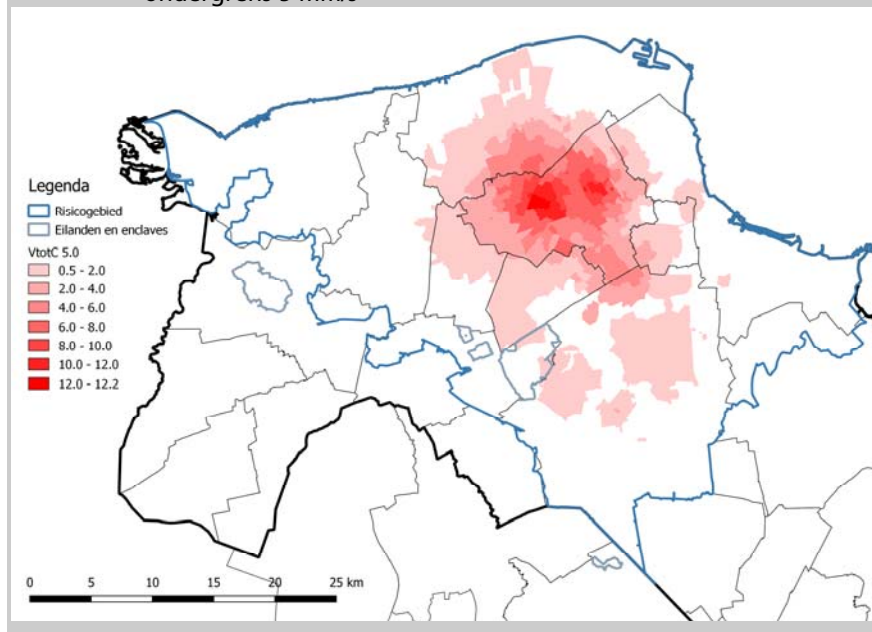
⁵³ In de kaarten 3.3 en 3.4 is aan de uiterste zuidgrens van de gemeente Midden-Groningen een klein gebied te zien waar ook grondsnelheden boven de drempel van 2,9 mm/s zijn geweest. Deze grondsnelheden zijn meegeteld in de bevingsindicatoren die in dit onderzoek zijn gebruikt. Ook buiten het empirisch vastgestelde risicogebied, kan er dus enige seismische activiteit zijn geweest als gevolg van andere velden, zonder dat die tot waardedaling heeft geleid.

⁵⁴ Zie bijvoorbeeld <https://www.knmi.nl/over-het-knmi/nieuws/minder-gaswinning-groningen-minder-seismische-dreiging>.

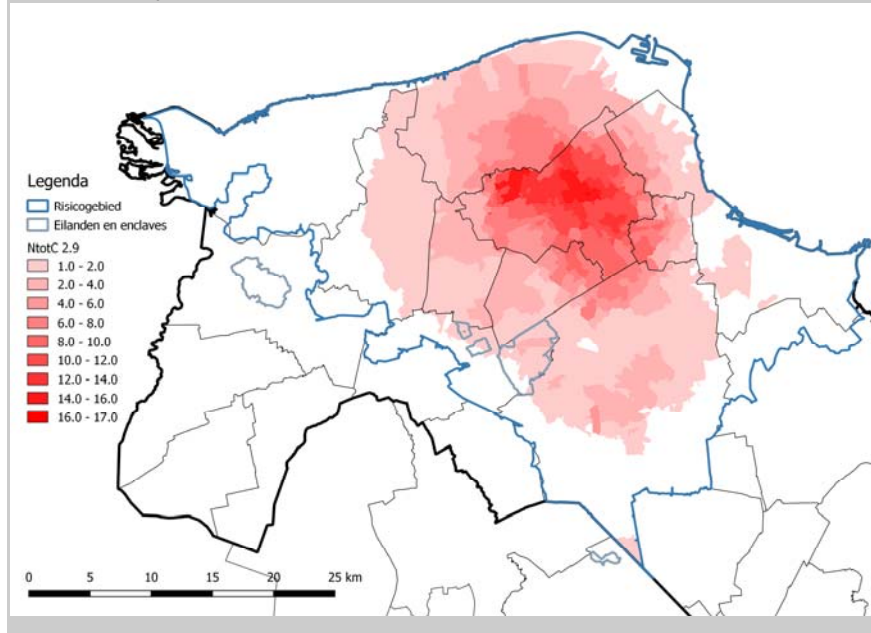
Kaart 3.1 *Aantal bevingen* per 6-positie-postcodegebied met ondergrens 5 mm/s



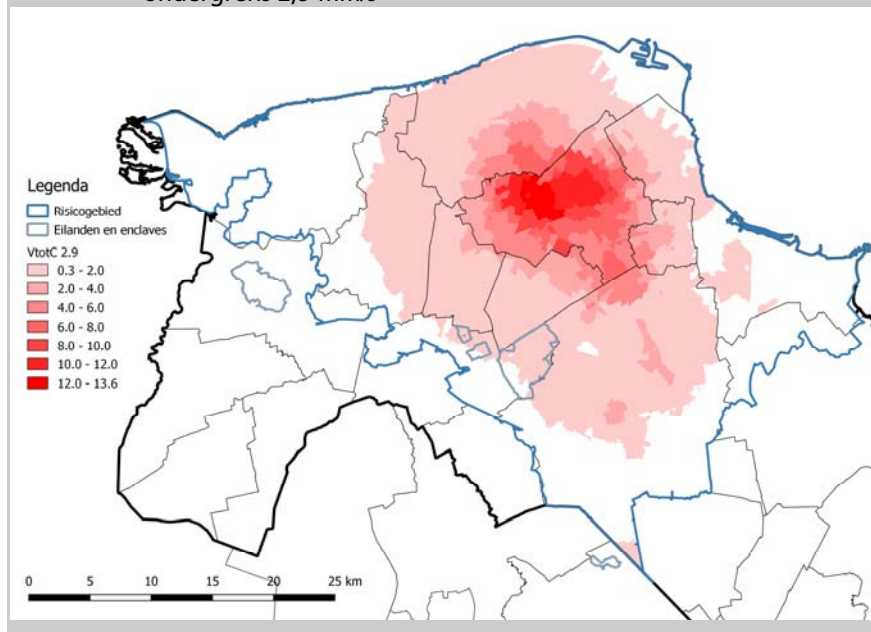
Kaart 3.2 *Cumulatieve grondsnelheid* per 6-positie-postcodegebied met ondergrens 5 mm/s



Kaart 3.3 *Aantal bevingen per 6-positie-postcodegebied met ondergrens 2,9 mm/s*



Kaart 3.4 *Cumulative grondsnelheid per 6-positie-postcodegebied met ondergrens 2,9 mm/s*



4 Actualisatie basismodellen één periode *Nog altijd in beweging*

Dit hoofdstuk bespreekt de geactualiseerde basismodellen voor het effect van de aardbevingen en aardbevingsrisico's in de periode vanaf de beving bij Huizinge op 16 augustus 2012 tot en met 31 december 2018. Het gaat daarbij dus om een update van de woningmarkttransacties en referentielocaties met een extra jaar, de actualisatie van het risicogebied en de toepassing van de meest recente inzichten over de voortplanting van aardbevingen in het gebied.

Paragraaf 4.1 beschrijft voor de vier basismodellen zonder onderscheid naar tijdvakken stapsgewijs het effect van de verschillende aspecten die zijn geactualiseerd. Op die manier wordt per stap duidelijk wat het effect op de uitkomsten is. Paragraaf 4.2 toont een aantal gevoeligheidsanalyses en in paragraaf 4.3 wordt onderzocht of ligging in het risicogebied en bevingen effect hebben op hoelang woningen te koop staan voor ze verkocht worden (de looptijd).

4.1 Actualisatie basismodellen in stappen

In de hoofdstukken 2 en 3 zijn verschillende aspecten van het onderzoek *Nog altijd in beweging* uit 2018 geactualiseerd: een extra jaar met transacties op de woningmarkt en bevingen is meegenomen; de voortplantingsformule om bevingen om te rekenen naar een grondsnelheid op de plek van een verkochte woning is geactualiseerd; en het risicogebied is empirisch opnieuw vastgesteld. Als alternatief voor het *20%-risicogebied* dat daaruit volgt, zijn in een *aaneengesloten risicogebied* de enclaves meegenomen die door het risicogebied omsloten lagen en twee eilanden erbuiten juist niet meegenomen (zie paragraaf 2.2). Bovendien zijn de referentiewoningen voor een deel van de transacties geüpdatet: de methode waarmee dat gebeurt, is weliswaar hetzelfde gebleven, maar er zijn enige veranderingen geweest in de postcodegebieden waar referentiewoningen mogen liggen en nieuwe transacties elders in het land kunnen ook voor iets oudere transacties in het risicogebied een betere match opleveren. Deze paragraaf laat stap voor stap zien wat het effect is van deze actualisaties op de uitkomsten.

Tabel 4.1 Resultaten *Nog altijd in beweging* (tabel 4.3 en 4.4 uit dat rapport)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,020 (-3,6)***	-0,022 (-4,0)***	-0,019 (-3,4)***	-0,022 (-3,9)***
Bevingen of PGV	-0,010 (-5,1)***	-0,012 (-4,5)***	-0,009 (-6,9)***	-0,015 (-6,4)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,021 (3,3)***	0,019 (3,0)***	0,024 (3,8)***	0,022 (3,5)***
Gemiddeld effect	-2,69%	-2,63%	-2,96%	-2,85%
N	11840	11840	11840	11840
R	0,49	0,49	0,49	0,49

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten en met kwartaaldummy's en woningkenmerken als controlevariabelen. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tabel 4.2 Stap 1: actualisatie woningmarkttransacties en referentiewoningen (ongewogen refs, o.b.v. oude definitie risicogebied en Bommer et al., 2017)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,022 (-4,5)***	-0,025 (-4,9)***	-0,021 (-4,1)***	-0,024 (-4,8)***
Bevingen of PGV	-0,011 (-6,8)***	-0,013 (-6,1)***	-0,008 (-6,8)***	-0,013 (-6,5)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,010 (1,9)*	0,008 (1,5)	0,011 (2,0)**	0,009 (1,7)*
Gemiddeld effect	-3,04%	-2,97%	-3,07%	-3,01%
N	13964	13964	13964	13964
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten en met kwartaaldummy's en woningkenmerken als controlevariabelen. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tabel 4.1 resumeert de resultaten in de vier basismodellen met één tijdvak uit het voorgaande rapport *Nog altijd in beweging*: de modellen met als bevingensvariabele de cumulatieve grondsnelheid vanaf 2,9 respectievelijk 5 mm/s, en de bijbehorende modellen met het aantal bevingen. Deze uitkomsten zijn dus in feite het vertrekpunt van de actualisatie.

Tabel 4.2 toont het effect van de actualisatie met één jaar woningmarkttransacties in het risicogebied volgens de definitie uit *Nog altijd in beweging* en gebruikmakend van de oude voortplantingsformules van Bommer et al. (2017). Net als de modellen in Tabel 4.1 zijn de referentiewoningen niet gewogen voor het aantal maal dat ze als beste match voorkomen. De coëfficiënten voor ligging in het risicogebied en voor de bevingsindicator blijken zeer robuust. Die voor ligging in het gebied zijn in alle varianten een fractie hoger en ook de t-waarden zijn over het algemeen iets hoger, naar verwachting door het grotere aantal transacties. De R^2 is wat lager en het effect van ligging in het gebied en de bevingsindicator over alle transacties (exclusief het effect van schadebudget) is gemiddeld iets groter.

Er is één opvallend verschil: de coëfficiënt voor een schadebudget van € 1000 of meer is in alle gevallen de helft lager en blijkt niet langer statistisch significant in de update of is nog maar significant bij 90% of 95%. In het volgende hoofdstuk zal blijken dat dit verschil vooral zit in de derde periode. Mogelijk hangt dit samen met de lange vertraging die juist de laatste jaren is opgetreden in de schadeafhandeling, onder meer als gevolg van de overdracht van de afhandeling van CVW naar TCMG. Hierdoor was voor veel verkochte woningen in dit laatste tijdvak op het moment van verkoop nog geen duidelijkheid over lopende schadeclaims, die wel voor dat moment waren ingediend. Het is aannemelijk dat zo'n schadeclaim met onzekere afloop juist een waardeverlagend effect heeft.⁵⁵ Een alternatieve verklaring is dat de energiebesparende of -opwekkende investeringen die eigenaren onder de Waardevermeerderingsregeling mogen doen, in de loop der tijd minder onderscheidend zijn geworden ten opzichte van referentiewoningen, die ook steeds vaker zullen beschikken over zonnepanelen of goed geïsoleerd zullen zijn.

Vergelijking van tabel 4.3 met tabel 4.2 laat het effect van weging van referentiewoningen zien. Het effect van ligging in het gebied en van de bevingsvariabele wordt in alle modelvarianten een fractie hoger, waarbij ook de t-waarden hoger worden: de coëfficiënten worden dus preciezer geschat. De coëfficiënt voor schadebudget boven € 1000 is nu in alle modelvarianten statistisch niet significant.

⁵⁵ Pogingen dit verder te ontzenuwen door schadedossiers verder te onderscheiden op basis van de datum waarop claimanten een eerste rapport ontvingen of de datum waarop het schadebudget in de bestanden van CVW voor de laatste maal was aangepast, konden hierover geen nader uitsluitsel bieden. Mogelijk houdt dit onder meer verband met onvolledige administratie hiervan.

Tabel 4.4 toont in vergelijking met tabel 4.3 het effect van de actualisatie van de voortplantingsformules uit Bommer et al. (2019). Dit heeft vrijwel geen effect op de geschatte coëfficiënten en het gemiddelde effect in het gebied. Wel worden de t-waarden van de bevingsvariabelen weer iets hoger, wat in lijn is met de constatering in hoofdstuk 3 dat de nieuwere formules de feitelijke bevingsactiviteit iets beter beschrijven.

Tabel 4.3 Stap 2: weging (o.b.v. oude definitie risicogebied en Bommer et al., 2017)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,025 (-5,9)***	-0,027 (-6,6)***	-0,023 (-5,4)	-0,026 (-6,3)***
Bevingen of PGV	-0,013 (-7,7)***	-0,014 (-6,9)***	-0,008 (-7,7)***	-0,015 (-7,4)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,003 (0,6)	0,0005 (0,1)	0,004 (0,7)	0,002 (0,3)
Gemiddeld effect	-3,38%	-3,29%	-3,41%	-3,33%
N	19445	19445	19445	19445
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten en met kwartaaldummy's en woningkenmerken als controlevariabelen. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tabel 4.4 Stap 3: Bommer et al., 2019 (o.b.v. oude definitie risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,024 (-5,8)***	-0,027 (-6,5)***	-0,022 (-5,2)***	-0,026 (-6,3)***
Bevingen of PGV	-0,013 (-8,0)***	-0,015 (-7,3)***	-0,008 (-8,2)***	-0,015 (-7,9)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,004 (0,7)	0,001 (0,2)	0,005 (0,9)	0,003 (0,5)
Gemiddeld effect	-3,40%	-3,32%	-3,43%	-3,36%
N	19445	19445	19445	19445
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tabel 4.5 Stap 4a: Actualisatie risicogebied op basis van nieuwe schadedata: 20%-risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,025 (-5,8)***	-0,027 (-6,5)***	-0,023 (-5,3)***	-0,026 (-6,2)***
Bevingen of PGV	-0,013 (-7,9)***	-0,015 (-7,2)***	-0,008 (-8,2)***	-0,015 (-7,8)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,004 (0,7)	0,001 (0,3)	0,005 (0,9)	0,003 (0,5)
Gemiddeld effect	-3,47%	-3,39%	-3,51%	-3,43%
N	18962	18962	18962	18962
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tabel 4.6 Stap 4b: Aaneengesloten risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,015 (-3,7)***	-0,018 (-4,5)***	-0,013 (-3,1)***	-0,017 (-4,2)***
Bevingen of PGV	-0,013 (-8,2)***	-0,016 (-7,6)***	-0,008 (-8,3)***	-0,016 (-8,4)***
Toegekend budget ≥ € 1000	-0,004 (-0,8)	-0,006 (-1,2)	-0,003 (-0,6)	-0,005 (-0,9)
Gemiddeld effect	-2,47%	-2,40%	-2,49%	-2,45%
N	20431	20431	20431	20431
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tabel 4.5 toont de stap van het actualiseren van het risicogebied naar alle postcodegebieden met een schade-intensiteit van 20% of meer. Het gaat hier dus om het 'datagedreven' 20%-risicogebied, inclusief de twee eilanden en exclusief de enclaves. Het effect van deze stap op de coëfficiënten is vrijwel nihil. Het gemiddelde effect komt uit tussen 3,4% en 3,5%.

Tabel 4.6 laat tot slot de stap naar het aaneengesloten risicogebied zien, dus exclusief de eilanden en inclusief de enclaves. De coëfficiënt voor ligging in het risicogebied wordt in alle vier de modellen ongeveer een procentpunt kleiner (met een navenant lagere t-waarde). Dit verschil wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat in tabel 4.6 een aanzienlijk aantal extra woningen tot het risicogebied wordt gerekend, vooral in de stad Groningen, terwijl deze woningen in postcodegebieden liggen die in de empirische gebiedsafbakening (gemiddeld) juist een positief effect lieten zien. De bevestigingsvariabelen houden vrijwel dezelfde waarden. Het gemiddelde effect in het gebied neemt af naar 2,4% tot 2,5%. Hier wordt duidelijk dat de uitbreiding van het risicogebied met de enclaves (waar aanzienlijk meer woningen staan dan in de eilanden die afvallen) leidt tot een gemiddeld iets lager gebiedseffect.

4.2 Gevoeligheidsanalyses

Deze paragraaf laat een aantal gevoeligheidsanalyses zien van de basismodellen voor één periode uit tabel 4.5 en 4.6. De tabellen 4.7 en 4.8 laten de uitkomsten zien wanneer referentiewoningen *niet* worden gewogen met het aantal maal dat ze als referentiewoning zijn geselecteerd. In vergelijking met de tabellen 4.5 en 4.6 zijn de coëfficiënten van het aantal bevingen of de grondsnelheid en van ligging in het risicogebied in deze gevoeligheidsanalyse iets kleiner. Het gemiddelde effect over de dataset komt dan ook iets lager uit, rond de 3,2% in tabel 4.7 en 2,1% in tabel 4.8. In tabel 4.7 is de variabele voor toegekend schadebudget in een aantal gevallen weer (zwak) significant positief.

Tabel 4.7 Gevoeligheidsanalyse: ongewogen referentielocaties (20%-risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,023 (-4,6)***	-0,026 (-5,0)***	-0,022 (-4,2)***	-0,025 (-4,8)***
Bevingen of PGV	-0,011 (-7,0)***	-0,013 (-6,4)***	-0,007 (-7,3)***	-0,013 (-7,0)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,011 (1,9)*	0,008 (1,5)	0,012 (2,1)**	0,010 (1,8)*
Gemiddeld effect	-3,20%	-3,12%	-3,24%	-3,16%
N	13634	13634	13634	13634
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tabel 4.8 Gevoeligheidsanalyse: ongewogen referentielocaties (aaneengesloten risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,013 (-2,6)***	-0,015 (-3,1)***	-0,011 (-2,2)***	-0,014 (-2,9)***
Bevingen of PGV	-0,011 (-7,2)***	-0,014 (-6,7)***	-0,007 (-7,4)***	-0,014 (-7,5)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,002 (0,4)	0,0005 (0,1)	0,003 (0,6)	0,002 (0,4)
Gemiddeld effect	-2,13%	-2,07%	-2,15%	-2,12%
N	14644	14644	14644	14644
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

De tweede gevoeligheidsanalyse in de tabellen 4.9 en 4.10 laat zien wat er gebeurt wanneer (gelijktijdig met woningkenmerken) wordt gecorrigeerd voor een aantal omgevingskenmerken. Net als in *Nog altijd in beweging* gaat het om omgevingskenmerken die corrigeren voor nabijheid van werk, (culturele) voorzieningen, overlast en nabijheid natuur. Het effect van ligging in het risicogebied wordt in deze variant ongeveer een procentpunt

kleiner geschat en ook de coëfficiënt van bevingen of grondsnelheid is beduidend kleiner, terwijl voor toegekend schadebudget boven € 1000 nu wel weer een significant postief effect wordt gevonden van ongeveer 2%. Het gemiddelde effect over de dataset (exclusief dat van schadebudget) komt aanzienlijk lager uit: rond -1,9% voor het 20%-risicogebied en rond -0,9% voor het aaneengesloten risicogebied. Het is echter aannemelijk dat dit een onderschatting is, omdat de omgevingsfactoren die corrigeren voor stedelijkheid, voorzieningen en natuur correleren met bevingactiviteit en daardoor een deel van het bevingseffect absorberen.

Tabel 4.9 Gevoeligheidsanalyse: gecorrigeerd voor omgevingskenmerken (20%-risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,016 (-3,8)***	-0,016 (-4,0)***	-0,016 (-3,8)***	-0,016 (-3,9)***
Bevingen of PGV	-0,004 (-2,6)***	-0,006 (-3,2)***	-0,002 (-1,9)*	-0,005 (-2,8)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,027 (5,7)***	0,027 (5,8)***	0,026 (5,5)***	0,027 (5,7)***
Gemiddeld effect	-1,86%	-1,85%	-1,85%	-1,85%
N	18962	18962	18962	18962
R	0,59	0,59	0,59	0,59

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tabel 4.10 Gevoeligheidsanalyse: gecorrigeerd voor omgevingskenmerken (aaneengesloten risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,005 (-1,4)	-0,006 (-1,5)	-0,006 (-1,5)	-0,005 (-1,4)
Bevingen of PGV	-0,004 (-2,9)***	-0,007 (-3,8)***	-0,002 (-1,9)*	-0,006 (-3,5)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,020 (4,3)***	0,020 (4,4)***	0,019 (4,0)***	0,020 (4,4)***
Gemiddeld effect	-0,85%	-0,85%	-0,83%	-0,86%
N	20431	20431	20431	20431
R	0,57	0,57	0,57	0,57

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tabel 4.11 toont (voor het aaneengesloten risicogebied) de uitkomsten wanneer referentiewoningen alleen afkomstig mogen zijn uit 4-positie-postcodegebieden zonder enige toegekende schade, terwijl in de basismodellen het percentage toegekende schades kleiner moet zijn dan 1% van de woningvoorraad (zie paragraaf 2.3 en bijlage 3). Dit heeft (vrijwel) geen effect op de coëfficiënten van het aantal bevingen of de grondsnelheid en van toegekend schadebudget. Wel wordt de coëfficiënt voor ligging in het risicogebied in deze varianten ongeveer een half procentpunt groter geschat. Bijgevolg is ook het berekende gemiddelde effect over de dataset een half procent groter, ongeveer 3%.

Tabel 4.11 Gevoeligheidsanalyse: uitsluitend referentielocaties uit 4-positie-postcodegebieden zonder schades (aaneengesloten risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelhei d ≥ 2,9 mm/s	grondsnelhei d ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,020 (-4,9)***	-0,023 (-5,6)***	-0,018 (-4,4)***	-0,022 (-5,4)***
Bevingen of PGV	-0,012 (-7,6)***	-0,015 (-7,1)***	-0,008 (-7,7)***	-0,015 (-7,8)***
Toegekend budget ≥ € 1000	-0,004 (-0,8)	-0,006 (-1,2)	-0,003 (-0,6)	-0,005 (-0,9)
Gemiddeld effect	-3,04%	-2,97%	-3,07%	-3,01%
N	20436	20436	20436	20436
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tot slot is bij wijze van gevoeligheidsanalyse nader gekeken naar het effect van schadebudget. Nu in de basismodellen van tabel 4.5 en 4.6 een budget van € 1000 of meer niet langer een significant positief effect heeft, is onderzocht of er aanwijzingen zijn dat de *hoogte* van toegekend schadebudget effect heeft op de waarde van woningen.⁵⁶ In de modellen in tabel 4.12 (20%-risicogebied) is het schadebudget verre van significant en ligt de puntschatting zeer dicht bij nul. Tabel 4.13 (aaneengesloten risicogebied) lijkt wel enige indicatie in die richting te geven: in een van de vier varianten is er een zwak significant negatief effect.

Dit mogelijke effect is daarom nader onderzocht. Tabel 4.14 laat zien dat het licht negatieve effect wordt gedreven door *outliers*, oftewel de 2,5% van de schadebudgetten van € 36 duizend en meer. Wanneer de 258 observaties met een dergelijk hoog budget worden verwijderd, wordt de geschatte coëfficiënt voor het (IHS-getransformeerde) schadebudget ruim de helft

⁵⁶ Het schadebudget is hier IHS-getransformeerd. Omdat logtransformatie alleen kan worden toegepast op waarden groter dan 0, wordt er bij variabelen met waarde 0 veelal een (kleine) waarde (vaak +1) opgeteld voordat er gelogtransformeerd wordt. Er zijn verschillende studies die wijzen op het risico dat schattingen met de op deze manier getransformeerde variabelen onnauwkeurig kunnen zijn. Als alternatief wordt er veelal gewezen op de zogenaamde *Inverse Hyperbolic Sine* waarmee op een consistentere wijze variabelen met een waarde van nul (of een getal onder nul) gelogtransformeerd kunnen worden. Deze transformatie lijkt sterk op de meer gangbare een logtransformatie maar heeft het voordeel dat deze nul is bij een budget van 0.

kleiner en ruimschoots insignificant.⁵⁷ De overige coëfficiënten zijn vrijwel ongevoelig voor het verwijderen van deze *outliers* en verschillen vrijwel niet van die in de basismodellen van tabel 4.6.

In deze context is ook gekeken naar *versterkte* woningen. Daartoe is een lijst van bijna duizend versterkte woningen onderzocht. Echter, slechts twaalf van deze woningen konden worden gekoppeld aan de dataset met verkochte woningen, waardoor kwantitatieve analyse niet mogelijk was.

Tabel 4.12 Gevoeligheidsanalyse: effect hoogte toegekend budget (20%-risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,024 (-5,5)***	-0,026 (-6,1)***	-0,022 (-5,0)***	-0,026 (-5,9)***
Bevingen of PGV	-0,012 (-7,8)***	-0,015 (-7,1)***	-0,008 (-8,0)***	-0,014 (-7,7)***
Budget (IHS)	0,0001 (0,2)	-0,0001 (-0,2)	0,0003 (0,4)	0,00001 (0,0)
N	18962	18962	18962	18962
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

⁵⁷ Verwijdering van deze outliers uit Tabel 4.12 (20%-risicogebied) levert positieve maar niet significante puntschattingen op met t-waarden tussen 0,5 en 1,1.

Tabel 4.13 Gevoeligheidsanalyse: effect hoogte toegekend budget (aaneengesloten risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid >= 2,9 mm/s	grondsnelheid >= 5,0 mm/s	bevingen >= 2,9 mm/s	bevingen >= 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,014 (-3,4)***	-0,016 (-4,1)***	-0,012 (-2,9)***	-0,015 (-3,8)***
Bevingen of PGV	-0,013 (-8,0)***	-0,016 (-7,4)***	-0,008 (-8,1)***	-0,016 (-8,2)***
Budget (IHS)	-0,001 (-1,3)	-0,001 (-1,7)*	-0,001 (-1,2)	-0,001 (-1,4)
N	20431	20431	20431	20431
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 4.14 Gevoeligheidsanalyse: effect hoogte toegekend budget na verwijdering 2,5% outliers (aaneengesloten risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid >= 2,9 mm/s	grondsnelheid >= 5,0 mm/s	bevingen >= 2,9 mm/s	bevingen >= 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,014 (-3,4)***	-0,017 (-4,1)***	-0,012 (-2,9)***	-0,016 (-3,9)***
Bevingen of PGV	-0,013 (-8,0)***	-0,016 (-7,5)***	-0,008 (-8)***	-0,016 (-8,1)***
Budget (IHS)	-0,0003 (-0,6)	-0,0006 (-1,0)	-0,0003 (-0,5)	-0,0004 (-0,7)
N	20173	20173	20173	20173
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

4.3 Looptijd

Tot slot is, met modellen van dezelfde structuur als de basismodellen voor één periode, onderzocht of er een effect is van ligging in het risicogebied en van bevingen of grondsnelheid op het aantal dagen dat woningen te koop hebben gestaan voor zij verkocht zijn. Zoals gememoreerd in voetnoot 29 in hoofdstuk 2, is het immers denkbaar dat woningen in het risicogebied

moelijker verkoopbaar zijn en daardoor langer te koop staan. Hierdoor zou de gevonden waardedaling een onderschatting kunnen zijn. In de studie *Met angst en beven* uit 2016 is deze kwestie al eens onderzocht, met als uitkomst een verschil van drie à vier dagen dat statistisch niet significant was.⁵⁸ De tabellen in deze paragraaf tonen de resultaten voor de geactualiseerde dataset, risicogebied en bevingsformules.

Tabel 4.15 laat om te beginnen de gemiddelde en de mediane looptijd zien voor de transacties in het risicogebied tegenover de referentietransacties. Deze beide maten blijken binnen het risicogebied twintig tot dertig dagen korter te zijn, wat een eerste aanwijzing is dat de looptijden in het risicogebied eerder korter dan langer zijn dan op vergelijkbare locaties elders in het land.⁵⁹

Tabel 4.15 Gemiddelde en mediane looptijd woningen in het risicogebied en referentiewoningen

	Risicogebied	Referenties
<i>20%-risicogebied</i>		
Gemiddelde	241	261
Mediaan	94	114
N	9510	9510
<i>Aaneengesloten risicogebied</i>		
Gemiddelde	230	257
Mediaan	86	110
N	10.266	10.266

Referentiewoningen gewogen naar het aantal maal dat ze de beste match vormen.

Tabel 4.16 en 4.17 bevestigen dit in regressiemodellen, waarin wordt gecorrigeerd voor woningkenmerken en kwartaaldummy's. Ligging in het risicogebied correspondeert met een statistisch significant kortere looptijd van ongeveer 19 tot 24 dagen voor het 20%-risicogebied en 25 tot 31 dagen voor het aaneengesloten risicogebied. Daar staat tegenover dat bevingen en grondsnelheden op de locatie van de woning wel overeenkomen met een langere looptijd: elke beving met een grondsnelheid van 2,9 mm/s of meer komt gemiddeld overeen met een vijf dagen langere looptijd; een beving van

⁵⁸ M. Bosker, H. Garretsen, G. Marlet, R. Ponds, J. Poort, R. van Dooren, C. van Woerkens, 2016: *Met angst en beven. Verklaringen voor dalende huizenprijzen in het Groningse aardbevingsgebied* (Atlas voor gemeenten/Rijksuniversiteit Groningen)

⁵⁹ In het risicogebied hadden 170 woningen een looptijd van nul dagen. Bij de referentiewoningen gold dat in 157 gevallen. De uitkomsten in deze paragraaf bleken niet gevoelig voor het meenemen of uitsluiten van deze waarnemingen.

5 mm/s verlengt de looptijd gemiddeld met 14 dagen. Gezien het gemiddeld aantal bevingen binnen de dataset (zie tabel 3.1) blijkt de looptijd in het risicogebied per saldo gemiddeld twee à drie weken korter. Voor de stelling dat woningen in het gebied moeilijker verkoopbaar zijn geworden en het gevonden prijseffect derhalve een onderschatting is, worden dus geen empirische aanwijzingen gevonden.

Een kanttekening bij de resultaten in de tabellen 4.16 en 4.17 is dat de verklaaringskracht van deze modellen zeer laag is: de R^2 is slechts 0,04~0,05. Dit houdt verband met het feit dat deze modellen niet zijn geoptimaliseerd om looptijden te voorspellen. Wanneer niet de looptijd maar de natuurlijke logaritme van de looptijd wordt verklaard, neemt de R^2 toe naar 0,09. Toevoeging van de vraagprijs of de vraagprijs ten opzichte van de transactieprijs zou de verklaaringskracht vermoedelijk sterk verhogen, maar er zijn geen aanwijzingen dat dat de conclusies in deze paragraaf zou veranderen.

Tabel 4.16 Effect ligging in het risicogebied en bevingen op looptijd woningen: 20%-risicogebied						
Afhanke- lijke variabele	geen bevings- indicator	geen bevings- indicator	grond- snelheid >= 2,9 mm/ s	grond- snelheid >= 5,0 mm/ s	bevingen >= 2,9 mm/ s	bevingen >= 5,0 mm/ s
Ligging in risicogeb.	-20,8 (-3,4)***	-19,2 (-2,9)	-23,2 (-3,5)***	-22,0 (-3,3)***	-24,0 (-3,5)***	-23,0 (-3,5)***
PGV of bevingen			8,6 (2,6)**	12,6 (2,7)**	5,0 (2,6)**	13,3 (3,3)***
Budget >= € 1000		-4,2 (-0,5)	-11,9 (-1,3)	-11,5 (-1,3)	-11,7 (-1,3)	-13,3 (-1,5)
N	18962	18962	18962	18962	18962	18962
R	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 4.17 Effect ligging in het risicogebied en bevingen op looptijd
woningen: aaneengesloten risicogebied

Afhankelijke variabele	geen bevingen- indicator	geen bevingen- indicator	grond- snelheid >= 2,9 mm/s	grond- snelheid >= 5,0 mm/s	bevingen >= 2,9 mm/s	bevingen >= 5,0 mm/s
Looptijd						
Ligging in risicogeb.	-25,1 (-4,4)***	-25,9 (-4,2)***	-29,9 (-4,7)***	-28,7 (-4,6)***	-30,6 (-4,8)***	-29,7 (-4,8)***
PGV of bevingen			8,7 (2,6)**	13,2 (2,8)***	4,9 (2,5)***	13,9 (3,4)***
Budget >= € 1000		2,1 (0,3)	-5,5 (-0,6)	-5,6 (-0,6)	-5,6 (-0,6)	-7,4 (-0,9)
-						
N	20431	20431	20431	20431	20431	20431
R	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

5 Ontwikkeling in de tijd

Dit hoofdstuk onderzoekt de ontwikkeling van het effect van de aardbevingen en aardbevingsrisico's in de tijd. Paragraaf 5.1 geeft een stapsgewijze actualisatie van de modellen met drie tijdvakken uit *Nog altijd in beweging*, gevolgd door een aantal gevoeligheidsanalyses in paragraaf 5.2. Daarna worden in paragraaf 5.2 alternatieve manieren onderzocht om de ontwikkeling van de effecten in de tijd te duiden.

5.1 Actualisatie basismodellen drie perioden in stappen

Deze paragraaf doorloopt dezelfde stappen als paragraaf 4.1 voor het model met één periode, met het verschil dat de stappen 1 tot en met 3 nu worden samengenomen. Tabel 5.1 toont derhalve de modellen met drie tijdvakken uit *Nog altijd in beweging* (met weging van referentiegebieden) en tabel 5.2 laat de uitkomsten zien na actualisatie van de woningmarkttransacties, schadedata en referentiegebieden en de update van de voortplantingsformule voor bevingen. Tabel 5.1 laat in alle modellen een afname van het gebiedseffect in de tijd zien, met name tussen periode 1 en 2. In periode 3 is het gebiedseffect nauwelijks meer statistisch significant. Het effect van bevingen volgt een omgekeerd patroon: het is niet significant in de eerste periode in twee van de vier modellen, maar neemt vooral tussen periode 1 en 2 toe.

In tabel 5.2 is de afname van het gebiedseffect wat minder geprononceerd. In de eerste periode wordt het effect in de eerste twee modellen iets kleiner geschat dan in tabel 5.1. In de derde periode wordt het effect ongeveer een procentpunt groter geschat, wat erop zou kunnen wijzen dat het effect weer iets oploopt. Ook wordt het effect, vermoedelijk mede door de hogere coëfficiënt en de extra data in dat tijdvak, sterk significant in de derde periode. Het effect van bevingen blijft – uitgedrukt in de cumulatieve grondsnelheid (de eerste twee modellen) – ongeveer gelijk aan dat in tabel 5.1. Uitgedrukt in het aantal bevingen boven de drempel zijn de coëfficiënten in alle drie tijdvakken wat lager, al is ook hier een geleidelijke toename te zien. Net als in het model met één periode, wordt het effect van schadebudget – dat hier nog niet gesplitst is in tijdvakken – vanaf € 1000 statistisch insignificant en ligt de geschatte coëfficiënt dicht bij nul.

Tabel 5.1 Resultaten *Nog altijd in beweging* (tabel 5.1 t/m 5.4, gewogen)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond- snelheid ≥ 2,9 mm/s	grond- snelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
Ligging – periode 1: 'Huizinge' t/m jan 2014	-0,042 (-4,5)***	-0,043 (-4,7)***	-0,036 (-3,9)***	-0,039 (-4,4)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,018 (-2,9)***	-0,021 (-3,4)***	-0,017 (-2,6)***	-0,021 (-3,4)***
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,013 (-1,7)*	-0,014 (-1,9)*	-0,011 (-1,4)	-0,014 (-1,9)*
Bevingen of PGV periode 1	-0,006 (-1,2)	-0,007 (-1,1)	-0,012 (-4,2)***	-0,022 (-4,2)***
Bevingen of PGV periode 2	-0,013 (-4,4)***	-0,014 (-3,7)***	-0,010 (-5,8)***	-0,017 (-5)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,012 (-4,0)***	-0,015 (-3,8)***	-0,011 (-6,3)***	-0,020 (-5,9)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,013 (2,0)***	0,010 (1,6)*	0,018 (2,8)***	0,015 (2,3)**
N	16166	16166	16166	16166
R	0,49	0,49	0,49	0,49

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.2 Stap 3: actualisatie woningmarkttransacties, referentiewoningen, Bommer et al., 2019 (o.b.v. oude definitie risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond-snelheid $\geq 2,9$ mm/s	grond-snelheid $\geq 5,0$ mm/s	bevingen $\geq 2,9$ mm/s	bevingen $\geq 5,0$ mm/s
Ligging – periode 1: 'Huizinge' t/m jan 2014	-0,037 (-4,2)***	-0,038 (-4,5)***	-0,036 (-3,9)***	-0,037 (-4,2)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,020 (-3,3)***	-0,023 (-3,9)***	-0,017 (-2,8)***	-0,021 (-3,7)***
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,024 (-3,9)***	-0,026 (-4,4)***	-0,022 (-3,5)***	-0,026 (-4,3)***
Bevingen of PGV periode 1	-0,008 (-1,8)***	-0,010 (-1,9)***	-0,005 (-1,8)***	-0,012 (-2,4)***
Bevingen of PGV periode 2	-0,013 (-4,6)***	-0,014 (-3,8)***	-0,009 (-5,0)***	-0,014 (-4,4)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,013 (-6,6)***	-0,016 (-6,1)***	-0,009 (-6,6)***	-0,016 (-6,3)***
Toegekend budget \geq € 1000	0,003 (0,5)	0,0002 (0,0)	0,004 (0,7)	0,002 (0,3)
N	19445	19445	19445	19445
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.3 Stap 4a: Actualisatie risicogebied op basis van nieuwe schadedata: 20%-risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond-snelheid $\geq 2,9$ mm/s	grond-snelheid $\geq 5,0$ mm/s	bevingen $\geq 2,9$ mm/s	bevingen $\geq 5,0$ mm/s
Ligging – periode 1: 'Huiszinge' t/m jan 2014	-0,038 (-4,2)***	-0,040 (-4,5)***	-0,037 (-4,0)***	-0,038 (-4,3)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,021 (-3,5)***	-0,024 (-4,1)***	-0,019 (-3,0)***	-0,023 (-3,8)***
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,023 (-3,7)***	-0,026 (-4,2)***	-0,021 (-3,4)***	-0,025 (-4,1)***
Bevingen of PGV periode 1	-0,008 (-1,9)*	-0,011 (-1,9)*	-0,005 (-1,8)*	-0,012 (-2,4)**
Bevingen of PGV periode 2	-0,012 (-4,5)***	-0,014 (-3,8)***	-0,008 (-4,9)***	-0,014 (-4,3)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,013 (-6,6)***	-0,016 (-6,1)***	-0,009 (-6,7)***	-0,015 (-6,3)***
Toegekend budget \geq € 1000	0,003 (0,5)	0,0003 (0)	0,004 (0,7)	0,002 (0,3)
N	18962	18962	18962	18962
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.4 Stap 4b: Aaneengesloten risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond- snelheid ≥ 2,9 mm/s	grond- snelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
Ligging – periode 1: 'Huiszinge' t/m jan 2014	-0,029 (-3,4)***	-0,031 (-3,7)***	-0,028 (-3,2)***	-0,029 (-3,5)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,014 (-2,4)	-0,016 (-3,0)	-0,011 (-1,9)*	-0,015 (-2,7)***
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,011 (-1,8)*	-0,014 (-2,3)**	-0,009 (-1,5)	-0,013 (-2,2)**
Bevingen of PGV periode 1	-0,009 (-2,1)**	-0,011 (-2,1)**	-0,006 (-2,0)**	-0,013 (-2,6)***
Bevingen of PGV periode 2	-0,012 (-4,4)***	-0,014 (-3,8)***	-0,008 (-4,7)***	-0,015 (-4,5)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,014 (-6,9)***	-0,018 (-6,5)***	-0,009 (-6,9)***	-0,017 (-6,8)***
Toegekend budget ≥ € 1000	-0,006 (-1,1)	-0,008 (-1,5)	-0,005 (-0,9)	-0,006 (-1,2)
N	20431	20431	20431	20431
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.3 toont de resultaten van het actualiseren van het risicogebied op basis van de nieuwe schadedata. Het gaat hier dus weer om het 'datagedreven' 20%-risicogebied. Het effect van deze stap op de coëfficiënten is zeer klein.

Tabel 5.4 laat de stap naar het aaneengesloten risicogebied zien (exclusief de eilanden en inclusief de enclaves). Net als bij de modellen met één periode in het vorige hoofdstuk, heeft deze stap vrijwel geen effect op de coëfficiënten van de bevingsvariabelen. Wel nemen de t-waarden in de derde periode iets toe, vermoedelijk als gevolg van de extra transacties in dat tijdvak. De coëfficiënt voor ligging in het risicogebied wordt in alle vier de modellen en tijdvakken weer ongeveer een procentpunt kleiner.

Tabel 5.5 Splitsing effect van schadebudget vanaf € 1000 in tijdvakken:
20%-risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond- snelheid ≥ 2,9 mm/s	grond- snelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
Ligging – periode 1: 'Huizinge' t/m jan 2014	-0,039 (-4,3)***	-0,041 (-4,6)***	-0,038 (-4,0)***	-0,039 (-4,4)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,021 (-3,4)***	-0,024 (-3,8)***	-0,019 (-2,9)***	-0,023 (-3,6)***
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,022 (-3,3)***	-0,024 (-3,7)***	-0,020 (-2,9)***	-0,024 (-3,5)***
Bevingen of PGV periode 1	-0,011 (-2,3)**	-0,014 (-2,4)**	-0,007 (-2,3)**	-0,015 (-2,8)***
Bevingen of PGV periode 2	-0,012 (-4,4)***	-0,014 (-3,7)***	-0,008 (-4,8)***	-0,014 (-4,3)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,013 (-6,4)***	-0,016 (-5,9)***	-0,008 (-6,4)***	-0,015 (-6,1)***
Budget ≥ € 1000 periode 1	0,046 (1,6)*	0,044 (1,6)*	0,045 (1,6)*	0,048 (1,7)*
Budget ≥ € 1000 periode 2	0,004 (0,4)	0,0002 (0,0)	0,005 (0,6)	0,002 (0,3)
Budget ≥ € 1000 periode 3	-0,0002 (0,0)	-0,002 (-0,3)	0,001 (0,1)	-0,002 (-0,2)
N	18962	18962	18962	18962
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.6 Splitsing effect van schadebudget vanaf € 1000 in tijdvakken: aaneengesloten risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond-snelheid $\geq 2,9$ mm/s	grond-snelheid $\geq 5,0$ mm/s	bevingen $\geq 2,9$ mm/s	bevingen $\geq 5,0$ mm/s
Ligging – periode 1: 'Huizinge' t/m jan 2014	-0,030 (-3,5)***	-0,032 (-3,8)***	-0,028 (-3,2)***	-0,031 (-3,6)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,014 (-2,4)**	-0,017 (-2,9)***	-0,012 (-2,0)**	-0,016 (-2,7)***
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,009 (-1,4)	-0,012 (-1,9)*	-0,007 (-1,0)	-0,011 (-1,7)*
Bevingen of PGV periode 1	-0,012 (-2,6)***	-0,015 (-2,6)***	-0,008 (-2,6)***	-0,017 (-3,1)***
Bevingen of PGV periode 2	-0,013 (-4,5)***	-0,014 (-3,8)***	-0,008 (-4,8)***	-0,015 (-4,5)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,014 (-6,6)***	-0,017 (-6,2)***	-0,009 (-6,6)***	-0,016 (-6,5)***
Budget \geq € 1000 periode 1	0,044 (1,5)	0,041 (1,5)	0,044 (1,5)	0,046 (1,6)
Budget \geq € 1000 periode 2	-0,003 (-0,3)	-0,005 (-0,6)	-0,001 (-0,1)	-0,003 (-0,4)
Budget \geq € 1000 periode 3	-0,011 (-1,5)	-0,013 (-1,7)*	-0,01 (-1,4)	-0,012 (-1,6)
N	20431	20431	20431	20431
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90, 95, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

De modellen in tabel 5.5 en 5.6 zijn identiek aan die in tabel 5.3 en 5.4, met als verschil dat het effect van schadebudget boven de € 1000 ook gesplitst is in drie tijdvakken. De uitkomsten in tabel 5.6 ondersteunen de in paragraaf 4.1 geformuleerde hypothese, dat met name in het derde tijdvak toekenning van schade vaak pas na de transactie plaatsvond: de coëfficiënten lopen van meer dan 4% in het eerste tijdvak, naar ongeveer -1% in het derde tijdvak, maar zijn met één uitzondering niet statistisch significant met 90% zekerheid en nergens met 95% of meer. In tabel 5.5 zijn de coëfficiënten voor het schadebudget in het eerste tijdvak ongeveer hetzelfde als in tabel 5.6 en liggen ze in het derde tijdvak dicht bij nul. Deze resultaten verklaren waarom in de modellen waarin deze variabele niet was uitgesplitst een niet-

significante coëfficiënt dicht bij nul wordt gevonden.⁶⁰ Ook de alternatieve verklaring uit paragraaf 4.1, dat de energiebesparende of -opwekkende investeringen die eigenaren onder de Waardevermeerderingsregeling mogen doen, in de loop der tijd minder onderscheidend zijn geworden ten opzichte van referentiewoningen, zou hier kunnen meespelen.

De opgaande trend in de coëfficiënten voor de bevingsvariabelen is in de modellen in tabel 5.5 en 5.6 minder duidelijk: het beeld is meer stationair.

5.2 Gevoeligheidsanalyses

Deze paragraaf toont enkele gevoeligheidsanalyses, net als paragraaf 4.2 deed voor de modellen met één periode. Het vertrekpunt vormen telkens de modellen uit tabel 5.3 en 5.4. De gevoeligheidsanalyses met *ongewogen* referentielocaties in tabel 5.7 en 5.8 geven in de eerste twee perioden ongeveer een half procentpunt kleinere coëfficiënten voor ligging in het risicogebied. In de derde periode worden de coëfficiënten juist iets groter geschat, al is het verschil hier kleiner. Het effect van bevingen wordt in alle modellen en perioden iets kleiner.

⁶⁰ Pogingen dit verder te ontzenuwen door schadedossiers verder te onderscheiden op basis van de datum waarop claimanten een eerste rapport ontvingen of de datum waarop het schadebudget in de bestanden van CVW voor de laatste maal was aangepast, konden hierover ook in de modellen met drie perioden geen nader uitsluitel bieden. Mogelijk houdt dit onder meer verband met onvolledige administratie hiervan.

**Tabel 5.7 Gevoeligheidsanalyse: ongewogen referentielocaties
(20%-risicogebied)**

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond- snelheid ≥ 2,9 mm/s	grond- snelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
Ligging – periode 1: 'Huizinge' t/m jan 2014	-0,034 (-3,0)***	-0,035 (-3,1)***	-0,033 (-2,9)***	-0,033 (-3,0)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,018 (-2,4)**	-0,020 (-2,8)***	-0,015 (-2,1)**	-0,019 (-2,6)***
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,025 (-3,5)***	-0,028 (-3,8)***	-0,024 (-3,2)***	-0,027 (-3,8)***
Bevingen of PGV periode 1	-0,005 (-1,3)	-0,008 (-1,4)	-0,003 (-1,2)	-0,009 (-1,8)*
Bevingen of PGV periode 2	-0,011 (-3,9)***	-0,012 (-3,2)***	-0,007 (-4,4)***	-0,012 (-3,8)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,012 (-6,1)***	-0,015 (-5,6)***	-0,008 (-6,2)***	-0,015 (-5,9)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,011 (1,9)*	0,008 (1,5)	0,012 (2,1)**	0,010 (1,7)*
N	13634	13634	13634	13634
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.8 Gevoeligheidsanalyse: ongewogen referentielocaties (aaneengesloten risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond-snelheid $\geq 2,9$ mm/s	grond-snelheid $\geq 5,0$ mm/s	bevingen $\geq 2,9$ mm/s	bevingen $\geq 5,0$ mm/s
Ligging – periode 1: 'Huizinge' t/m jan 2014	-0,024 (-2,3)**	-0,025 (-2,4)**	-0,023 (-2,1)**	-0,024 (-2,2)**
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,009 (-1,2)	-0,011 (-1,6)*	-0,006 (-0,9)	-0,010 (-1,4)
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,013 (-1,9)*	-0,015 (-2,3)**	-0,011 (-1,6)*	-0,015 (-2,2)**
Bevingen of PGV periode 1	-0,006 (-1,4)	-0,008 (-1,5)	-0,004 (-1,4)	-0,01 (-2,0)**
Bevingen of PGV periode 2	-0,010 (-3,8)***	-0,012 (-3,2)***	-0,007 (-4,2)***	-0,013 (-3,9)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,013 (-6,4)***	-0,016 (-6,0)***	-0,008 (-6,4)***	-0,016 (-6,4)***
Toegekend budget \geq € 1000	0,002 (0,4)	0,0001 (0,0)	0,003 (0,5)	0,002 (0,3)
N	14644	14644	14644	14644
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

In Tabel 5.9 staat (voor het aaneengesloten risicogebied) de gevoeligheidsanalyse wanneer referentielocaties alleen afkomstig mogen zijn uit 4-positie-postcodegebieden zonder toegekende schades, terwijl in de basismodellen het percentage toegekende schades kleiner moet zijn dan 1% van de woningvoorraad (zie paragraaf 2.3 en bijlage 3). De coëfficiënten van het aantal bevingen of de grondsnelheid worden in deze gevoeligheidsanalyse een fractie kleiner, terwijl het negatieve effect van ligging in het risicogebied in periode 2 en 3 ongeveer een half procentpunt groter geschat wordt. Dit laatste was ook terug te zien in de corresponderende gevoeligheidsanalyse voor de modellen met één periode.

Tabel 5.9 Gevoeligheidsanalyse: uitsluitend referentielocaties uit 4-positie-postcodegebieden zonder schades

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond-snelheid $\geq 2,9$ mm/s	grond-snelheid $\geq 5,0$ mm/s	bevingen $\geq 2,9$ mm/s	bevingen $\geq 5,0$ mm/s
Ligging – periode 1: 'Huizinge' t/m jan 2014	-0,027 (-3,1)***	-0,029 (-3,3)***	-0,026 (-2,9)***	-0,027 (-3,1)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,021 (-3,7)***	-0,024 (-4,2)***	-0,019 (-3,2)***	-0,023 (-4,0)***
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,017 (-2,8)***	-0,019 (-3,3)***	-0,015 (-2,4)**	-0,019 (-3,2)***
Bevingen of PGV periode 1	-0,008 (-1,8)*	-0,010 (-1,9)*	-0,005 (-1,7)*	-0,012 (-2,4)**
Bevingen of PGV periode 2	-0,011 (-4,0)***	-0,013 (-3,4)***	-0,007 (-4,3)***	-0,013 (-4,1)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,013 (-6,6)***	-0,017 (-6,2)***	-0,008 (-6,5)***	-0,016 (-6,5)***
Toegekend budget \geq € 1000	-0,005 (-0,9)	-0,007 (-1,3)	-0,004 (-0,8)	-0,005 (-1,0)
N	20436	20436	20436	20436
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tot slot is net als in paragraaf 4.2 nader gekeken naar het effect van schadebudget. Nu in de basismodellen van tabel 5.3 en 5.4 een budget van € 1000 of meer niet langer een significant positief effect heeft en het in tabel 5.4 zelfs een insignificant negatieve coëfficiënt krijgt, is onderzocht of er aanwijzingen zijn dat de *hoogte* van het toegekende schadebudget (net als in paragraaf 4.2 IHS-getransformeerd) effect heeft op de waarde van woningen.

In de modellen in tabel 5.10 (20%-risicogebied) is het schadebudget verre van significant en ligt de puntschatting zeer dicht bij nul. De modellen in tabel 5.11 (aaneengesloten risicogebied) lijken wel enige indicatie in die richting te geven, met in twee gevallen zwak-significante negatieve coëfficiënten, in combinatie met een tweetiende procentpunt kleiner effect van ligging in het gebied voor de derde periode in alle modelvarianten.

Dit mogelijke effect is net als in paragraaf 4.2 nader onderzocht. Tabel 5.12 laat ook voor het model met drie perioden zien dat dit licht negatieve effect wordt gedreven door de *outliers*, oftewel de ~2,5% transacties in het risicogebied met schadebudgetten van € 36 duizend of meer. Wanneer de 258 observaties met een dergelijk hoog budget worden verwijderd, wordt de geschatte coëfficiënt voor het (IHS-getransformeerde) schadebudget kleiner en statistisch insignificant. De overige coëfficiënten zijn vrijwel ongevoelig voor het verwijderen van deze *outliers*. Het iets kleinere effect van ligging in het gebied voor de derde periode ten opzichte van de modellen in tabel 5.4 blijft. Tot slot laat tabel 5.13 zien dat splitsing van de IHS-getransformeerde budgetvariabele geen ander beeld geeft: de coëfficiënten blijven statistisch insignificant.⁶¹

Alle gevoeligheidsanalyses in deze paragraaf overziend volgt hieruit geen aanleiding om te kiezen voor een ander basismodel. De gevoeligheden zijn relatief klein en leiden niet tot systematisch hogere of lagere uitkomsten: in sommige gevallen worden de uitkomsten wat lager, in andere wat hoger.

⁶¹ Verwijdering van de *outliers* uit tabel 5.10 (20%-risicogebied) levert net als in hoofdstuk 4 positieve maar niet significante puntschattingen op.

Tabel 5.10 Gevoeligheidsanalyse: effect hoogte toegekend budget (20%-risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond-snelheid $\geq 2,9$ mm/s	grond-snelheid $\geq 5,0$ mm/s	bevingen $\geq 2,9$ mm/s	bevingen $\geq 5,0$ mm/s
Ligging – periode 1: 'Huiszinge' t/m jan 2014	-0,038 (-4,2)***	-0,040 (-4,5)***	-0,037 (-4,0)***	-0,038 (-4,3)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,021 (-3,4)***	-0,023 (-3,9)***	-0,018 (-2,9)***	-0,022 (-3,7)***
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,022 (-3,4)***	-0,024 (-3,9)***	-0,020 (-3,1)***	-0,024 (-3,8)***
Bevingen of PGV periode 1	-0,008 (-1,8)*	-0,01 (-1,9)*	-0,005 (-1,8)*	-0,012 (-2,3)**
Bevingen of PGV periode 2	-0,012 (-4,4)***	-0,013 (-3,7)***	-0,008 (-4,8)***	-0,014 (-4,2)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,013 (-6,5)***	-0,016 (-6,0)***	-0,009 (-6,6)***	-0,015 (-6,2)***
Budget (IHS)	-0,00001 (0,0)	-0,0003 (-0,5)	0,00013 (0,2)	-0,00014 (-0,2)
N	18962	18962	18962	18962
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.11 Gevoeligheidsanalyse: effect hoogte toegekend budget (aaneengesloten risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond-snelheid $\geq 2,9$ mm/s	grond-snelheid $\geq 5,0$ mm/s	bevingen $\geq 2,9$ mm/s	bevingen $\geq 5,0$ mm/s
Ligging – periode 1: 'Huizinge' t/m jan 2014	-0,029 (-3,4)***	-0,031 (-3,7)***	-0,028 (-3,1)***	-0,029 (-3,5)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,013 (-2,2)**	-0,015 (-2,7)***	-0,010 (-1,8)*	-0,014 (-2,5)***
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,009 (-1,5)	-0,012 (-2,0)*	-0,007 (-1,2)	-0,011 (-1,9)*
Bevingen of PGV periode 1	-0,009 (-2,0)**	-0,011 (-2,0)**	-0,006 (-2,0)**	-0,013 (-2,6)***
Bevingen of PGV periode 2	-0,012 (-4,3)***	-0,014 (-3,7)***	-0,008 (-4,6)***	-0,014 (-4,4)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,014 (-6,8)***	-0,017 (-6,4)***	-0,009 (-6,7)***	-0,017 (-6,7)***
Budget (IHS)	-0,001 (-1,6)	-0,001 (-2,1)**	-0,001 (-1,5)	-0,001 (-1,7)*
N	20431	20431	20431	20431
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.12 Gevoeligheidsanalyse: effect hoogte toegekend budget na verwijdering 2,5% outliers (aaneengesloten risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond-snelheid $\geq 2,9$ mm/s	grond-snelheid $\geq 5,0$ mm/s	bevingen $\geq 2,9$ mm/s	bevingen $\geq 5,0$ mm/s
Ligging – periode 1: 'Huiszinge' t/m jan 2014	-0,029 (-3,4)***	-0,031 (-3,7)***	-0,027 (-3,1)***	-0,030 (-3,5)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,013 (-2,3)*	-0,015 (-2,7)***	-0,011 (-1,8)*	-0,014 (-2,5)**
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,009 (-1,4)	-0,012 (-2,0)**	-0,007 (-1,1)	-0,011 (-1,9)*
Bevingen of PGV periode 1	-0,012 (-2,6)***	-0,014 (-2,5)***	-0,007 (-2,5)***	-0,015 (-2,9)***
Bevingen of PGV periode 2	-0,011 (-3,8)***	-0,012*** (-3,2)	-0,007 (-4,0)***	-0,013 (-3,9)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,015 (-6,9)***	-0,018 (-6,5)***	-0,009 (-6,7)***	-0,017 (-6,8)***
Budget (IHS)	-0,0006 (-1,0)	-0,0008 (-1,4)	-0,0005 (-0,9)	-0,0007 (-1,1)
N	20173	20173	20173	20173
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.13 Gevoeligheidsanalyse: effect hoogte toegekend budget na verwijdering 2,5% outliers, budget in drie perioden (aaneengesloten risicogebied)

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grond-snelheid >= 2,9 mm/s	grond-snelheid >= 5,0 mm/s	bevingen >= 2,9 mm/s	bevingen >= 5,0 mm/s
Ligging – periode 1: 'Huizinge' t/m jan 2014	-0,029 (-3,4)***	-0,032 (-3,8)***	-0,027 (-3,1)***	-0,031 (-3,6)***
Ligging – periode 2: feb 2014 t/m juni 2016	-0,014 (-2,3)**	-0,016 (-2,7)	-0,012 (-1,9)	-0,015 (-2,5)**
Ligging – periode 3: vanaf juli 2016	-0,007 (-1,1)	-0,010 (-1,6)	-0,005 (-0,8)	-0,009 (-1,4)
Bevingen of PGV periode 1	-0,013 (-2,8)***	-0,016 (-2,7)***	-0,008 (-2,7)***	-0,017 (-3,1)***
Bevingen of PGV periode 2	-0,011 (-3,8)***	-0,013 (-3,2)***	-0,007 (-4,1)***	-0,014 (-3,9)***
Bevingen of PGV periode 3	-0,014 (-6,7)***	-0,018 (-6,3)***	-0,0088 (-6,5)***	-0,017 (-6,5)***
Budget (IHS) per. 1	0,0026 (0,8)	0,0023 (0,7)	0,0025 (0,7)	0,0028 (0,8)
Budget (IHS) per. 2	-0,0003 (-0,3)	-0,0006 (-0,6)	-0,0002 (-0,2)	-0,0003 (-0,4)
Budget (IHS) per. 3	-0,001 (-1,2)	-0,001 (-1,5)	-0,001 (-1,2)	-0,001 (-1,3)
N	20173	20173	20173	20173
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

5.3 Ontwikkeling in de tijd nader onderzocht

In de eerste paragraaf van dit hoofdstuk bleek dat de dalende trend die in *Nog altijd in beweging* werd gevonden in het gebiedseffect (zie tabel 5.1) na actualisatie van de data minder duidelijk zichtbaar was. In tabel 5.2 en 5.3 is de coëfficiënt voor ligging in het risicogebied in de derde periode zelfs iets groter dan in de tweede periode, al is het verschil ten opzichte van de eerste periode beduidend groter. Dit roept de vraag op, of de derde periode wellicht moet worden onderscheiden in twee perioden, of dat er andere, betere manieren zijn om de ontwikkeling in de tijd te duiden.

Om die vraag nader te onderzoeken, tonen tabel 5.14 en 5.15 de resultaten wanneer de variabelen voor ligging in het gebied en voor het effect van bevingen of grondsnelheid per *kalenderjaar* worden onderscheiden. Daarbij moet worden aangetekend dat deze uitkomsten als tussenstap dienen, om tot een eventuele verbetering te komen van de basismodellen: het opdelen van de dataset in zo veel jaarvariabelen komt de robuustheid en de nauwkeurigheid van de uitkomsten immers niet ten goede.

Tabel 5.14 Resultaten schattingen jaartrend – ligging in gebied en bevingenvariabele: 20%-risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Ligging in gebied</i>				
- 2012	-0,048 (-2,9)***	-0,049 (-3,0)***	-0,048 (-2,8)***	-0,048 (-2,8)***
- 2013	-0,023 (-2,0)**	-0,024 (-2,1)**	-0,02 (-1,7)*	-0,02 (-1,7)*
- 2014	-0,032 (-3,4)***	-0,033 (-3,5)***	-0,032 (-3,3)***	-0,032 (-3,3)***
- 2015	-0,026 (-2,7)***	-0,028 (-3,0)***	-0,025 (-2,5)**	-0,025 (-2,5)***
-2016	-0,006 (-0,7)	-0,011 (-1,3)	-0,002 (-0,2)	-0,002 (-0,2)
-2017	-0,007 (-0,8)	-0,009 (-1,1)	-0,006 (-0,7)	-0,006 (-0,7)
-2018	-0,058 (-6,0)***	-0,060 (-6,4)***	-0,056 (-5,7)***	-0,056 (-5,7)***
<i>PGV of bevingen</i>				
- 2012	-0,010 (-1,3)	-0,015 (-1,5)	-0,005 (-0,9)	-0,005 (-0,9)
- 2013	-0,007 (-1,4)	-0,009 (-1,3)	-0,006 (-1,6)*	-0,006 (-1,6)
- 2014	-0,003 (-0,7)	-0,005 (-0,8)	-0,002 (-0,6)	-0,002 (-0,6)
- 2015	-0,010 (-2,3)**	-0,012 (-2,0)***	-0,006 (-2,4)**	-0,006 (-2,4)**
-2016	-0,019 (-6,2)***	-0,021 (-5,3)***	-0,013 (-6,7)***	-0,013 (-6,7)***
-2017	-0,013 (-4,0)***	-0,017 (-3,6)***	-0,008 (-3,8)***	-0,008 (-3,8)***
-2018	-0,013 (-4,2)***	-0,015 (-3,8)***	-0,008 (-4,3)***	-0,008 (-4,3)***
Budget ≥ € 1000	0,004 (0,6)	0,001 (0,2)	0,005 (0,8)	0,005 (0,8)
N	18962	18962	18962	18962
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.15 Resultaten schattingen jaartrend – ligging in gebied en bevingsvariabele: aaneengesloten risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid >= 2,9 mm/s	grondsnelheid >= 5,0 mm/s	bevingen >= 2,9 mm/s	bevingen >= 5,0 mm/s
<i>Ligging in gebied</i>				
- 2012	-0,035 (-2,2)**	-0,037 (-2,4)**	-0,034 (-2,1)**	-0,036 (-2,3)**
- 2013	-0,015 (-1,4)	-0,016 (-1,6)	-0,013 (-1,2)	-0,015 (-1,4)
- 2014	-0,029 (-3,2)***	-0,029 (-3,4)***	-0,029 (-3,1)***	-0,028 (-3,2)***
- 2015	-0,018 (-2,0)**	-0,019 (-2,2)**	-0,017 (-1,8)*	-0,018 (-2,1)**
-2016	0,004 (0,5)	-0,001 (-0,1)	0,009 (1,0)	0,001 (0,1)
-2017	0,005 (0,6)	0,002 (0,3)	0,006 (0,8)	0,002 (0,3)
-2018	-0,042 (-4,6)***	-0,045 (-5,0)***	-0,040 (-4,2)***	-0,044 (-4,9)***
<i>PGV of bevingen</i>				
- 2012	-0,012 (-1,6)	-0,016 (-1,7)*	-0,006 (-1,2)	-0,018 (-1,7)*
- 2013	-0,007 (-1,4)	-0,009 (-1,3)	-0,006 (-1,6)	-0,011 (-1,9)*
- 2014	-0,003 (-0,7)	-0,004 (-0,7)	-0,002 (-0,6)	-0,007 (-1,1)
- 2015	-0,010 (-2,2)**	-0,013 (-2,1)**	-0,006 (-2,2)**	-0,013 (-2,4)**
-2016	-0,019 (-6,2)***	-0,022 (-5,5)***	-0,013 (-6,6)***	-0,022 (-6,2)***
-2017	-0,014 (-4,2)***	-0,018 (-3,9)***	-0,008 (-4,0)***	-0,015 (-3,7)***
-2018	-0,013 (-4,5)***	-0,016 (-4,1)***	-0,009 (-4,5)***	-0,016 (-4,4)***
Budget >= € 1000	-0,006 (-1,0)	-0,008 (-1,4)	-0,005 (-0,9)	-0,006 (-1,1)
N	20431	20431	20431	20431
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

De coëfficiënten in de beide tabellen bevestigen dat het effect van ligging in het risicogebied fluctueert in de tijd: in 2012 en 2014 wordt het relatief groot geschat, terwijl het in 2016 en 2017 niet significant is. In 2018 wordt het juist weer groot geschat, zelfs iets groter dan in 2012. De coëfficiënten voor bevingen en grondsnelheid laten een wat ander patroon zien: deze zijn het

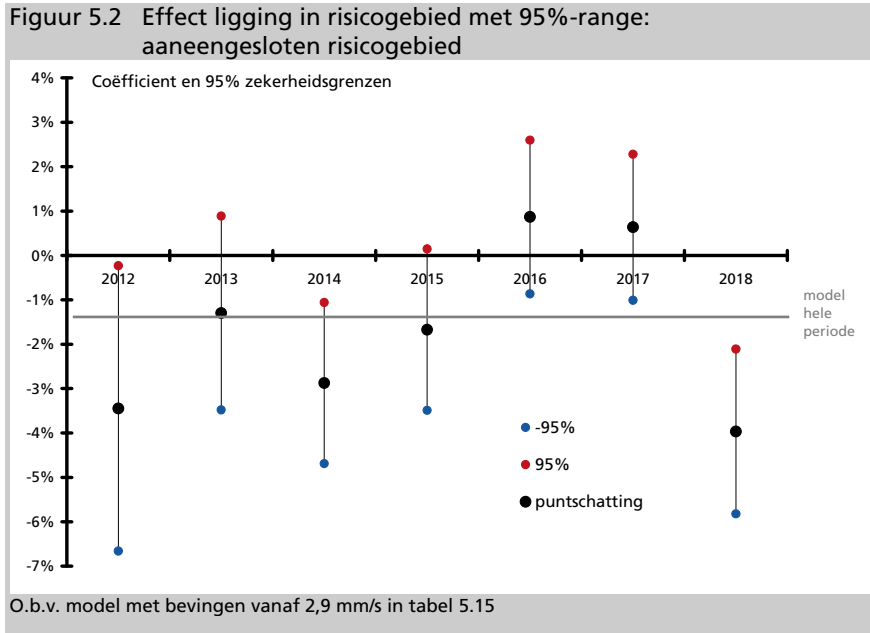
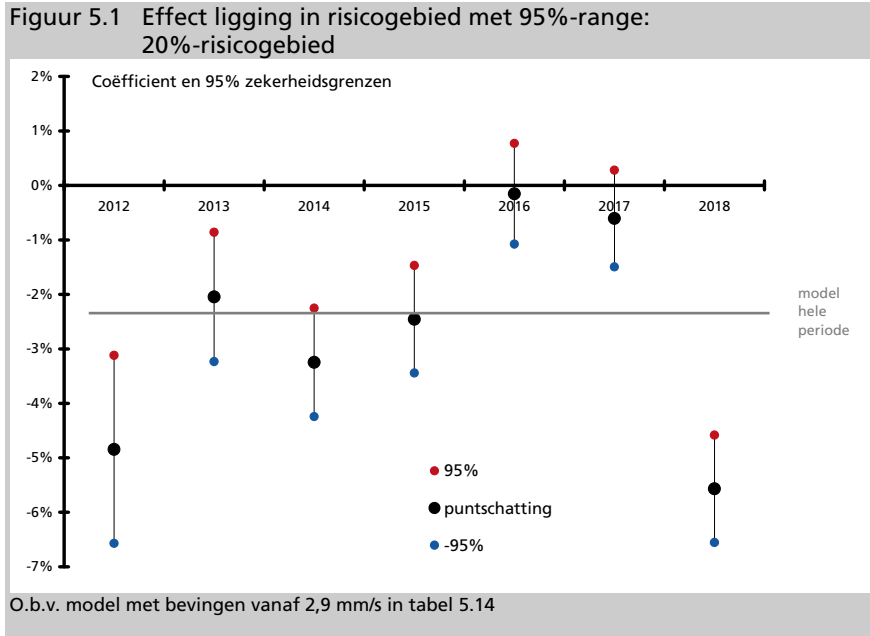
grootste in 2016 en zijn niet significant in de jaren 2012-2014. In 2017 en 2018 zijn ze iets minder groot dan in 2016.

Om de interpretatie van deze uitkomsten wat gemakkelijker te maken, zijn de coëfficiënten van het model met het aantal bevingen boven een drempel van 2,9 mm/s in de figuren 5.1 tot en met 5.4 gevisualiseerd.⁶² De verticale lijntjes rondom de zwarte punten geven het 95%-betrouwbaarheidsinterval van de geschatte coëfficiënten per jaar. Figuur 5.1 en 5.2 bevestigen het beeld dat het effect van ligging in het risicogebied in 2018 vergelijkbaar is aan dat in 2012 – en voor Figuur 5.2 ook de jaren 2013-2015 – terwijl het in 2016 en 2017 nihil was. De horizontale grijze lijn geeft de coëfficiënt weer in het corresponderende model met één periode (tabel 4.5 respectievelijk 4.6). Deze ligt onder de 95%-bandbreedte voor de jaren 2016 en 2017, maar boven die voor 2018 en in figuur 5.1 ook boven die voor 2012.

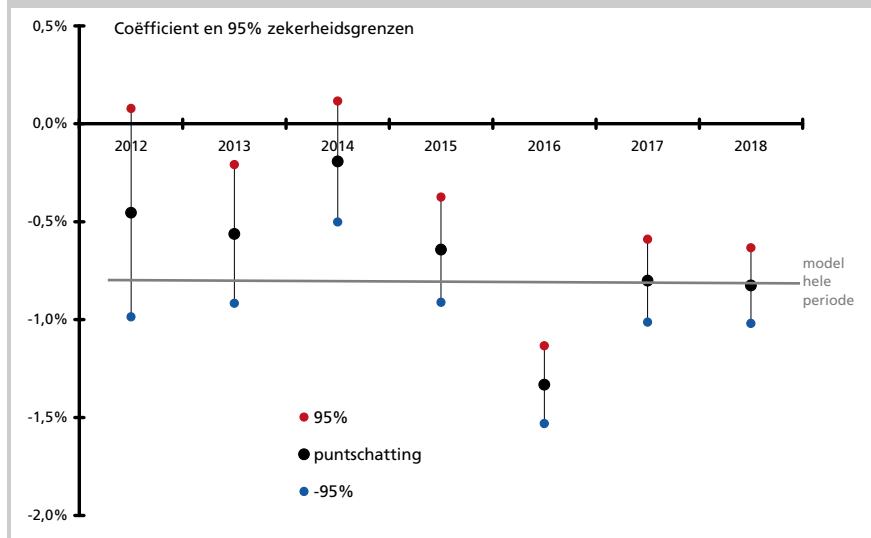
Voor het effect van bevingen (figuur 5.3 en 5.4) is de puntschatting consistent negatief en is de schatting in 2017 en 2018 in lijn met het gemiddelde over de voorgaande jaren. De trend in deze figuren is vooral dat de foutmarge in de jaren kleiner is geworden. De coëfficiënt in het model met één periode ligt in bijna elk jaar binnen het 95%-betrouwbaarheidsinterval.

Een mogelijke verklaring voor het feit dat het gebiedseffect in 2018 juist weer een stuk groter geschat wordt dan in eerdere jaren, is de beving bij Zeerijp op 8 januari 2018. Deze had een kracht van 3.4 op de schaal van Richter en kwam voor velen als een verrassing, na een periode zonder bevingen met een magnitude van 3 of meer sinds 2015. Ondanks de aankondiging in maart 2018 van een verdere verlaging van de gasproductie zou dit het beeld kunnen hebben gevoed dat het hele gebied nog lang met relatief zware bevingen te kampen zal hebben. Dit tijdelijke Zeerijp-effect wordt gesteund door de bevinding dat wanneer het jaar 2018 in twee halve jaren wordt opgedeeld, voor de eerste helft een groter gebiedseffect wordt gevonden, en voor de tweede helft van het jaar een kleiner effect.

⁶² Uitgaande van het eerdere rapport *Nog altijd in beweging van Atlas voor gemeenten* was dit het voorkeursmodel van de Adviescommissie waardedaling woningen aardbevingsgebied Groningen in haar conceptadvies op 24 april 2019. Zie: <https://www.rijksoverheid.nl/documenten/publicaties/2019/04/24/advies-waardedaling-woningen-aardbevingsgebied-groningen>

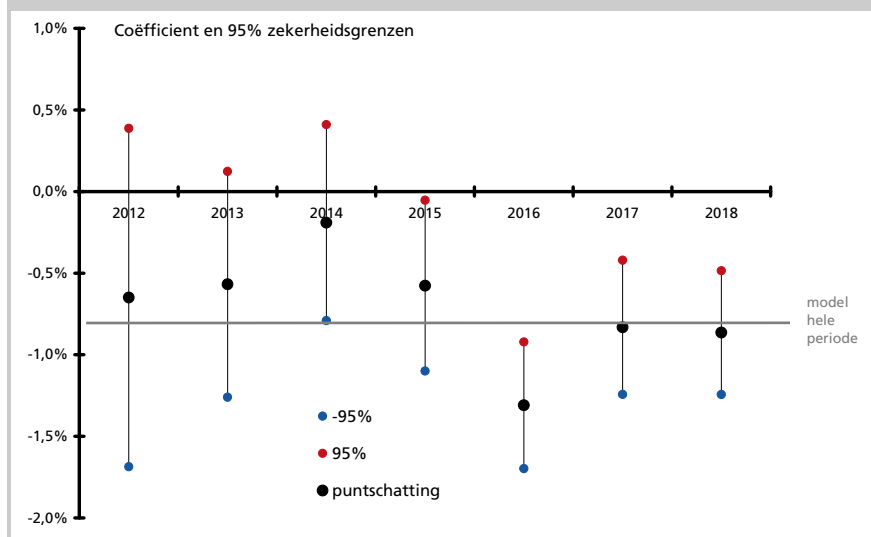


Figuur 5.3 Bevingsvariabele met 95%-range: 20%-risicogebied

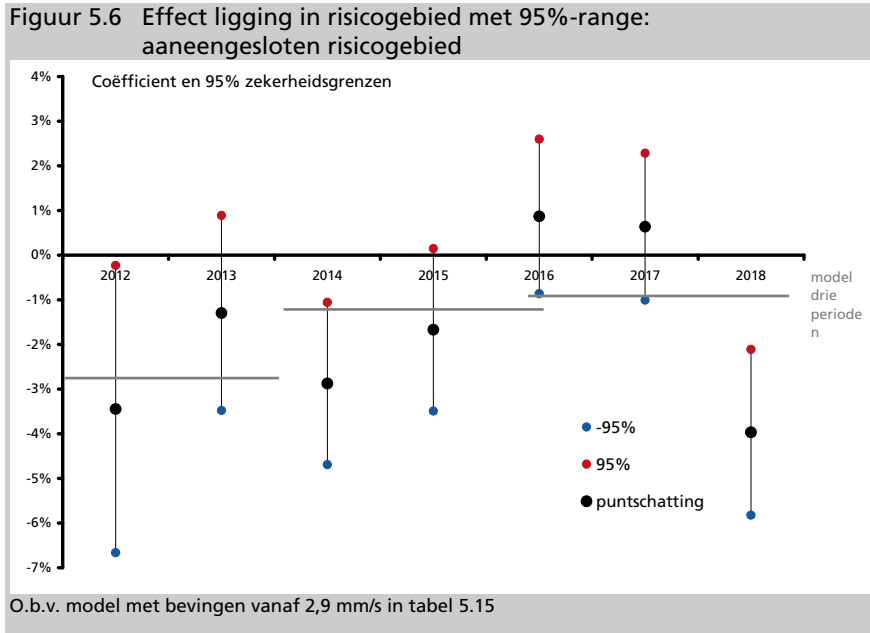
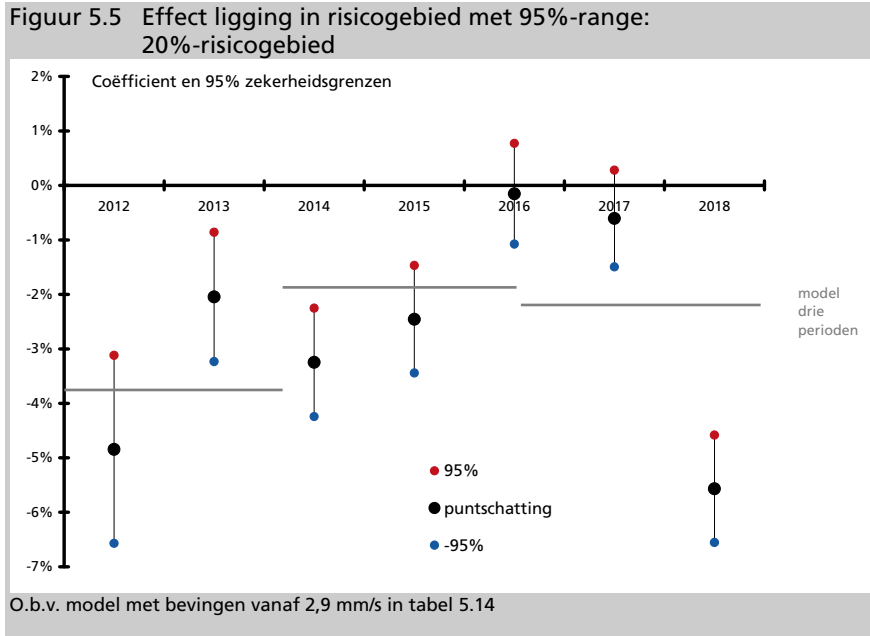


O.b.v. model met bevingen vanaf 2,9 mm/s in tabel 5.14

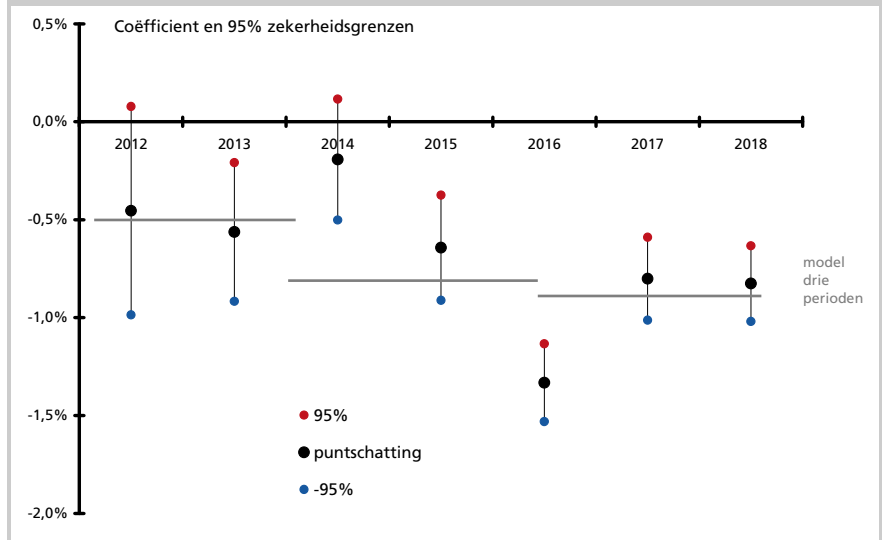
Figuur 5.4 Bevingsvariabele met 95%-range: aaneengesloten risicogebied



O.b.v. model met bevingen vanaf 2,9 mm/s in tabel 5.15

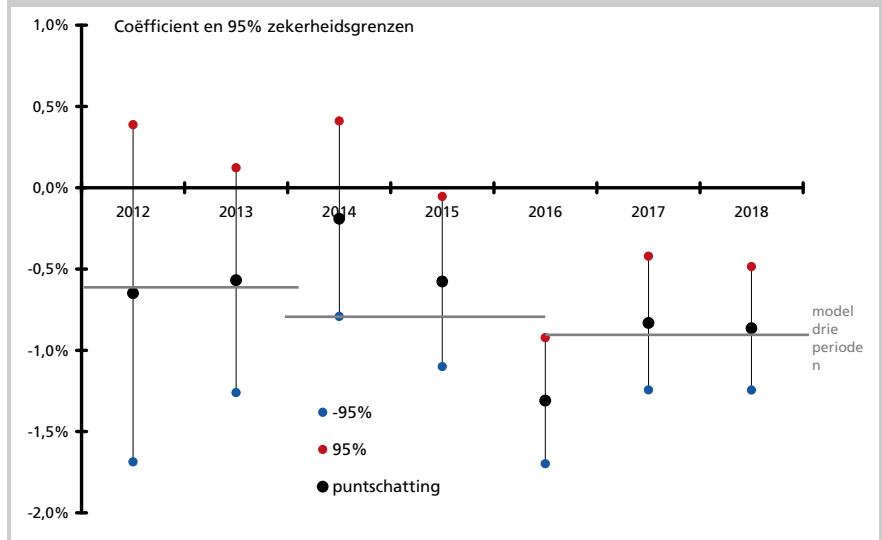


Figuur 5.7 Bevingsvariabele met 95%-range: 20%-risicogebied



O.b.v. model met bevingen vanaf 2,9 mm/s in tabel 5.14

Figuur 5.8 Bevingsvariabele met 95%-range: aaneengesloten risicogebied



O.b.v. model met bevingen vanaf 2,9 mm/s in tabel 5.15

Figuur 5.5 tot en met 5.8 zijn identiek aan figuur 5.1 tot en met 5.4, met het verschil dat de grijze lijnen nu de coëfficiënten tonen in het model met drie perioden. Figuur 5.5 en 5.6 laten zien dat de gebiedscoëfficiënt die in periode 3 lager is dan in periode 1 en ongeveer gelijk aan die in periode 2, beduidend kleiner is dan de puntschatting voor 2018 en ook vrij ver onder het 95%-betrouwbaarheidsinterval voor dat jaar ligt. Dat suggereert dat de uitkomst van het model met drie perioden weinig recht doet aan de situatie in 2018, die mogelijk verband houdt met de beving bij Zeerijp aan het begin van dat jaar. De stapsgewijze ontwikkeling in figuur 5.7 en 5.8 is meer in overeenstemming met de onderliggende puntschattingen en betrouwbaarheidsintervallen per jaar.

In vervolg op deze analyse met schattingen per jaar, is gekeken of er een lineaire tijdtrend bestaat in de ontwikkeling van het gebiedseffect en het effect van bevingen of grondsnelheid. Om dat te onderzoeken zijn in een model met één periode naast de variabelen voor ligging in het gebied en bevingen, diezelfde bevingen gekruisd met een variabele die het aantal kwartalen telt ten opzichte van het derde kwartaal van 2015. De reden om dat kwartaal als nulpunt te kiezen, is dat dit midden in het tijdvak ligt, zodat de variabelen zonder tijdtrend herkenbaar blijven ten opzichte van de uitkomsten in tabel 4.5 en 4.6. Omliggende kwartalen krijgen waarden van -12 (derde kwartaal van 2012) tot +13 (vierde kwartaal van 2018).

Tabel 5.16 en 5.17 laten de uitkomsten zien wanneer alleen voor het gebiedseffect een lineaire tijdtrend wordt onderzocht. De coëfficiënten voor de tijdtrend zijn in alle gevallen statistisch niet significant. Tabel 5.18 en 5.19 tonen de resultaten wanneer een lineaire tijdtrend in alleen de bevingsvariabelen wordt onderzocht. Hier suggereren de uitkomsten wel een negatieve trend – dat wil zeggen een groter negatief effect van bevingen in de tijd – maar de trend is in geen van de modellen statistisch significant, zelfs niet bij een 90%-betrouwbaarheidsinterval. In tabel 5.20 en 5.21 wordt ten slotte een trend in beide variabelen tegelijk onderzocht. Ook hier blijkt er duidelijk geen lineaire trend te ontdekken in het gebiedseffect, maar zijn er wel net als in tabel 5.17 en 5.18 enige aanwijzingen voor een in de tijd toenemend effect van bevingen. In geen van de modellen is deze trend echter statistisch significant.

Alle analyses in deze paragraaf overziend, blijkt er (in tegenstelling tot in het vorige onderzoek *Nog altijd in beweging* dat transactiegegevens tot en met 2017

gebruikte) onvoldoende empirisch bewijs voor een trendmatige ontwikkeling; noch voor het effect van ligging in het risicogebied, noch voor de bevingsvariabelen. Daarom worden in het volgende hoofdstuk de modellen met één periode als voorkeursmodel verder uitgewerkt.

Tabel 5.16 Test voor kwartaaltrend gebiedseffect: 20%-risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
Ligging risicogebied	-0,024 (-5,6)***	-0,027 (-6,3)***	-0,022 (-5,1)***	-0,026 (-6,1)***
Ligging risicogebied x kwartaaltrend	-0,0005 (-1,0)	-0,0005 (-1,0)	-0,0005 (-1,0)***	-0,0005 (-1,0)***
PGV of bevingen	-0,013 (-8,0)***	-0,015 (-7,3)***	-0,008 (-8,2)***	-0,015 (-7,8)***
Budget ≥ € 1000	0,005 (0,9)	0,003 (0,5)	0,006 (1,1)	0,004 (0,7)
N	18962	18962	18962	18962
R2	0,46	0,46	0,46	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.17 Test voor kwartaaltrend gebiedseffect: aaneengesloten risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
Ligging risicogebied	-0,015 (-3,7)***	-0,018 (-4,4)***	-0,013 (-3,1)***	-0,017 (-4,2)***
Ligging risicogebied x kwartaaltrend	-0,0001 (-0,1)	-0,0001 (-0,2)	-0,0001 (-0,1)	-0,0001 (-0,2)
PGV of bevingen	-0,013 (-8,2)***	-0,016 (-7,6)***	-0,008 (-8,3)***	-0,016 (-8,4)***
Budget ≥ € 1000	-0,004 (-0,7)	-0,006 (-1,1)	-0,003 (-0,6)	-0,004 (-0,8)
N	20431	20431	20431	20431
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.18 Test voor kwartaaltrend bevingen: 20%-risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
Ligging	-0,025	-0,028	-0,023	-0,027
risicogebied	(-5,9)***	(-6,5)***	(-5,3)***	(-6,3)***
PGV of bevingen	-0,011	-0,014	-0,007	-0,014
	(-6,4)***	(-5,9)***	(-6,6)***	(-6,6)***
PGV of bevingen	-0,0003	-0,0003	-0,0002	-0,0002
x kwartaaltrend	(-1,5)	(-1,3)	(-1,5)	(-0,8)
Budget ≥ € 1000	0,004	0,002	0,006	0,003
	(0,8)	(0,3)	(1,0)	(0,5)
N	18962	18962	18962	18962
R2	0,46	0,46	0,46	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.19 Test voor kwartaaltrend bevingen: aaneengesloten risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
Ligging	-0,015	-0,018	-0,013	-0,017
risicogebied	(-3,8)***	(-4,5)***	(-3,2)***	(-4,2)***
PGV of bevingen	-0,012	-0,014	-0,008	-0,015
	(-6,7)***	(-6,2)***	(-6,8)***	(-7,1)***
PGV of bevingen	-0,0003	-0,0004	-0,0002	-0,0002
x kwartaaltrend	(-1,4)	(-1,3)	(-1,3)	(-0,8)
Budget ≥ € 1000	-0,004	-0,006	-0,003	-0,005
	(-0,7)	(-1,2)	(-0,5)	(-0,9)
N	20431	20431	20431	20431
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.20 Test voor kwartaaltrend gebied en bevingen: 20%-risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
Ligging risicogebied	-0,025 (-5,7)***	-0,027 (-6,4)***	-0,023 (-5,2)***	-0,026 (-6,1)***
Ligging risicogebied x kwartaaltrend	-0,0003 (-0,5)	-0,0004 (-0,7)	-0,0002 (-0,4)	-0,0004 (-0,8)
PGV of bevingen	-0,011 (-6,4)***	-0,014 (-5,9)***	-0,008 (-6,6)***	-0,014 (-6,6)***
PGV of bevingen x kwartaaltrend	-0,0003 (-1,2)	-0,0003 (-1,1)	-0,0002 (-1,2)	-0,0002 (-0,6)
Budget ≥ € 1000	0,005 (0,9)	0,003 (0,5)	0,006 (1,1)	0,004 (0,7)
N	18962	18962	18962	18962
R2	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

Tabel 5.21 Test voor kwartaaltrend gebied en bevingen: aaneengesloten risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
Ligging risicogebied	-0,015 (-3,8)***	-0,018 (-4,5)***	-0,014 (-3,3)***	-0,017 (-4,2)***
Ligging risicogebied x kwartaaltrend	0,0002 (0,3)	0,0001 (0,1)	0,0002 (0,4)	0,00002 (0,0)
PGV of bevingen	-0,012 (-6,5)***	-0,014 (-6,2)***	-0,008 (-6,6)***	-0,015 (-7,0)***
PGV of bevingen x kwartaaltrend	-0,0003 (-1,4)	-0,0004 (-1,3)	-0,0002 (-1,3)	-0,0002 (-0,8)
Budget ≥ € 1000	-0,004 (-0,7)	-0,006 (-1,2)	-0,003 (-0,5)	-0,005 (-0,9)
N	20431	20431	20431	20431
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties.

6 Synthese

De voorgaande hoofdstukken geven (samen met de bijlagen) een algehele actualisatie van de eerdere onderzoeken van Atlas voor gemeenten naar het effect van de aardbevingen en aardbevingsrisico's in Groningen op de huizenprijzen. Het risicogebied is opnieuw empirisch afgebakend en de woningmarkttransacties in dit risicogebied zijn aangevuld tot 1 januari 2019. Bij alle transacties in het risicogebied zijn de best vergelijkbare referentietransacties gezocht op locaties waar de aardbevingsproblematiek niet speelt. Voorts zijn alle bevingen tot aan 1 januari 2019 meegenomen, en zijn de geologische formules geactualiseerd die gebruikt worden om het effect van bevingen uit het verleden op de plek van individuele woningen te bepalen.

Met deze aangevulde en nieuwe gegevens is het actuele effect onderzocht van ligging in het risicogebied, bevingsgeschiedenis en schade aan woningen op de transactieprijs. De modellen zijn aan een reeks robuustheidsanalyses onderworpen en op verschillende manieren is onderzocht of er voldoende sterke aanwijzingen zijn dat de effecten veranderen in de tijd.

De eerste paragraaf van dit hoofdstuk resumeert de belangrijkste conclusies uit deze algehele actualisatie in voorgaande hoofdstukken. De tweede paragraaf berekent de gemiddelde effecten per 1 januari 2019.

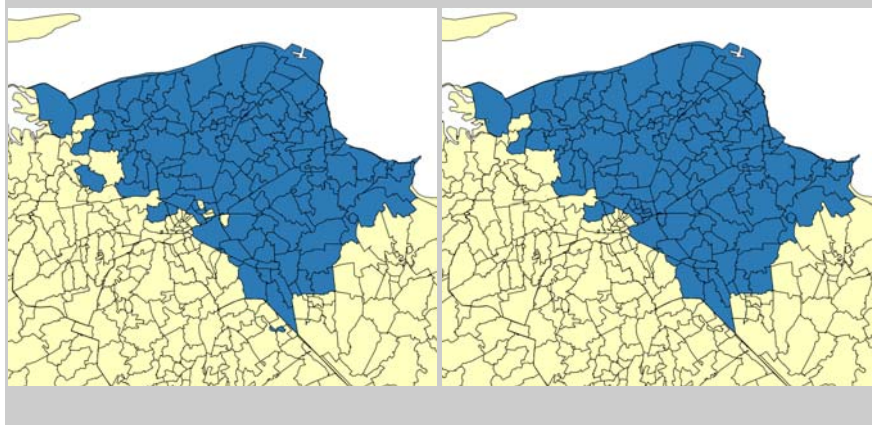
6.1 Conclusies

Ten aanzien van het *risicogebied* blijkt net als bij de eerdere empirische afbakening, dat een negatief effect op de huizenprijzen vanaf een schade-intensiteit van 20% van de woningvoorraad niet kan worden uitgesloten. Die conclusie geldt dus ook bij de nieuwe schadedata en transactiegegevens. Vanaf 40% schadetoekenningen is er een robuust en significant negatief prijseffect; in de categorieën 0%-10% en 10%-20% is er juist een positief prijseffect dat mogelijk verband houdt met een 'waterbedeffect' als gevolg van huishoudens die de kern van het risicogebied verlaten en aan de rand willen wonen. Tussen 20% en 40% zijn de effecten onzeker en kan een negatief effect naar gangbare wetenschappelijke maatstaven niet worden aangetoond maar ook niet worden uitgesloten. Om te voorkomen dat het

gebied mogelijk te klein wordt afgebakend, worden deze postcodegebieden ook tot het risicogebied gerekend.

Deze empirische afbakening op basis van het percentage schades ten opzichte van de woningvoorraad gaat gepaard met de consequentie, dat het zogenoemde *20%-risicogebied* enkele enclaves heeft, bestaande uit gebieden erbinnen met een lager schadepercentage. Voorts zijn er twee postcodegebieden (met weinig woningen) die als eilanden buiten de rest van het risicogebied liggen. Als alternatief voor het ‘datagedreven’ *20%-risicogebied*, is daarom een *aaneengesloten risicogebied* gedefinieerd, waaraan de enclaves zijn toegevoegd en waaruit de eilanden zijn weggelaten. Het *20%-risicogebied* omvat volgens de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) van het Kadaster 87.046 woningen; het *aaneengesloten risicogebied* 94.679. Kaart 6.1 (identiek aan kaart 2.2) toont beide varianten van het risicogebied.

Kaart 6.1 20%-risicogebied (links) en aaneengesloten risicogebied (rechts)



Binnen het risicogebied is een dataset met 9.510 respectievelijk 10.266 transacties uit de periode sinds de beving bij Huizinge op 16 augustus 2012 tot 1 januari 2019 geanalyseerd. Schadetoekenningen en de bevingsgeschiedenis ter plaatse zijn gekoppeld aan deze woningen en bij de transacties in het risicogebied zijn transacties in de best vergelijkbare referentiegebieden gezocht. De belangrijkste uitkomsten van die analyse zijn weergegeven in tabel 6.1 en 6.2 (identiek aan tabel 4.5 respectievelijk 4.6).

Deze tabellen tonen de voorkeursmodellen die uit de actualisatie naar voren komen.

Deze resultaten zijn op grote lijnen vergelijkbaar met de eerdere onderzoeken van Atlas voor gemeenten. Er wordt een significant negatief effect gevonden van ligging in het risicogebied en een aanvullend negatief effect voor elke beving dan wel de opgetelde grondsnelheid boven de gehanteerde drempelwaarden van 2,9 mm/s of 5,0 mm/s op de plek van een woning. Het negatieve effect van ligging in het gebied is ongeveer 2,5% als wordt uitgegaan van het *20%-risicogebied*, en ongeveer 1,5% als wordt gewerkt met het grotere *aaneengesloten risicogebied*. Dit verschil wordt vermoedelijk veroorzaakt doordat tot die tweede afbakening ongeveer 9% meer woningen behoren (vooral in de stad Groningen) die in de empirische gebiedsafbakening juist een positief effect lieten zien. Het negatieve effect van bevingen is voor beide definities van het risicogebied vrijwel gelijk, ongeveer 1 tot 1,5%. Per saldo is het effect over de woningen in de dataset (op basis van de bevingsgeschiedenis op het moment van de transacties) gemiddeld 3,4~3,5% in het *20%-risicogebied*, en gemiddeld 2,4~2,5% als wordt uitgegaan van het *aaneengesloten risicogebied*.

Er is één duidelijk verschil met de eerdere onderzoeken van Atlas voor gemeenten: het effect van een toegekend schadebudget van € 1000 of meer, dat de woningeigenaar bovenop schadeherstel aanspraak geeft op een budget van € 4000 uit de Waardevermeerderingsregeling voor energiebesparende of -opwekkende investeringen, is niet langer positief significant. In de modellen voor het *20%-risicogebied* is de puntschatting nog wel positief maar niet langer statistisch significant, in de modellen voor het *aaneengesloten risicogebied* is de puntschatting nu negatief maar ook niet significant.

Tabel 6.1 Voorkeursmodellen 20%-risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,025 (-5,8)***	-0,027 (-6,5)***	-0,023 (-5,3)***	-0,026 (-6,2)***
Bevingen of PGV	-0,013 (-7,9)***	-0,015 (-7,2)***	-0,008 (-8,2)***	-0,015 (-7,8)***
Toegekend budget ≥ € 1000	0,004 (0,7)	0,001 (0,3)	0,005 (0,9)	0,003 (0,5)
Gemiddeld effect	-3,47%	-3,39%	-3,51%	-3,43%
N	18962	18962	18962	18962
R	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Tabel 6.2 Voorkeursmodellen aaneengesloten risicogebied

Afhankelijke variabele: (log) huizenprijzen/m ²	grondsnelheid ≥ 2,9 mm/s	grondsnelheid ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Ligging risicogebied	-0,015 (-3,7)***	-0,018 (-4,5)***	-0,013 (-3,1)***	-0,017 (-4,2)***
Bevingen of PGV	-0,013 (-8,2)***	-0,016 (-7,6)***	-0,008 (-8,3)***	-0,016 (-8,4)***
Toegekend budget ≥ € 1000	-0,004 (-0,8)	-0,006 (-1,2)	-0,003 (-0,6)	-0,005 (-0,9)
Gemiddeld effect	-2,47%	-2,40%	-2,49%	-2,45%
N	20431	20431	20431	20431
R	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten, met kwartaaldummy's en woningkenmerken en met gewogen referenties. Gemiddeld effect is gemiddelde in dataset o.b.v. bevingen en gebiedseffect, excl. impact schadebudget.

Robuustheidsanalyses vormen geen aanleiding te kiezen voor een alternatief basismodel. Als referentietransacties niet worden gewogen naar het aantal maal dat ze als referentie zijn gekozen worden de gevonden effecten iets kleiner. Als gelijktijdig met woningkenmerken in de modellen ook gecorrigeerd wordt voor een aantal omgevingskenmerken, worden de

gevonden effecten aanzienlijk kleiner, maar het is goed denkbaar dat die correctie tot een onderschatting leidt doordat de omgevingskenmerken correleren met bevingsactiviteit. Als referentietransacties zelfs niet afkomstig mogen zijn uit 4-positie-postcodegebieden waar minder dan 1% van de woningen een schade-uitkering heeft ontvangen maar alleen uit gebieden zonder enige uitkering, worden de effecten iets groter. Op basis van de analyse voor de afbakening van het risicogebied, waarin tussen 0% en 20% schade-intensiteit een positief waterbedeffect werd gevonden, is echter uit te sluiten dat dit komt doordat referentiegebieden met 0% tot 1% schade ook een waardedaling hebben ondergaan.

Tevens is nader gekeken naar het effect van schade, nu een budget vanaf € 1000 niet langer een significant positief effect heeft en in de modellen voor het aaneengesloten risicogebied juist niet-significant negatief is. Dit effect blijft echter statistisch niet-significant, ook wanneer in plaats van de genoemde variabele of het budget boven de drempel van € 1000 komt, wordt gewerkt met de feitelijke hoogte van het budget. Voor zover de modellen voor het aaneengesloten risicogebied enige aanwijzing geven in de richting van een negatief effect van schade, blijkt dat samen te hangen met een zeer beperkt aantal *outliers* met schadebudgetten van € 36 duizend of meer.

Tot slot is onderzocht wat het effect is van ligging in het risicogebied en bevingen op het aantal dagen dat een woning te koop staat voor deze wordt verkocht: de looptijd. Een significant langere looptijd in het risicogebied zou er immers op kunnen wijzen dat woningen er gemiddeld moeilijker verkoopbaar zijn geworden en dat de transactiepreizen de ontwikkelingen onderschatten. Echter, de analyse toont aan dat de looptijd in het gebied als geheel gemiddeld juist significant korter is. Alleen op plekken met veel bevingen is de looptijd van een gemiddelde woning wat langer, maar voor het risicogebied als geheel impliceert dit dat de transactiepreizen geen onderschatting geven.

Ook de analyse in hoofdstuk 5, waarin de eerdere modellen die drie tijdvakken onderscheidden zijn geactualiseerd, levert geen betere modellen op. Waar in het vorige onderzoek *Nog altijd in beweging* duidelijk aanwijzingen bestonden voor een gestaag afnemend effect van ligging in het risicogebied en een licht oplopend effect van bevingen, blijkt dat beeld met de actuele gegevens niet meer te bestaan. Jaar op jaar lijken de effecten te schommelen,

mogelijk als gevolg van de relatief zwaardere bevingen zoals die bij Zeerijp op 8 januari 2018, maar er blijkt onvoldoende empirische onderbouwing voor een indeling in tijdvakken of het signaleren van een tijdtrend in de gevonden coëfficiënten: noch voor het effect van ligging in het risicogebied, noch voor de bevingsvariabelen.

6.2 Gemiddelde effecten per 1 januari 2019

De tabellen 6.1 en 6.2 geven voor zowel het ‘datagedreven’ *20%-risicogebied* als voor het op inhoudelijke gronden meer voor de hand liggende *aaneengesloten risicogebied* vier mogelijke modelspecificaties die inhoudelijk gelijkwaardig zijn en gelijkwaardige uitkomsten geven.

In tabel 6.3 zijn de uitkomsten van deze 2×4 modellen doorgerekend voor het gehele risicogebied per 1 januari 2019. Anders dan in tabel 6.1 en 6.2 is dus nu gerekend met *alle* woningen in het risicogebied, niet alleen de verkochte woningen. Het totaal aantal bevingen dan wel de grondsnelheid per 1 januari 2019 is per 6-positie-postcodegebied gewogen met het aantal woningen per gebied en van daaruit geaggregeerd. Voor de gehele woningvoorraad komt de gemiddelde waardedaling per 1 januari 2019 zo op 3,5~3,8% als wordt uitgegaan van het 20%-risicogebied en 2,5~2,8% voor het aaneengesloten risicogebied.

Tabel 6.3 Gemiddelde geschatte waardedaling per 1 januari 2019

	20%-risicogebied	Aaneengesloten risicogebied
Bevingen $\geq 2,9$ mm/s	-3,8%	-2,8%
Grondsnelheid $\geq 2,9$ mm/s	-3,7%	-2,7%
Bevingen $\geq 5,0$ mm/s	-3,6%	-2,6%
Grondsnelheid $\geq 5,0$ mm/s	-3,5%	-2,5%

Net als in *Nog altijd in beweging* blijkt in tabel 6.3 de gemiddelde uitkomst het hoogste voor het model dat uitgaat van het *aantal bevingen met een grondsnelheid*

vanaf 2,9 mm/s. Voor beide definities van het risicogebied is dat het geval. Het model dat uitgaat van de cumulatieve grondsnelheid bij een drempel van 5 mm/s geeft de laagste gemiddelde uitkomst, al is het verschil slechts 0,3%. Voor het model dat gemiddeld per 1 januari 2019 de hoogste waardedaling berekent, wordt in de tabellen en figuren hieronder ter illustratie een aantal nadere uitkomsten getoond.

Tabel 6.4 toont de gemiddelde uitkomsten per gemeente, uitgaande van het 20%-risicogebied. De eerste kolom geeft de gemiddelde uitkomsten op basis van de puntschattingen uit tabel 6.1. Merk op dat rond deze gemiddelde waarden de verschillen binnen gemeenten groot kunnen zijn, afhankelijk van de bevingsgeschiedenis van individuele woningen. De tweede kolom geeft het aantal woningen per gemeente dat in het risicogebied valt en waarover de gemiddelden zijn berekend. Tabel 6.5 geeft dezelfde informatie als tabel 6.4, ditmaal voor het aaneengesloten risicogebied.

Tabel 6.4 20%-risicogebied: waardedaling per 1 januari 2019 per gemeente*

Gemeente	puntschatting	woningen*
Loppersum	-11,2%	4568
Appingedam	-6,1%	5797
Eemsmond	-5,9%	7291
Ten Boer	-5,0%	3049
Bedum	-4,3%	4639
Winsum	-3,0%	5834
Midden-Groningen	-2,8%	26.901
Delfzijl	-2,6%	12.153
Groningen	-2,5%	12.141
Zuidhorn	-2,3%	258
De Marne	-2,3%	3504
Aa en Hunze	-2,3%	64
Oldambt	-2,3%	847
Totaal	-3,8%	87.046

Model aantal bevingen vanaf 2,9 mm/s. *alleen deel dat tot het risicogebied behoort.

Tabel 6.5 Aaneengesloten risicogebied: waardedaling per 1 januari 2019 per gemeente*

Gemeente	puntschatting	woningen in gebied
Loppersum	-10,4%	4568
Appingedam	-5,2%	5797
Eemsmond	-5,0%	7291
Ten Boer	-4,0%	3049
Bedum	-3,4%	4639
Winsum	-2,0%	5834
Groningen	-1,8%	19.946
Midden-Groningen	-1,8%	26.901
Delfzijl	-1,7%	12.153
Zuidhorn	-1,3%	150
De Marne	-1,3%	3504
Oldambt	-1,3%	847
Totaal	-2,8%	94.679

Model aantal bevingen vanaf 2,9 mm/s. *alleen deel dat tot het risicogebied behoort.

In haar conceptadvies koos de *Adviescommissie waardedaling woningen aardbevingsgebied Groningen* ervoor de modeluitkomsten op te hogen met eenmaal de standaardfout van de schattingen, teneinde de onzekerheden rondom de schattingen zoveel mogelijk ten gunste van de benadeelde woningbezitters te laten komen. Tabel 6.6 toont voor het 20%-risicogebied de gemiddelde uitkomsten per gemeente bij deze keuze. De gemiddelden per gemeente worden 0,4% tot 1,6% hoger, het gemiddelde over het gehele gebied wordt 0,6% hoger. De tabel laat tevens per gemeente de laagste en de hoogste waardedaling zien, die geldt voor de locatie met het laagste respectievelijk hoogste aantal bevingen. Deze cijfers onderstrepen dat de waardedaling voor individuele woningen binnen een gemeente aanzienlijk kan verschillen. Tabel 6.7 toont dezelfde gegevens, ditmaal uitgaande van het aaneengesloten risicogebied. Voor dit risicogebied dat per saldo ongeveer 7500 (9%) meer woningen bevat zijn de uitkomsten over de hele linie ongeveer een procentpunt lager.

Figuur 6.1 en 6.2 geven tot besluit de gemiddelden per gemeente grafisch weer: figuur 6.1 voor het 20%-risicogebied en figuur 6.2 voor het aaneengesloten risicogebied. De grijze delen van de balken geven het effect aan van het ophogen van de uitkomsten met eenmaal de standaardfout.

Tabel 6.6 20%-risicogebied: waardedaling per 1 januari 2019 per gemeente* op basis van puntschatting plus 1 standaardfout

Gemeente	Puntschatting + standaardfout	minimum incl. st.fout	maximum incl. st.fout	woningen*
Loppersum	-12,8%	-5,5%	-18,4%	4568
Appingedam	-7,1%	-2,7%	-12,0%	5797
Eemsmond	-6,8%	-2,7%	-12,9%	7291
Ten Boer	-5,8%	-4,6%	-12,0%	3049
Bedum	-5,0%	-3,6%	-6,4%	4639
Winsum	-3,5%	-2,7%	-4,6%	5834
Midden- Groningen	-3,3%	-2,7%	-10,1%	26.901
Delfzijl	-3,1%	-2,7%	-8,3%	12.153
Groningen	-3,0%	-2,7%	-4,6%	12.141
Zuidhorn	-2,7%	-2,7%	-2,7%	258
De Marne	-2,7%	-2,7%	-2,7%	3504
Aa en Hunze	-2,7%	-2,7%	-2,7%	64
Oldambt	-2,7%	-2,7%	-2,7%	847
Totaal	-4,4%	-2,7%	-18,4%	87.046

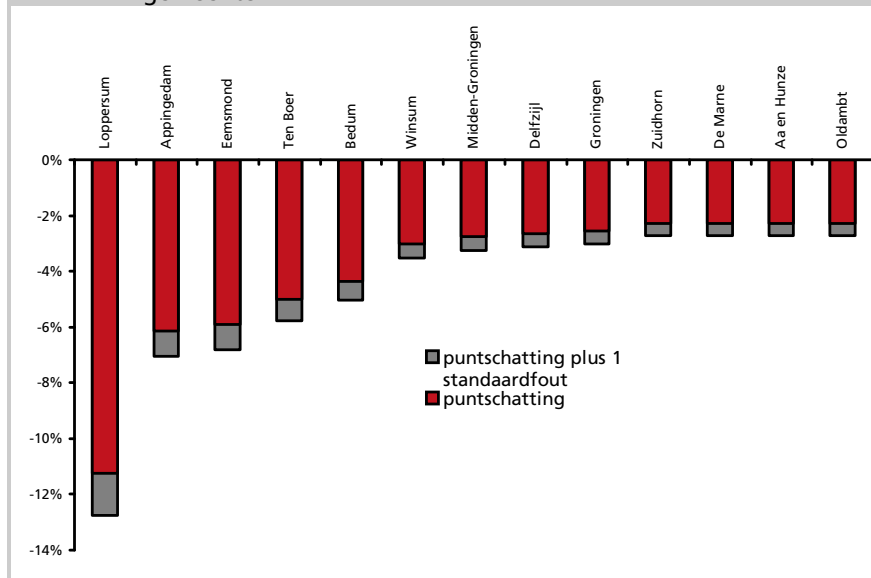
Model aantal bevingen vanaf 2,9 mm/s. *alleen deel dat tot het risicogebied behoort.

Tabel 6.7 Aaneengesloten risicogebied: waardedaling per 1 januari 2019 per gemeente* op basis van puntschatting plus 1 standaardfout

Gemeente	Puntschatting + standaardfout	minimum incl. st.fout	maximum incl. st.fout	woningen*
Loppersum	-11,8%	-4,5%	-17,6%	4568
Appingedam	-6,1%	-1,7%	-11,0%	5797
Eemsmond	-5,8%	-1,7%	-12,0%	7291
Ten Boer	-4,8%	-3,6%	-11,0%	3049
Bedum	-4,0%	-2,6%	-5,4%	4639
Winsum	-2,5%	-1,7%	-3,6%	5834
Groningen	-2,2%	-1,7%	-4,5%	19.946
Midden- Groningen	-2,2%	-1,7%	-9,2%	26.901
Delfzijl	-2,1%	-1,7%	-7,3%	12.153
Zuidhorn	-1,7%	-1,7%	-1,7%	150
De Marne	-1,7%	-1,7%	-1,7%	3504
Oldambt	-1,7%	-1,7%	-1,7%	847
Totaal	-3,4%	-1,7%	-17,6%	94.679

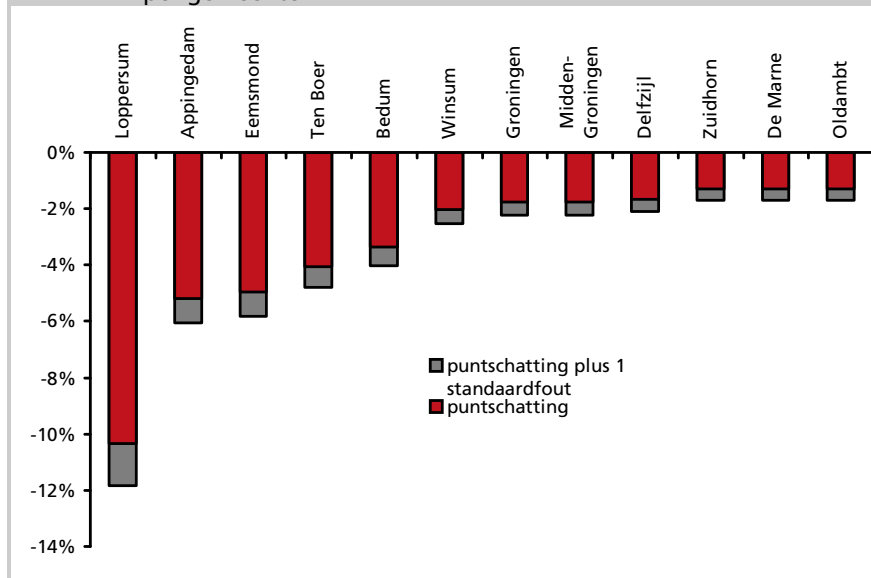
Model aantal bevingen vanaf 2,9 mm/s. *alleen deel dat tot het risicogebied behoort.

Figuur 6.1 20%-risicogebied: waardedaling per 1 januari 2019 per gemeente*



*alleen dat deel dat tot het risicogebied behoort

Figuur 6.2 Aaneengesloten risicogebied: waardedaling per 1 januari 2019 per gemeente*



*alleen dat deel dat tot het risicogebied behoort

Bijlage 1 Afbakening risicogebied

Deze bijlage beschrijft de empirische afbakening van het risicogebied en de onderzoeksstappen die daarvoor nodig zijn. De eerste drie stappen zijn ook nodig voor de verdere analyses in de rest van dit rapport.

1. Koppeling schadedata aan transacties en postcodegebieden

Bijlage 2 bespreekt de bestanden met schadedata van CVW en TCMG die ten behoeve van deze onderzoekstap zijn gebruikt. Toegekende schadebedragen zijn daarbij gekoppeld aan woningmarkttransacties sinds de beving bij Huizinge.

Tevens zijn alle schadedossiers (ook de dossiers van woningen die niet verkocht zijn) gekoppeld aan postcodegebieden en is per 4-posities-postcodegebied het aantal toegekende schades bepaald als percentage van het aantal objecten met een woonbestemming volgens de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG) per 2018.⁶³ Voor de afbakening van het risicogebied zijn, net als in het voorgaande onderzoek, de postcodegebieden ingedeeld in categorieën van schade-intensiteit: minder dan 10% ten opzichte van de woningvoorraad, tussen 10% en 20%, etc.

Tabel B1.6 geeft een lijst van alle postcodegebieden met toegekende schades, de gemeente waarin de postcode ligt en het aantal objecten met een woonbestemming volgens de BAG 2018. Omdat de gebruikte schadedata persoonsgegevens bevatten (adressen) en het aantal schadedossiers of woningen in een groot aantal postcodes zeer laag is, geeft de tabel niet het aantal schades of het precieze percentage, maar alleen de categorie waar de postcode in valt. Alleen die categorie is immers relevant voor de afbakening van het risicogebied. Alle postcodegebieden in Tabel B1.6 vormen samen het *potentiële risicogebied*.

2. Bepalen referentiewoningen verkochte woningen in potentiële risicogebied

Bij alle transacties in het potentiële risicogebied sinds de beving bij Huizinge op 16 augustus 2012 is een referentiewoning gezocht elders in Nederland. Deze referentiewoning is eveneens na deze datum verkocht en ligt op een locatie die zo goed mogelijk vergelijkbaar is met de transactie in het

⁶³ Bij de afbakening in *Vijf jaar na Huizinge* is voor de woningvoorraad uitgegaan van de BAG per 2015.

potentiële risicogebied, maar moet in beginsel in een 4-positie-postcodegebied liggen waar nooit schade is toegekend. Bijlage 3 beschrijft in meer detail hoe deze referentielocaties bepaald zijn en geeft het precieze model dat daarvoor gebruikt is.

Bijlage 3 concludeert tevens dat de match voor het bepalen van referentielocaties verbetert door 4-positie-postcodegebieden met minder dan 1% toegekende schades toe te laten als referentielocaties. Dit vormt in dit onderzoek daarom de basisvariant. Voor de afbakening van het risicogebied en bij wijze van robuustheidsanalyse wordt echter het strengere uitsluitingscriterium gehanteerd, waarbij het potentiële risicogebied bestaat uit alle postcodes in Tabel B1.6. Alle referentielocaties moeten daarbuiten liggen.

3. Schonen dataset voor *outliers*

Stap 2 resulteert in twee datasets met verkochte woningen in het potentiële risicogebied en bijbehorende referentiewoningen: één voor het strenge en één voor het minder strenge criterium voor het bepalen van het potentiële risicogebied (postcodes met schade-intensiteit vanaf 0% dan wel 1%). Vervolgens zijn van beide datasets *outliers* verwijderd waarvan de logaritme van de prijs per m² (de afhankelijke variabele in de modellen) meer dan drie standaarddeviaties van de mediaan lag.⁶⁴

Tabel B1.1 geeft de resultaten van het schonen van de data voor de woningen in het potentiële risicogebied volgens het strenge (rechts) en minder strenge criterium (links). Door het hoge aantal postcodegebieden met minder dan 1% schade-intensiteit, is het aantal transacties in de rechterkolom ongeveer de helft groter dan links. In de linkerkolom vallen 257 woningen buiten het gehanteerde criterium voor *outliers*, in de rechterkolom 386. In beide gevallen gaat het om minder dan 1% van de transacties.

Tabel B1.2 toont de resultaten voor het schonen van de data voor de *referentiewoningen*: rechts de referentiewoningen bij het strenge criterium voor het potentiële risicogebied, links bij het minder strenge criterium. Vergelijking van tabel B1.1 en B1.2 leert dat één referentiewoning gemiddeld voor twee tot drie verkochte woningen in het potentiële risicogebied de

⁶⁴ Vóór toepassing van dit gangbare criterium is eerst onderzocht of de standaarddeviatie gevoelig was voor extreme *outliers*, die in dat geval eerst verwijderd zouden moeten worden. Dat bleek niet het geval.

beste referentie vormt.⁶⁵ In de linkerkolom vallen 88 referentiewoningen buiten het gehanteerde criterium voor *outliers*, in de rechterkolom 133, wederom minder dan 1%.

Tot slot zijn de transacties in het potentiële risicogebied verwijderd, waarvan de bijbehorende referentiewoning een *outlier* bleek; omgekeerd zijn ook de referentiewoningen verwijderd die de pendant vormden van een *outlier* in het potentiële risicogebied. Het resultaat, de definitieve dataset voor het afbakenen van het risicogebied, staat in tabel. B1.3.

Tabel B1.1 Outlier-analyse: transacties in potentieel risicogebied (log van m²-prijs)

	Potentieel risicogebied 1% of meer	Potentieel risicogebied 0% of meer
Gemiddelde	7,37	7,34
Mediaan	7,40	7,36
Standaarddeviatie	0,36	0,35
N totaal	29.337	45.927
<i>Outliers</i> onderkant	224	321
<i>Outliers</i> bovenkant	33	65

Tabel B1.2 Outlier-analyse: transacties unieke referentiewoningen (log van m²-prijs)

	Potentieel risicogebied 1% of meer	Potentieel risicogebied 0% of meer
Gemiddelde	7,30	7,30
Mediaan	7,31	7,31
Standaarddeviatie	0,33	0,32
N totaal	11.168	15.925
<i>Outliers</i> onderkant	75	107
<i>Outliers</i> bovenkant	13	26

⁶⁵ Om een goed gebalanceerde set van woningen in het risicogebied en referentiewoningen te houden, worden referentiewoningen in de basismodellen daarom gewogen voor het aantal maal dat ze als referentiewoning zijn geselecteerd. In een aantal gevallen wordt een ongewogen schatting als robuustheidsanalyse getoond.

Tabel B1.3 Definitieve dataset voor analyses risicogebied

	Potentieel risicogebied 1% of meer	Potentieel risicogebied 0% of meer
Transacties in potentieel risicogebied	28.855	45.073
Referenties (ongewogen)	11.032	15.740
Referenties (gewogen)	28.855	45.073
Gemiddeld aantal keer dat referentie voorkomt	2,62	2,88

4. Analyse effect in potentiële risicogebied

De volgende stap is de feitelijke bepaling van het risicogebied. Net als in *Vijf jaar na Huiszinge* is onderzocht of er – bij indeling van het potentiële risicogebied in 10%-categorieën van schade-intensiteit – een bepaalde grens in het percentage toegekende schadegevallen aan te geven is, waarbij er geen negatief prijseffect meer is.

Om het effect van de nieuwe transacties (en referentiewoningen) sinds de eerdere afbakening te scheiden van het effect van de nieuwe schadedata, is om te beginnen uitgegaan van de schade-intensiteiten uit *Vijf jaar na Huiszinge* en *Nog altijd in beweging* maar wel met toevoeging van de nieuwe transacties en referentiewoningen. Het resultaat staat in tabel B1.4 en figuur B1.1. Net als in de voorgaande studies, wordt vanaf een schade-intensiteit van 30% een robuust negatief effect gevonden. Dat geldt zowel voor het basismodel als voor een model waarin gecorrigeerd is voor een aantal omgevingskenmerken die beogen te corrigeren voor de bijzondere positie van de stad Groningen (met relatief hoge woningprijzen) in de dataset.⁶⁶ Ook geldt het voor een modelvariant waarin *niet* is gewogen voor het aantal maal dat een referentiewoning de beste match vormde voor een woning in het potentiële risicogebied.

Net als in de voorgaande studies blijkt dat onder 20% schade-intensiteit een positief effect wordt waargenomen. Correctie voor omgevingskenmerken die de stad Groningen typeren, maakt dat effect kleiner maar het blijft

⁶⁶ Te weten: bereikbaarheid werk, nabijheid podiumkunsten, bereikbaarheid bevolking, overlast en aandeel sociale huur.

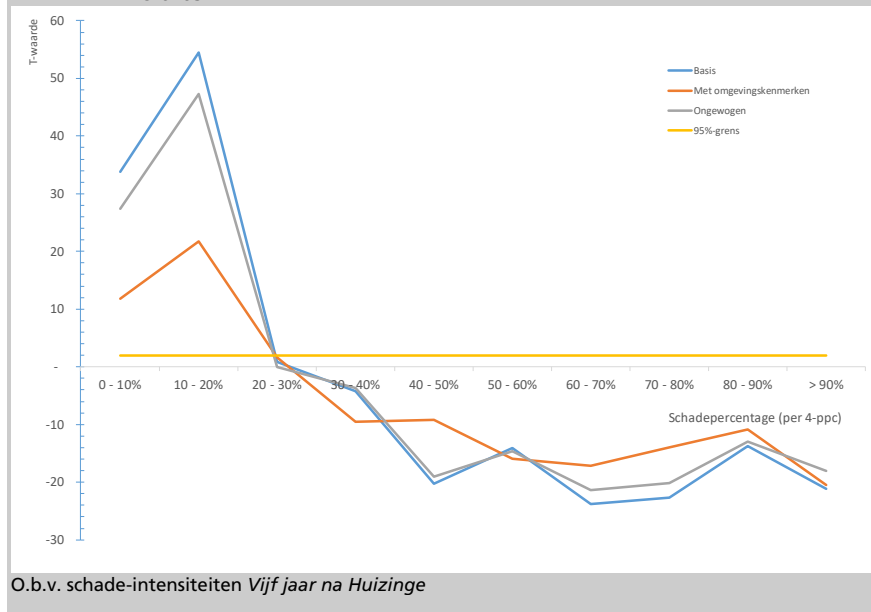
positief. Voor de categorie met 20%-30% schade wordt een effect rond de nul geschat en valt een negatief effect opnieuw niet uit te sluiten. De empirische afbakening van het risicogebied uit de voorgaande studies blijkt dus robuust voor het toevoegen van nieuwe transacties en referentiewoningen.

Tabel B1.4 Update model met indeling potentieel risicogebied naar schade-intensiteit zoals in *Nog altijd in beweging* (q3 2016 data)

	Basis	Met omgevings- kenmerken	Ongewogen referentiewoningen
Schade-intensiteit			
<10%	0,146 (43,9)***	0,055 (18,0)***	0,145 (36,3)***
10%-20%	0,259 (55,6)***	0,109 (24,9)***	0,252 (48,8)***
20%-30%	0,004 (0,6)	0,007 (1,4)	0,003 (0,5)
30%-40%	-0,033 (-4,3)***	-0,052 (-9,0)***	-0,027 (-3,4)***
40%-50%	-0,217 (-20,5)***	-0,105 (-10,1)***	-0,207 (-19)***
50%-60%	-0,137 (-14,3)***	-0,136 (-16,2)***	-0,141 (-14,5)***
60%-70%	-0,189 (-24,1)***	-0,132 (-17,8)***	-0,175 (-21,5)***
70%-80%	-0,126 (-22,8)***	-0,078 (-14,7)***	-0,118 (-19,8)***
80%-90%	-0,180 (-14,0)***	-0,132 (-11,3)***	-0,172 (-13,1)***
>90%	-0,144 (-21,5)***	-0,131 (-20,9)***	-0,13 (-18,4)***
Schade- budget			
>=€1.000	0,025 (4,9)***	0,019 (4,3)***	0,024 (4,7)***
N	52046	52046	35886
R ²	0,44	0,56	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

Figuur B1.1 Tot welke schade-intensiteit is een negatief prijseffect niet uit te sluiten?



Vervolgens tonen tabel B1.5 en figuur B1.2 de resultaten na actualisatie van de schade-intensiteiten (inclusief toevoeging van de nieuwe transacties en referentiewoningen). Door die actualisatie komt een aantal postcodegebieden in een hogere schadecategorie te liggen. De resultaten in de basisvariant zijn nu minder eenduidig: in de categorie 30%-40% wordt nu een significant positieve coëfficiënt gevonden, wat erop zou wijzen dat ook die gebieden (die in een aantal gevallen op basis van de schadedata tot en met 2016Q3 in een lagere categorie vielen) een positief waterbedeffect ervaren.

De tweede kolom wijst uit dat deze positieve coëfficiënt volledig afhangt van het postcodegebied 9731 in de stad Groningen. Transacties in dit postcodegebied vormen het grootste deel van deze categorie, die verder juist relatief klein is (zie tabel B1.6 voor de bijbehorende woningvoorraad). De tweede kolom laat zien dat zonder deze postcode de gevonden coëfficiënt significant negatief is. In figuur B1.2 is dit effect duidelijk te zien. Kennelijk wordt in het basismodel de positieve coëfficiënt beïnvloed door andere kenmerken van de stad Groningen die de woningen in deze postcode aantrekkelijker maken. Het model met een aantal omgevingskenmerken

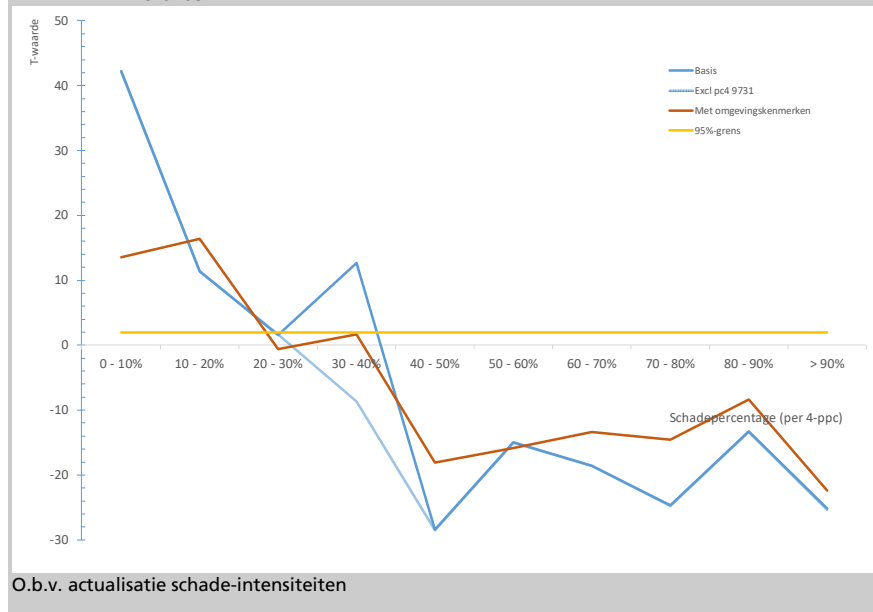
(derde kolom) bevestigt dit: de coëfficiënt voor de categorie 30%-40% is met deze correctie niet meer significant positief. Die voor de categorie 20%-30% verandert van niet-significant positief naar niet-significant negatief. Alle overige coëfficiënten behouden hun teken en significantie.

Tabel B1.5 Update model met indeling potentieel risicogebied naar schade-intensiteit met actuele schadedata

	Basis	Excl pc4 9731 in schil 30%-40%	Met omgevingskenmerken
Schade-intensiteit			
<10%	0,130 (42,2)***	0,13 (42,2)***	0,038 (13,5)***
10%-20%	0,058 (11,3)***	0,058 (11,4)***	0,081 (16,4)***
20%-30%	0,010 (1,6)	0,011 (1,7)*	-0,003 (-0,6)
30%-40%	0,113 (12,6)***	-0,203 (-8,6)***	0,012 (1,6)*
40%-50%	-0,222 (-28,4)***	-0,223 (-28,5)***	-0,135 (-18,1)***
50%-60%	-0,137 (-15,0)***	-0,138 (-15)***	-0,125 (-15,9)***
60%-70%	-0,162 (-18,6)***	-0,163 (-18,6)***	-0,109 (-13,4)***
70%-80%	-0,14 (-24,7)***	-0,141 (-24,7)***	-0,081 (-14,6)***
80%-90%	-0,126 (-13,3)***	-0,127 (-13,4)***	-0,072 (-8,4)***
>90%	-0,162 (-25,2)***	-0,164 (-25,4)***	-0,133 (-22,4)***
Schade-budget			
>=€1.000	0,036 (7,2)***	0,038 (7,5)***	0,023 (5,3)***
N	57469	56975	57469
R ²	0,40	0,40	0,55

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

Figuur B1.2 Tot welke schade-intensiteit is een negatief prijseffect niet uit te sluiten?



De resultaten in tabel B1.4 tot en met B1.5 en figuur B1.1 en B1.2 overziend, komt het volgende beeld naar voren:

- In gebieden met 40% of meer geaccepteerde schadeclaims (ten opzichte van de woningvoorraad per 1 januari 2019) bestaat een statistisch significant negatief prijseffect.
- In gebieden met tussen 20% en 40% geaccepteerde schadeclaims is het gevonden effect statistisch niet significant in positieve of negatieve zin, en kan een negatief prijseffect dus niet worden uitgesloten.
- In gebieden met minder dan 20% geaccepteerde schadeclaims wordt een statistisch positief effect gevonden dat vermoedelijk samenhangt met het waterbedeffect.

Tabel B1.6 4-posities-postcodegebieden ingedeeld naar percentageklasse toegekende schades

Postcode	Gemeente	Woningen	Percentageklasse
9903	Appingedam	823	>90%
9784	Bedum	106	>90%
9959	Bedum	276	>90%
9962	De Marne	51	>90%
9904	Delfzijl	56	>90%
9905	Delfzijl	486	>90%
9907	Delfzijl	81	>90%
9908	Delfzijl	153	>90%
9909	Delfzijl	619	>90%
9937	Delfzijl	260	>90%
9945	Delfzijl	856	>90%
9949	Delfzijl	72	>90%
9925	Eemsmond	6	>90%
9979	Eemsmond	3	>90%
9985	Eemsmond	47	>90%
9986	Eemsmond	45	>90%
9988	Eemsmond	675	>90%
9989	Eemsmond	1053	>90%
9995	Eemsmond	289	>90%
9996	Eemsmond	31	>90%
9997	Eemsmond	251	>90%
9998	Eemsmond	69	>90%
9999	Eemsmond	41	>90%
9747	Groningen	6	>90%
9911	Loppersum	91	>90%
9912	Loppersum	112	>90%
9913	Loppersum	55	>90%
9914	Loppersum	214	>90%
9915	Loppersum	353	>90%
9917	Loppersum	239	>90%
9918	Loppersum	229	>90%
9919	Loppersum	1171	>90%
9921	Loppersum	454	>90%
9922	Loppersum	179	>90%
9923	Loppersum	97	>90%
9924	Loppersum	9	>90%
9987	Loppersum	104	>90%
9991	Loppersum	1115	>90%
9992	Loppersum	64	>90%
9993	Loppersum	52	>90%
9994	Loppersum	30	>90%
9615	Midden-Groningen	597	>90%
9617	Midden-Groningen	1246	>90%
9618	Midden-Groningen	51	>90%
9619	Midden-Groningen	361	>90%
9621	Midden-Groningen	1011	>90%
9623	Midden-Groningen	53	>90%

Zeven bewogen jaren, Atlas voor gemeenten

9624	Midden-Groningen	18	>90%
9625	Midden-Groningen	226	>90%
9626	Midden-Groningen	703	>90%
9627	Midden-Groningen	233	>90%
9628	Midden-Groningen	1431	>90%
9629	Midden-Groningen	134	>90%
9632	Midden-Groningen	24	>90%
9939	Midden-Groningen	125	>90%
9791	Ten Boer	1924	>90%
9792	Ten Boer	356	>90%
9793	Ten Boer	47	>90%
9794	Ten Boer	33	>90%
9795	Ten Boer	161	>90%
9796	Ten Boer	76	>90%
9797	Ten Boer	228	>90%
9798	Ten Boer	224	>90%
9773	Winsum	46	>90%
9954	Winsum	40	>90%
9955	Winsum	94	>90%
9957	Winsum	24	>90%
9781	Bedum	3821	80-90%
9785	Bedum	436	80-90%
9936	Delfzijl	838	80-90%
9982	Eemsumond	1432	80-90%
9983	Eemsumond	506	80-90%
9984	Eemsumond	112	80-90%
9633	Midden-Groningen	42	80-90%
9956	Winsum	225	80-90%
9901	Appingedam	2322	70-80%
9906	Delfzijl	347	70-80%
9934	Delfzijl	2785	70-80%
9981	Eemsumond	2731	70-80%
9738	Groningen	159	70-80%
9603	Midden-Groningen	1322	70-80%
9608	Midden-Groningen	368	70-80%
9611	Midden-Groningen	3603	70-80%
9942	Oldambt	56	70-80%
9771	Winsum	479	70-80%
9774	Winsum	265	70-80%
9951	Winsum	3108	70-80%
9953	Winsum	841	70-80%
9902	Appingedam	2652	60-70%
9961	De Marne	91	60-70%
9968	De Marne	220	60-70%
9932	Delfzijl	1829	60-70%
9946	Delfzijl	442	60-70%
9947	Delfzijl	183	60-70%
9606	Midden-Groningen	674	60-70%
9616	Midden-Groningen	301	60-70%
9635	Midden-Groningen	814	60-70%
9636	Midden-Groningen	1591	60-70%
9893	Winsum	198	60-70%

Zeven bewogen jaren, Atlas voor gemeenten

9967	De Marne	695	50-60%
9969	De Marne	133	50-60%
9734	Groningen	1166	50-60%
9735	Groningen	87	50-60%
9601	Midden-Groningen	3733	50-60%
9607	Midden-Groningen	442	50-60%
9943	Oldambt	163	50-60%
9944	Oldambt	628	50-60%
9892	Winsum	136	50-60%
9886	Zuidhorn	51	50-60%
9963	De Marne	134	40-50%
9964	De Marne	370	40-50%
9977	De Marne	627	40-50%
9933	Delfzijl	2099	40-50%
9602	Midden-Groningen	5400	40-50%
9605	Midden-Groningen	351	40-50%
9609	Midden-Groningen	11	40-50%
9931	Delfzijl	884	30-40%
9948	Delfzijl	163	30-40%
9731	Groningen	3198	30-40%
9891	Winsum	378	30-40%
9656*	Aa en Hunze	64	20-30%
9965	De Marne	807	20-30%
9966	De Marne	83	20-30%
9973	De Marne	112	20-30%
9975	De Marne	95	20-30%
9978	De Marne	86	20-30%
9723	Groningen	2317	20-30%
9737	Groningen	2976	20-30%
9746	Groningen	2232	20-30%
9649	Midden-Groningen	2036	20-30%
9833	Zuidhorn	99	20-30%
9884*	Zuidhorn	108	20-30%
9456	Aa en Hunze	9	10-20%
9655	Aa en Hunze	48	10-20%
9657	Aa en Hunze	42	10-20%
9659	Aa en Hunze	106	10-20%
9972	De Marne	34	10-20%
9613	Groningen	358	10-20%
9715	Groningen	4627	10-20%
9727	Groningen	2485	10-20%
9732	Groningen	2396	10-20%
9733	Groningen	1809	10-20%
9736	Groningen	3137	10-20%
9479	Haren	232	10-20%
9755	Haren	261	10-20%
9651	Midden-Groningen	747	10-20%
9305	Noordenveld	122	10-20%
9307	Noordenveld	124	10-20%
9473	Tynaarlo	175	10-20%
9474	Tynaarlo	133	10-20%
9631	Veendam	180	10-20%

9832	Zuidhorn	140	10-20%
9883	Zuidhorn	621	10-20%
9885	Zuidhorn	79	10-20%
9448	Aa en Hunze	31	1-10%
9452	Aa en Hunze	31	1-10%
9454	Aa en Hunze	119	1-10%
9457	Aa en Hunze	31	1-10%
9463	Aa en Hunze	578	1-10%
9466	Aa en Hunze	176	1-10%
9467	Aa en Hunze	169	1-10%
9468	Aa en Hunze	1600	1-10%
9469	Aa en Hunze	239	1-10%
9512	Aa en Hunze	100	1-10%
9654	Aa en Hunze	186	1-10%
9658	Aa en Hunze	187	1-10%
9872	Achtkarspelen	62	1-10%
9971	De Marne	662	1-10%
9974	De Marne	579	1-10%
9614	Groningen	74	1-10%
9622	Groningen	31	1-10%
9711	Groningen	5030	1-10%
9712	Groningen	4911	1-10%
9713	Groningen	7785	1-10%
9714	Groningen	2963	1-10%
9716	Groningen	2341	1-10%
9717	Groningen	3551	1-10%
9718	Groningen	4754	1-10%
9721	Groningen	5936	1-10%
9722	Groningen	3997	1-10%
9724	Groningen	2787	1-10%
9725	Groningen	3338	1-10%
9726	Groningen	2083	1-10%
9728	Groningen	6050	1-10%
9741	Groningen	3776	1-10%
9742	Groningen	5535	1-10%
9743	Groningen	5124	1-10%
9744	Groningen	2598	1-10%
9745	Groningen	1403	1-10%
9751	Haren	2954	1-10%
9752	Haren	2539	1-10%
9753	Haren	2170	1-10%
9756	Haren	560	1-10%
9853	Kollumerland en Nieuwkruisland	212	1-10%
9355	Leek	143	1-10%
9811	Leek	108	1-10%
9827	Leek	62	1-10%
9828	Leek	250	1-10%
9362	Marum	128	1-10%
9306	Noordenveld	47	1-10%
9313	Noordenveld	50	1-10%
9314	Noordenveld	95	1-10%
9333	Noordenveld	94	1-10%

Zeven bewogen jaren, Atlas voor gemeenten

9335	Noordenveld	69	1-10%
9337	Noordenveld	68	1-10%
9342	Noordenveld	427	1-10%
9749	Noordenveld	11	1-10%
9672	Oldambt	222	1-10%
9674	Oldambt	1439	1-10%
9675	Oldambt	3302	1-10%
9677	Oldambt	640	1-10%
9678	Oldambt	604	1-10%
9679	Oldambt	2378	1-10%
9681	Oldambt	909	1-10%
9682	Oldambt	675	1-10%
9684	Oldambt	1010	1-10%
9685	Oldambt	175	1-10%
9686	Oldambt	1016	1-10%
9687	Oldambt	114	1-10%
9688	Oldambt	197	1-10%
9691	Oldambt	17	1-10%
9471	Tynaarlo	2748	1-10%
9472	Tynaarlo	1536	1-10%
9475	Tynaarlo	157	1-10%
9483	Tynaarlo	201	1-10%
9493	Tynaarlo	97	1-10%
9496	Tynaarlo	84	1-10%
9766	Tynaarlo	786	1-10%
9641	Veendam	2975	1-10%
9642	Veendam	3568	1-10%
9644	Veendam	692	1-10%
9645	Veendam	1920	1-10%
9646	Veendam	1000	1-10%
9648	Veendam	2363	1-10%
9696	Westerwolde	84	1-10%
9697	Westerwolde	1131	1-10%
9801	Zuidhorn	3206	1-10%
9804	Zuidhorn	597	1-10%
9805	Zuidhorn	151	1-10%
9831	Zuidhorn	962	1-10%
9842	Zuidhorn	203	1-10%
9843	Zuidhorn	1189	1-10%
9844	Zuidhorn	102	1-10%
9881	Zuidhorn	143	1-10%
9882	Zuidhorn	96	1-10%
9461	Aa en Hunze	2321	<1%
9511	Aa en Hunze	421	<1%
9514	Aa en Hunze	801	<1%
9401	Assen	3699	<1%
9403	Assen	5821	<1%
9404	Assen	3525	<1%
9405	Assen	2512	<1%
9407	Assen	2941	<1%
9409	Assen	113	<1%
7871	Borger-Odoorn	324	<1%

Zeven bewogen jaren, Atlas voor gemeenten

7876	Borger-Odoorn	1431	<1%
9571	Borger-Odoorn	989	<1%
7754	Coevorden	140	<1%
7846	Coevorden	226	<1%
9976	De Marne	421	<1%
7958	De Wolden	964	<1%
7596	Dinkelland	826	<1%
9132	Dongeradeel	252	<1%
9142	Dongeradeel	148	<1%
7811	Emmen	2576	<1%
7812	Emmen	4758	<1%
7813	Emmen	309	<1%
7814	Emmen	464	<1%
7815	Emmen	3082	<1%
7822	Emmen	1394	<1%
7823	Emmen	4188	<1%
7824	Emmen	3760	<1%
7826	Emmen	1196	<1%
7827	Emmen	3947	<1%
7831	Emmen	1423	<1%
7833	Emmen	1968	<1%
7881	Emmen	3344	<1%
7887	Emmen	2009	<1%
7895	Emmen	353	<1%
9821	Grootegast	491	<1%
9822	Grootegast	683	<1%
9861	Grootegast	1522	<1%
9862	Grootegast	247	<1%
9863	Grootegast	432	<1%
9864	Grootegast	280	<1%
9866	Grootegast	362	<1%
9851	Kollumerland en Nieuwkruisland	241	<1%
9351	Leek	4890	<1%
9354	Leek	1066	<1%
9356	Leek	2002	<1%
9361	Marum	115	<1%
9365	Marum	257	<1%
9366	Marum	105	<1%
9824	Marum	186	<1%
9411	Midden-Drenthe	3393	<1%
9414	Midden-Drenthe	548	<1%
9301	Noordenveld	5414	<1%
9302	Noordenveld	1327	<1%
9304	Noordenveld	103	<1%
9311	Noordenveld	609	<1%
9312	Noordenveld	466	<1%
9315	Noordenveld	145	<1%
9321	Noordenveld	2362	<1%
9331	Noordenveld	2229	<1%
9671	Oldambt	2432	<1%
9673	Oldambt	1613	<1%
9693	Oldambt	732	<1%

Zeven bewogen jaren, Atlas voor gemeenten

9247	Opsterland	2014	<1%
9663	Pekela	2094	<1%
9665	Pekela	3613	<1%
9166	Schiermonnikoog	578	<1%
9502	Stadskanaal	2532	<1%
9591	Stadskanaal	1139	<1%
9661	Stadskanaal	514	<1%
9481	Tynaarlo	1798	<1%
9482	Tynaarlo	731	<1%
9491	Tynaarlo	301	<1%
9761	Tynaarlo	3034	<1%
9765	Tynaarlo	1669	<1%
9265	Tytsjerksteradiel	213	<1%
9545	Westerwolde	346	<1%
9561	Westerwolde	4311	<1%
9695	Westerwolde	1373	<1%
9698	Westerwolde	498	<1%
9699	Westerwolde	391	<1%
9845	Zuidhorn	158	<1%

Gebieden die tot het 20%-risicogebied behoren zijn lichtgrijs gearceerd; enclaves in dat risicogebied zijn donkergrijs, eilanden daarbuiten zijn gemarkeerd met *. Gesorteerd op percentageklasse, daarna op gemeente en op postcode.

Bijlage 2 Schadehistorie

Voor dit onderzoek is de schadehistorie van individuele woningen van belang. Ten eerste voor de afbakening van het risicogebied (zie bijlage 1). Ten tweede voor de indicator waarmee het prijseffect van de schadehistorie van woningen wordt geschat. Hiervoor is gebruikgemaakt van de schadedatabases van Centrum Veilig Wonen (CVW) en van de Tijdelijke Commissie Mijnbouwschade Groningen (TCMG). In die databases staan alle meldingen van schade in het kader van de Schaderegeling en de wijze waarop die meldingen zijn afgerond.

In de eerste plaats zijn de data gebruikt met aanvragen die tot en met 31 maart 2017 door CVW in behandeling zijn genomen. Vanaf 31 maart 2017 worden nieuwe schademeldingen afgehandeld door TCMG. Uitzondering hierop is een beperkt aantal schademeldingen dat voortkomt uit gesplitste dossiers van voor 31 maart 2017 en verbouwingsdossiers. Deze zijn wel meegenomen in de database. Deze CVW-dataset bevat in totaal 83.064 afgehandelde dossiers, waarvan aan 70% een budget is toegekend en 30% is afgewezen.

In de tweede plaats zijn data van TCMG gebruikt over schademeldingen die tot en met 31 december 2018 waren gedaan. Daarvoor is op 19 juni 2019 een bestand ontvangen van alle dossiers waarop per die datum een beslissing was genomen. Deze TCMG-dataset bevat in totaal 7279 afgehandelde dossiers, waarvan aan 88% een budget is toegekend en 12% is afgewezen.

Tabel B2.1 vergelijkt de data van CVW en TCMG in meer detail. Uit deze beschrijvende statistieken blijkt dat het percentage toegekende schades bij TCMG beduidend hoger ligt, maar dat de uitgekeerde schadebedragen vergelijkbaar zijn tussen CVW en TCMG. Ook het percentage schades groter dan of gelijk aan € 1000 – de grens voor aanspraak op de Waardevermeerderingsregeling – is sterk vergelijkbaar. Op grond hiervan wordt geconcludeerd dat de datasets samengevoegd kunnen worden tot één schade-indicator.

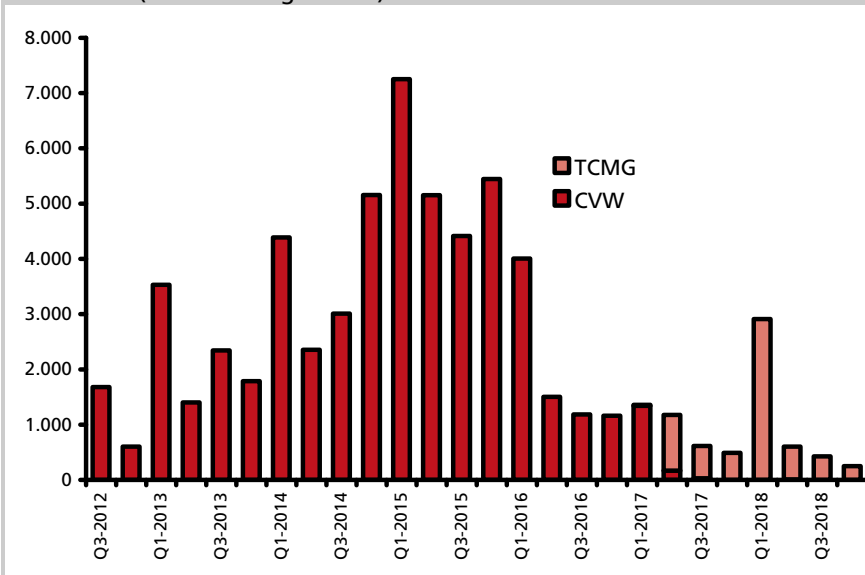
Tabel B2.1 Vergelijking schadedata CVW en TCMG

	CVW	TCMG
Afgehandelde dossiers	83.064	7279
Afgewezen	25.121 (30%)	905 (12%)
Met toegekend budget	57.943 (70%)	6374 (88%)
Gemiddeld bedrag toegewezen claims	€ 6.549	€ 5.033
Mediaan bedrag toegewezen claims	€ 3.536	€ 3.293
Percentage met bedrag < € 1000	15%	17%
Percentage met bedrag >= € 1000	85%	83%

Bron: Atlas voor gemeenten op basis van data CVW en TCMG

Figuur B2.1 toont de verdeling van de toegekende schadedossiers per kwartaal vanaf de beving bij Huizinge tot eind 2018. Toegekende dossiers zijn daarbij weergegeven in het tijdvak van de melding, niet van de toekenning. De toekenningen van CVW zijn donkerrood weergegeven, die van TCMG lichtrood.

Figuur B2.1 Ontwikkeling van het aantal toegekende schades sinds 'Huizinge' (naar meldingsdatum)



Bron: Atlas voor gemeenten op basis van data CVW en TCMG

De schademeldingen zijn gekoppeld aan alle transacties sinds 'Huizinge' uit de NVM-database. In de schadedataset van CVW is de locatie van een pand waarvoor een schademelding is gedaan aangegeven met de postcode, het huisnummer, de toevoeging en de straat van het pand. Dat zou automatische koppeling mogelijk moeten maken, maar dat blijkt niet het geval te zijn. Een schademelding kan namelijk betrekking hebben op meer dan één woning/adres. Als dit het geval is, is het veld 'toevoeging' gebruikt om te specificeren om welke woningen het gaat. Het kan gaan om een opsomming van huisnummers, of om de laatste uit een reeks van huisnummers. Omdat het met de schadedatabase niet mogelijk blijkt om geautomatiseerd te bepalen of het gaat om een toevoeging van een huisnummer dan wel een of andere specificatie van een reeks huisnummers is voor elke schademelding met een toevoeging handmatig gekeken voor de betreffende postcode welke huisnummers plus toevoegingen er voorkomen in de Basisregistratie Adressen en Gebouwen (BAG2015).

Hierbij is overigens ook gebleken dat één schademelding in meerdere postcodes kan zitten. Wanneer een schademelding betrekking heeft op meer dan één woning, is er voor elke woning horende bij die schademelding een afzonderlijk record gemaakt (met hierin een huisnummer + toevoeging die eenduidig verwijzen naar één woning); budget en betalingen zijn gelijk verdeeld over de afzonderlijke woningen in de schademelding. Nadat op die manier handmatig een aangepast bestand is gemaakt met afzonderlijke woningen met schademelding, zijn deze geautomatiseerd gekoppeld aan transacties in de NVM-database. Ook bij de NVM-database komt het echter voor dat transacties betrekking hebben op meer dan één woning. Voor alle transacties in de NVM-database met toevoeging is daarom eveneens handmatig nagelopen of de koppeling juist is verlopen. In de schadedataset van TCMG waren schades reeds gekoppeld aan unieke adressen.

Bij deze koppelingen van schadedata aan transacties is alleen gekeken naar transacties sinds 'Huizinge' en naar transacties waarvan de postcode voorkomt in de schadedatabase. Op die manier was het mogelijk om voor elke verkochte woning sinds 'Huizinge' te bepalen of er een schademelding is geweest, of die schademelding op het moment van verkoop is toegekend, welk budget voor schadeherstel is toegekend en welk bedrag daadwerkelijk is uitgekeerd. Behalve aan transacties sinds de beving bij Huizinge, zijn schadedossiers tevens gekoppeld aan 4-positie-postcodegebieden ten behoeve van de afbakening van het risicogebied (zie bijlage 1).

Bijlage 3 Selectie referentiewoningen

Selectiemethode

Voor de selectie van de referentiewoningen zijn locatienmerken gebruikt op het 6-positie-postcodeniveau (6-ppc, dus 1234 AB),⁶⁷ waardoor rekening kon worden gehouden met de kwaliteit van de directe omgeving van de woningen. De voor de selectie gebruikte indicatoren hebben betrekking op de bereikbaarheid en nabijheid van werkgelegenheid, voorzieningen, de leefbaarheid in de directe woonomgeving, de nabijheid van groen en water, het uitzicht op parken, vuilstortplaatsen, et cetera.

De gebruikte indicatoren komen uit de database van Atlas voor gemeenten en de uiteindelijke selectie is gebaseerd op onderzoek naar de waarde van woonlocaties in Nederland. In dat onderzoek zijn hedonische prijsmodellen gebruikt waarmee de waarde van woonlocaties wordt verklaard uit indicatoren voor de nabijheid van werk, *amenities* (voorzieningen die de waarde van woonlocaties verhogen, zoals winkels en culturele voorzieningen) en *disamenities* (factoren die de waarde van woonlocaties verlagen, zoals overlast en onveiligheid). Tabel B3.1 laat de resultaten zien waarbij de indicatoren zijn geordend in vijf categorieën. Belangrijk is dat daarbij geen sociaal-economische kenmerken zoals inkomensniveaus of het aandeel uitkeringsontvangers in een buurt gebruikt zijn als verklarende variabele. Zulke factoren zijn immers eerder een resultaat dan een oorzaak van lage of hoge huizenprijzen. Mensen met een lager inkomen gaan wonen op plekken waar de prijzen lager zijn. Het opnemen van bijvoorbeeld inkomens als verklarende variabele leidt weliswaar tot een ogenschijnlijk hogere verklaringskracht van de modellen, maar ook tot omgekeerde causaliteit en verstoring van de andere geschatte variabelen (endogeniteitsproblematiek).

Met behulp van de coëfficiënten uit die hedonische prijsanalyse is een locatiescore van de locaties van alle verkochte woningen in het risicogebied bepaald.⁶⁸ Deze locatiescore is een per 6-positie-postcodegebied gewogen

⁶⁷ Dat zijn relatief kleine geografische gebieden, met gemiddeld ongeveer twintig woningen. In totaal zijn er in Nederland meer dan vierhonderdduizend van die gebieden. Het 4-positie-postcodeniveau (4-ppc) dat ook vaak voor dit type onderzoek wordt gebruikt is gemiddeld ongeveer een factor honderd groter, en bevat gemiddeld ongeveer tweeduizend woningen.

⁶⁸ De hedonische prijsanalyse waarmee is bepaald welke locatienmerken in welke mate bijdragen aan de waarde van (de grond onder) de woningen is bewust uitgevoerd met gegevens over 2011, voor 'Huizinge' dus. Daarmee wordt voorkomen dat aardbevingen en het aardbevingsrisico een rol spelen bij de selectie van referentielocaties, en zo het onderzoeksresultaat zouden kunnen beïnvloeden.

gemiddelde van de locatienmerken, waarbij de weging is bepaald door de coëfficiënten uit Tabel B3.1. Die coëfficiënten kunnen zowel positief – een hogere score draagt bij aan een hogere woningwaarde (bijvoorbeeld banen binnen acceptabele reistijd of voorzieningen) – als negatief (bijvoorbeeld mate van overlast) zijn. Ze worden vermenigvuldigd met de waarde voor elk locatienmerk per 6-positie-postcodegebied en vervolgens opgeteld. Voor elke verkochte woning in het risicogebied wordt op deze wijze een locatiescore berekend die te interpreteren is als de op basis van locatienmerken modelmatig bepaalde waarde van een locatie.

Vervolgens wordt in de rest van Nederland (d.w.z. alle postcodegebieden waar nooit een compensatie voor aardbevingsschade is toegekend) een verkochte woning (die in de NVM-database zit en na ‘Huizinge’ is verkocht) gezocht die de best vergelijkbare locatiescore heeft. Per verkochte woning in het risicogebied wordt feitelijk een woning gezocht die qua locatienmerken – met uitzondering van bevingen en bevingsrisico – het best vergelijkbaar is, zodat de kans wordt geminimaliseerd dat het gevonden prijseffect niet door die bevingen komt.

Omdat de locatiescore een optelling is van negatieve en positieve factoren kan het met deze methode gebeuren dat een locatie in landelijk gebied in Oost-Groningen wordt vergeleken met bijvoorbeeld een woning in het centrum van Venlo. De locatie in Groningen heeft bijvoorbeeld weinig criminaliteit en veel natuur maar ook weinig werk en voorzieningen, terwijl de locatie in Venlo veel criminaliteit en weinig groen maar ook veel banen en voorzieningen heeft. Uit reviews van eerdere versies van de modellen van Atlas voor gemeenten bleek dat dat weliswaar statistisch juist maar (visueel) lastig herkenbaar en dus moeilijk uitlegbaar gevonden wordt. Vandaar dat een restrictie op de maximale afwijking op de categorieën veiligheid en voorzieningen is opgelegd zodat de uitkomst beter herkenbaar/uitlegbaar is. Onder die restrictie wordt de locatie geselecteerd met de kleinste absolute afwijking in de locatie. Er is uitvoering getest op de statistische consequenties hiervan, en e.e.a. bleek nauwelijks gevolgen te hebben voor de (hoge) matchingspercentages van de locatiescores. Ook zijn in eerdere studies verschillende robuustheidsanalyses uitgevoerd met steeds net andere manieren van matching, en die bleken steeds vergelijkbare uitkomsten (prijseffecten) op te leveren.

Tabel B3.1 Geschatte coëfficiënten, standaardfouten en T-waarden voor de locatietekens

Indicator	Coëfficiënt	Standaard- fout	T-waarde
UITZICHT (DIRECTE OMGEVING)			
Oppervlakte bebouwd (6-ppc)	-15,11	0,98	-15,4***
Dichtheid (6-ppc)	-121,98	11,11	-11***
% gebouwen niet-woningen (6-ppc)	-46,28	6,34	-7,3***
% huisjesstad (in ring 200m rond 6-ppc)	30,23	25,2	1,2
% ingenieursstad (in ring 200m rond 6-ppc)	344,86	33,15	10,4***
% stratenbouw (in ring 200m rond 6-ppc)	179,34	18,08	9,9***
% revolutiebouw 1 (in ring 200m rond 6-ppc)	308,49	13,28	23,2***
% revolutiebouw 2 (in ring 200m rond 6-ppc)	59,26	7,83	7,6***
% tuindorpen (in ring 200m rond 6-ppc)	147,23	8,48	17,4***
% blokkenbouw (in ring 200m rond 6-ppc)	66,82	6,92	9,7***
% Zeilenbau (in ring 200m rond 6-ppc)	-179,88	9,17	-19,6***
% tuinstad (in ring 200m rond 6-ppc)	34,81	6,25	5,6***
% woonerven (in ring 200m rond 6-ppc)	-63,56	4,75	-13,4***
% stadsvernieuwing (in ring 200m rond 6-ppc)	-61,78	4,57	-13,5***
% VINEX (in ring 200m rond 6-ppc)	-89,25	5,2	-17,2***
% postmodern (in ring 200m rond 6-ppc)	-6,91	3,21	-2,2**
Ligging aan spoor	-155,91	14,14	-11***
Ligging aan wegen	-15,33	2,16	-7,1***
Ligging aan vliegveld	138	303,53	0,5
Ligging aan woonterrein	-66,82	4,13	-16,2***
Ligging aan terrein voor detailhandel en horeca	76,25	4,66	16,4***
Ligging aan terrein openbare voorzieningen	129,7	14,82	8,8***
Ligging aan terrein voor sociaal-culturele voorzieningen	144,92	5,9	24,6***
Ligging aan bedrijventerrein	-67,55	5,7	-11,8***
Ligging aan stortplaats	26,86	163,96	0,2
Ligging aan wrakkenopslagplaats	-135,27	83,31	-1,6*
Ligging aan begraafplaats	-75,67	12,01	-6,3***
Ligging aan delfstofwinplaats	142,1	179,59	0,8
Ligging aan bouwterrein	-87,93	9,97	-8,8***
Ligging aan semi-verhard overig terrein	223,15	35,52	6,3***
Ligging aan park en plantsoen	61,95	4,13	15***
Ligging aan sportterrein	28,41	7,84	3,6***
Ligging aan volkstuin	-38,44	21,14	-1,8*
Ligging aan dagrecreatief terrein	349,65	25,27	13,8***
Ligging aan verblijfsrecreatief terrein	66,71	15,42	4,3***
Ligging aan terrein voor glastuinbouw	-240,37	17,04	-14,1***
Ligging aan agrarisch terrein	-143,2	4,15	-34,5***

Tabel B3.1 Geschatte coëfficiënten, standaardfouten en T-waarden voor de locatienmerken - II

Indicator	Coëfficiënt	Standaard- fout	T- waarde
Ligging aan bos	306,94	9,46	32,4***
Ligging aan open droog natuurlijk terrein	596,22	31,96	18,7***
Ligging aan open nat natuurlijk terrein	171,84	39,42	4,4***
Ligging aan IJsselmeer/Markermeer	502	83,91	6***
Ligging aan afgesloten zeearm	1310,31	254,08	5,2***
Ligging aan Rijn of Maas	134,02	53,21	2,5**
Ligging aan randmeer	944,82	267,71	3,5***
Ligging aan recreatief binnenwater	210,23	19,59	10,7***
Ligging aan binnenwater voor delfstoffenwinning	-301,19	242,21	-1,2
Ligging aan overig binnenwater	154,15	4,45	34,6***
Ligging aan overig binnenwater	364,38	465,11	0,8***
Ligging aan de Waddenzee, Eems of Dollard	-289,92	328,15	-0,9
Ligging aan de Noordzeekust	2746,11	567,88	4,8***
Ligging aan de landsgrens	143,83	106,42	1,4
Aantal iconen van de moderne architectuur (in 6-ppc)	24,12	2,23	10,8***
Aantal iconen van de moderne architectuur (niet woningen, in ring 200m rond 6-ppc)	131,55	4,83	27,3***
NATUUR			
Aandeel bos in wijk	182,72	9,74	18,8***
Aandeel droog natuurlijk terrein in wijk	472,25	14,81	31,9***
Aandeel agrarisch terrein in wijk	-101,15	4,16	-24,3***
Vogeldiversiteit (kwaliteit natuur in wijk)	3,4	0,1	35,2***
Aandeel park en plantsoen in wijk	186,56	6,18	30,2***
Kwaliteit groen in de wijk (stadsvogels)	112,83	1,57	71,8***
Ligging wijk aan Noordzeekust	74,43	7,95	9,4***
Ligging wijk aan Waddenzeekust	-60,29	12,76	-4,7***
Aandeel recreatief binnenwater in wijk	100,14	11,92	8,4***
Aandeel overig binnenwater in wijk	5,16	20,41	0,3
Kwaliteit water in de wijk (watervogels)	-39,09	2,92	-13,4***
Nabijheid bos	0,02	0	29,2***
Nabijheid Noordzeekust	-0,16	0	-49,6***
Nabijheid agrarisch terrein	0,01	0	11,7***
Nabijheid tuinbouw (bollen en fruit)	-0,02	0	-6,9***
Nabijheid akkerbouw	-0,01	0	-19,4***
Nabijheid grasland	-0,02	0	-28,4***
Nabijheid kwaliteitsgroen (weidewogels)	0,003	0	8,2***
Nabijheid Noordzeekust	390,83	7,02	55,7***
Nabijheid Waddenzeekust	-124,36	12,76	-9,7***
Nabijheid tot grote rivier	0,46	0,05	8,5***
Nabijheid groot binnenwater	158,19	3,96	40***
Nabijheid recreatief binnenwater	0,0045	0,0031	1,5
Nabijheid overig binnenwater	-0,09	0	-31,9***
Overstromingsrisico	-29,62	1,87	-15,8***
Ligging ten opzichte van nap	1,36	0,06	23,4***

Tabel B3.1 Geschatte coëfficiënten, standaardfouten en T-waarden voor de locatietekens - III

Indicator	Coëfficiënt	Standaard- fout	T-waarde
WERK			
Bereikbaarheid werk auto (4-ppc)	2,05	0,05	42,1***
Bereikbaarheid werk (met files) - gemeenteniveau	0,29	0,01	28,9***
Bereikbaarheid werk (met OV) - gemeenteniveau	-0,49	0,01	-62,1***
Bereikbaarheid werk (met auto zonder files) - gemeenteniveau	0,95	0,01	96,6***
Nabijheid tot treinstation	414,36	10,45	39,6***
Afstand tot de grens	-208,34	4,63	-45***
	-0,001		
Bereikbaarheid bevolking (4-ppc)		0,00	-47,7***
VOORZIENINGEN			
Aantal vestigingen kinderopvang in buurt	6,01	1,15	5,2***
Cafés in de buurt (4-ppc per inwoner)	-10,13	1,08	-9,4***
Winkels in de buurt (4-ppc per inwoner)	3998,05	305,72	13,1***
Nabijheid winkels voor mode en luxe	1,57	0,03	45,7***
Culinaire kwaliteit (gemeente)	12,24	0,27	46,1***
Nabijheid podiumkunsten	0,28	0	57,7***
Nabijheid bibliotheken	-38,76	0,48	-79,9***
Nabijheid musea	3,95	0,65	6,1***
Nabijheid bioscopen	14,8	2,13	6,9***
Aanwezigheid universiteit	151,66	2,52	60,3***
Nabijheid historische binnenstad	0,29	0,01	27,4***
Aantal vestigingen kinderopvang in buurt	6,01	1,15	5,2***
VEILIGHEID			
Overlast en onveiligheid (index)	-1038,29	12,41	-83,7***
Geweldsmisdrijven	-2,64	0,41	-6,5***
Verstoringen openbare orde	5,48	0,17	33***
Zedendelicten	-16,95	0,58	-29,2***
Geweld in de buurt	-1,09	0,06	-17,9***
Vernielingen in de buurt	-0,17	0,05	-3,9***
Diefstal uit auto	-0,05	0,03	-1,8*
Beroving op straat	-0,09	0,06	-1,5
Diefstal uit woning	-0,97	0,04	-22,7***
Winkeldiefstal	-0,08	0,01	-6***

Alleen coëfficiënten voor locatietekens staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes. Met *, ** en *** is aangegeven als een verband met 90%, 95%, resp. 99% zekerheid statistisch significant is. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

0% versus 1% schade-intensiteit

Referentiewoningen komen in beginsel uit postcodegebieden waar nooit een compensatie voor aardbevingsschade is toegekend: gebieden die dus *niet* voorkomen in de lijst in tabel B1.6 uit bijlage 1. In de tabel is echter te zien

dat in ongeveer een kwart van de postcodegebieden (81 van de 326) het percentage schades ten opzichte van het aantal woningen minder is dan 1%.

Deze groep postcodegebieden met een zeer kleine schade-intensiteit is ten opzichte van *Vijf jaar na Huiszinge* aanzienlijk groter, en daarmee is dus ook het uitsluitingsgebied voor referentielocaties in beginsel aanzienlijk groter. Dit brengt het risico met zich mee dat de kwaliteit van de match verslechtert, doordat er minder en verder weg gelegen postcodes in aanmerking komen als referentielocatie. Anderzijds zou men kunnen betogen dat de kans bestaat dat aardbevingsrisico's ook in gebieden met een zeer kleine schade-intensiteit tot waardedaling leiden.

Tabel B3.2 laat zien in hoeverre de kwaliteit van de match verbetert wanneer de 81 4-positie-postcodegebieden met minder dan 1% toegekende schades *niet* tot het potentiële risicogebied worden gerekend en referentielocaties mogen leveren:

- De linkerkolom laat zien dat in dat geval voor 4144 transacties in het potentiële risicogebied – dus in dat geval het gebied met 1% schades of meer – de meest geschikte referentiwoning ligt in een 4-positie-postcodegebied met meer dan 0% maar minder dan 1% schade. Op een totaal aantal transacties in dit potentiële risicogebied van 28.855 (zie tabel B1.3) is dat 14%, dus zeker niet verwaarloosbaar. Het gemiddelde machingspercentage, dat een goede maat is voor de kwaliteit van de match, is in dat geval 99,72%.⁶⁹ Voor 25 van die transacties is het matchingspercentage minder dan 90%, etc.
- De rechterkolom laat vervolgens zien dat wanneer gebieden met een schadepercentage tussen 0% en 1% als referentielocatie worden uitgesloten, het gemiddelde matchingspercentage voor deze 4144 transacties afneemt tot 99,14%. Ook het aantal transacties met een minder goede match onder 90% of 95% neemt duidelijk toe.

Op grond daarvan is de conclusie dat de match verbetert door 4-positie-postcodegebieden met minder dan 1% toegekende schades toe te laten als referentielocaties. Aangezien uit de analyse voor de afbakening van het risicogebied blijkt dat gebieden met minder dan 20% schade geen negatief effect, maar eerder een positief (waterbed)effect laten zien (zie bijlage 1), is

⁶⁹ Dit percentage is berekend als 100% minus de absolute waarde van het procentuele verschil in locatiescore van de transactie- en de referentielocatie. Door deze berekening is het percentage altijd lager dan 100% en middelen iets hogere en iets lagere locatiescores van de referentielocatie elkaar niet uit.

het risico dat aardbevingsrisico's ook in gebieden met een zeer kleine schade-intensiteit <1% tot waardedaling leiden in de praktijk niet aan de orde. Het uitsluiten van referentielocaties in een 4-positie-postcodegebied met een schade-intensiteit $\geq 1\%$ vormt in dit onderzoek daarom de basisvariant. In een aantal gevallen wordt het strengere uitsluitingscriterium $>0\%$ als robuustheidsanalyse getoond.

Het is evenwel niet wenselijk dat woningen met een toegekend schadebudget in deze gebieden met minder dan 1% schade als referentiewoning dienen. Voor vier referentiewoningen bleek dat het geval. Daarom is voor die woningen ook in de basisvariant gewerkt met de beste referentiewoning volgens het strengere criterium.

Tabel B3.2 Matchingspercentages van de referentiewoningen die wisselen bij verschillende definities potentieel risico- en uitsluitingsgebied

	Refs in 0%-1% gebied bij afbakening potentieel risicogebied 1% of meer	Refs dezelfde woningen bij afbakening potentieel risicogebied 0% of meer
Potentieel risicogebied	$\geq 1\%$	$>0\%$
Uitsluitingsgebied	$<1\%$	0%
N (gewogen)	4144	4144
gemiddeld	99,72%	99,14%
mediaan	99,99%	99,98%
# onder de 90%	25	91
% onder de 90%	0,6%	2,2%
# onder de 95%	41	130
% onder de 95%	1,0%	3,1%
# onder de 99%	126	231
% onder de 99%	3,0%	5,6%

Bijlage 4 Voortplantingsformules voor aardbevingen

Bommer et al. (2019) ontwikkelden een voorspelmodel voor grondbeweging als gevolg van aardbevingen op basis van 1707 metingen aan 55 bevingen van 2006 tot en met augustus 2018, met een magnitude tussen 1.8 en 3.6 op de schaal van Richter.⁷⁰ Extrapolatie naar aardbevingen met een hogere of lagere magnitude wordt afgeraden. De functionele vorm van het model hangt af van de afstand tot het epicentrum en wordt gegeven door:

$$PGV_{ij} = e^{c_1 + c_2 M_j + g(R_{ij})}$$

$$R_{ij} = \sqrt{R_{epi,i,j}^2 + [e^{0,4233 M_j - 0,6083}]^2}$$

$$g(R_{ij}) = c_4 \ln(R_{ij}) \quad \text{als } R_{ij} \leq 6,32 \text{ km}$$

$$g(R_{ij}) = c_4 \ln(6,32) + c_{4a} \ln\left(\frac{R_{ij}}{6,32}\right) \quad \text{als } 6,32 \leq R_{ij} \leq 11,62 \text{ km}$$

$$g(R_{ij}) = c_4 \ln(6,32) + c_{4a} \ln\left(\frac{11,62}{6,32}\right) + c_{4b} \ln\left(\frac{R_{ij}}{11,62}\right) \quad \text{als } R_{ij} > 11,62 \text{ km}$$

Met:

PGV_{ij} maximale grondsnelheid op locatie i a.g.v. aardbeving j (cm/s)

$R_{epi,i,j}$ de afstand locatie i en aardbeving j over het aardoppervlak in km

M_j magnitude van aardbeving j (schaal van Richter)

Voor de maximale grondsnelheid (PGV_{MaxRot}) geeft de analyse van de meetgegevens vervolgens de volgende schattingen voor de coëfficiënten:

$$c_1 = -5,07636$$

$$c_2 = 2,2835$$

$$c_4 = -1,93283$$

$$c_{4a} = -1,10756$$

$$c_{4b} = -1,67393$$

Voor alle bevingen wordt een diepte van drie kilometer gehanteerd, in lijn met de meetgegevens van het KNMI. Daardoor is de diepte geen variabele in de formules en is de afstand $R_{epi,i,j}$ gemeten langs het aardoppervlak vanaf het epicentrum.

⁷⁰ J.J. Bommer, P.J. Stafford & N. Ntinalexis, maart 2019: Updated Empirical GMPEs for PGV from Groningen Earthquakes.

Bijlage 5 Modellspecificaties

Tabel B5.1 Volledige schattingsresultaten van tabel 4.5: 20%-risicogebied

Afhankelijke variabele: huizenprijzen/m ² (log)	Grondsnelh. ≥ 2,9 mm/s	Grondsnelh. ≥ 5,0 mm/s	bevingen ≥ 2,9 mm/s	bevingen ≥ 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Toegekend budget voor schadeherstel ≥ € 1000	0,004 (0,72)	0,001 (0,28)	0,005 (0,93)	0,003 (0,51)
Ligging in risicogebied	-0,025 (-5,81)	-0,027 (-6,48)	-0,023 (-5,26)	-0,026 (-6,23)
Bevingen of PGV	-0,013 (-7,94)	-0,015 (-7,22)	-0,008 (-8,19)	-0,015 (-7,81)
<i>Omvang</i>				
Woonoppervlakte m ² (log)	-0,743 (-46,65)	-0,743 (-46,63)	-0,743 (-46,68)	-0,743 (-46,68)
Inhoud m ³ (log)	0,378 (24,01)	0,378 (24,01)	0,379 (24,03)	0,379 (24,06)
<i>Type woning (dummy - tussenwoning is referentie)</i>				
Geschakeld	0,11 (10,36)	0,11 (10,32)	0,111 (10,41)	0,11 (10,36)
Hoek	0,022 (3,55)	0,022 (3,5)	0,023 (3,6)	0,022 (3,54)
2-onder-1 kap	0,082 (15,63)	0,081 (15,59)	0,082 (15,66)	0,082 (15,67)
Vrijstaand	0,207 (30,3)	0,206 (30,19)	0,207 (30,35)	0,206 (30,25)
Appartement	0,424 (13,99)	0,425 (14)	0,424 (13,99)	0,425 (14)
<i>Bouwperiode (dummy – na 2000 is referentie)</i>				
1500-1905	-0,346 (-30,74)	-0,347 (-30,78)	-0,346 (-30,75)	-0,347 (-30,83)
1906-1930	-0,354 (-37,52)	-0,355 (-37,61)	-0,354 (-37,48)	-0,355 (-37,62)
1931-1944	-0,33 (-32,81)	-0,331 (-32,87)	-0,33 (-32,81)	-0,331 (-32,92)
1945-1959	-0,324 (-34,58)	-0,325 (-34,6)	-0,324 (-34,59)	-0,325 (-34,66)
1960-1970	-0,34 (-39,21)	-0,341 (-39,28)	-0,34 (-39,17)	-0,341 (-39,35)
1971-1980	-0,285 (-37,09)	-0,286 (-37,15)	-0,284 (-37,03)	-0,286 (-37,18)
1981-1990	-0,175 (-21,71)	-0,176 (-21,76)	-0,175 (-21,67)	-0,176 (-21,82)
1991-2000	-0,056 (-7,17)	-0,056 (-7,26)	-0,055 (-7,11)	-0,057 (-7,29)
<i>Staat van onderhoud binnen (dummyvariabele, referentie is slechte staat van onderhoud)</i>				
slecht/matig	-0,086 (-1,31)	-0,087 (-1,33)	-0,084 (-1,28)	-0,086 (-1,31)
matig	-0,007 (-0,12)	-0,006 (-0,11)	-0,007 (-0,13)	-0,006 (-0,12)
matig tot redelijk	-0,001 (-0,03)	-0,002 (-0,03)	-0,002 (-0,03)	-0,001 (-0,02)

slecht/matig	-0,086 (-1,31)	-0,087 (-1,33)	-0,084 (-1,28)	-0,086 (-1,31)
matig	-0,007 (-0,12)	-0,006 (-0,11)	-0,007 (-0,13)	-0,006 (-0,12)
matig tot redelijk	-0,001 (-0,03)	-0,002 (-0,03)	-0,002 (-0,03)	-0,001 (-0,02)
redelijk	0,086 (1,7)	0,087 (1,72)	0,085 (1,69)	0,086 (1,71)
redelijk tot goed	0,102 (2)	0,102 (2,01)	0,101 (1,99)	0,102 (2,01)
goed	0,208 (4,11)	0,209 (4,14)	0,208 (4,1)	0,209 (4,13)
goed tot uitmuntend	0,221 (4,22)	0,221 (4,24)	0,22 (4,2)	0,221 (4,23)
uitmuntend	0,293 (5,59)	0,294 (5,61)	0,293 (5,57)	0,294 (5,61)
<i>Staat van onderhoud buiten (dummyvariabele, referentie is slechte staat van onderhoud)</i>				
slecht/matig	0,051 (0,81)	0,051 (0,81)	0,05 (0,81)	0,05 (0,81)
matig	0,139 (2,75)	0,14 (2,76)	0,139 (2,75)	0,139 (2,76)
matig tot redelijk	0,12 (2,1)	0,12 (2,11)	0,121 (2,12)	0,12 (2,11)
redelijk	0,15 (3,11)	0,15 (3,11)	0,151 (3,13)	0,15 (3,13)
redelijk tot goed	0,179 (3,69)	0,179 (3,68)	0,18 (3,71)	0,179 (3,69)
goed	0,235 (4,89)	0,235 (4,89)	0,236 (4,91)	0,235 (4,9)
goed tot uitmuntend	0,302 (5,97)	0,302 (5,97)	0,303 (5,98)	0,303 (5,98)
uitmuntend	0,263 (5,23)	0,263 (5,23)	0,263 (5,24)	0,264 (5,24)
<i>Tuin (dummyvariabele, referentie is verwaarloosde tuin)</i>				
geen tuin	0,076 (3,87)	0,077 (3,91)	0,075 (3,82)	0,077 (3,92)
normaal onderhouden tuin	0,118 (8,34)	0,119 (8,36)	0,118 (8,3)	0,118 (8,34)
verzorgde tuin	0,184 (12,65)	0,184 (12,67)	0,184 (12,62)	0,184 (12,66)
fraaie tuin	0,221 (14,88)	0,222 (14,9)	0,221 (14,84)	0,222 (14,88)
<i>Overig</i>				
Perceeloppervlakte (IHS-transformatie)	0,066 (13,18)	0,066 (13,2)	0,066 (13,17)	0,066 (13,19)
'Luxe woning'*	0,124 (16,74)	0,124 (16,76)	0,124 (16,77)	0,124 (16,77)
Constante	7,719 (122,7)	7,717 (122,97)	7,72 (122,45)	7,716 (122,96)
Kwartaaldummy's	Ja	Ja	Ja	Ja
N	18962	18962	18962	18962
R ²	0,46	0,46	0,46	0,46

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes.. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

*Dummyvariabele met waarde 1 als grachtenpand, herenhuis, landhuis, villa of woonboerderij.

Tabel B5.2 Volledige schattingsresultaten van tabel 4.6: aaneengesloten risicogebied

Afhankelijke variabele: huizenprijzen/m ² (log)	Grondsnelh	Grondsnelh	bevingen	bevingen
	>= 2,9 mm/s	>= 5,0 mm/s	>= 2,9 mm/s	>= 5,0 mm/s
<i>Effect van:</i>				
Toegekend budget voor schadeherstel >= € 1000	-0,004 (-0,77)	-0,006 (-1,18)	-0,003 (-0,63)	-0,005 (-0,89)
Ligging in risicogebied	-0,015 (-3,72)	-0,018 (-4,45)	-0,013 (-3,14)	-0,017 (-4,19)
Bevingen of PGV	-0,013 (-8,21)	-0,016 (-7,61)	-0,008 (-8,31)	-0,016 (-8,36)
<i>Omvang</i>				
Woonoppervlakte m ² (log)	-0,729 (-47,87)	-0,729 (-47,86)	-0,729 (-47,89)	-0,73 (-47,91)
Inhoud m ³ (log)	0,37 (24,62)	0,371 (24,62)	0,37 (24,63)	0,371 (24,68)
<i>Type woning (dummy - tussenwoning is referentie)</i>				
Geschakeld	0,103 (10,22)	0,103 (10,19)	0,103 (10,24)	0,103 (10,23)
Hoek	0,018 (3,17)	0,017 (3,12)	0,018 (3,21)	0,018 (3,16)
2-onder-1 kap	0,076 (15,62)	0,076 (15,61)	0,076 (15,62)	0,076 (15,71)
Vrijstaand	0,2 (31,35)	0,199 (31,26)	0,2 (31,36)	0,2 (31,33)
appartement	0,39 (14,73)	0,39 (14,73)	0,389 (14,73)	0,39 (14,73)
<i>Bouwperiode (dummy – na 2000 is referentie)</i>				
1500-1905	-0,337 (-30,24)	-0,337 (-30,29)	-0,336 (-30,24)	-0,338 (-30,35)
1906-1930	-0,343 (-37,09)	-0,344 (-37,19)	-0,343 (-37,05)	-0,344 (-37,2)
1931-1944	-0,318 (-32,49)	-0,319 (-32,56)	-0,318 (-32,48)	-0,319 (-32,61)
1945-1959	-0,314 (-34,38)	-0,315 (-34,41)	-0,314 (-34,38)	-0,315 (-34,47)
1960-1970	-0,33 (-39,12)	-0,33 (-39,21)	-0,329 (-39,08)	-0,331 (-39,28)
1971-1980	-0,264 (-35,81)	-0,265 (-35,91)	-0,263 (-35,72)	-0,265 (-35,95)
1981-1990	-0,168 (-21,89)	-0,169 (-21,97)	-0,167 (-21,83)	-0,169 (-22,05)
1991-2000	-0,049 (-6,48)	-0,05 (-6,59)	-0,049 (-6,42)	-0,05 (-6,62)

<i>Staat van onderhoud binnen (dummyvariabele, referentie is slechte staat van onderhoud)</i>				
slecht/matig	-0,094 (-1,58)	-0,095 (-1,6)	-0,092 (-1,54)	-0,094 (-1,58)
matig	0,001 (0,03)	0,002 (0,04)	0,001 (0,03)	0,002 (0,04)
matig tot redelijk	-0,005 (-0,12)	-0,005 (-0,12)	-0,006 (-0,12)	-0,005 (-0,11)
redelijk	0,091 (2,21)	0,092 (2,23)	0,091 (2,2)	0,091 (2,22)
redelijk tot goed	0,105 (2,51)	0,105 (2,52)	0,105 (2,5)	0,105 (2,51)
goed	0,209 (5,03)	0,21 (5,06)	0,209 (5,02)	0,209 (5,05)
goed tot uitmuntend	0,225 (5,18)	0,225 (5,2)	0,224 (5,17)	0,225 (5,19)
uitmuntend	0,295 (6,79)	0,295 (6,81)	0,295 (6,78)	0,295 (6,81)
<i>Staat van onderhoud buiten (dummyvariabele, referentie is slechte staat van onderhoud)</i>				
slecht/matig	0,051 (0,86)	0,051 (0,86)	0,05 (0,85)	0,05 (0,86)
matig	0,142 (3,06)	0,142 (3,07)	0,141 (3,05)	0,142 (3,07)
matig tot redelijk	0,136 (2,65)	0,136 (2,65)	0,137 (2,66)	0,136 (2,66)
redelijk	0,146 (3,4)	0,146 (3,41)	0,147 (3,42)	0,147 (3,42)
redelijk tot goed	0,176 (4,04)	0,176 (4,03)	0,177 (4,06)	0,176 (4,05)
goed	0,234 (5,44)	0,234 (5,44)	0,235 (5,45)	0,235 (5,45)
goed tot uitmuntend	0,298 (6,52)	0,298 (6,53)	0,298 (6,53)	0,298 (6,54)
uitmuntend	0,263 (5,8)	0,263 (5,81)	0,263 (5,81)	0,263 (5,82)
<i>Tuin (dummyvariabele, referentie is geen tuin)</i>				
verwaarloosde tuin	-0,069 (-3,88)	-0,07 (-3,93)	-0,068 (-3,83)	-0,07 (-3,94)
normaal onderhouden tuin	0,042 (3,45)	0,042 (3,41)	0,043 (3,49)	0,041 (3,38)
verzorgde tuin	0,109 (8,75)	0,109 (8,69)	0,11 (8,8)	0,109 (8,67)
fraaie tuin	0,146 (11,35)	0,146 (11,29)	0,147 (11,39)	0,145 (11,26)
<i>Overig</i>				
Perceeloppervlakte (IHS- transformatie)	0,062 (13,91)	0,062 (13,92)	0,062 (13,9)	0,062 (13,92)
'Luxe woning'*	0,126 (17,46)	0,126 (17,48)	0,126 (17,49)	0,126 (17,49)
Constante	7,846 (131,1)	7,845 (131,38)	7,846 (130,96)	7,844 (131,39)
Kwartaaldummy's	ja	ja	ja	ja
N	20431	20431	20431	20431
R ²	0,45	0,45	0,45	0,45

Coëfficiënten staan weergegeven, de t-waarde tussen haakjes.. Alle modellen zijn geschat met robuuste standaardfouten.

*Dummyvariabele met waarde 1 als grachtenpand, herenhuis, landhuis, villa of woonboerderij.