

Samenvatting 22 oktober 2025

Dissertatie

Geïnduceerde aardbevingen in Groningen

De noodzaak van een PGA-accepteerbaar
bepaling in plaats van de onmogelijke M_{max}

Door Sjoerd Nienhuys

Geïnduceerde aardbevingen in Groningen

De noodzaak van een acceptabele PGA bepaling in plaats van de onmogelijke Mmax

In relatie tot het document Burgerboek

“Duurzaam Herstel en Versterken van Woningen in Groningen”

Proefschrift

ter verkrijging van de graad van doctor aan de Technische Universiteit Delft,

op gezag van de Rector Magnificus Prof.dr.ir. T.H.J.J van der Hagen

voorzitter van het College voor Promoties,

in het openbaar te verdedigen op

woensdag 12 november 2025 om 12:30 uur

Kernwoorden: Aardbevingen, angst, bewoner, geïnduceerd, compactie, CVW, funderingen, Groningen, IMG, informatie, KNMI, M-acc, magnitude, Mmax, Mw, NAM, NEN, NCG, paradigma, PGA-acc, PGAg, PECAG, Richter, Rotliegend, schade, tektonisch, veiligheid, woningbouw, zandsteen, Zechstein, zoutsteen.

ISBN: 978-94-6491-870-0 Met nur code 955

Een digitale kopie van de dissertatie is beschikbaar op <http://repository.tudelft.nl/>
Een digitale kopie van de dissertatie staat op de website www.nienhuys.info
pagina 2 en kan vrij worden downgeload en geciteerd onder bronvermelding.



Samenvatting

In Groningen wordt al sinds 1970 aardgas gewonnen. Dat aardgas komt uit een laag zandsteen van ongeveer 200 meter dikte (de randgebieden zijn dunner) op ongeveer drie kilometer diepte. Naarmate er meer gas omhoog gehaald wordt, daalt de gasdruk in de poriën van dat zandsteen. De draagkracht van de zandsteenlaag (Rotliegend) is een combinatie van de sterkte van dat zandsteen en de hoge gasdruk. Als de gasdruk in het zandsteen daalt (onder de 150 bar), neemt de druk op het zandsteen toe en begint het zandsteen te verkrumelen en in te zakken. Dat inzakken gebeurt schoksgewijs (eerst de zwakste plekken) en veroorzaakt aardbevingen. Iets preciezer: rechtstandig inzakken begint met een valbeweging, dus een naar beneden versnelde beweging onder invloed van de zwaartekracht. Vervolgens stopt de inzakking abrupt: de stop is een meestal grotere versnelling in tegengestelde richting van de valrichting. Het is te vergelijken met een steen die op de grond valt. Deze versnellingen worden ook aan het aardoppervlak gevoeld. Aan het oppervlak ontstaan verticale schokken en ook twee soorten horizontale vanuit het epicentrum. De horizontale component is belangrijk, want huizen zijn vooral erop gebouwd om de verticale zwaartekrachtversnelling (gewicht/massa) te weerstaan. Boven op het zandsteen bevindt zich een bijna een kilometer dikke zoutlaag (Zechstein) die het snelle inzakken iets voorkomt en dempt, maar niet helemaal opvangt.

Dit alles is niets bijzonders: overal waar stoffen als steenkool, ijzererts, olie, gas en water uit de ondergrond gehaald worden, treden bodemdalingen en aardbevingen op. Zulke, door menselijke activiteiten veroorzaakte, aardbevingen noemen we 'geïnduceerde' aardbevingen. Die zijn ook in Groningen veroorzaakt door de gaswinning. Op plekken waar heel veel gas (snel) uit de grond wordt gehaald gaat de gasdruk in het gesteente plaatselijk extra snel omlaag, en ontstaan er meer aardbevingen.

De eerste beving die met de gaswinning samenhang, trad al in 1976 op (en in 1986 goed voelbaar), maar pas in 2012 kwam er een relatief grote beving (Richter 3,6) nabij Huizinge. De NAM beweerde dat ze hier niet op gerekend had en gaf het KNMI de opdracht om uit te rekenen wat er nog zou kunnen komen. Ondertussen voerde de NAM de gaswinning op, zonder dat dit direct bekend werd.

De consultants hebben kennelijk een rekenmodel gehanteerd dat vooral gebaseerd was op zogenaamde tektonische aardbevingen, of een combinatie van tektonisch en geïnduceerde. Die tektonische bevingen ontstaan doordat tientallen kilometers dikke aardplaten losschieten als ze in horizontale richtingen over of langs elkaar schuiven. Dat veroorzaakt grote horizontale versnellingen diep in de aarde, die aan de oppervlakte gevoeld worden. Het kan ook dat de plooi in een licht geplooid aardlaag steeds sterker geplooid wordt, tot het gesteente breekt en terugveert (*elastic rebound*), waarna een verticale breuk ontstaat. Na zo'n beving duurt het een tijd voordat er, door het gestaag voortbewegen van de aardkorst, weer zo'n grote beving komt. Deze types komen niet voor in Groningen.

Het KNMI kwam in 2013 tot een verwachte waarde voor die maximale horizontale grondversnelling die wel vijfmaal zo groot was als de verticale bij Huizinge. Iedereen met enig bouwkundig benul en kennis van aardbevingen had zich kunnen realiseren dat dit inhield dat ongeveer 100.000 huizen in de provincie Groningen gedeeltelijk zouden instorten, met vele doden als gevolg. Met andere woorden, een ramp te vergelijken met de Watersnoodramp van 1953. Sommige Groningers met gescheurde woningen vreesden mogelijk voor instortingen bij verdere bevingen. Naar eigen ervaring en gesprekken met Groningers.

De consultants berekenden zelfs dat een beving van 4.000 maal zo sterk als de Huizinge-beving tot de mogelijkheden behoorde (de vrijkomende energie, namelijk een magnitude 6 in plaats van 3,6). In termen van Richter ongeveer 150 maal zo sterk. Eén heel punt Richter is tienmaal zo sterk (logaritmisch).

Dat zou hooguit mogelijk zijn geweest als overal in de provincie Groningen tegelijkertijd de hele zandsteenlaag een flink stuk zou instorten, of een grote diepere tektonische breuk wordt geactiveerd. Vervolgens heeft men royale 'veiligheidsmarges' aangehouden.

De berekeningen waren op basis van onvoldoende gegevens, geëxtrapoleerd en gebaseerd op tektonische methodes waarbij meerdere en extra hoge onzekerheidsmarges werden aangenomen en doorgerekend lang voorbij het opraken van het aardgas. Pas met de documentatie die in 2022 vrijkwam met de PECAG kwamen via de Wet op Openbaar Bestuur (WOB) oude gegevens boven tafel die meer informatie gaven over de (foute/tekort schietende) rekenmethodes die de consultants in 2013 toepaste.

Het resultaat was vergelijkbaar met een ‘voorspelling’ dat toekomstig verkeer op een woonerf of een binnenstedelijk gebied zich met vliegtuigsnelheid zal voortbewegen. Immers, 4.000 maal de hoeveelheid bewegingsenergie van een voertuig met een snelheid van 15 km/u correspondeert met een snelheid van bijna 950 km/u. Iemand die dergelijke ‘voorspellingen’ over het verkeer doet, zou niet serieus genomen worden, maar dat gebeurde wel met de nieuwe berekeningen van de Mmax.

Tabel 1. Tabel vergelijking verkeer en gaswinning.

Niveau 0	Geen verkeer , geen ongelukken door verkeer.	Hoeveelheid en snelheid gaswinning is nul, dus geen aardbevinggerelateerde gebouwschade.
1	Verkeer in een gebied zonder bebouwing of mensen. Weinig risico op persoonlijke ongelukken.	Gaswinning in een gebied zonder bebouwing of mensen. Weinig schaderisico voor gebouwen.
2	Meer verkeer in een gebied met veel bebouwing en bewoning. Veel risico op ongelukken.	Gaswinning in een gebied met veel bebouwing en bewoning. Veel schaderisico voor gebouwen.
3 De NAM	Sneller verkeer in een gebied met veel bebouwing en mensen. Veel meer ongelukken risico.	Snelle gaswinning in een gebied met veel bebouwing en mensen. Veel meer schaderisico voor gebouwen.
4	Nog veel sneller verkeer in een gebied met veel bebouwing. Nog meer en groter ongeluk risico.	Nog veel snellere gaswinning in een gebied met veel bebouwing. Nog meer en groter schaderisico.
5. Dit was gedaan.	Berekenen hoe hard de allersnelste auto's kunnen rijden en daarmee theoretisch de zwaarst mogelijke ongelukken berekenen.	Gaswinning maximaliseren tot snelle uitputting van het gasveld, en daar de zwaarst mogelijke aardbeving uit berekenen. Veel instortingen van gebouwen.
6. Taak wetgever	Snelheid van voertuigen sterk beperken in de bebouwde kom en verkeersregels vaststellen om verkeersongelukken te voorkomen.	Snelheid van gaswinning laag houden en regelen om grote bevingen en daarmee schade aan woningen te voorkomen (en slachtoffers veroorzaken).



Figuren 1. Vergelijking verkeer en gaswinning.

Dit type auto kan 400 km/uur, maar dat mag nergens op de openbare weg. Om die maximumsnelheid als rekenbasis voor het stadsverkeer aan te nemen is onzinnig.

De Nationaal Coördinator Groningen verplichtte alle ingenieursbureaus te gaan rekenen met de veel te hoge PGA-waarde van het KNMI-kaartje. Geen van de consultants en ingenieursbureaus maakte hier bezwaar tegen.

Behalve aardbevingen veroorzaakte de aardgaswinning ook bodemdalingen/compactie, en daarmee een relatieve verhoging in de grondwaterstand, die indirect van invloed was op de fundamente van woningen en de landelijke en stedelijke water- en riool-infrastructuur.

Het zou toen verstandig geweest zijn om de onttrekking van het gas zo vlug mogelijk te stoppen, totdat zekerheid over de seismische verwachtingen was verkregen. Dit gebeurde niet, integendeel, de NAM voerde na de Huizingebeving de gasproductie op. Was men gestopt, dan was eerder ontdekt dat deze door gaswinning geïnduceerde bevingen heel anders zijn dan tektonische bevingen en dat bij niet al te snelle gaswinning de klap bij Huizinge nauwelijks overtroffen zou worden. In landen waar veel aardbevingen voorkomen gaat men ervan uit dat instortingsgevaar, dus kans op dodelijke ongelukken, pas dreigt bij bevingen met ruim tweemaal zo grote grondversnellingen als bij de Huizingebeving.

Het is een correct beleid dat schade vergoed wordt en het gebouw hersteld. Dat herstellen zou zo moeten gebeuren dat kleine toekomstige bevingen geen schade meer veroorzaken. Bij het herstellen kunnen ook achterstallig onderhoud en bouwfouten aangepakt worden en woningen verduurzaamd worden (betere isolatie). Een ruimhartig beleid zou een fonds hebben opgezet om deze extra's te financieren; als de verbeterde woning dan later verkocht werd, zou de lening van het fonds kunnen worden terugbetaald. Dat is allemaal niet gebeurd.

Een typisch voorbeeld van een ingreep om toekomstige schade te voorkomen, is de vervanging of verwijderen van zware gemetselde schoorstenen. Bij het schudden van de woning kunnen die afbreken en vallen, met kans op fatale ongelukken.

Het beleid was niet (sociaal of juridisch) correct. Men mikte enerzijds op gebouwversterking, zodanig dat de uitgerekende (denkbeeldige) extreem krachtige aardbeving geen instorting zou veroorzaken. Anderzijds probeerde de NAM van alles om de ontstane schade te ontkennen en uitsluitingen te stellen. Schade aan de fundamente van huizen werd niet eens bekeken. Overige schade werd slechts cosmetisch gerepareerd, en de kosten van procedures zoals overleg, inspecties en rapporten door schade-experts en contra-experts, arbitrage en dergelijke bedroegen wel driemaal het bedrag dat uiteindelijk aan de reparaties zelf werd besteed.

In de loop der jaren werden de Mmax 'voorspellingen' aangepast, met het curieuze gevolg dat door de veranderende verwachtingen bij exact dezelfde en dicht bij elkaar gelegen woningen totaal verschillende maatregelen werden genomen: eerst werden de scheuren cosmetisch weggewerkt, een jaar later werden andere woningen als *total loss* beschouwd, omdat ze niet bestand zouden zijn tegen toekomstige extreme bevingen. Weer later werden dezelfde type woningen alleen wat gerepareerd, omdat bij de te verwachten minder sterke bevingen het huis zou blijven staan, **maar dan wel zwaar beschadigd**.

De auteur schreef eerder een naslagwerk van ruim 500 pagina's bedoeld om burgers en kleine aannemers te helpen om de woningen te verbeteren zodat die minder of geen schade zouden oplopen bij kleine bevingen (het Burgerboek). In dat werk staat weinig over waarom de prognoses van het KNMI of de consultants fout waren en hoe en waarom de NAM (met goedkeuring van de overheid) het een en ander ondoelmatig aanpakte. In deze dissertatie worden die achtergronden uiteengezet. Ook wordt ingegaan op de rol van de media het aanjagen van angstgevoelens.

Het in 2021 gemaakte Burgerboek¹ geeft inzicht in de aardbevingsproblematiek van de Groningse woningbouw, maar niet waarom de Mmax van de consultants, het KNMI en de NAM en de daaraan gekoppelde PGA_h zo hoog bleven.

¹ Dit Burgerboek is vrij beschikbaar op www.nienhuys.info Pagina 2, Aardbevingen, Groningen.

Deze dissertatie geeft een (beknopte) analyse over verschillende achtergrondaspecten die een rol speelden bij het herstelprogramma in Groningen, aspecten die niet door de Parlementaire Enquête Commissie Aardbevingen Groningen (PECAG 2020-2021)⁶ boven tafel zijn gekomen. Het Burgerboek is bouwkundig, en heeft betrekking op de lichte aardbevingen (PGA kleiner dan 0,2g) en grotendeels zonder complexe berekeningen. Er wordt wel in aangegeven hoe men eenvoudige statische berekeningen kan maken.²

Voor het Nederlandse type baksteen laagbouw zijn geen ingewikkelde elastische of dynamische berekeningen nodig.³ De hoofdzaak is om de juiste vorm, verbindingen en sterkte-vlakken in een gebouw te hebben, om te voorkomen dat het instort. Seismisch bestendig bouwen is gebaseerd op het principe dat het gebouw **net niet instort**⁴ en men na de aardbeving het gebouw levend kan verlaten voordat er een volgende beving plaatsvindt kan men dan het gebouw verlaten of bij een lange tussenpoos het gebouw versterken of 'retrofitten'.

De achtergrond van de zeer hoge NPR 9998:2015 PGA_h -waarde, of de problematiek om de informatie over te brengen via het Middelbaar Beroeps Onderwijs (MBO) of de NAM is in het Burgerboek bewust niet meegenomen. In deze dissertatie is het NPR 9998:2015 probleem wél behandeld, waarbij grote vraagtekens worden gezet over hoe men aan de doorgeschoten M_{max} en PGA_h -waarden is gekomen. De economische en politieke/sociale aspecten zijn weggelaten. Hierover hebben sinds 2018 het RUG en sinds 2020 de Parlementaire Enquête Commissie Aardbevingen Groningen (PECAG)⁵ uitgebreid gerapporteerd⁶.

Deze dissertatie behandelt de volgende aspecten:

- De mogelijke oorzaken van de verkeerde M_{max} en PGA-berekeningen, die door de NAM en speciale commissies (NEN, Meijdam) en sinds 2014 door de media werden overgenomen. Beter inzicht over deze informatie zou moeten leiden tot een betere kennis van de werking van de diepe ondergrond, zoals de interactie tussen de dunne aardgashoudende zandsteenlaag (Rotliegend) en het dikke Zechstein. Sinds 2012 zijn er erg veel onderzoeken gedaan, waarbij het Groningse gasveld ongeveer het best bestudeerde gasveld ter wereld is.

Een vergelijking wordt gegeven tussen de relatief kleine geïnduceerde aardbevingen in de provincie Groningen en zware tektonische aardbevingen in de wereld. Die vergelijking laat zien hoeveel verschillen er zijn, maar de Nederlandse media publiceerden regelmatig berichten over zware aardbevingen van dezelfde magnitude als de prognose M_{max} . Dat kon leiden tot angstgevoelens bij Groningers die al scheuren in hun woning hebben over wat hen nog binnenkort te wachten stond.

² Omdat de feitelijke seismische belastingen in Groningen laag bleven, ruim onder de $PGA_h 0,2g$ waarboven seismisch versterken in aardbevingslanden noodzakelijk is, is het relevant om voor de doelgroepen de principes van seismische schade en bouwkundig versterken eenvoudig uit te leggen op basis van voorbeelden. Hierdoor kan zowel de bouwwereld als de woningeigenaar zich een beeld vormen over hoe de schade is ontstaan en wat eraan gedaan kan worden, zoals het opheffen van seismische risico's, aanpassingen van de gebouwworm, fundering- en muurherstel en verschillende vormen van versterking.

³ De aardbevingsbelasting op een gebouw wordt bepaald op basis van de horizontale PGA_h , grondsoort (met de $PGA_h = a_g S$), de elasticiteit van het bouwsysteem, de hoogte en de belangrijkheid van het gebouw.

⁴ In veel situaties van **net niet ingestort** is het gebouw dan economisch wel 'total loss' en moet gesloopt worden. Dat is echter een situatie die de Groningse bewoner helemaal niet wil. Die wil in de eerste plaats veilig blijven wonen. Als de gevolgen van kleine aardbevingen (scheuren in muren of verzakkingen van gebouwen) tijdig kosteloos kunnen worden gerepareerd, en er compensatie voor de geleden schade wordt gegeven is dat geen probleem.

⁵ De NAM maakte er een gewoonte van om van alles te ontkennen. Op 8-11-1963 stelde Willem Meiberg al dat er door de gaswinning bodemdaling zou optreden. Ofschoon dat al 50 jaar bekend was uit de USA ontkende de NAM (Exxon en Shell) dit, maar ging wel aanvullende metingen en onderzoek doen.

⁶ Tom van der Lee et al. 24 februari 2023. Rapport parlementaire enquêtecommissie aardgaswinning Groningen. Vijf delen, 2000+ pagina's. <https://www.tweedekamer.nl/Groningen/rapport>
Persbericht: <https://www.tweedekamer.nl/kamerleden-en-commissies/commissies/parlementaire-enquete-commissie-aardgaswinning-groningen>

- Een beschouwing wordt gegeven over de geologische aspecten van het ongeveer 200 meter (dunne) Rotliegend, de zandsteenlaag waar het aardgas in is opgesloten, en het daarboven liggende ongeveer 1000 meter dikke Zechstein, de gasdichte, taaie zoutsteenlaag. Het effect van die dikke zoutsteenlaag op de instortingen van het onderliggende zandsteen wordt toegelicht, waarbij wordt gesteld dat het zoutsteen een nivellerend en dempend effect heeft op de instortingen van het zandsteen.
- Wat men weet van tektonische bevingen kan niet zonder meer worden toegepast op geïnduceerde aardbevingen.⁷ Er worden minstens 30 verschillen aangegeven.
- Het Burgerboek geeft een aantal suggesties en oplossingen over hoe men de gebouwen kan beschermen tegen de aardshokken en hoe ze te verstevigen ter voorkoming van extra schade. In deze dissertatie wordt aangegeven dat de NAM⁸ en het CVW foute maatregelen namen (afwijzen funderingsschade of 'eigen gebrek') om de financiële consequenties voor de NAM te beperken. Deze methode werd gevolgd door de CVW en in grote mate overgenomen door de NCG en later door het IMG, die honderden juristen in dienst namen die als een machtsblok tegenover de woningeigenaars kwamen te staan.
- Enkele hoofdstukken geven een lijst van aanbevelingen en wat er wel had moeten gebeuren. Een belangrijke maatregel zou de instelling van een financieringsfonds zijn geweest waaruit algemene gebouwschade (voor)gefinancierd werd en de noodzakelijke verduurzaming. De afbetaling zou dan kunnen geschieden bij de verkoop of overdracht van het gebouw dan een aanzienlijke meerwaarde heeft ten opzichte van het gebouw van voor de aardbevingsschade.

De conclusie in deze dissertatie is dat theoretische wetenschappers of mijnbouwbedrijven de door hen berekende Mmax niet mogen verspreiden als publieke informatie. De Mmax-informatie is bijna onbegrijpelijk voor de media en de burger en helemaal niet relevant bij geïnduceerde aardbevingen. Immers, deze mijnbouwprocessen kunnen gestuurd worden door menselijk handelen.

NAM consultants hadden een Mmax 6,0 uitgerekend en het KNMI had daar een PGA_h aan geplakt. Onafhankelijk van het berekenen van de Mmax, hoorde de berekening van de PGA_h daar niet bij. Het seismische probleem voor de bouw begon met die PGA_h-kaart. De opgegeven waarde van PGA_h 0,42g in 2014 zou catastrofale gevolgen hebben als dat waar was. Er zijn wel vijf momenten geweest waarbij de NAM tot het inzicht had kunnen komen om de Mmax 6,0 niet te publiceren.

1. De opdracht van de NAM naar de consultants (inclusief het KNMI) was om de zwaarst mogelijke Mmax te berekenen, na de aardbeving van 16 augustus 2012 te Huizinge.
2. De rekenresultaten van de consultants en het KNMI die teruggekoppeld werden naar de NAM.
3. De beoordeling van de Mmax en PGA-rekenresultaten door de SodM op 16 januari 2013.
4. De beoordeling van de externe consultants op het nieuwe Winningsplan 2013.
5. De publicatie naar de media van de nieuw uitgerekende Mmax door de NAM.

Echter, de maximale toelaatbare seismische belasting op de gebouwen moet bepaald worden, zodat er geen excessieve schade optreedt; dit is de PGA-acc (acceptabel). Tegelijkertijd moet actie ondernomen worden om zwakke gebouwen voldoende en tijdig seismisch te versterken (retrofitten) zodat er nergens instortingsgevaar of excessieve schade ontstaat.⁹ Dit laatste werd in zekere mate gedaan door het wegnemen van hoogrisico elementen zoals de bakstenen schoorstenen.

⁷ NWO, DeepNL. An integrated research programme to understand subsurface dynamics caused by human activities. Annual report I – 2018. Zie Introduction. https://www.nwo.nl/sites/nwo/files/media-files/Deep%2BNL_UK%2BVERSIE_5-6-19.pdf

⁸ Tot en met 31 maart 2017 zijn er 95.000 schademeldingen geweest.

⁹ Excessief is in de ogen van de bewoner. Dit zal verschillen naar de kennis en begripsvorming van die bewoner. Wanneer de bewoner weet dat de schade niet erger wordt en binnen het jaar de woning wordt opgeknapt of versterkt, op kosten van de schadeveroorzaker, zal deze niet gauw in de stress raken.

Echter, als echter de bewoner wordt wijsgemaakt dat er **binnenkort nog veel zwaardere aardbevingen** gaan komen (is gebeurd), en dat er eindelijk onderhandeld moet worden over de geleden schade op basis van foute rapporten (is gebeurd, en nog steeds), en het jaren duurt voordat er iets gebeurt (is ook al zo), en dat wat er gebeurt helemaal geen seismische versterking is (is vaak geconstateerd),

Bij geïnduceerde aardbevingen moet de PGA-acc (acceptabel) bepaald worden aan de hand van de bewoners met hun bebouwing en een voor hen acceptabel schadeniveau.¹⁰

Daarnaast zullen de kosten van herstel en versterking volledig door de mijnbouwindustrie en overheid op reële en ruimhartige wijze vergoed moeten worden. Aan dat laatste mankeerde heel veel in Groningen, waarbij voor elke euro aan bestede kosten slechts 25% aan feitelijke bouwkundige herstelwerkzaamheden werd uitgegeven, dat dan ook nog heel vaak verkeerd werd uitgevoerd met slechts cosmetische reparaties. Tot aan 2020 werd ongeveer driekwart van de kosten besteed aan rapporten, juristen en administratie.

Het is te hopen dat de wetenschappers lering kunnen trekken uit de verzamelde onderzoeken en kennisontwikkeling van diepliggende gasvelden en dat er nieuwe, goede en rechtvaardige regels gemaakt kunnen worden voor de beheersing van geïnduceerde aardbevingen. Om dit te bereiken is een mentaliteitsverandering (paradigmaverandering) noodzakelijk, **ook internationaal**.

dan wordt die bewoner financieel benadeeld en in een grote uitzichtloze stress gejaagd. Dit laatste is het lot van tienduizenden Groningers (ook in 2025 nog steeds).

¹⁰ Een belangrijk punt is de aanvaardbaarheid. In de eerste plaats zal de bewoner de garantie willen hebben dat er niets instort. De aanvaardbaarheid ligt aan de vorm en waarde van de compensatie of het herstel en verbetering van het gebouw. Over het algemeen wordt de Natuur niet aangetast door lichte aardbevingen. Bij mijnbouw en de daarmee gepaard gaande bodemdaling is de situatie anders. De Natuur en de biodiversiteit kan sterk worden veranderd door mijnbouw, bijvoorbeeld als het gaat om de bodemdaling op land, ook op zee. Door compactie zal de bodem lager zakken en zal de grondwaterstand relatief stijgen of zal bij eb de bodem in de Waddenzee onder het laagwaterniveau komen. Verandering van grondwater en het zeeniveau hebben beide grote gevolgen voor de Natuur.

De gasvelden lopen door onder de Waddenzee. Door binnen enkele jaren de zeebodem te verlagen zullen grote delen van de voedselvoorziening voor vogels en zeeleven verdwijnen. De Wadden kunnen zich binnen honderd jaar niet herstellen. Bovendien is er al een verhoging van het zeeniveau door de klimaatverandering. Mijnbouw naar delfstoffen kan leiden tot het verwijderen van eeuwenoude bossen, die daarna helemaal niet kunnen terugkeren.

De mijnbouwindustrie voor fossiele brandstoffen is de oorzaak van de uitstoot van CO₂ wanneer die brandstof wordt verbrand om energie op te wekken. Deze CO₂-uitstoot veroorzaakt opwarming van het milieu en klimaatverandering. De snelheid waarmee de temperatuur in de wereld stijgt is zo groot dat de Natuur of de biodiversiteit zich niet kan aanpassen. De mijnbouwindustrie moet daarom direct met de productie van de fossiele brandstof de CO₂-uitstoot volledig compenseren.

Achtergrond

Na de aardbeving van 16 augustus 2012 bij Huizinge in de provincie Groningen ontstond er grote beroering onder de Groningse bevolking over mogelijke, toekomstige (nog grotere) aardbevingen. Ook de NAM wilde in detail weten wat er met het huidige gasexploitatiebeleid nog te verwachten was aan aardbevingen en wat er met de Groningse woningbouw gebeuren moest. In dit kader werd de internationale consultant Arup aangesteld die volgens bestaande risico (*Seismic Hazard*) regels een planning maakte, waarbinnen de ‘retrofitting’ of seismische versterking van meer dan 100.000 van de ruim 350.000 gebouwen werd voorgesteld.

Echter, in Nederland bestond er bij de bouwwereld geen kennis van seismisch versterken of bouwen en er was zeker geen personeel dat de gigantische taak in korte tijd op zich kon nemen. Dit was de reden dat mij gevraagd werd om Nederlandstalig informatiemateriaal te maken voor het Middelbaar Beroeps Onderwijs (MBO) in Groningen zodat er honderden bouwvakkers konden worden opgeleid. Ik voelde mij gestimuleerd om een concrete bijdrage te leveren ter ondersteuning van de Groningse bevolking. Gedurende deze taak (twee jaar vanaf september 2013) heb ik mij verdiept in honderden schaderapporten (bevingen 2012/2014) en de technische aspecten van retrofitting.

De consultants van de NAM hebben in 2012/2013 berekeningen gemaakt op de basis van hun kennis¹¹ en de toentertijd aanvaarde rekenmethoden die in 2012 bestonden. Die nieuwe berekeningen kwamen uit op zeer sterk verhoogde maximale aardbevingswaarden (vóór 2012 had de NAM een M_{max} 4,1 uitgerekend), die toen Mw 6,0 en 6,5 opleverden en daarmee het theoretisch maximum naar onmogelijke aardbevingssterkten werden verhoogd. Vervolgens werd daarvan een onwaarschijnlijk hoge PGA_h (maximale grondversnellingen) afgeleid.¹²

Slechts slopen en nieuwbouw op *base-isolation* bleven een optie om gebouwen te beschermen tegen die extreem hoge PGA-waarden. Echter, vanuit het MBO, de NAM en de door de NAM gecontracteerde consultants was er nauwelijks interesse voor de door mij gemaakte informatie-modules. Het MBO was niet in staat om zichzelf te organiseren voor ad-hoc trainingen, terwijl de aangeleverde informatie niet strookte met het financiële beleid van de NAM.

S.J. Bourne. Geeft in 2022 aan dat: *de M_{max} de kleinste onmogelijke aardbevingssterkte is. Het is niet de grootste historische magnitude. De M_{max} is niet de grootste te verwachten magnitude. Het is geen magnitude met een beperkte return periode. De M_{max} is nooit registreerbaar.*

De algemene onderzoeksvraag van deze dissertatie is:

Waarom heeft het hele herstel- en versterkingsprogramma van het Groningse aardbevingsdossier zoveel problemen gehad en waarom is de schade afhandeling voor de bevolking jarenlang zo slecht verlopen met angstgevoelens en stress? Dat leidt tot de vraag over wat de achtergronden waren van de M_{max} berekening en superzware PGA-uitkomsten in de NPR. Wat had er wel gedaan moeten worden?

¹¹ In 2004 en 2005 zijn er twee bevingen onder hetzelfde Zechstein-gebied bij Bremen. Quote: “*Das bisher stärkste Beben in Niedersachsen wurde 2004 in Rotenburg/Wümme mit einer Magnitude von 4,5 gemessen. Im Jahr 2005 wurde die Erde in Syke mit einer Magnitude von 3,8 erschüttert*“. De diepte van deze bevingen was echter 10 km, waarmee deze als tektonisch geclassificeerd moesten worden en niets te maken hadden met de gaswinning van onder dat Zechstein. Vanwege de diepe Lauwerszee-breuklijn zou het in theorie mogelijk kunnen zijn dat er in de regio Loppersum onder het zandsteen (in het Carboon en dieper) ook een tektonische verschuiving kan ontstaan.

¹² De PGA bij ondiepe aardbevingen (3 km in Groningen) is meestal hoger dan bij vele malen dieperliggende tektonische aardbevingen omdat de schokken uit het hypocentrum zich vrij direct (1 – 3 seconden) bij het epicentrum manifesteren. In Groningen heeft de zachte/natte bovengrond ook een invloed op de PGA.

De driemaal fout

Die berekeningen van de maximale aardbevingssterkte waren op drie manieren verkeerd.

Ten eerste dient men eerst de sterkte van de gebouwen te berekenen en dan vervolgens de aardgasexploitatie daarop aan te passen. Hoe langzamer de gaswinning en hoe beter verspreid over het totale gebied, hoe geringer de bevingen. Om te projecteren dat men doorgaat met de gasproductie tot er vijfmaal zo zware grondversnelling aankomen, waarbij 100.000 woningen van de 327.000 gebouwen zwaar beschadigd gaan worden, waarvan er 10.000 woningen instorten met wellicht honderden doden is onethisch en de uitvoering juridisch laakbaar.

Bij geïnduceerde aardbevingen moet de PGA-acc (acceptabel) bepaald worden aan de hand van de bevolking met hun gebouwen en voor hen acceptabel schadeniveau.

De theoretische M-maximum uitkomsten van berekeningen van geïnduceerde aardbevingen mogen NIET aan de bevolking bekend gemaakt worden.¹³

Ten tweede zat er een door externe consultants (e.g. Ian Smith) gesignaleerde fout (de partitioning coëfficiënt) in de berekeningen van het Winningsplan 2013 die niet door de NAM of het KNMI werd gecorrigeerd. Daarnaast waren de geringe dikte van het Rotliegend en het effect van het dikkere, taaie Zechstein onvoldoende of niet meegenomen.

Ten derde is de Mmax-berekening nauwelijks relevant omdat de gebouwbelasting wordt berekend op basis van de horizontale grondversnellingen (de aangepaste PGA met $a_g S$), dus niet met de verticale. De optredende aardbevingssterkte M_w (of de Richterwaarde) kan niet rechtlijnig vertaald worden naar de PGA in het epicentrum. Het Zechstein onder Groningen heeft een belangrijke inzakking-reducerende of -spreidende factor die niet werd meegenomen in de berekeningen.

De periodieke herberekening van de Mmax in Groningen volgde uit steeds nieuwere inzichten en data die men kreeg uit de vele onderzoeken na het begin van de voelbare bevingen. De eerste voelbare bevingen waren al in 1976 (Haren), 1986 (Assen) en 1991 (Middelstum). De bevingen werden zo erg in 2006 (Richter 3,5 in Middelstum) en 2009 (Zeerijp) dat daarop de GBB werd opgericht en de NAM schoorvoetend toegaf dat er een relatie met de gaswinning bestond. De beving van 16 augustus 2012 te Huizinge (Richter 3,6) was het omslagpunt waarna de NAM zichzelf beter organiseerde om gebouwschade te vergoeden en tegelijkertijd maatregelen nam om de gasdruk te reguleren en de bevingen te reduceren. De gebezigde terminologie was ‘voortschrijdend inzicht’.

‘Voortschrijdend inzicht’ is de bewoording die sinds 2013 in gebruik was om aan te geven dat men **niet alles precies wist** (en een slag om de arm te hebben) wanneer door de buitenwereld gesteld werd dat de berekeningen of de genomen maatregelen niet deugden. Tot op de dag van vandaag (2025) blijkt er geen voortschrijdend inzicht te zijn ontwikkeld over het ethisch beginsel dat je de maximale geïnduceerde aardbevingen niet moet berekenen of sturen op basis van winstmaximalisatie, maar vanuit het effect op de bebouwing en het belang van de betrokken bevolking. Bij mijnbouw is naast de gebouwde omgeving en de bevolking ook de Natuur een factor waar rekening mee gehouden moet worden.

Een serieus probleem van de berekening van de maximale te verwachten magnitude van de aardbevingen door het KNMI van het Groningse gasveld (de Mmax) was dat deze bijna jaarlijks veranderde, afhankelijk van de productiesnelheid van het aardgas, de kennis over de diepere aardlagen en het inzicht van de rekenmeesters in deze materie.

¹³ Niet geheim, maar de Mmax treedt niet/nooit op. Mededelingen daarover worden met grote zekerheid verkeerd begrepen. Bovendien geldt die Mmax alleen bij een ongewijzigd hoog gaswinningsbeleid, dat was niet zo

Een zeer ongewenst resultaat was dat identieke gebouwen (naast elkaar) of woonwijken die in verschillende periodes beoordeeld werden (vanwege een opnieuw gewijzigde NPR met een lagere PGA-waarde), met totaal verschillende versterkingsregels te maken kregen. Hierdoor ontstond er terecht het gevoel van willekeur en benadeling van een bevolkingsgroep ten opzichte van een andere. Bij de bepaling van een PGA-acc kan dat niet gebeuren.

Em prof.dr.ir. Mick Eekhout heeft mij vanaf 2020 gestimuleerd om de bouwkundige informatie-modules samen te vatten zodat ze beschikbaar zouden kunnen komen aan de bevolking. Dit heeft geresulteerd in het Burgerboek. Dat is in 2021 gereedgekomen en telt 13 hoofdstukken, samen 500+ pagina's, en heeft meer dan 1500 illustraties.¹⁴

Op basis van mijn gegronde vermoeden over de (fysieke en juridische) onmogelijkheid van zeer hoge PGA_h die eind 2013 gelanceerd werd, ben ik mij verder gaan verdiepen over de mogelijke achtergronden, met als resultaat de huidige dissertatie.

Deze dissertatie heeft drie delen. Deel 1, hoofdstukken 1, 2 en 3 met [algemene bevindingen](#) in hoofdstuk 4 over het Burgerboek, en Deel 2 met hoofdstukken 5, 6, en 7 over de Mmax, de PGA en de bepaling van de PGA-acc (acceptabel). Deel 3 omvat de dankbetuiging, mijn Cv en een aantal van de referenties.

Het Burgerboek geeft met duidelijke informatie over de ontstane schade en oplossingen voor retrofitting van de Nederlandse bakstenen woningen bij lichte aardbevingen. Dit Burgerboek werd in 2021 door de NCG aangeschaft, die vervolgens een geheel eigen verzameling van een 30-tal versterkingsadviezen (VA's) heeft gemaakt. Deze 30 VA's werden alleen aan gecontracteerde aannemers ter beschikking gesteld.¹⁵

Deel 1 geeft onder andere de werkwijze van de NAM en het CVW aan.

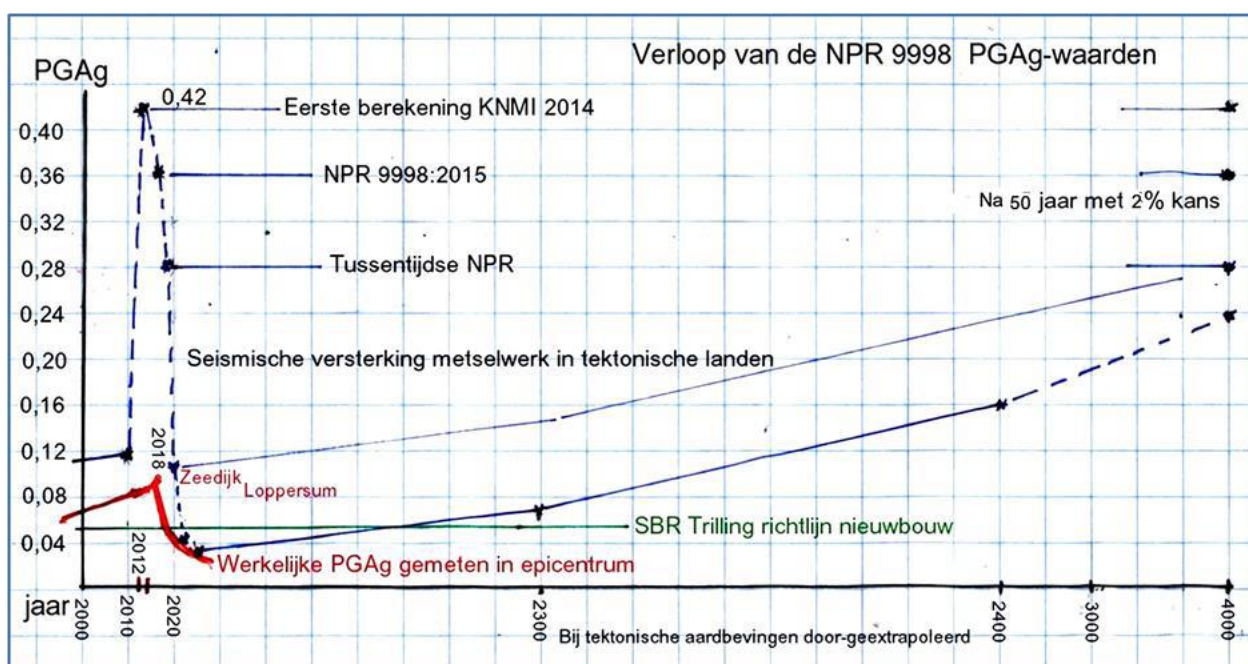
Deel 2 is de (niet rekenkundige) beredenering waarom de oorspronkelijke berekeningen van de Mmax niet logisch waren op basis van mijn ervaringen met aardbevingen en de gebouwde omgeving, en waardoor de verschillende versies van de NPR 9998:2015 tot en met 2020 niet klopten.

De belangrijkste bevinding of stelling is dat in plaats van de Mmax er een PGA-acceptabel berekend moet worden. Die PGA-acc kan alleen na voldoende retrofitting van duizenden woningen worden aangepast/verhoogd als daar belangrijke redenen voor zijn. Er is in Groningen geen enkele woning ingestort en daardoor niemand overleden. Een verhoogde kans op instortende huizen met fatale ongelukken heeft zich nóóit in Groningen voorgedaan, dus in de formele zin is de veiligheid van de bevolking in Groningen nooit in gevaar geweest. Ook heeft de aardbevingsschade de waarde van het woningbezit aangetast, wat in onzekerheid voor de toekomst van de bewoners resulteerde. De hele hoge Mmax-waarden voor de 'binnenkort te verwachten aardbevingsterktes' veroorzaakten waarschijnlijk angstgevoelens onder de bevolking. Dat wil zeggen, niet zozeer dat er een grote klap zou komen, maar meer over mogelijke vervolgschade. Misleidende voorlichting resulteerde in veel stress onder de bevolking en heel veel extra kosten. De stress werd verder verergerd door de slechte schadeafhandeling door de NAM en later enigszins door de NCG en IMG die grotendeels volgens het NAM-beoordelingssysteem werkte.

Hoe men aan de Mmax of de PGA kwam werd nooit behoorlijk uitgelegd. Nu in 2025 het Groningse veld al dicht is, worden de aardbevingen over het algemeen alleen kleiner en komen minder frequent voor.

¹⁴ Downloaden van website <https://www.nienhuys.info/Aardbevingen-in-Groningen/> De hoofdstukken samen met de basisregels voor seismisch resistent bouwen zijn een basisopleiding op middelbaar schoolniveau, of voor mensen met een middelbare schoolopleiding redelijk te volgen van wat er met een gebouw kan gebeuren tijdens aardbevingen, en hoe het gebouw seismische te verstevigen.

¹⁵ Het zou relevant zijn als deze informatie ook vrijelijk beschikbaar komt aan alle burgers zodat zij toegang tot gedetailleerde bouwkundige tekeningen hebben (per gebouwen typologie) om zelf versterkingsmaatregelen te kunnen nemen. Het Burgerboek is vrij beschikbaar, maar het zijn geen bouwkundig gedetailleerde tekeningen; het gaat om de uitleg van de bouwkundige principes.



Figuur 2. Ontwikkeling van de PGA over de jaren.

Begin 2015 werd de PGA_h 0,42g als toekomstige PGA_h in de NPR geponeerd, maar er werd niet bij verteld dat dit sloeg op een gebeurtenis die 2% kans had om eenmaal per 50 jaar op te treden, omgerekend een kans van 1/ 2475 per jaar.¹⁶ De vermeldingen in de NPR blijven voor de leek onduidelijk. De relatie tussen de berekende M_{max} en de resulterend PGA_h werd niet uitgelegd.

De hoge Richterwaarden die de media verspreidden kunnen de angstgevoelens versterkt hebben, maar dat is slechts ten dele debet aan de grote tragedie rond het herstelprogramma in Groningen. Die grote tragedie is uitgebreid aan bod gekomen met de rapporten van de GGD en de RUG (2018)¹⁷ en de Parlementaire Enquête Commissie Aardbevingen Groningen (2022). Echter, noch de RUG-wetenschappers, noch de leden van de PECAG hebben aangegeven dat ze consequenties begrepen van de effecten van de te hoge M_{max} prognoses (en verkeerde, extreem hoge PGA_h in de NPR) en de ernstige verstoring en vertragingen die deze veroorzaakten in het herstelprogramma.

Omdat de NAM zo weinig mogelijk kosten wilde maken (tientallen miljarden euro's in het geval de 2015 M_{max} van de consultants en het KNMI werkelijkheid zou worden), werd de (foute) beoordeling van de aardbevingsschade aangepast en volgden eindeloze arbitrageprocedures die onnodig vele miljarden euro's hebben gekost aan inspecteurs, juristen, sloop en nieuwbouw. Omdat het voor de burgers een ongelijke strijd was tegen de NAM, het CVW, de NCG en de IMG¹⁸ (en in 2025 nog steeds is) om hun recht op gebouwherstel of versterking te krijgen, zijn tienduizenden Groningers zwaar benadeeld. Eind mei 2022 zijn er nog 20.000 Groningers met financiële onzekerheden door de schade.

¹⁶ Dit betekent dat er elk jaar een theoretische kans is van 1/2475 dat er dat jaar een dergelijke beving voorkomt. Om S. J. Bourne weer aan te halen. Dat gaat dus nooit gebeuren. De zogenaamde onmogelijke aardbeving. De media namen dit over als de sterkste aardbeving die mogelijk wél ging voorkomen.

¹⁷ Dr. Katherine Stroebe et al. Eindrapport Gronings Perspectief fase 2. Stand van zaken. Februari 2021 <https://www.groningsperspectief.nl/eindrapport-gronings-perspectief-fase2/> en bijlagen.

¹⁸ Op 6 oktober 2020 zijn er door het IMG 1 miljoen schademeldingen geregistreerd