

INTRODUCTIE van de dissertatie van dr. ing. Sjoerd Nienhuys:

"De noodzaak van een acceptabele PGA-waarde in plaats van een extreem hoge Mmax of Richter-waarde¹ bij de geïnduceerde aardbevingen in Groningen.

Bouwkundig ing. Sjoerd Nienhuys heeft in 1975 de seismische code voor Ecuador ontwikkeld en heeft ruim 25 jaar lang gewerkt in aardbevingsgebieden in Zuid-Amerika en Zuidoost-Azië. Gedurende 2013/15 was hij betrokken bij het ontwikkelen van MBO-trainingsmateriaal in Groningen. Vanaf 2020 heeft hij gewerkt aan het te boek stellen van zijn kennis en inzicht over de effecten van lichte aardbevingen op de typische Groningse en Nederlandse baksteen woningbouw. In mei 2021 kwam het bouwkundige 'burgerboek' klaar met 450 pagina's: "**Duurzaam Herstel en Versterking van Woningen in Groningen**", ook verspreid onder medewerkers van de NCG. Omdat hierin hoofdzakelijk de bouwkundige aspecten werden behandeld, werd er vervolgens een dissertatie geschreven met een analyse van de aanpak van de berekeningen en gebouwherstel bij geïnduceerde aardbevingen. Het resultaat was het TU Delft proefschrift met de titel zoals op de afbeelding hiernaast.



De titel kan ook op een andere manier worden samengevat:

Het is onjuist om na de lichte geïnduceerde aardschok (Huizinge 2012), op basis van onvoldoende gegevens en speculatieve aannames, zware toekomstige (onmogelijke) geïnduceerde aardbevingen te voorspellen en daar dan een nieuwbouwnorm op te bepalen. Het is ook onlogisch om tegelijkertijd slechts scheuren cosmetisch weg te werken (NAM, IMG) alsof er géén zwaardere bevingen komen.

Of weer anders gezegd².

Het is onjuist om theoretisch met speculatieve aannames een extra zware (onmogelijke) aardbeving te berekenen en daar een nieuwbouwnorm op te bepalen (de NPR 9998:2015, met risicofactor 10^{-5}) en die te verplichten als rekenwaarde (door de NCG). Dat staat gelijk aan het normaliseren van het laten exploderen van een zware bom onder woningen en de daaruit resulterende gebouwschade, gewonden en overledenen te waarderen als normale bouwongevallen.

VOORWOORD

Na de aardbeving van 16 augustus 2012 bij Huizinge wilde de NAM weten wat er met het huidige gasexploitatiebeleid nog te verwachten was aan aardbevingen.ⁱ Onder andere werd de internationale consultant Arupⁱⁱ aangesteld die volgens bestaande risicoregels (*Seismic Hazard*) een planning maakte,

¹ Het bouwkundeboek staat op www.nienhuys.info. De dissertatie op <http://repository.tudelft.nl>

²De berekeningen: De magnitude of de energie van de 2012 Huizingebeving met Richter 3,6 was ongeveer 4 ton TNT. Eén magnitude zwaarder (Richter 4,6) betekent 32X de hoeveelheid vrijkomende energie = 120 ton TNT. Het effect aan het oppervlak is een 10x zo sterke aardbeving. Richter 5,6 is dan een 100 x zo sterke beving met een vrijkomende energie van 3.840 ton TNT. De theoretisch speculatieve berekeningen van een (onmogelijke) bevingen van Richter 5,6 tot zelfs Richter 6 (zoals werd gedaan) betekend dat men ervan uitging dat de NAM een beving zou genereren met de kracht van een Hiroshima atoombom (15.000 ton TNT).

waarbinnen de ‘retrofitting’ of seismische versterking van 100.000 van de ongeveer 350.000 gebouwen werd voorgesteld. Na de mededelingen van de NAM en het KNMI over mogelijke, toekomstig onvoorstelbaar zware/grote aardbevingen, ontstond er grote beroering onder de Groningse bevolking. Onderzoekers van de GGD en de RUGⁱⁱⁱ vermeldden dat er minstens 10.000 Groningers angstgevoelens en stress hadden ontwikkeld vanwege de ontstane situatie, onder andere door de slechte schadeprocedures.

De consultants van de NAM hadden in 2013 speculatieve theoretische berekeningen gemaakt van mogelijke bevingssterkten op de basis van de toen beperkte kennis van de diepe ondergrond^{iv en 3} en de indertijd aanvaarde (meest tektonische) rekenmethoden. Niemand van de bèta-wetenschappers die stelde: **“Dat is ontoelaatbaar dat kan niet, dat mag niet”**. Althans dat kwam niet naar buiten.

De verschillende Mmaxen of Richterwaarden die werden uitgerekend, werden (foutief) de basis voor de berekening van de mogelijke Piek Grond Acceleratie (PGA) die daardoor ook **extreem hoog werd**. De PGA in het epicentrum is zowel verticaal (Z) als in twee richtingen horizontaal (X en Y).

De Nationaal Coördinator Groningen (NCG) verplichtte vervolgens om met de nieuwe seismische code NPR 9998:2015 te rekenen met die **extreem hoge PGA-waarden** (volstrekt theoretisch en speculatief). Slechts *base-isolation* of slopen en nieuwbouw bleven een optie om gebouwen te beschermen tegen die hele zware aardbevingen. Het betrof in 2016 ruim 27.000 woningen. Ondertussen was de NAM betrokken bij de herstelkosten, maar met foute aannames en strategieën. Steeds nieuwe regels om aan de herstelkosten te ontkomen, resulteerde in lange procedures, stress, ontkennen, tegenwerken, bagatelliseren en weggijken en verkeerd beoordelen door de NAM/CVV schadeopnemers.

Het herstel- en versterkingsproces van de woningen kwam na 2015 zeer langzaam van de grond. Dat resulteerde in toenemende stress onder de bevolking en uiteindelijk in 2021 in een Parlementaire Enquête Commissie Aardgaswinning Groningen (PECAG). De politieke en financiële situatie van het versterkingsprogramma en de sociale onrust daarover staan uitvoerig beschreven in het eindrapport van de PECAG op hun website.^v

Wat het KNMI, het NEN met de NPR-commissie, de NCG, de ingenieurs en de politici of de RUG onderzoekers niet in de gaten hadden was, dat de theoretische prognosewaarden en de daarvan afgeleide hele zware PGA-waarden volstrekt speculatief waren (e.g. onzin). De schade die door zulke zware aardbevingen zou ontstaan zou enorme kosten voor de NAM/Overheid veroorzaken. De hierdoor ontstane terughoudendheid van de NAM om echt ruimhartig te versterken, de NCG-berekeningen voor 27.000 woningen sloop en nieuwbouw, en de toenemende angstgevoelens en stress onder de bevolking waren het resultaat van **verkeerde, misleidende informatie en daaraan gekoppeld verkeerde maatregelen**. In de dissertatie wordt in het kort weergegeven wat er precies aan de hand was en wat er wél had moeten gebeuren.

TIJDLIJN AARDBEVINGEN GRONINGEN (rood is basis van de probleemontwikkeling)

1943. Eerste olieveld⁴ ontdekt bij Schoonebeek.

³ 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 geassocieerd moesten worden en niets te maken hadden met de gaswinning van onder het Zechstein.

⁴ Een immer groeiende wereldbevolking, daaraan gekoppeld meer industriële ontwikkeling, meer vraag naar comfort (verwarming) en welvaart (bouw, verkeer, spullen) veroorzaken een sterke vraag naar (goedkope) fossiele brandstoffen. Dat leidt ook tot CO₂-uitstoot en klimaatopwarming.

- 1947.** Oprichting NAM (combinatie Shell en Esso). **Bedrijfsmodel gebaseerd op winst voor de aandeelhouders.**⁵ De Nederlandse overheid had een heel groot belang.
- 1959 tot 1963.** Van ontdekking tot eerste exploitatie aardgas en aanleg van het landelijke gasdistributienetwerk.
- 1986.** Eerste aardbeving bij Assen, aardgasveld Eleveld. **NAM ontkent dat de oorzaak de gaswinning is.**
- Tot 1990.** Twintig jaar elastische compactie van Rotliegend zandsteen met lichte trillingen. Vanaf **1990** meer NAM-onderzoek naar gedraging diepe ondergrond en plaatsing van meer trillingsmeters.
- 2006.** Aardbeving Richter 3,5 Westeremden, $PGA_{\text{verticaal}} 0,06g$. **NAM ontkent nog steeds (mogelijk tegen beter weten in) dat de oorzaak de gaswinning is, maar onderzocht het al jaren.**
- 2007.** NAM bepaalt de M_{max} sterkte aardbevingen. ($M_{\text{max}} 4,1 = 4 \times$ sterkte Richter 3,5).
- 2008.** Beving Loppersum Richter 3,2, half zo sterk als de Westeremdenbeving van 2006.
- 2009.** Aardbeving in Zeerijp Richter 3,0. Oprichting GBB. **NAM doet vooral cosmetisch herstel. Dit is principieel een verkeerde maatregel als je tegelijkertijd voorspelt dat er zwaardere bevingen komen!!**
- 2012.** Dubbele beving te Huizinge. Richter 3,6 met $PGA_v 0,085g$ en $PGA_h 0,05g$. NAM erkent relatie gaswinning en nivelleert, **maar voert ook de gasproductie voor seizoen 2012/2013 op!!!**
- 2013.** NAM geeft opdracht **herberekening van M_{max}** . Arup maakt plan voor seismisch versterken op basis van $PGA 0,55g (=10x \text{ de } PGA_{\text{horizontaal}} \text{ Huizingebeving} ??)$. NAM stelt ruimhartige beoordeling schade met A-B-C regeling, **maar introduceert daarna steeds meer beperkende voorwaarden.** SodM adviseert EZ om gaswinning sterk te reduceren. EZ instrueert NAM tot sterke vermindering productie. Opleiding bij de RUG voor de berekening van gebouwen op seismische belasting volgens de Eurocode 8.
- 2014.** Rapport: ‘*Vertrouwen op Herstel en Herstel van Vertrouwen.*’ (Toegezegd € 1.182 miljoen = weinig). Vertalen en “verbeteren” Eurocode 8 naar NPR 9998:2015.nl met eerste kaartje met $PGA_{\text{horizontaal}} 0,42g$. (Dat is 8x de $PGA_{\text{horizontaal}}$ van de Huizingebeving??!!). Opname van schade aan woningen en begin verwijderen van hoogrisico-elementen. Testen van zeer zware/dure methoden van versterken. Plan en uitvoering voor toepassing van *base-isolation* bij verschillende monumenten.
- 2015.** **Herziening van eerste kaartje NPR 9998:2015 naar $PGA_{\text{horizontaal}} 0,36g$.** Oprichting CVW. Aanstelling NCG. **NAM/CVW maakt steeds meer beperkende voorwaarden met als gevolg veel arbitrage en kosten. Voortzetting van slechts cosmetische reparatie!?** Seismisch versterken van Openbare Basis Scholen. Designcompetitie en mogelijkheid van uitvoering testen op bestaande gebouwen.
- 2016.** **NCG verplicht ingenieursbureaus te rekenen met NPR- $PGA 0,36g$ en daarmee worden 27.000 woningen als onveilig beoordeeld??!!** Groeiend onveiligheidsgevoel onder de bevolking en protesten over trage en naar de mening van de slachtoffers verkeerde herstelmaatregelen. **Onbegrip bij de bevolking over het verschil tussen ‘seismische veiligheid’ en veiligheidsgevoel.**
- 2016-2018.** Onderzoeken GGD en Gronings Perspectief. 10.000 inwoners hebben stress en angstgevoelens. **Vermindering van het aantal 27.000 sloop/nieuwbouw woningen.** EZ (Wiebes) wil engineering van woningen stopzetten en relatie bevingen en gasproductie onderzoeken.
- 2017.** Hans Alders stapt in mei op als Nationaal Coördinator Groningen.
- 2018.** Aardbeving Zeerijp, 5,5 jaar na Huizinge, Richter 3,5 $PGA_{\text{verticaal}} 0,11g$ is 25% kleiner dan de 2012 Huizingebeving.
- 2021.** **Ongeveer 75% van alle kosten zijn door moeizame procedures, slechts 25% kosten aan herstel. Daarvan is heel weinig aan seismisch versterken.** Oprichting **aparte** IMG voor schade. NCG doet **seismisch versterken inclusief sloop en nieuwbouw op basis van achterhaalde NPR- PGA -waarden.** De PECAG wordt opgezet. Veel bronnen/putten worden afgesloten. Het Gronings veld gaat naar de waakvlamsituatie.
- 2018-2025.** Vermindering van aantal en de frequentie van schokken en trillingen.
- 2023.** PECAG-verslag onderzoek. Aanvullende onderzoeken door Gronings Perspectief naar de angst- en stressgevoelens onder de bevolking.

⁵ Dit is een gunstig (verdien)model voor industriële ontwikkeling, maar gaat vaak voorbij aan de belangen van de omringende bevolking of de Natuur in de directe omgeving (uitstoot, schade). Het commerciële doel van de gaswinning bleek door de bevingen en schade niet goed verenigbaar met de belangen van de bevolking.

2024. Einde gaswinning uit het Groningse veld. Publieke weerstand over gaswinning uit de kleine velden en het Waddengebied. **Een politieke partij wil het Groningse gasveld weer openen en verder exploiteren.**
2025. November aardbeving Zeerijp Richter 3,5. Deze is 25% zwakker dan de Richter 3,6 van Huizinge met $PGA_{\text{verticaal}} 0,08g$. De $PGA_{\text{horizontaal}}$ is $0,05g$. Weer onrust over mogelijke bevingen in de toekomst.^{6 En vi}

SAMENVATTING

In Groningen wordt al sinds 1965 aardgas gewonnen.^{7 en vii} 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 die hoge gasdruk. Als de gasdruk in het zandsteen daalt begint dat te verkrummen en in te zakken. Langs de vele breuklijnen ontstaan trillingen en schokken (hypocentrum) en aan het oppervlak (epicentrum) ontstaan dan verticale en horizontale schokken in drie richtingen. De horizontale componenten zijn belangrijk (er staat maar één PGA in de NPR)⁸, want huizen zijn vooral erop gebouwd om de verticale belasting te weerstaan. Horizontaal hoofdzakelijk tegen windbelasting die meestal kleiner is dan de seismische belasting. Boven het zandsteen bevindt zich een bijna één kilometer dikke zoutlaag (Zechstein) die het snelle inzakken iets voorkomt en dempt.

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

Het Mmax/Richter rekenmodel dat gehanteerd werd, was vooral gebaseerd op tektonische aardbevingen. 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 tientallen kilometers diep in de aarde. Dit type aardbevingen komt niet voor in Groningen. In 2013 werd een verwachte PGA-waarde $0,42g$ berekend die **achtmaal zo groot was als de horizontale PGA** bij de Huizingebeving ($0,05g$) en **vijfmaal zo groot als de verticale PGA** ($0,085g$) van Huizinge. Daar reageerde bijna niemand op, men nam het aan als vaststaand feit.

Die waarde kwam in het kaartje van de eerste NPR 9998:2015⁹ als de horizontale PGA (fout). De civiel ingenieurs begonnen met deze cijfers te rekenen. Veel van de betrokken ingenieurs en wetenschappers hadden zich kunnen realiseren dat die hele hoge PGA inhield dat ongeveer 100.000 huizen in de provincie Groningen gedeeltelijk of geheel zouden instorten, met vele **tientallen of honderden doden**

⁶ Bij deze beving werd vlak naast het epicentrum ten gevolge van de uitstraling een hele hoge ($PGA_h 0,2$) en zeer korte ($0,02$ seconden) beving gemeten, maar vanwege de korte duur en horizontale verplaatsing heeft deze minimale invloed op de bebouwing en telt deze nauwelijks mee in het gemiddelde van alle metingen.

⁷ In het zeer goed gedocumenteerde boek van Sam Gerrits wordt de geschiedenis van de gaswinning verhaald en de actie om de waarheid boven tafel te krijgen. De oliebedrijven ontkenden stevast de relatie met de schade.

⁸ De berekende speculatieve Mmaxen waren extreem hoog berekend met extra onzekerheidsmarges. De dissertatie betoogt dat je die PGA niet moet afleiden van de Mmax. Die NPR-PGA werd daardoor ook extreem hoog berekend op basis van bekende tektonische rekenprincipes. De NPR heeft zelf ook weer onzekerheidsmarges. Er werd geen onderscheid gemaakt tussen de verticale en horizontale PGA en was daardoor automatisch de horizontale. Het probleem in Groningen was niet nieuwbouw maar versterking.

⁹ De berekening is op basis van het Monte-Carlo model en PSHA, maar de dissertatie gaat er over dat die PGA helemaal niet over die maximale, theoretische, onmogelijke aardbeving moet worden berekend.

als gevolg. Sommige Groningers met gescheurde woningen vreesden mogelijk voor instortingen bij verdere bevingen. De ingenieurs werden betaald om te rekenen, ze keken niet verder, ze misten hun maatschappelijke antenne. De opdracht van de NAM met de financiële **omzet ging boven alles.**

In een latere internationale Mmax Workshop op Schiphol^{ix} (NAM, juni 2016) werden nog **heel veel zwaardere** speculatieve prognoses gemaakt op basis van het mogelijk tektonisch activeren van diepere aardlagen (Richter 6,5 = ongeveer 1000 maal de sterkte van de Huizingebeving).

De berekeningen waren op basis van **onvoldoende gegevens, geëxtrapoleerd** en bovendien 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 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.^x De NCG bleef de NPR 9998: 2015 tot met 2018 verplichten.

Het berekende resultaat (PGA_h 0,42g) was **achtmaal hoger** dan de gemeten sterkte van de Huizingebeving (PGA_h 0,05g) die in bijna ontoelaatbare schade resulteerde.¹⁰ Dit is vergelijkbaar met een 'voorspelling' dat auto's in een woonwijk (max. 30 km/uur) zich met een snelheid van 240 km/uur voortbewegen (ook 8X sneller dan toegelaten is).

Iemand die dergelijke 'voorspellingen' over het verkeer doet, zou niet serieus genomen worden, maar dat gebeurde wel met de nieuwe 2013 berekeningen van de Mmax.

Behalve aardbevingen veroorzaakte de aardgaswinning ook 30 jaar lang bodemdalingen, en daarmee een relatieve verhoging in de grondwaterstand. Dat heeft invloed op de fundamente van woningen. Gebouwherstel zou zó moeten gebeuren dat toekomstige (iets zwaardere) bevingen geen schade meer veroorzaken. **Dat is allemaal niet gebeurd.** De NAM probeerde eerst om de ontstane schade te ontkennen en daarna om uitsluitingen te stellen. Schade aan de fundamente van woningen werd niet eens bekeken, terwijl die al voor 30 jaar trillingen hadden ondergaan. 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 (procedures = 75% van de kosten).

Na 2017 werden de Richter en PGA 'voorspellingen' iets 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 woningen als *total loss* beschouwd, omdat ze niet bestand zouden zijn tegen toekomstige extreme bevingen. Een jaar later werden dezelfde type woningen alleen wat gerepareerd, omdat bij de te verwachten minder sterke bevingen het huis zou blijven staan, **maar dan zwaar beschadigd.** Het concept van aardbevingsresistent werd niet uitgelegd, de bevolking dacht dat het 'geen schade' betekende: In werkelijkheid werd er bedoeld: net-niet-ingestort maar wel economisch *total loss*.

Andere punten die verkeerd gingen.

- De Richter en PGA-berekeningen die door de speciale commissies (NEN, NPR) werden overgenomen. De NPR en de commissie Meijdam die een **verkeerde risiconorm** gebruikten.
- De media publiceerden regelmatig berichten over zware tektonische aardbevingen elders in de wereld van dezelfde magnitude als de prognose Richter voor Groningen. Dat kon leiden tot

¹⁰ 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 tot 3 seconden) bij het epicentrum manifesteren. De harde Zechsteinlaag geeft de trillingen bijna direct door. In Groningen heeft de bovenste 200 m aan de bovenste zachtere grondlagen ook een invloed op de versterking van de PGA.

angstgevoelens bij Groningers die al scheuren in hun woning hadden, over wat hen nog binnenkort te wachten stond.^{xi}

- De geologische aspecten van de boven het zandsteen liggende dikke taaie Zechstein, de gasdichte zoutsteenlaag, werd onvoldoende meegenomen in de berekeningen.

Een belangrijke conclusie is dat theoretische wetenschappers of mijnbouwbedrijven de door hen berekende Mmax of Richterwaarden **niet** hadden mogen verspreiden als publieke informatie. Deze 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. Er zijn sinds 2012 wel acht momenten geweest waarbij de NAM en de NPR 9998-commissie tot het inzicht hadden kunnen komen om de Mmax niét te publiceren of de PGA berekenen.

1. De opdracht van de NAM om de zwaarst mogelijke beving te berekenen.
2. De rekenresultaten van de KNMI die teruggekoppeld werden naar de NAM en diens consultants.
3. De beoordeling van de KNMI-rekenresultaten door het 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.
6. De NPR commissie van de NEN die het KNMI PGA-kaartje aannamen als mogelijk voorkomend.
7. De NAM consultants die prototype versterkingen gingen bouwen op de hele hoge NPR-basis.
8. De NCG die de engineers verplichtte om met de NPR (kaartje) te gaan rekenen.

De ingenieurs van de NPR 9998-commissie en het NCG (die de rekenplicht invoerde) hadden ook zelf kunnen bedenken dat een PGA 0,36g (tweede NPR-versie 2015) tot gedeeltelijk of volledige instorting van vele oude bakstenen woningen in Groningen het gevolg zou hebben en daarmee **tientallen tot honderden doden en juridisch totaal ontoelaatbaar** was. De ingenieurs dachten blijkbaar niet na over de technische consequenties of de maatschappelijke impact van hun berekeningen.

Een eis voor goed ingenieurs-schap is dat er bouw- en versterkingsnormen gesteld worden, zoals de NPR 9998, met **realistische waarden**. Bij geïnduceerde aardbevingen voorzien van de **horizontale en verticale PGA**, en de mate van de **horizontale verplaatsing**.

Onder deze omstandigheden is het verstandig dat de **mijnbouwwet**, die ter beoordeling bij de Tweede Kamer ligt, **wordt aangepast** zodat deze niet door op winst gebaseerde bedrijven wordt gestuurd.

ⁱ SodM. Rapport aan de Tweede Kamer, Reassessment of the probability of higher magnitude earthquakes in the Groningen gas field, 16 January 2013.

ⁱⁱ Arup. (2013). Groningen 2013, Seismic Risk Study - Earthquake Scenario-Based Risk Assessment.

ⁱⁱⁱ Gronings perspectief (Stroebe et al) 2019. en Eindrapport Gronings Perspectief fase 2. Februari 2021.

^{iv} BRG. Bundes Anstalt für Geowissenschaften und Rohstoffe, Geozentrum Hannover den 24-11-2006.

^v Tom van der Lee et al. 24 februari 2023. Rapport parlementaire enquêtecommissie aardgaswinning Groningen. Vijf delen, 2000+ pagina's.

^{vi} Special report aardbeving Zeerijp, 14 november door Jan van Elk, NAM.

^{vii} Sam Gerrits, Boek: 'De Aarde en het Gas'. Uitgever Passage Groningen 2022, Sint Jansstraat 15, 9712 LM Groningen ISBN 97890 5452 394.

^{viii} Al 26 jaar aardschokken in noorden van Nederland. 8 februari 2013.

^{ix} Mmax II Workshop", on constraining the maximum earthquake magnitude in the Groningen field.

^x TNO-rapport 2013 R11953. Toetsing bodemdalingsprognoses en seismic hazards... 23 december 2013

^{xi} NWO, DeepNL. An integrated research programme to understand subsurface dynamics caused by human activities. Annual report I – 2018.
