



Aan: de vaste commissie voor Economische Zaken van de Tweede Kamer

Onderwerp: bijdrage van Peter van der Gaag (onafhankelijk geoloog) aan het rondetafelgesprek op 18 januari 2016 over het Gaswinningsbesluit.

Veel vragen over aardbevingen in Groningen zijn beantwoord. Er resten echter nog vragen van onafhankelijke geologen die geen aandacht kregen. Ik doe hier enige suggesties met betrekking tot de PGA-contourkaarten en typisch Groningse parameters. Naar mijn mening wordt in Nederland onterecht alleen naar de horizontale piek grondversnelling gekeken en niet naar de verticale. Er wordt ook geen rekening gehouden met verschillen in samenstelling van de ondiepe ondergrond (tot enige meters). Met name de effecten in knipklei worden genegeerd. Geomorfologie, bijvoorbeeld bij oevers van kanalen en tilt tijdens aardbevingen worden eveneens niet meegenomen. Het gevolg hiervan is dat kans op schade niet correct wordt weergegeven met de gebruikte PGA contourkaart, slechts gebaseerd op gemiddelde horizontale PGA's en dat prioriteiten voor versteviging niet juist worden gesteld.

Wat is PGA?

PGA is een afkorting voor Peak Ground Acceleration, in het Nederlands de piek grondversnelling. Er zijn inmiddels steeds meer mensen die precies willen weten hoe het zit, wat het nut is van PGA-kaarten en waarom contourlijnen zo van elkaar afwijken. Zelf houd ik mij al 25 jaar bezig met aardbevingenonderzoek en steeds weer verbaas ik mij over verwarring die wordt gesticht. Nu ook weer over PGA. Dat is de maximale versnelling die de grond ondergaat bij een aardbeving. X, Y en Z-as geven de richtingen aan van die versnellingen. X en Y doen dat in de horizontale richtingen, op die manier wordt het heen en weer schudden bij een aardbeving weergegeven. De Z-as geeft de versnelling aan in de verticale richting, het op en neer bewegen in verticale richting, tegen de zwaartekracht in of met de zwaartekracht mee. Inderdaad geeft de waarde van de PGA een idee over de mate van schade bij een aardbeving. Maar dan is het natuurlijk wel zinvol af te spreken over welke PGA we het hebben en dezelfde definitie te gebruiken.

KNMI schrijft in het verslag over Huizinge (2012) dat er twee definities van PGA zijn: de maximale horizontale PGA en het gemiddelde van de twee horizontale PGA's. Waarom wordt er vooral uitgegaan van horizontale PGA's en niet van verticale? Volgens Wikipedia: over het algemeen zijn de horizontale componenten van de PGA een stuk groter dan de verticale component. Alleen bij zeer zware aardbevingen kunnen verticale PGA groter zijn dan de horizontale PGA's.

Lijkt het op het eerste gezicht dus logisch om uit te gaan van de horizontale PGA's, hoe dan ook zou men bij het maken van PGA-contourkaarten op zijn minst uit moeten gaan van de maximale horizontale PGA. Op een vraag werd door het KNMI bevestigd dat zij bij het samenstellen van de KNMI PGA-kaart het gemiddelde heeft genomen van de twee horizontale PGA's (7 januari 2016).

Buitenlands onderzoek: het belang van verticale PGA

Nu is er steeds meer wetenschappelijk onderzoek in aardbevingslanden, dat vooral doelt op het grote belang van de verticale piek grondversnelling. Dat gebeurt bijvoorbeeld in Japan, de Verenigde Staten, Nieuw Zeeland, Japan en China. Er blijken namelijk aardbevingen te zijn waarbij de verticale PGA (veel) groter is dan de horizontale. Er worden cijfers genoemd waarbij de verticale PGA tot 2 maal groter was. Verschillende onderzoekers wijzen op het belang van het meenemen van de verticale

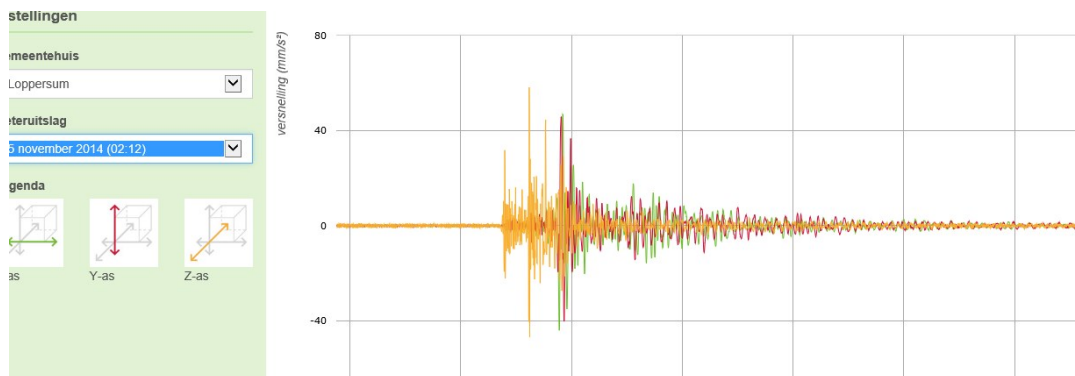
PGA bij het stellen van normen voor gebouwen en aardbeving bestendig maken. Er zijn structuren en gebouwen die gevoelig zijn voor verticale piekgrondversnellingen.

Kijken we nu naar de Nederlandse situatie. Bij de tot nu toe sterkste beving kunnen we de dichtstbij zijnde accelerometers (versnellingsmeters) nemen, die van Middelstum en die van Westeremden (resp. 2 en 2,6 km van het epicentrum).

Bij station Middelstum was de PGA (x) 85 cm/s², PGA (y) 30.0 cm/s² en PGA (z=verticaal) 45.2 cm/s². Bij station Westeremden zien we dat de PGA verticaal op 1 na de grootste PGA is van alle gemeten PGA's bij de beving van Huizinge, nl. 75 cm/s². De verticale PGA was daar niet alleen groter dan de gemiddelde horizontale PGA (meer dan 1,5 keer) maar zelfs groter dan de maximale horizontale (75 om 51). Overigens, en dat wekt zelfs verbazing, was ook op 9.6 km van het epicentrum de verticale PGA groter dan de twee horizontale piekversnellingen. Voor mij is het relevant te weten of deze data in het rapport (NPR9998) zijn meegenomen.

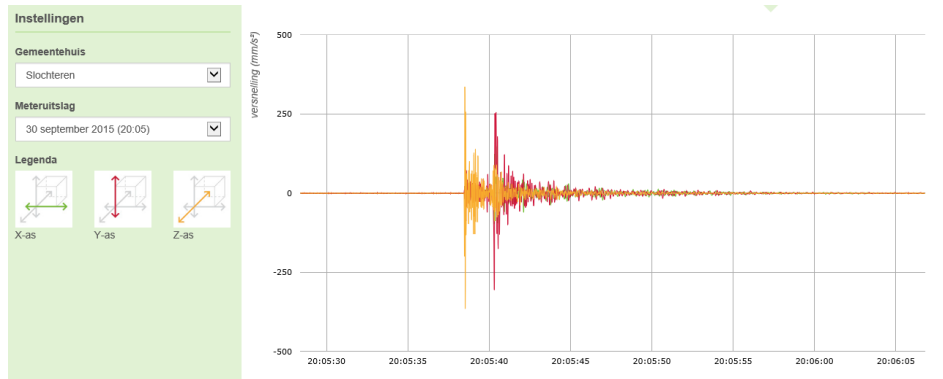
Overigens is het goed te weten dat de verticale PGA samenvalt met de P-golven, de golven die het eerst aankomen bij een aardbeving. De horizontale PGA's zijn dan weer het sterkst bij de S-golven die net iets later aankomen omdat deze golven langzamer zijn. In wereldwijd onderzoek komt steeds duidelijker naar voren, dat de verticale PGA en de horizontale PGA niet over een kam geschoren kunnen worden. Er zit niet alleen een tijdsperiode tussen het binnenkomen van een P-golf met hoge verticale PGA en een S-golf met horizontale PGA, maar ook zijn de frequenties verschillend. De P-golf laat de hoogste frequenties zien. Nu weten we dan weer dat het ene gebouw anders op een bepaalde frequentie reageert dan het andere gebouw.

Een gebouw kan daarom bij een aardbeving eerst een dreun in opwaartse richting krijgen en daarna horizontaal worden geschud. Bij het zoeken naar Nederlandse voorbeelden nemen we een aardbeving die is geregistreerd door de gebouwensensor in Loppersum op 5 november 2014.



Eerst de hoogfrequente P-golven (bruin – oranje) die een hoge verticale PGA (hoewel misschien beter gezegd verticale peak gebouw versnelling, wel direct gerelateerd aan de PGA) geeft in 3 duidelijke pulsen, daarna de latere S-golven die een duidelijk lagere horizontale PGA tonen. Omdat het verschil tussen snelheid van P en S golven in de zachte Groningse bodem zo groot is, zit er behoorlijk wat tijd tussen de P en S golven. Zelfs het verschil in frequentie is bij nauwkeurig kijken te zien. Nog een

voorbeeld: de laatste aardbeving van >M3, die van Hellum op 30 september 2015.



Ook daar werd weer een verticale versnelling (oranje-bruin) gemeten, die ongeveer 1,2 keer zo sterk is dan de maximale van de twee horizontale versnellingen en veel sterker dan het gemiddelde. Ook hier weer een tijdsverschil. De vraag werpt zich op of alle commissies en rapportenschrijvers bekend is met het gegeven dat de huidige PGA-kaarten gebaseerd zijn op het gemiddelde van de twee horizontale PGA's. In het bovenstaande plaatje is de verticale versnelling al $37,5 \text{ cm/sec}^2$ (in g : $\text{PGA} = 0,035$)

Relevantie samenstelling ondiepe ondergrond

Ik ben het eens met de aanbeveling van het SODM dat het verschil in samenstelling van de ondiepe ondergrond betrokken moet worden bij het samenstellen van PGA-kaarten. In Groningen is er bijvoorbeeld de knipklei waarin huizen op staal zijn gefundeerd. Knipklei kan druk opbouwen, die ontladen kan worden bijvoorbeeld bij een aardbeving. Eigenschappen van de knipklei zijn droog en hard als beton in de zomer, en nat en plastisch met een groter volume (en drukopbouw) in de winter. Noordzijldervest schreef in 2011: “Belangrijk kenmerk van de knipklei zijn de sterke krimp- en zweieigenschappen. In de zomer ontstaan bij droogte daardoor snel scheuren in de ondergrond. Met lichte ironie gesproken, vraagt dit om een PGA-kaart voor droge zomers en eentje voor natte winters.

Ook omdat verticale PGA's in zachte sedimenten hoger lijken te zijn is het van belang om lokale geologie te betrekken bij het onderzoek.

Naast de aanbeveling van het SODM herhaal ik een andere aanbeveling, juist in samenhang met de verticale PGA. In *Earthquake Engineer 10th World* stellen de auteurs: “The analysis conducted showed that the upper section of the river's bank may lose its stability under condition of ground vibration with higher vertical component”. Dat wil zoveel zeggen als dat de eerste paar meters van een rivieroever kwetsbaar zijn voor verticale PGA's.

Nog specifiek is een onderzoek in Taiwan: “The threshold peak acceleration observed is approximately 70 gal, in vertical direction, and 100 gal in horizontal direction. (70 gal = 70 cm/s^2). Voor de lezers: deze verticale PGA-waarde deed zich voor bij de accelerometer van Westeremden, nl. 75 cm/sec^2 . Nu zijn studies van individuele gevallen natuurlijk erg moeilijk een-op-een te vertalen naar de Nederlandse situaties. Het lijkt in ieder geval duidelijk dat vooral bij kanalen en honderden andere waters die Groningen doorsnijden, verticale PGA's van belang zijn. Bedenk dat er duizenden huizen direct op dergelijke kanaaloevers zijn gebouwd. Drempelwaarden voor de PGA's daar zouden vooral verticale PGA's moeten zijn met inachtneming van onderzoeken zoals die in Taiwan.

Ik heb in 2014 aanbevolen om vooral op oevers accelerometers te plaatsen. Het is tijd om de verschillen in uitslagen van accelerometers dichtbij en veraf van oevers te analyseren en te vergelijken. Kanalen en andere stromen hebben mogelijk ook te lijden van een ander aardbevingsmechanisme. In

2014 heb ik het proces van lateral spreading in Nederland geïntroduceerd. In Nieuw-Zeeland is daar veel onderzoek naar gedaan. Aan weerskanten van de oevers blijkt daar na een aardbeving de deformatie dichtbij het water veel groter dan verder van de oever verwijderd. Omdat de oevers vrij kunnen bewegen naar een kant, heeft dat niet alleen consequenties voor huizen direct aan het water, maar ook voor bruggen. Wanneer de beide oevers naar elkaar toe bewegen krijgen bruggen en pijpleidingen extra te lijden.. Ook hier zijn accelerometers nuttig omdat verwacht mag worden dat op de oevers de horizontale PGA (x-as) loodrecht op de oever (veel) groter zal zijn dan parallel aan de oevers (y-as)

Ook tilt is belangrijk

Tot slot zou ik een laatste opmerking willen maken. Een gerenommeerd aardbevingeninstituut meldde in 2007 naast het feit dat de verticale beweging belangrijk is, ook de tilt bij een aardbeving niet mag worden veronachtzaamd.

Weer letterlijk: “Vertical and rotational components on the other hand are almost always neglected. In reality, peak amplitude of the vertical ground motion can exceed that of the horizontal motion at short periods and near-source distances. Intensity of the rotational components may also be large in the near-field zone” en zelfs: “Compared to vertical component, tilt component of the motion has more translational impact on the response of the system.” Na te lezen via California Geological Survey en <http://home.iitk.ac.in/~vinaykg/Isset485.pdf>

Zelf werk ik al 25 jaar met tiltmeters en ken de uitstekende resultaten die hiermee behaald kunnen worden. Het meten van tilt, het registreren van oppervlaktegolven en het aantonen van de relatie tussen een gebeurtenis(aardbeving) en schade is routine voor een tiltmeter systeem geïnterpreteerd door (onafhankelijke) experts.

Resumerend

In Groningen is de bovengrond gecompliceerd. Knipklei heeft zomers en winters totaal andere eigenschappen. Natte knipklei bouwt druk op. Er staan duizenden huizen gefundeerd op staal in deze knipklei. Wanneer er dan een aardbeving “langskomt” is er eerder kans op schade. Wat denkt de lezer van de stabiliteit van een huis op staal gefundeerd in de knipklei staande op een oever die een hoge verticale PGA voor zijn kiezen krijgt. Een huis dat dit moet ondergaan in Woldendorp, de Marne of Nieuwolda zal meer kans op schade hebben dan menig huis binnen de meest strenge (horizontale) PGA-contour.

Er kan geconcludeerd worden dat er nu een kaart met PGA-contouren is die uitgaat van de statistiek van de gemiddelde horizontale PGA's. Zo niet, dan laat ik mij gaarne overtuigen. Het is in ieder geval aan te bevelen om de verticale PGA mee te nemen. Daarnaast frequenties van verticale en horizontale trillingen en de interactie hiervan op individuele gebouwen. Het is eveneens aan te bevelen om de grondeigenschappen van de bovenste meters mee te nemen. De bovenste meters met knipklei of zelfs knipklei op veen lijken belangrijk voor huizen gefundeerd in deze klei. Het is eveneens aan te bevelen om grondeigenschappen vooral in samenhang te bestuderen met locaties van huizen op oevers en daarbij ook weer de nadruk te leggen op de verticale PGA. Tiltmeter systemen zouden al vele jaren in Nederlandse meetprogramma's kunnen en moeten zijn opgenomen, maar het is nooit te laat om te verbeteren. Aan te bevelen is verder om vooral onafhankelijke experts bekend met de Groningse omstandigheden vragen te laten stellen aan buitenlandse experts.

Peter van der Gaag , Holland Innovation Team Rotterdam 12 januari 2016

P.S : gebruikte referenties zijn beschikbaar