

12
115
248

BOUWEN MET

vakblad over staal en staalconstructies

STAAL



AARDBEVINGSBESTENDIG ONTWERPEN

ISSN 0166-6363.

Uitgever Marco Pauw.

Redactie Paul van Deelen • Henk Orsel • Marco Pauw.

Medewerker Cor van Eldik.

Redactieraad W. Borgstein, Tata Steel • ir. M.F.I. Braem, Croes • M. Derks, Coatinc • ir. Y. van Diermen, Pieters Bouwtechniek • P. ter Haar, Zinfo Benelux • ir. M. Horikx, Hogeschool van Amsterdam • ir. F. Maatje (voorzitter), Bouwen met Staal • ir. K. Oosterman, ZJA • ing. R. Roef, Construsoft • ing. J. Seinen, Rijkswaterstaat • mw. A. van Stiphout, Jack Muller • ing. J.G. Thibaudier MBA, SFN • ir. L.I. Vákár, Movares • ing. F.E. Vasquez, SNS • T.S. Wolvekamp MSc, BAM Infra Consult.

Redactie en administratie Bouwen met Staal • Postbus 190, 2700 AD

Zoetermeer • tel. (079) 3531277 • fax (079) 3531278 • bms@bouwenmetstaal.nl.

Advertenties Archer Media • Postbus 19949 • 2500 CX Den Haag • tel. (070) 2629 100 • rene@archermedia.nl • www.archermedia.nl.

Vormgeving Bane Design, Rotterdam • www.banee-design.nl.

Druk Veldhuis Media, Raalte • www.veldhuismedia.nl.

Vrijwaring Uitgever, redactie en samensteller verklaren dat de inhoud van dit vakblad zorgvuldig en naar beste weten is samengesteld. Zij aanvaarden geen aansprakelijkheid voor schade, van welke aard ook, als gevolg van handelingen en/of beslissingen die zijn gebaseerd op de geboden informatie.

Abonnementen 2016 Binnenland € 65; buitenland € 90; studenten € 20 (via Staalkaarthouder); losse nummers € 20 (prijzen incl. btw).

Annuleren voor 2017 is mogelijk tot 1 december 2016. Een abonnement is ook verkrijgbaar als onderdeel van het lidmaatschap van Bouwen met Staal. Abonnees hebben geen toegang tot de digitale versie(s) en het archief van het vakblad.

Lidmaatschap Bouwen met Staal Het lidmaatschap geeft recht op één of meer abonnementen op het vakblad *Bouwen met Staal* en gratis deelname aan avondsessies. Als (bedrijfs)lid ontvangt u ook korting op studiedagen, excursies en op andere producten en diensten van Bouwen met Staal (zoals publicaties, cursussen, opleidingen en de Nationale Staalbouwdag). Bovendien krijgt elk lid toegang tot de digitale versie(s) van het vakblad (online en als App) en het archief (online) dat per artikel kan worden geraadpleegd via bijvoorbeeld auteur, onderwerp of trefwoord.

Voor meer informatie en aanmelding(en) www.vakbladbouwenmetstaal.nl.

Illustratie cover iStockphoto, copyright juanljones.

Foto p. 5 (Elise van Westenbrugge-Bilardie) Pieter de Swart • www.pieterdeswart.nl.

**bouwen met
staal**

© Bouwen met Staal 2015

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden veelevoudigd, in enigerlei vorm, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de uitgever.



Behalve politiek uiterst gevoelig zijn ontwikkelingen rondom de Groningse aardbevingen ook erg dynamisch. Uit nieuwe KNMI-modellen van het Groningenveld blijkt dat de aardbevingsdreiging lager is dan in 2013 werd aangenomen. De 'relatief hoge inschatting' was gemaakt voor het Winningsplan 2013 en gebaseerd op beperkte meetgegevens. Door uitbreiding van het meet- en monitoringnetwerk zijn nieuwe, meer 'betrouwbare' gegevens beschikbaar gekomen die hebben geleid tot nieuwe inzichten en (mogelijk) nieuwe criteria en scenario's. Volgens de NAM hoeven zelfs nog maar 4500 woningen versterkt. Alle ogen zijn daarom gericht op de aannames en belastinggevallen in de nieuwe NPR.

Vanuit Gronings perspectief liggen de kaarten nog steeds op tafel zoals ze daar al jaren liggen. Groningen wacht al dertig jaar op onafhankelijk onderzoek. Eind jaren tachtig werd aan de mijnbouwfaculteit van de TU Delft nog gepromoveerd op bewijslast waarin het verband tussen bevingen en gaswinning werd gelogenstraft. Dat de 'stakeholders' die sinds de gaswinning een langdurige, innige relatie hebben opgebouwd, ook wel 'het gasgebouw' genoemd (NAM, KNMI, Staatstoezicht op de Mijnen, Rijks Geologische Dienst, TNO en indirect ook het Ministerie van Economische Zaken), nog steeds de eigen data keuren en leveren, is de Groningers een doorn in het oog. Want zijn ze wel onafhankelijk genoeg?

Constructeurs hebben een eigen verantwoordelijkheid in deze. Het gaat per slot van rekening om constructieve veiligheid. Rekenwaarden dienen waardevrij te zijn, vrij van twijfel en discussie, en beproefd. De Technische Commissie Aardbevingsbestendig Ontwerpen van Bouwen met Staal is inmiddels uitgebreid met vier werkgroepen. Die houden zich bezig met versterkingsconcepten voor niet-staalconstructies, analysemethoden en rekenvoorbeelden, (gevolgen voor) infrastructuur en (aardbevingsbestendige) verbindingen. In dit nummer een eerste stand van zaken van een bouwopgave die maar net is begonnen en goed beschouwd begint met een ontwikkelingsachterstand van dertig jaar.

- 4 NIEUWS
- 5 ELISE #4
Prijzdruk en selectiecultuur
- 8 STELREGELS BIJ DYNAMISCH REKENEN
Oorsprong en aard van de Groningse aardbeving
R.H.G. Roijackers en R.J. de Jong
- 12 AANSPRAKELIJKHEID VAN DE MIJNBOWWEXPLOITANT
Over causaliteit en preventie
F.T. Oldenhuis
- 16 AANPAK VERSTERKINGSOPGAVE
Het kader en de prioriteiten
F.T. Ton
- 20 MODELLERING ONDERGROND (1)
Ground response bepaalt impact
D.J. Peters, S. Slob, J. Doeksen, J.D. Adrichem en J. van Es
- 28 MODELLERING ONDERGROND (2)
Invloed zachte deklaag op bodembewegingen
Z. Lubkowski, J.E. Go, M. Vasileiadis en J.C. Paul
- 34 SEISMISCH REKENEN (1)
Rekenmethodes voor aardbevingsberekeningen
R.H.G. Roijackers en R.H.J. Bruins
- 38 SEISMISCH REKENEN (2)
Wat zegt het spectrum?
H.G. Krijgsman en G. Sidwell
- 44 MODELLERING CONSTRUCTIE (1)
Niet-lineaire tijdsdomeinanalyse
R. Sturt, M. Willford, W. Sleddens en J.C. Paul
- 48 MODELLERING CONSTRUCTIE (2)
Eenvoudige maatregelen op Eurocode 8-niveau
A. Karapanou, A. Phillips en J.C. Paul
- 54 PROJECTVOORBEELD (1): HERONTWERP SCHOOLCOMPLEX
Alsnog aardbevingsbestendig
R.H.J. Bruins en P.J. Oudshoorn
- 58 PROJECTVOORBEELD (2): HERONTWERP GEVEL
Beter bevestigen
C. Peterse en H. Pasterkamp
- 60 PROJECTVOORBEELD (3): HERONTWERP WOONCOMPLEX
Base isolation en staal
J.P. van der Windt, H.J. Hoorn en A.J. Koot
- 64 VERSTERKEN EN BOUWKUNDIG DETAILLEREN (1)
Verband aanbrengen
J. Zuidema, E. Duijverman en P.G. Hooijschuur
- 67 VERSTERKEN EN BOUWKUNDIG DETAILLEREN (2)
Schokdemper met anker
B. Olij en A.P. Verhoef
- 68 VERSTERKEN EN BOUWKUNDIG DETAILLEREN (3)
Koolstoflijmwapening
Ö. Türkmen
- 70 VERSTERKEN EN BOUWKUNDIG DETAILLEREN (4)
Systematische procesaanpak
C.A.A. van den Brand, M.J.G. Hermens en F.H. Middelkoop
- 72 VERSTERKEN EN BOUWKUNDIG DETAILLEREN (5)
Een oplossing voor 'complexe gevallen'
R.J.S. Singer
- 74 VERSTERKEN EN BOUWKUNDIG DETAILLEREN (6)
Drieduizend-en-één geval

Oorsprong en aard van de Groningse aardbeving

De zogeheten geïnduceerde aardbevingen in Groningen, veroorzaakt door menselijk handelen, verschillen met natuurlijke tektonische aardbevingen. Impact en aanpak dus ook. De Groningse aardbevingen zijn daarmee een (relatief) nieuw en specifiek fenomeen. Korte inleiding in de theorie, de achtergronden en vuistregels.

ir. R.H.G. Roijackers RO en ir. R.J. de Jong RO

Rudi Roijackers is seismisch expert bij en Roel de Jong is directeur van ABT | Wassenaar Seismisch Advies in Haren.

Op 29 mei 1959 werd door de Nederlandse Aardolie Maatschappij (NAM) in Slochteren het eerste Groningse gas ontdekt. In 1960 werd nabij Delfzijl in dezelfde zandsteenlaag gas aangeboord met gelijke samenstelling en druk als in Slochteren. De conclusie was dat in de provincie Groningen een groot gasveld ligt. Het Groningenveld beslaat een oppervlak van $\pm 900 \text{ km}^2$ op een diepte van 3.000 m en de gashoudende laag is ongeveer 100 m dik.

Geïnduceerde bevingen

Bij gaswinning wordt gas op grote diepte aan de ondergrond onttrokken. Door de winning treedt er over een lange periode bodemdaling op. Het gas bevindt zich echter niet in één reservoir: het gasveld wordt doorsneden door een groot aantal breuklijnen die het veld in stukjes opdelen. De gasdruk kan links en rechts van een breuklijn verschillen. Als dit drukverschil te groot wordt, kan een beving optreden (*afb. 4*).

Bevingen die door menselijk handelen ontstaan, worden geïnduceerde bevingen genoemd. Geïnduceerde bevingen kunnen verschillen van natuurlijke, tektonische bevingen. Dit maakt de bevingen in Groningen specifiek.

Al tientallen jaren worden er aardbevingen in Groningen geregistreerd. De laatste jaren neemt echter zowel het aantal bevingen, als de hevigheid van de bevingen toe (*afb. 6*). Met name de beving in Huizinge in augustus 2012 deed nogal wat stof opwaaien. Deze beving had een magnitude van 3.6 op de schaal van Richter. De geregistreerde schade was echter veel groter dan van een beving van deze magnitude werd verwacht.

De bevingen in Groningen hebben een veel kleinere magnitude dan bevingen in het zuiden van Nederland. Op de seismische kaart van Nederland (*afb. 2*) zijn grote rode stippen te zien in Brabant en Limburg. Dit zijn tektonische bevingen die op grote diepte plaatsvinden met een magnitude tot ongeveer 5 à 6. In Groningen staan hele kleine gele stippen. Deze representeren geïnduceerde bevingen tot een magnitude van 2 à 3. Maar ondanks de kleine magnitude is de schade in Groningen relatief groot. Dat heeft vooral te maken met de diepte waarop de beving ontstaat.

Schaal van Richter

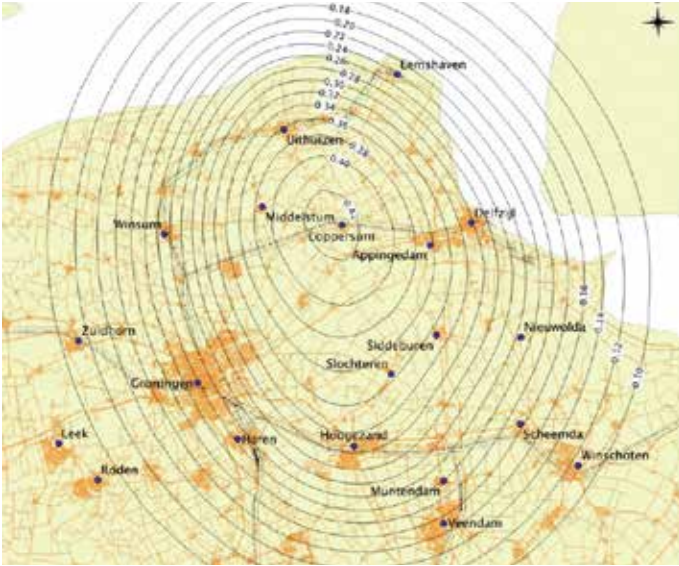
De kracht van een beving wordt uitgedrukt op de bekende schaal van Richter. De schaal van Richter is een getal dat de hoeveelheid energie aangeeft die vrijkomt bij een aardbeving. Des te groter het getal des te meer energie er vrijkomt. In het Groningse geval kan de schaal echter misleidend zijn. Er is een redelijk goed beeld van de hoeveelheid schade die aan gebouwen optreedt bij tektonische aardbevingen, maar bij geïnduceerde (ondiepe) aardbevingen (*afb. 3*) is dit beeld anders. De schade door de geïnduceerde bevingen in Groningen is vaak veel groter dan de schade bij een tektonische beving met een vergelijkbare intensiteit. Wellicht is het probleem van de aardbevingen een tijd lang onderschat door dit fenomeen.

Grootte van de trillingen

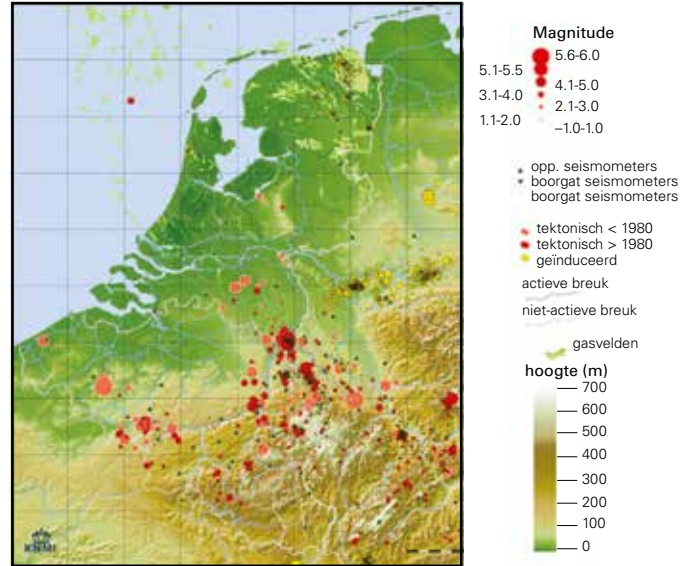
De trillingen aan het aardoppervlak zijn bepalend voor de schade aan gebouwen. Het belangrijkste kenmerk van de trilling is de maximale grondversnelling. Deze wordt aangeduid met de PGA-waarde¹: Peak Ground Acceleration. In *afbeelding 1* wordt getoond welke piekversnelling er ééns in de 475 jaar wordt verwacht. Constructeurs gebruiken deze waarde(n) om de krachten op een gebouw te berekenen. De grootst voorziene waarde in de provincie Groningen bedraagt 0,42g nabij Loppersum. Dat betekent dat de grond statistisch gezien ééns in de 475 jaar met 0,42 maal de zwaartekrachtsversnelling ($9,78 \text{ m/s}^2$) horizontaal beweegt. De PGA-waarde in de stad Groningen varieert van 0,14g tot 0,34g. De piekgrondversnellingen in de provincie Groningen zijn vergelijkbaar met de grondversnellingen in de bekende Europese aardbevingsgebieden van Italië, Griekenland en Turkije (*afb. 5*). Dit komt door de ondiepe ligging van de beving.

Korte duur beving

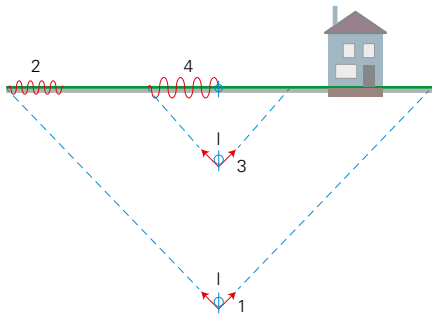
Eerder is waargenomen dat de opgetreden schade relatief groot is in vergelijking met tektonische aardbevingen die eenzelfde grootte op de schaal van Richter hebben. De waargenomen schade is echter minder in vergelijking met internationale voorbeelden van tektonische aardbevingen met eenzelfde piekgrondversnelling. De belangrijkste reden hiervoor is de korte duur van de beving. Al hebben twee bevingen eenzelfde piekgrondversnelling, de duur en het aantal wisselingen van de beweging bepalen ook of en hoeveel schade een gebouw ondervindt. Dan blijkt dat de korte duur van de beving juist gunstig uitvalt in vergelijking met internationaal geregistreerde tektonische bevingen.



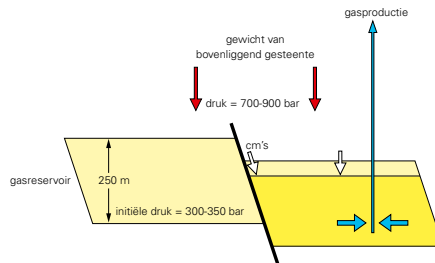
1. Contourplot van de piekgrondversnellingen $a_{g,ref}$ op maaiveldniveau bij een herhalingsijd van 475 jaar (groene versie NPR 9998, februari 2015).



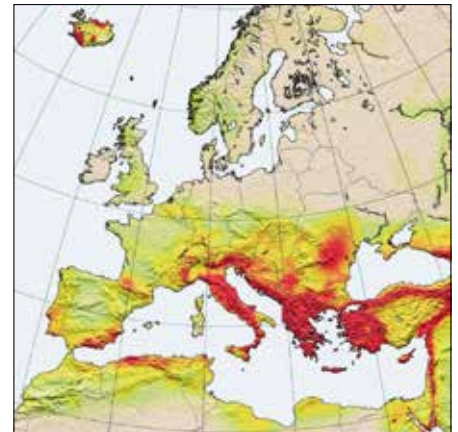
2. KNMI-kaart met tektonische en geïnduceerde bevingen in Nederland.



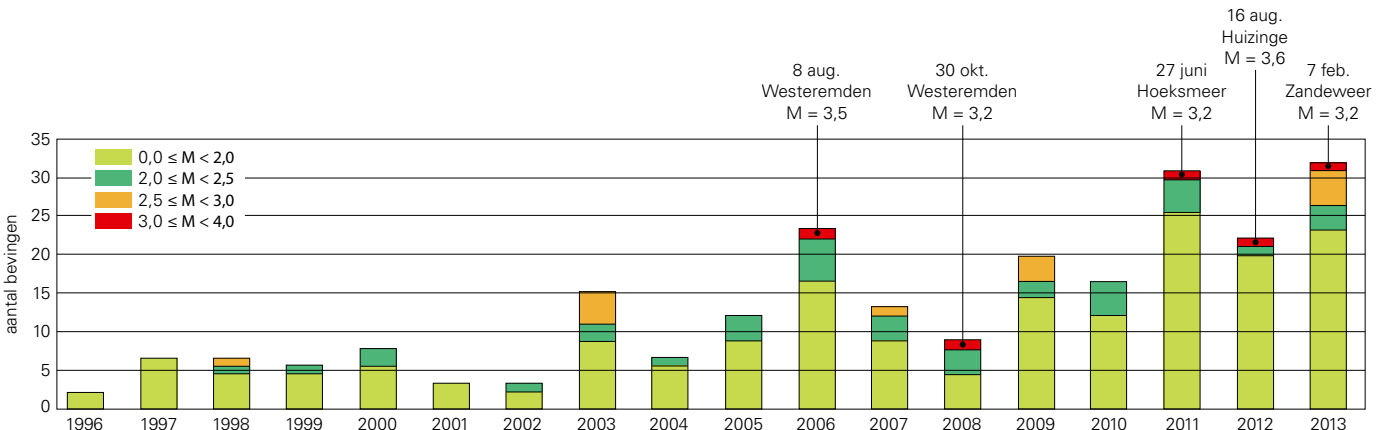
3. Bij (1) is een tektonische aardbeving te zien op grote diepte. De aardbeving heeft een intensiteit I . De aardbeving brengt de ondergrond in beweging en aan het aardoppervlak wordt een trilling waargenomen die schade aan de gebouwen kan geven (2). Vergelijk dit met de ondiepere aardbeving in (3). Als deze dezelfde intensiteit I heeft (er komt evenveel energie vrij), dan zijn de trillingen aan het aardoppervlak veel groter (4). Door de ondiepere ligging komt de energie immers over een kleiner oppervlak vrij. Deze grotere trillingen kunnen veel meer schade geven.



4. Een geïnduceerde beving ontstaat wanneer het drukverschil aan weerszijden van de breuklijn te groot wordt.



5. Contourplot Europa.



6. Overzicht van aardbevingen in Groningen van 1996 tot en met 2013.