



De sleuf over de Peelrandbreuk bij Bakel. Foto: Waterschap Aa en Maas

Een fossiele aardbeving bij de Peelrandbreuk van Bakel

RONALD VAN BALEN^{1,2},
MARCEL BAKKER²,
KEES KASSE¹, JAKOB WALLINGA³,
HESSEL WOOLDERINK¹

¹ AFDELING AARDWETENSCHAPPEN,
VRIJE UNIVERSITEIT AMSTERDAM

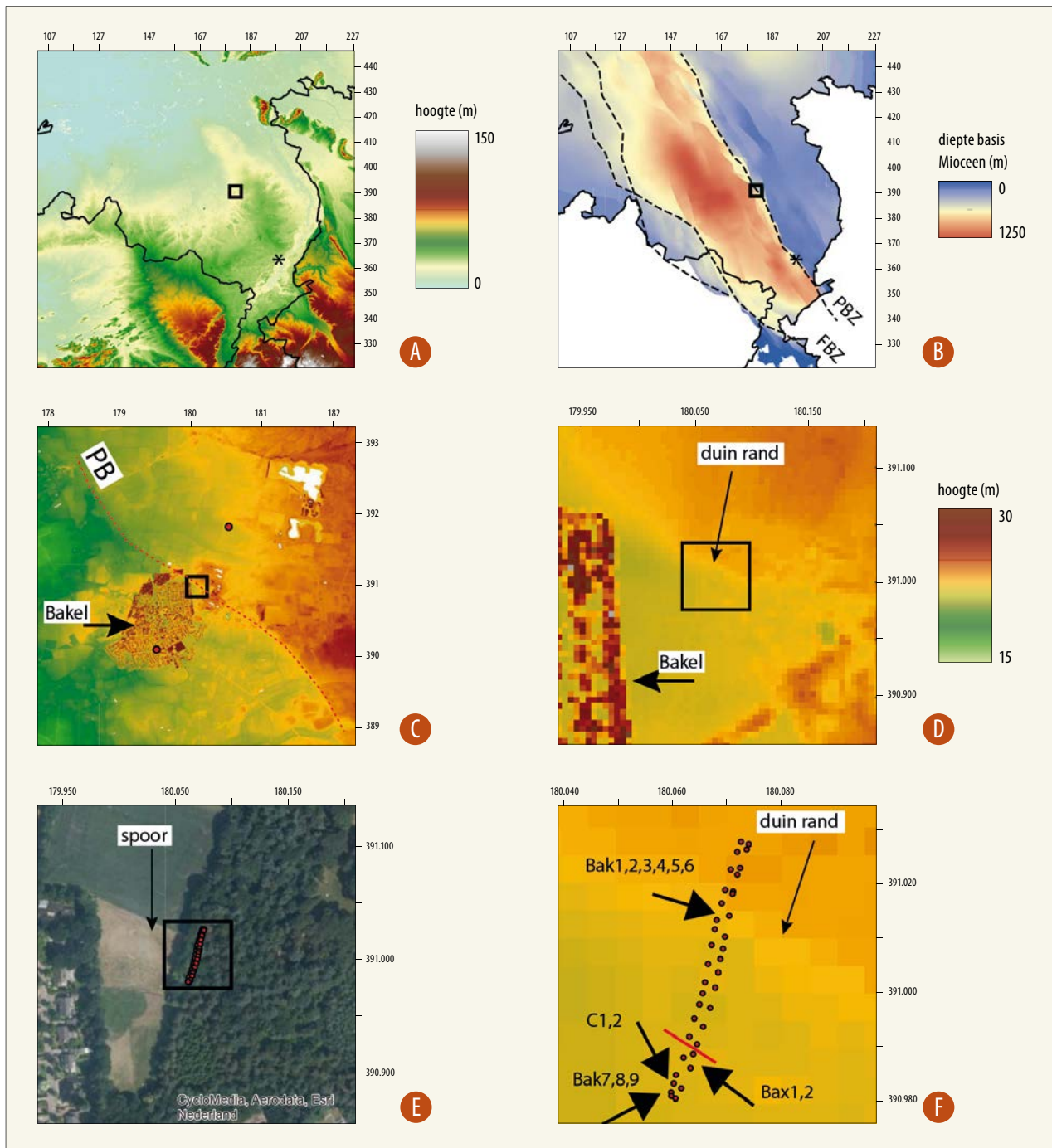
² TNO – GEOLOGISCHE DIENST
NEDERLAND, UTRECHT

³ BODEMGEOGRAFIE EN LANDSCHAP
GROEP, UNIVERSITEIT WAGENINGEN

De Roermondaardbeving van 1992 was voor velen een schokkende ervaring (magnitude 5.8 op de schaal van Richter), omdat toen bleek dat tamelijk krachtige aardbevingen ook in onze omgeving kunnen voorkomen. Toch waren er eerder al aanzienlijke aardbevingen geweest, bijvoorbeeld in 1932 in Uden (magnitude 5.0). Maar die waren al in de vergetelheid geraakt omdat zulke bevingen in Zuid-Nederland (en omstreken) weinig voorkomen en het collectieve geheugen bovendien beperkt is. Wetenschappelijk gezien was de beving dus niet per se uniek, maar de vraag of er nog zwaardere bevingen zouden kunnen voorkomen, met veel meer schade en andere gevolgen, werd belangrijk. Aangezien de herhalingsperiode van zwaardere bevingen groot is, is informatie over bevingen uit metingen en historische bronnen niet toereikend. Om verder terug in de tijd te kijken kunnen we het geologisch archief gebruiken: breuklandschappen en sedimentlagen die gevormd zijn in duizenden jaren.

In de jaren die volgden op de Roermondse beving is er door onderzoekers uit België, Duitsland en Nederland een aantal sleuven gemaakt over breuken die in het landschap zichtbaar zijn. Doel was om te bepalen of de onderzochte breuken aardbevingen

hebben veroorzaakt, en zo ja, wanneer en hoe zwaar die bevingen dan geweest zijn. De onderzoeken concentreerden zich wat Nederland betreft op het gebied rondom Roermond: er werd rond de eeuwwisseling een sleuf geopend over een breuk van de Peelrandbreukzone bij Neer, en twee sleuven over breuken van de Feldbissbreukzone, in de omgeving van Born. De resultaten lieten zien dat de onderzochte breuken tamelijk grote verticale verplaatsingen hebben gekend, vooral tijdens de afloop van de laatste ijstijd (zo'n 15 duizend jaar geleden).



AFBEELDING 1. | Locatie van de sleuf. A) positie in Nederland, aan de zuidwestkant van het relatief hoog-iggende Peelblok ("Peelhorst"). B) de diepte van de basis Mioceen geeft aan hoeveel breukverplaatsing er sinds het Mioceen plaatsgevonden heeft. PBZ = Peelrandbreukzone, FBZ = Feldbissbreukzone. C) de terreintrede van de Peelrandbreuk (PB) bij Bakel. De breuk slingert door het terrein. Het vierkante in A) geeft de locatie van de figuur aan. D) Van nog dichterbij bekeken is een duidelijk rand zichtbaar ten noordoosten van Bakel. Dit bleek echter een duinrand te zijn. Het vierkantje in C) geeft de locatie van deze figuur aan. E) luchtfoto van de locatie van de sleuf langs de bosrand van het Zorgboog-terrein (zie D) voor locatie). In de akker is vaag een spoor te zien van de breuk (deze foto was niet beschikbaar tijdens de voorbereidingen van het onderzoek). De rode stippen geven de omtrek van de sleuf. F) detail hoogte informatie van de omgeving van de sleuf. Bak 1, etc. zijn monster plekken. Het rode lijntje is de plek van de breuk in de sleuf.



Maar er ontstond discussie over de interpretatie van de waarnemingen. Kort samengevat, de sedimenten langs een breuk kunnen langzaam verplaatsen (kruipgedrag) of door abrupte, schoksgewijze verplaatsing zijn verzet (tijdens een aardbeving). Hoe deze twee varianten te onderscheiden aan de hand van een geologisch profiel? Als de waargenomen verplaatsingen met aardbevingen te maken hebben, dan was de conclusie volgens Belgische onderzoekers (Camelbeek *et al.*, 2007) dat aardbevingen in het geologisch verleden ruim tien keer zwaarder waren dan die van Roermond. Later hebben dezelfde onderzoekers bewijzen gevonden voor een veel jongere (ruwweg 2500 tot 3000 jaar geleden), en net zo zware aardbeving, in het Belgische deel van de Geleenbreuk van de Feldebissbreukzone.

De tektonische geschiedenis van de Peelrandbreukzone – de belangrijkste breukzone in Zuid-Nederland – is lange tijd onderbelicht gebleven. Dit ondanks dat hij over grote afstand goed te zien is in het landschap, van Oss tot over de landsgrens bij Roermond. Dankzij landschappelijke en ecologische kwaliteiten heeft de breukzone de afgelopen jaren toch weer de benodigde aandacht gekregen. De initiatiefgroep “Breuken Belevén” bijvoorbeeld was een samenwerkingsverband van de overheden binnen het Peelnetwerk, Waterschap Aa en Maas en meerdere particuliere partijen waaronder de Heemkundekring en Brabantse Milieu Federatie. Zij zochten samen naar mogelijkheden om het breukenlandschap van Noord-Brabant als een unieke kernkwaliteit onder de aandacht te brengen. Dankzij de initiatiefgroep kon er een nieuwe sleuf gegraven worden over een breuktak van de Peelrandbreukzone, in de gemeente Gemert-Bakel.

Na een eerste inventarisatie met geologische kaarten en hoogtegegevens is er in de zomer van 2014 door de Vrije Universiteit en de Geologische Dienst van Nederland (TNO), samen met projectleider Mark Kerkhoff van het Waterschap Aa en Maas, een veldverkenning gedaan om een geschikte plek voor een sleuf te vinden. Bij het uitkiezen van de definitieve locatie is er vooral gelet op hoogteverschillen in het terrein (Afb. 1), mogelijke verstoring door mensen, en een landeigenaar die mee zou willen werken. Het toenmalige Zorgboogterrein in Bakel bleek ideaal: een bosgebied op enige afstand van de openbare weg, maar wel bereikbaar, met een terreintrede vlakbij een abrupte overgang in de geologische opbouw (vastgesteld met handboringen).



AFBEELDING 2. | TNO – Geologische Dienst collega Jeroen Schokker dient als schaal voor deze foto genomen van de vloer van de sleuf tijdens de eerste onderzoeksfase. Links is het hoge blok naast de breuk, rechts het gedaalde blok. Op het hoge blok zijn cryoturbate structuren zichtbaar, die door de breuk scherp worden afgesneden. De breuk bestaat uit een aantal min of meer parallelle takken. Op het lage blok is de neerslag van ingespoelde ijzeroxides in dekzand zichtbaar.

Ontwerp van de sleuf

Tijdens de verdere verkenning met diepere handboringen kon ook een abrupte verandering in de grondwaterspiegel worden vastgesteld. Ook dit is een indicatie voor de locatie van een breuk, aangezien overal in het Roerdalslenk-systeem breuken grondwater slecht doorlaten, en daardoor hoge waterstanden (en soms wijst) veroorzaken aan de hoge kant van de breuk (Lapperre *et al.*, 2019). Verrassend was dat de breuk-gerelateerde verandering in de grondwaterspiegelstand en het abrupte contrast in de geologische opbouw niet precies samenviel met de plek van de terreintrede: er zat een afstand van zo'n 20 meter tussen. Was de positie van de breuk wel goed ingeschat? Of waren er wellicht meerdere breuken vlak bij elkaar? Om zeker te zijn dat de breuk niet gemist zou worden is de sleuf daarom extra lang ontworpen: ruim 50 meter. De daaropvolgende stap was het opstellen van een bemalingsplan. Op het hoge blok is de grondwaterstand hoog, ongeveer één meter onder maaiveld. Om hier een sleuf van een paar meter diep in te kunnen maken moet het water tijdens de gehele duur van het onderzoek worden weggepompt. Continu pompen kost veel energie – en dus geld – en het weggepompte water moet ook ergens naartoe. Vanwege die redenen is besloten om de sleuf in twee stappen te maken: eerst een periode van enkele weken met een relatief ondiepe ontgraving tot aan de grondwaterspiegel en, daaropvolgend, een periode van ongeveer twee weken waarop onder de grondwaterspiegel is gegraven. Het waterprobleem speelde alleen op het hoge blok; op het lage blok was de grondwaterspiegel diep genoeg om in één keer tot zo'n vier meter diepte te komen. Een paar honderd meter verderop werd het water uitgevloeid om weer weg te kunnen zakken richting het grondwater. Hier bleek dat het water zeer ijzerrijk was: er trad spontane neerslag van ijzeroxides op.

Waarnemingen

Nadat de bovenste toplaag was verwijderd bleek al snel dat de sleuf perfect over de breuk was aangelegd (Afb. 2). De breuk zat precies op de plek met de grondwatersprong, terwijl de terreintrede inderdaad niet direct door de breuk veroorzaakt is: het



hoogteverschil bleek te zijn ontstaan door een accumulatie van middel-eeuws stuifzand, liggend op restanten van een (afgegraven) veenpakket aan de hoge kant van de breuk. Indirect is er wel een verband: de breuk zorgt voor natte omstandigheden op het hoge blok (wijst), waardoor veenvorming kon optreden, waarin later het stuifzand is ingevangen op het natte, plakkende oppervlak. Er waren over de hele lengte van de sleuf fraaie, ronde vormen in lemige sedimenten te zien (pakket B, Afb. 3). Dit soort structuren ontstaan in permafrost-omstandigheden, door de afwisseling van vorst en dooi in combinatie met een permanent bevroren ondergrond. Dit soort cryoturbate structuren zijn gevormd tijdens de laatste ijstijd. Nadat de sleuf op volledige diepte was gemaakt, bleek dat dit pakket door de breuk is doorsneden en met ruim één meter verzet is. Dat de breuk strak door dit pakket heen gaat en dat de cryoturbate structuren abrupt worden afgesneden zijn twee aanwijzingen dat de breuk schoksgewijs verplaatst zal zijn: de leemlagen zijn niet geleidelijk meegebogen met de breuk. Onder het lemige pakket B liggen grindige en zandige afzettingen (pakket A), welke oorspronkelijk zijn neergelegd door de Maas. Bovenop de lemige sedimenten liggen fijngrindige zanden (pakket C), die op het hoge blok dun of afwezig zijn, maar op het lage blok een aanzienlijke dikte hebben (tot ruim 1 meter), vooral tegen de breuk aan. Deze configuratie laat zien dat pakket C is neergelegd tegen een (voormalige) steilrand aan, een paleo-terreintrede. De breuk, die nog niet verplaatst was tijdens afzetting van pakket B en tijdens de vorming van de cryoturbate structuren, moet dus bewogen hebben voor of tijdens vorming van pakket C. Dankzij bepaling van de afzettingsouderdom van het sediment van pakketten B en C (met optisch gestimuleerde luminescentie en koolstof-14 dateringen), is het moment van de abrupte verplaatsing vastgesteld op 14.000 jaar geleden. De bijzondere configuratie van pakket C, tegen de breuk aan, is een volgende aanwijzing voor een abrupte verplaatsing langs de breuk. Op pakket C liggen typische dekzandafzettingen uit de afloop van de laatste ijstijd (pakket D), zoals die ook elders in Nederland worden gevonden. Een

detail hierin is de Usselobodem, gekenmerkt door houtskoolfragmenten, die ontstaan is tijdens een relatieve warme fase van de afloop van de laatste ijstijd. Tijdens afzetting van de dekzanden is er waarschijnlijk nog een kleine breukverplaatsing geweest, aangezien de bovenkant van pakket C verzet is. Dit was goed te zien aan verticale verspringingen van grindsnoertjes in het dekzand. De top van het profiel bleek door mensen verstoord te zijn bij de breuk, ondanks de zorgvuldig uitgekozen locatie. Hier heeft men ooit een landweer gebouwd, waardoor het holocene bodemprofiel kapot gemaakt is. Een belangrijke waarneming in de breukstructuur zelf is dat er lemig sediment langs voorkomt, zowel langs de hoofdbreuktak, als langs de diverse kleinere takken. Structuren in dit sediment wijzen erop dat het daar terecht gekomen moet zijn, vanuit de diepte, toen het vloeibaar was. Vervloeiing (fluidisatie) van sediment tijdens aardbevingen is een bekend verschijnsel, wat ontstaat door het trillen van de ondergrond. Zo is het bijvoorbeeld ook gezien bij Herkenbosch, tijdens de Roermondaardbeving van 1992. Dit vervloeiende sediment langs de breukstructuur is andermaal een aanwijzing dat de abrupte breukverplaatsing het gevolg is van een aardbeving en dus niet een geleidelijk, kruipend proces. Overigens speelt dit lemig sediment in de breuk een belangrijke rol in de waterhuishouding, het zorgt voor versterking van de horizontale ondoorlatendheid en draagt dus bij aan de markante grondwatersprong rondom de Zuid-Nederlandse breuken.

Aardbeving

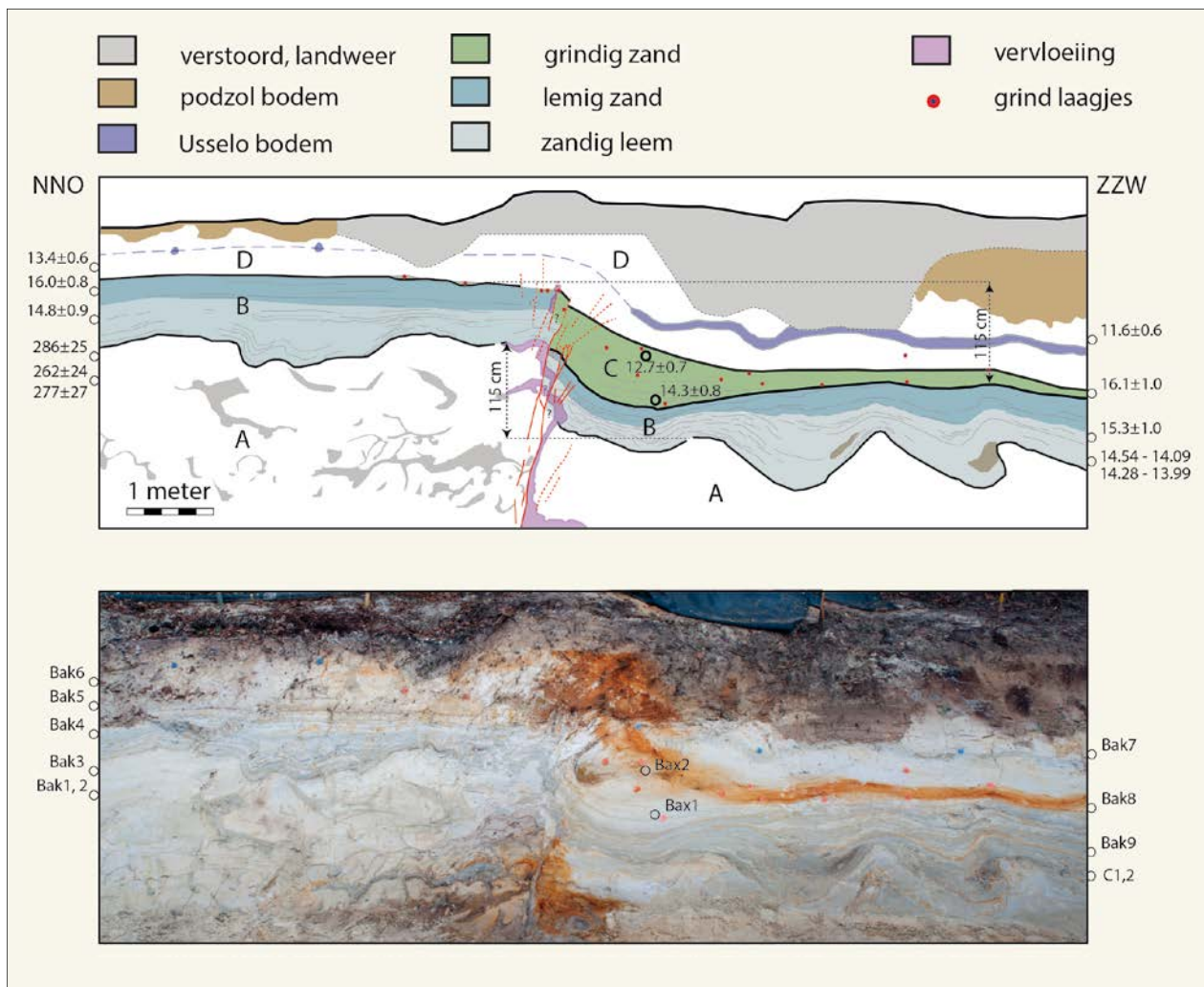
Al met al zijn er dus minstens vier aanwijzingen gevonden voor een abrupte, en dus aardbevingsgerelateerde verplaatsing langs de breuk van Bakel. Uit waarnemingen aan recente aardbevingen blijkt dat de verticale breukverplaatsing een maat is voor de sterkte van de beving. Op basis van deze empirische relatie had de aardbeving van Bakel een sterkte die 10 tot 20 keer groter was dan de beving van Roermond, en wel een magnitude 6.8 ± 0.3 . Bij Roermond (magnitude 5.8) was toendertijd beperkte materiële schade, maar bij een beving van deze grootte zou dat wel het geval zijn geweest. Er bestaat ook een empirische relatie tussen de zwaarte van de beving en de lengte van de breuk waarover de beving plaatsvindt. Voor een beving van deze zwaarte komt die lengte overeen met de afstand tussen Bakel en Neer (ongeveer 35 km), waar de oudere sleuf over de Peelrandbreukzone gemaakt was. Deze correlatie kan kloppen, want ook in die sleuf zijn aanwijzingen voor een beving gevonden, die gelijktijdig zou kunnen zijn geweest.

Een vraag die nu overblijft is hoe vaak dit soort bevingen voorkomen. Moeten we ons zorgen maken? Ja en nee. Het herhalingsinterval voor dit soort zware bevingen in het Roerdalslenk-systeem blijkt, op basis van alle waarnemingen gezamenlijk, duizenden jaren te zijn. Ook is het zo dat er een concentratie van zware aardbevingen juist blijkt plaats te hebben gevonden tijdens de afloop van de laatste ijstijd. Waarschijnlijk is er een verband tussen grootschalige bodembewegingen veroorzaakt door het afnemende gewicht van de afsmeltende ijskappen (glacio-isostasie) in Scandinavië, Groot-Brittannië en de Noordzee, en de lokale, zware aardbevingen. Maar, het is niet geheel uit te sluiten dat er 'binnenkort' toch weer zo'n beving plaatsvindt. Trouwens, ook een iets minder zware beving, bijvoorbeeld een beving iets zwaarder dan die Roermond, komt zo eens in de paar honderd jaar voor, en kan al aanzienlijke schade geven. Op dit moment zijn er in Nederland nog geen aanwijzingen voor dergelijke bevingen gevonden (Uden had een magnitude van 5.0), maar net over de grens in Duitsland, in de omgeving van Aken, wel.

Tot slot

De sleuf over de Peelrandbreuk bij Bakel is gemaakt om breuken voor het voetlicht te brengen. Dat is zeer goed gelukt. Zo is er bijvoorbeeld een bezokersdag georganiseerd op de laatste dag dat de sleuf open was. De opkomst overtrof de verwachtingen: zo'n 350 belangstellenden zijn langsgesproken. Na het onderzoek en de open dag moest de sleuf weer dicht, want hij zou continu bemaald en onderhouden moeten worden als hij open zou blijven. Maar er zijn wel foto's, video's, krantenartikelen, radioverslagen en lakprofielen





AFBEELDING 3. | Foto en tekening van het profiel langs de oostwand van de sleuf. Getallen in de tekening verwijzen naar ouderdom in duizenden jaren, op basis van de monsters aangegeven in en langs het foto profiel (Bak1, etc. zijn OSL monsters, C1,2 zijn koolstof-14 monsters).

gemaakt. Dit materiaal is allemaal gearchiveerd, en de lakprofielen hangen bij de TNO Geologische Dienst Nederland in Utrecht, het Waterschap Aa en Maas, en diverse gemeentehuizen. Verder heeft de sleuf wetenschappelijk gezien een belangrijke bijdrage geleverd aan de kennis van aardbevingen langs de Peelrandbreuk, en worden de hydrologische waarnemingen en metingen op dit moment uitgewerkt. Al met al was de sleuf een groot succes.

Dankwoord

Vele mensen hebben geholpen om dit project tot een succes te maken. Maar wij zijn vooral veel dank verschuldigd aan Mark Kerkhoff (toen Waterschap Aa en Maas) en Hans Doornenbal (TNO Geologische Dienst Nederland).

LITERATUUR

Balen, R.T. van, Bakker, M.A.J., Kasse, C. & Woolderink, H., 2019, *A Late Glacial surface rupturing earthquake at the Peel Boundary fault zone, Roer Valley Rift System, the Netherlands*. *Quaternary Science Reviews* 218:254.

Camelbeeck, T., Vanneste, K., Alexandre, P., Verbeeck, K., Petermans, T., Rosset, P., Everaerts, M., Warnant, R. & van

Camp, M., 2007, *Relevance of active faulting and seismicity studies to assessments of long-term earthquake activity and maximum magnitude in intraplate northwest Europe, between the Lower Rhine Embayment and the North Sea*. In: Stein, S., Mazzotti, S. (eds.), *Continental Intraplate Earthquakes: Science, Hazard and Policy Issues*, vol. 425. *Geological Society of America Special Paper*, pp. 193-224.

Lapperre, R.E., Kasse, C., Bense, V.F., Woolderink, H.A.G. & van Balen, R.T., 2019, *A review of fault zone permeability and associated groundwater level steps in the Roer Valley Rift System*, 2019. *Netherlands Journal of Geosciences*, doi: 10.1017/njg.2019.4

