

Containers in de haven van Concepción die door de tsunami volgend op de aardbeving op 29 februari 2010 omver zijn geworpen.

Haïti, Chili, Turkije: een domino-effect?

Berichten we in het maartnummer van *Geografie* nog over de aardbeving in Haïti in januari, eind februari was het de beurt aan Chili, in maart aan Oost-Turkije. Hebben ze iets met elkaar te maken? Ja en nee.

Zaterdag 27 februari 2010 vond voor de zuidkust van Chili een aardbeving plaats met een momentmagnitude van 8.8 (zie *Geografie* maart, p. 8, 'Richter en momentmagnitude'). Daarmee komt de beving met stip in de top-5 van de zwaarste gemeten aardbevingen. Het gebied waarin de beving plaatsvond had al het wereldrecord in handen: in 1960 werd hier een beving met een magnitude van 9.5 gemeten. De beving en vooral de daaropvolgende tsunami richtten in een flink gebied schade aan. Een echte humanitaire ramp zoals in Haïti werd het gelukkig niet. Hoe past de beving in het plaattektonische plaatje en waarom zijn er ineens zo veel aardbevingen?

Tektoniek

De westkust van Zuid-Amerika wordt gevormd door de Andes, het resultaat van het botsen van het lichte continent Zuid-Amerika met de oceanische korst van een deel van de Stille Oceaan. Die oceanische plaat, de Nazca-

De oceanische plaat schuift schoksgewijs met een vaart van gemiddeld 8 cm per jaar onder Zuid-Amerika

plaat, schuift met een vaart van gemiddeld 8 centimeter per jaar onder Zuid-Amerika. Dat gaat niet elke dag met een tiende van een millimeter, maar in schokken: de aardbevingen. Zo ook die van 27 februari, met een hele serie flinke naschokken (kaart).

Al lang onrustig

Dit deel van Chili heeft een indrukwekkende aardbevingsgeschiedenis. Sinds 1973 zijn er al dertien bevingen waargenomen met een magnitude van meer dan 7.0. In 1960 ging circa 230 kilometer ten zuiden van de beving van 27 februari de aarde het heftigst tekeer sinds er aardbevingen gemeten worden (magnitude 9.5). In 1922 was het 870 kilometer naar het noorden raak: een beving met een sterkte van 8.5. Op de kaart staan beide bevingen aangegeven als een geel rondje. De delen van de breuk die bij deze twee bevingen hebben bewogen zijn geel gearceerd.

Al is deze regio seismisch erg actief, toch was het puur toeval dat Darwin in 1835 in de buurt was toen op vrijwel dezelfde locatie een grote aardbeving plaatsvond. Dat was de laatste keer dat het deel van de plaatgrens bewoog dat op 27 februari 2010 opnieuw in beweging kwam. Het ging om een stuk van de plaatgrens (breuk) dat bij de vorige bevingen bleef vastzitten en niet had bewogen. De spanning op dit deel nam de afgelopen decennia dus erg toe. Er werden wel kleinere aardbevingen waargenomen, maar geen daarvan was groot genoeg om de spanning te ontladen. Dat is nu waarschijnlijk wel gebeurd. Al deze aardbevingen zijn veroorzaakt door beweging langs het contact van de twee platen. Een flinke beving in het gebied in 1939 werd veroorzaakt doordat een deel van de oceanische plaat onder de continentale plaat het begaf, zo bleek uit bestudering van de seismische golven.

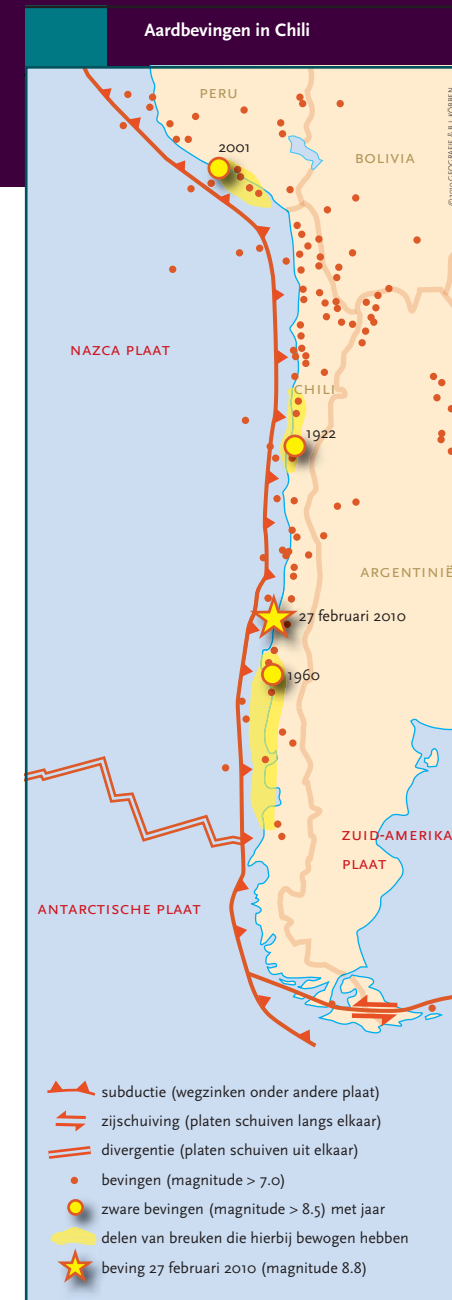
De Spanjaarden hebben in 1570 de stad Concepción al op een hogere plek herbouwd nadat deze door een aardbeving met tsunami werd getroffen. En als we nog verder teruggaan in de tijd: in meren zijn landverschuivingen aangetroffen die alleen door aardbevingen van 8.0 en hoger kunnen worden veroorzaakt. Deze verschuivingen duiden erop dat de prehistorische mens de afgelopen tienduizenden jaren al om de 500 tot 1000 jaar aardbevingen van rond de 9.0 om zijn oren kreeg. Het rommelt hier dus al lang!

Verschillen Haïti

De beving in Haïti was met een magnitude van 7.0 relatief klein. De momentmagnitude is logaritmisch, dat betekent dat de energie bij een beving van 8.0 met een factor $10^{1.5}$, ofwel 31,6 x toeneemt. De beving in Chili was dus met $8.8 \cdot 10^{1.5} \times 1.8$ keer zo zwaar, ongeveer 500 keer.

Ook al is de schade in Chili aanzienlijk, er zijn veel minder slachtoffers gevallen. Wat zijn de verschillen?

1. De beving op Haïti vond ondieper plaats (circa 10 kilometer), waardoor er relatief veel energie van de beving het aardoppervlak direct bereikte. Bij de beving in Haïti bewogen twee platen langs elkaar, terwijl in Chili twee platen tegen en onder elkaar bewogen. Dat maakt indirect een verschil in slachtoffers, omdat bevingen bij beweging langs elkaar over het algemeen minder diep plaatsvinden dan bevingen in



kilometer groot en verschoof gemiddeld 7 meter; bij Haïti was het 'slechts' 600 vierkante kilometer met een gemiddelde verplaatsing van 2 meter.

Overeenkomst Sumatra

De beving in Chili is veel meer vergelijkbaar met de aardbeving die in december 2004 Sumatra trof, ook een subductiezone. Op dat soort plaattektonische grenzen schuiven platen niet zonder meer onder elkaar. De platen hebben langs hun contact nogal wat wrijving, waardoor de naar beneden bewegende plaat de bovenliggende plaat een beetje mee naar beneden sleurt. Als de spanning op het contact tussen de platen groot genoeg wordt, schiet de oceanische korst plots naar beneden en veert de continentale plaat omhoog. Daarbij wordt de hele waterkolom die daarop ligt opgetild: een tsunami.

Hierdoor is volgens NASA de aarde een klein beetje sneller gaan draaien. Door de beving in Chili is massa netto naar de draaias van de aarde bewogen. Net als bij een kunstschaatser die zijn armen intrekt tijdens een pirouette levert dat extra snelheid op. Overigens niet echt iets waardoor je morgen de wekker moet verzetten: de dag zou 1,26 miljoenste van een seconde korter zijn, zo komt uit modelberekeningen. En al ging het door de beving van Sumatra nog veel harder (ruim 6 miljoenste van een seconde), ook dat merk je niet.

En al zou je de wekker verzetten: in de loop van de komende decennia verandert door de opbouwende spanning de vorm van de aardkorst weer terug en zal het zetje dat

een subductiezone.

2. De beving op Haïti was direct onder het eiland, de beving in Chili een stuk uit de kust.
3. Chili heeft een flinke geschiedenis met bevingen van dit kaliber en is er dus meer op ingesteld. Huizen en infrastructuur zijn steviger, al konden veel constructies deze 8.8-beving ook niet aan. In ieder geval bouwen ze in Chili weinig huizen van betonplaten die los op elkaar liggen, zoals in Haïti.
4. Het gebied in Chili waar de beving plaatsvond is relatief dunbevolkt. De dichtstbijzijnde stad Chillan ligt op ongeveer 100 kilometer van het epicentrum.
5. De beving op Haïti veroorzaakte geen tsunami, die in Chili wel. Een relatief groot deel van de schade en doden in Chili is te wijten aan die vloedgolf.
6. Het deel van de breuk dat losschoot bij Chili was ongeveer 80.000 vierkante



Het gevaar van tsunami's is in Chili zo reëel, dat er permanente waarschuwingsborden staan die vluchtwegen markeren.

Het nieuws over de aardbeving in Sumatra werd weggedrukt door onze gemeenteraads-verkiezingen

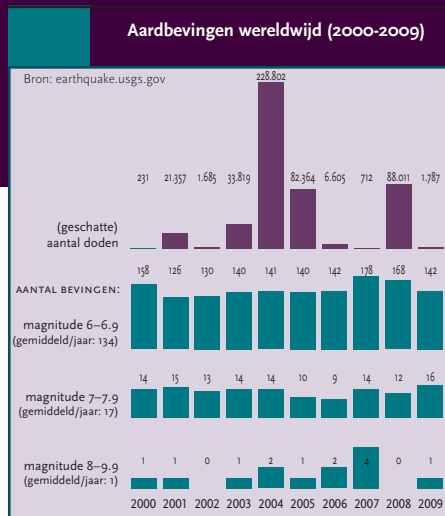
de aarde nu kreeg weer langzaam worden afgeremd.

Los daarvan is het goed dit even in perspectief te zien: de dag op aarde wordt elk jaar pakweg 3 microseconde langer omdat de draaiing van de aarde langzaam afneemt. Bij elk rondje dat de aarde maakt, 'ploegt' hij zich een weg door de watermassa die de maan aantrekt (vloed). Dat levert veel wrijving op, waardoor de aarde tergend langzaam wordt afgeremd.

Meer aardbevingen?

Het begin van 2010 wordt gekenmerkt door veel sneeuwdagen in Nederland en opvallend veel aardbevingen over de hele wereld. Chili was er eentje in een flinke rij. Zijn er echt meer bevingen dan normaal en hebben ze met elkaar te maken?

Haïti, Chili, Japan, het oosten van Turkije (magnitude 5.6): een rijtje landen waar de aarde in een paar weken tijd tekeer ging en die het nieuws haalden. Na een grote aardbeving, zeker als die een humanitaire ramp tot gevolg heeft, zoals op Haïti en op Sumatra in 2004, valt elke volgende beving extra op. De ramp in Haïti was vooral een gevolg van de slechte economische situatie van het land in combinatie met een niet eens erg zware beving. Maar breekt er een financiële of politieke crisis uit, dan is de aandacht van het



grote publiek al weer snel afgeleid. Heeft ú wat meegekregen van de 6.8-beving voor de kust van Sumatra op 5 maart jl.? Vast niet, want toen waren de media in de ban van de gemeenteraadsverkiezingen.

Dus laten we eens naar de feiten kijken. In ruim zes jaar tijd hebben we twee bevingen uit de top-5 aller tijden meegemaakt: Sumatra (Kerst 2004) en Chili (februari 2010). En in de top-11 staan nog een paar flinke schokken bij Sumatra (8.6 in 2005 en 8.5 in 2007).

Daarvóór was het een tijdje rustig; we

Chili kent veel actieve vulkanen. Op 2 mei 2008 kwam na duizenden jaren de Chaitén, 1220 km ten zuiden van Santiago, tot leven met een grote wolk van as en zwavelstoom. Krachtige aardschokken in het verleden werden steeds gevolgd door meerdere vulkaanuitbarstingen.

moeten terug naar eind jaren 50 – begin jaren 60 voor flinke bevingen. Voor een deel kun je dit vergelijken met een ander willekeurig proces: gooi je een dobbelsteen een aantal maal, dan gooi je vaak twee of meer keer achter elkaar 6, en dan een hele tijd weer niet.

Als we per jaar kijken, zien we dat de afwijking ten opzichte van een langdurig gemiddelde groot is. De United States Geological Survey (USGS), het netwerk aan waarnemingsstations, werkt echter pas vanaf 1990 goed genoeg om ook kleinere aardbevingen te kunnen meten. Sommige tabellen lijken anders te suggereren, maar als die een toename laten zien van aardbevingen na 1990 is dat dus eerder omdat we meer aardbevingen hebben kunnen meten dan dat het er echt meer zijn geweest. Het is in ieder geval zo dat bevingen zwaarder dan 8.0 (die we al zeventig jaar redelijk betrouwbaar kunnen meten) geen statistische clustering laten zien; ze komen willekeurig voor in de tijd.

We weten dat er perioden zijn geweest in de geologische geschiedenis dat de plaattektoniek wat rustiger of juist wat sneller ging, alsof de aarde het op zijn heupen kreeg. Platen bewogen sneller, oceanen openden zich rap en dat gaf meer vulkanische en seismische activiteit. We hebben het dan wel over miljoenen jaren – veel langer dan twintig jaar. De periode waarover we nu praten is te kort om te zeggen dat er nu meer aan de hand is. Eigenlijk moeten we nog een flink aantal malen met de dobbelsteen gooien voor we kunnen vaststellen dat de kans om 6 te gooien inderdaad 1/6 is. Of dat we misschien met een wonderdobbelssteen gooien.

Domino-effect?

Die aardbevingen zo achter elkaar, die zullen toch wel met elkaar te maken hebben? Ja en nee. Nee, een beving in Haïti, Japan of Chili heeft weinig met de andere te maken. De afstand tussen die plekken onderling is gewoon te groot. De seismische golven gaan de hele wereld rond en zijn overal te meten, maar veroorzaken geen nieuwe aardbevingen. Natuurlijk beïnvloeden aardbevingen de spanningstoestand in de aardkorst. Maar niet over de hele wereld!

Aan de andere kant: ja, in de directe omgeving heeft een zware beving zeker wel invloed. De makkelijkste manier waarop een tektonische plaat zich aan een veranderd spanningsveld kan aanpassen, is om in de



In het verleden zijn grote schokken in Chili binnen enkele maanden gevolgd door vulkaanuitbarstingen

buurt van de breuk die toch al bewoog nog wat verder te bewegen: de naschokken. Zo zijn de grote schokken bij Sumatra in 2005 en 2007 duidelijk te koppelen aan de grote beving van 2004. Door die beving werd de spanning op een volgend stuk breuk zo groot dat er nog maar een beetje meer spanning nodig was om ook hier beweging te krijgen. Het is ook goed te zien in Chili: de hele zone rommelt nog flink na (van 27 februari tot 12 maart meer dan driehonderd naschokken), met op 11 maart nog een flinke klap van 6.9. Eigenlijk wordt er nog een naschok verwacht die zwaarder is, omdat bij een beving de sterkste naschok ongeveer 1 magnitude kleiner is dan de hoofdschok. In dit geval zou dat dus rond de 7.8 zijn. Op het moment van schrijven (12 maart) is die nog niet geweest.

Vulkanen-alert!

Wat er gebeurde na de vorige grote schokken in Chili doet het ergste vermoeden voor nu. In het verleden zijn bevingen bij Chili met een magnitude groter dan 8.0 binnen een paar maanden tot een jaar gevolgd door drie tot vier vulkaanuitbarstingen die verband

houden met de beving. Vooral de aardbevingen van 1906 en 1960 hadden gevolgen, tot op ruim 500 kilometer buiten het gebied dat bij de bevingen bewoog. Of die vulkaanuitbarstingen het nieuws zullen halen? Dat ligt er maar aan of er veel slachtoffers bij vallen en of ze niet net samenvallen met de Tweede Kamerverkiezingen. •

Bronnen

- Watt, S.F.L. e.a. 2009. The influence of great earthquakes on volcanic eruption rate along the Chilean subduction zone. *Earth and Planetary Science Letters*, Vol. 277, 3-4: 399-407.
- Campos, J. e.a. 2002. A seismological study of the 1835 seismic gap in south-central Chile. *Physics of The Earth and Planetary Interiors*, Vol. 132, 1-3: 177-195.
- Moernaut, J. e.a. 2007. Giant earthquakes in South-Central Chile revealed by Holocene mass-wasting events in Lake Puyehue. *Sedimentary Geology*, Vol. 195, 3-4: 239-256.
- Ruegg, J.C. e.a. 2009. Interseismic strain accumulation measured by GPS in the seismic gap between Constitución and Concepción in Chile. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, Vol. 175, 1-2: 78-85.

Links

USGS heeft een prachtige site waar alle bevingen worden bijgehouden:

- <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/year/graphs.php> met overzichtjes van aardbevingen per jaar.
- http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/10_largest_world.php met de zwaarste aardbevingen.
- http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/world/historical_country.php#chile met een overzicht van bevingen in Chili.