

De diepe oorzaak van aardbevingen in Nepal

Auteur: Bertie Schonk, mei 2016

- 1 Wat is een aardbeving?
- 2 Waar komen aardbevingen vandaan?
- 3 Waar komen nu die spanningen en breuken in de lithosfeer vandaan?
- 4 Wat gebeurde er op 25 april en 12 mei 2015?
- 5 Kunnen aardbevingen worden voorspeld?
- 6 Wat kunnen we ertegen doen?
- 7 Referenties en websites

Zaterdag 25 april 2015 rond tien uur gaat de telefoon. Heb je het nieuws al gehoord? Welk nieuws? Nou over Nepal. Daar heeft een giga aardbeving plaatsgevonden. Wat!!!! Ik zet de televisie aan en zie de verschrikkelijke beelden.

De eerste vragen die bij je opkomen als je dit nieuws hoort, zijn natuurlijk vragen die de mensen betreffen en hun dagelijkse noden. Er is en wordt nog steeds veel geleden als gevolg van de aardbevingen. De schade is geïnventariseerd¹ en hulpprogramma's zijn gaande, maar er is nog enorm veel te doen.² In de media is de diepe oorzaak van aardbevingen in Nepal uitvoerig besproken: een botsing van twee continentale platen, die van India en die van Eurazië. Het is al lang geen nieuws meer. Er zijn inmiddels veel nabevingen geweest en er zullen er nog vele volgen. Een jaar na de grote beving van 25 april richten we onze aandacht (nog eens) op de geologie van het gebied (zie ook³).

1 Wat is een aardbeving?

Een aardbeving is 'an episode of ground shaking', van schokkende bewegingen van de aardkorst als gevolg van een ontlading van energie ergens in de diepte van de aardkorst die zich als een schokgolf door de korst voortplant en de oppervlakte wel of niet kan bereiken. De omvang (magnitude) van een aardbeving wordt uitgedrukt in een getal. Tegenwoordig is de meest gangbare schaal om de magnitude van een aardbeving uit te drukken de Moment Magnitude Scale; M_w . In de berekening van M_w wordt ook de mate van verplaatsing van de aardkorst meegenomen. Het getal volgens de schaal van Richter, M_L , is 'alleen' gebaseerd is op de amplitude van de schokgolf aan de oppervlakte.

Gegevens aardbeving Nepal

Tijd¹: 25 april 2015 06:11 UTC

Magnitude (M_w)¹: 7,8

Plaats¹: 28.1470 N, 84.7080 W

Diepte¹: 15 km

Aantal doden²: 8.790

Aantal gewonden²: 22.300

Ernstig getroffen districten²: 14

Kosten²: 706 miljard NPR

M_L onder- en overschat de magnitude van aardbevingen die zeer diep in de aarde hun oorsprong vinden (30-50 km) of waar de seismometers zich op grote afstand van het epicentrum bevinden. Gelukkig zijn voor niet te kleine en niet te omvangrijke aardbevingen M_L en M_w vergelijkbaar. Een vol punt meer op de schaal betekent een tienmaal 'grotere' beving. Het verschil in energie die vrijkomt bij een beving van 1,0 punt hoger is echter een factor 31,6! Bij een aardbeving van 8,0 komt dus één miljoen keer meer energie vrij dan bij een aardbeving van 4,0. Wat de schade is die een aardbeving aanricht wordt, behalve door zijn objectieve omvang (M_L of M_w), vooral bepaald door de

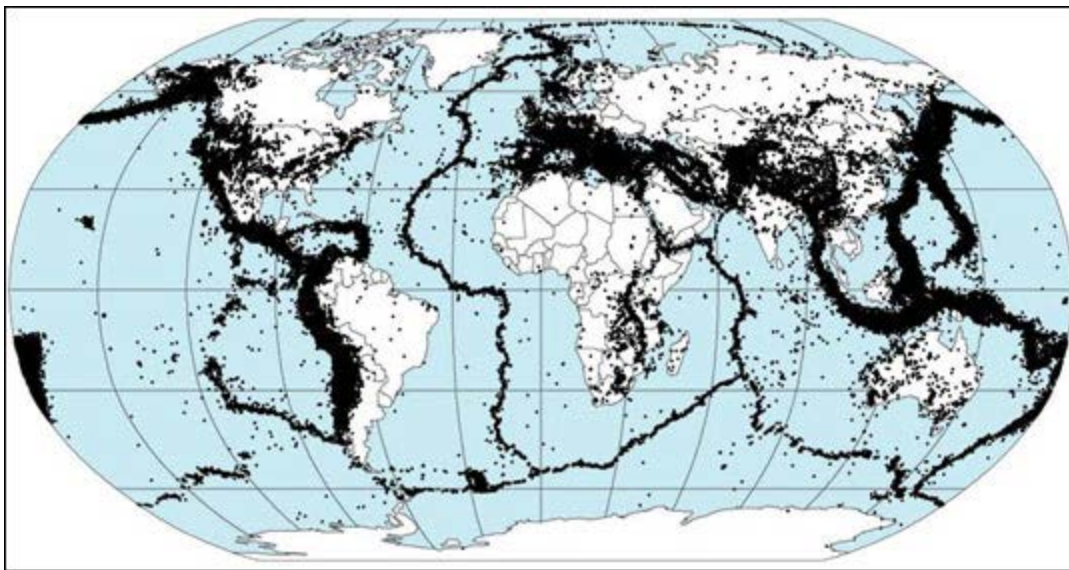
aard van de bodem en hoe die bodem wordt gebruikt; bebouwing en bewoning. Daarom is er ook een subjectieve schaal, de Mercalli Intensity Scale, die loopt van I tot XII. In de veertien ernstig getroffen districten in Nepal lag die tussen de VI (*strong*) en VIII (*severe*).

2 Waar komen aardbevingen vandaan?

De aardkorst kent vijftien grote korstplaten en een aantal kleine. We onderscheiden twee typen korstplaten: *continentale platen* en *oceanische platen*. Deze verschillen in dikte, samenstelling en soortelijk gewicht. Continentale korstplaten zijn 25-50 km dik en bestaan hoofdzakelijk uit graniet. Oceanische korstplaten zijn 7-10 km dik en bestaan uit basalt en gabbro. Graniet heeft een lager soortelijk gewicht dan basalt en dus zijn continentale platen lichter.

Onder de aardkorst bevindt zich de *mantel*, die tot bijna 3000 km diepte reikt en vrijwel geheel bestaat uit peridotiet. In het binnenste van de aarde bevindt zich de uit ijzer-nikkel bestaande kern. Dit weten we door analyse van de snelheid waarmee de verschillende energiegolven van aardbevingen zich voortplanten in de aardmassa. Aardbevingen zijn dus een belangrijke informatiebron voor onze kennis van het binnenste van de aarde.

Vanaf een diepte van 100 à 150 km wordt het mantelgesteente als gevolg van de grote druk en de hoge temperatuur (1280 °C) plastisch en gedeeltelijk vloeibaar. Deze 'plastische fase' van de mantel strekt zich uit tot een diepte variërend van 400 tot 650 km en wordt *asthenosfeer* genoemd. Het deel van de mantel boven deze grens wordt samen met de aardkorst *lithosfeer* genoemd. De lithosfeer is niet plastisch maar wel enigszins vervormbaar onder hoge druk, zoals plooien in de korst laten zien. Ook kunnen er in de lithosfeer breuken optreden. Aardbevingen zijn een gevolg van dergelijke plotseling optredende breuken in de lithosfeer waardoor druk- en rekspanning afnemen en er veel energie vrijkomt die zich als schokgolven door de aardmassa voortplant. Ze komen vooral voor op plaatsen waar de lithosfeerplaten tegen, langs of uit elkaar bewegen. Zie figuur 1, Aardplaten en aardbevingen.



Figuur 1 De zwarte punten geven de aardbevingen weer van 1963-1998. De bevingen komen voornamelijk voor aan de randen van de aardplaten.

Bron: www.kennislink.nl.

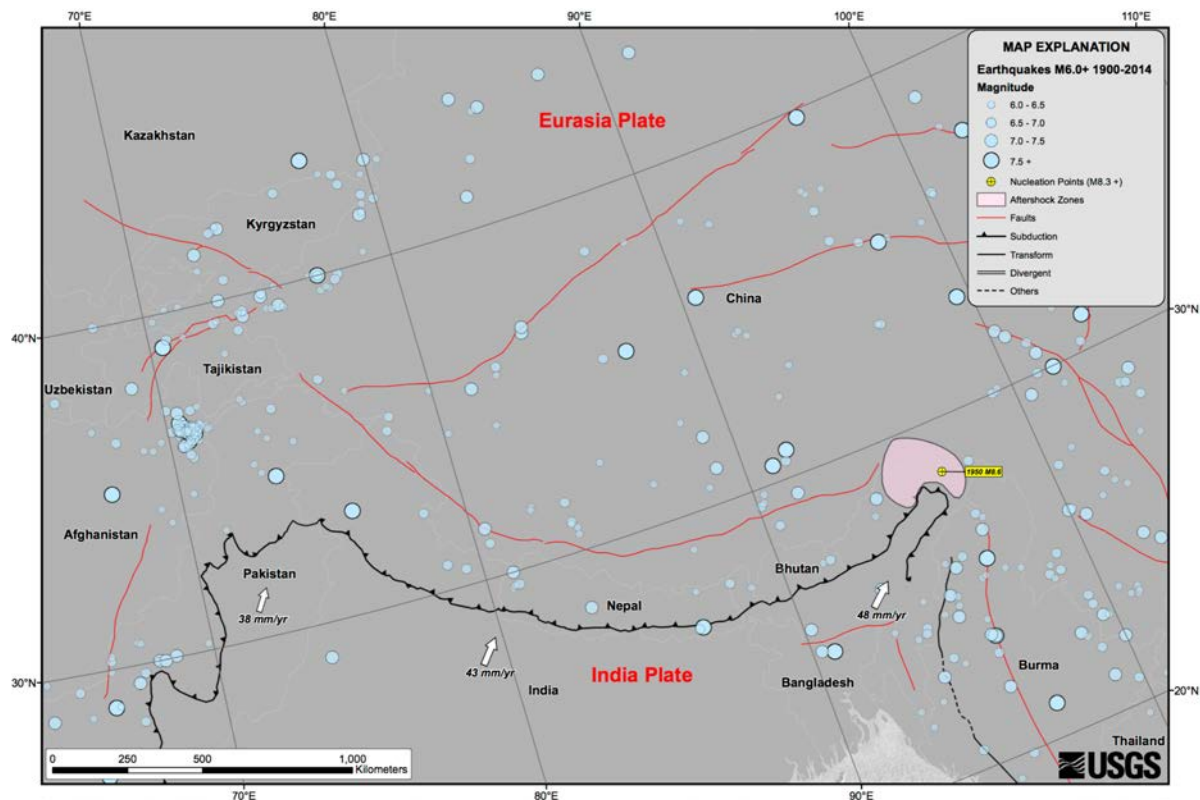
3 Waar komen nu die spanningen en breuken in de lithosfeer vandaan?

De oceanische en continentale platen vormen samen de buitenste schil van de aarde. Deze platen worden door convectiestromen in de mantel in beweging gebracht. Deze convectiestromen zijn een gevolg van het feit dat binnen in de aarde door radioactiviteit nog heel veel warmte wordt geproduceerd die wordt afgevoerd naar de buitenste lagen. De platen bewegen (met een snelheid ongeveer gelijk aan de groeisnelheid van onze nagels) over de aardbol; uit elkaar, langs elkaar of tegen elkaar. Daarbij treden er rek- en duwspanningen op tussen de platen. De theorie van de bewegende aardplaten heet *plaattektoniek*.

Zo'n 200 miljoen jaar geleden lagen alle continenten tegen elkaar bij de Zuidpool. Men noemt dit het supercontinent Pangea. Daarna zijn ze weer gaan scheuren en uit elkaar bewegen en vervolgens weer gaan botsen. Referentie 5 geeft een animatie van Pangea tot en met de botsing van de India-plaat met de Eurazië-plaat.

Als een oceanische plaat tegen een continentale plaat botst, duikt de oceanische plaat als het ware onder de continentale plaat omdat het soortelijk gewicht van de oceanische plaat het kleinst is. Men spreekt dan van *subductie*. De oceanische plaat verdwijnt daarbij in de asthenosfeer en gaat daarin op. Botsingen tussen platen zijn de belangrijkste reden van aardbevingen. Wanneer nu twee continentale platen botsen, zoals de continentale India-plaat met de continentale Eurazië-plaat, dan is de vraag: wie wijkt voor wie? Beide platen wisten van geen wijken en daardoor zijn tien miljoen jaar geleden het Himalayagebergte en het Tibetaans plateau ontstaan. De twee platen zijn als het waren in elkaar en omhoog gedrukt en gaan over elkaar schuiven. De India-plaat wringt zich tegen veel weerstand in onder de Eurazië-plaat.

Het Himalayagebergte ligt op de Eurazië-plaat. De botsingslijn tussen de twee platen ligt ter hoogte van de grens van Nepal met India en is maar liefst 2400 km lang en 30-50 km breed. Daarom zijn er in het gebied van Pakistan, Nepal, Tibet en Bhutan veel breuklijnen waarlangs spanningen worden opgebouwd die van tijd tot tijd (deels) ontladen en dan aardbevingen veroorzaken. Zie figuur 2.

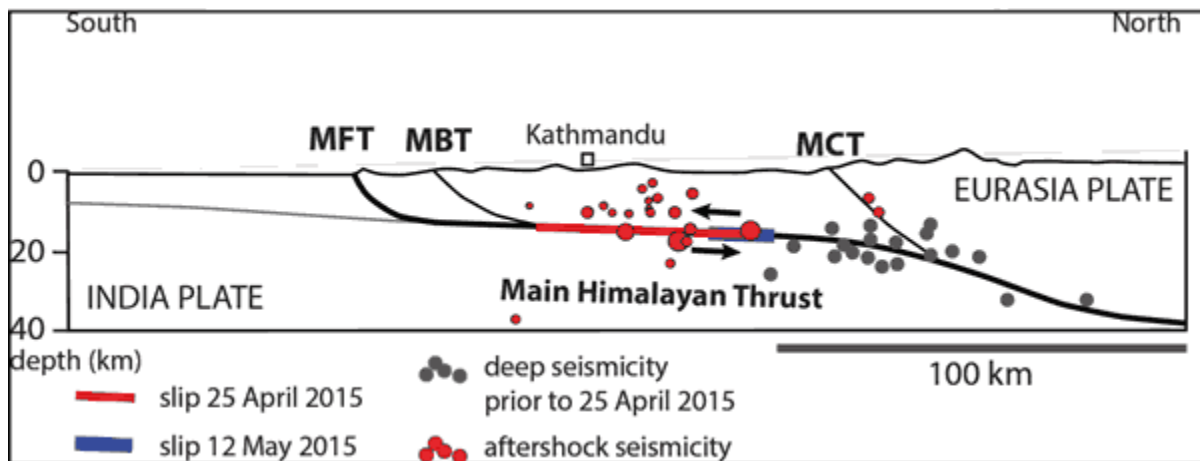


Figuur 2 Kaart van breuklijnen in de omgeving van Nepal.

Bron: U.S. Geological Survey – Earthquake Hazards Program. M7.8 – 36 km E of Khudi, Nepal.

4 Wat gebeurde er op 25 april en 12 mei 2015?

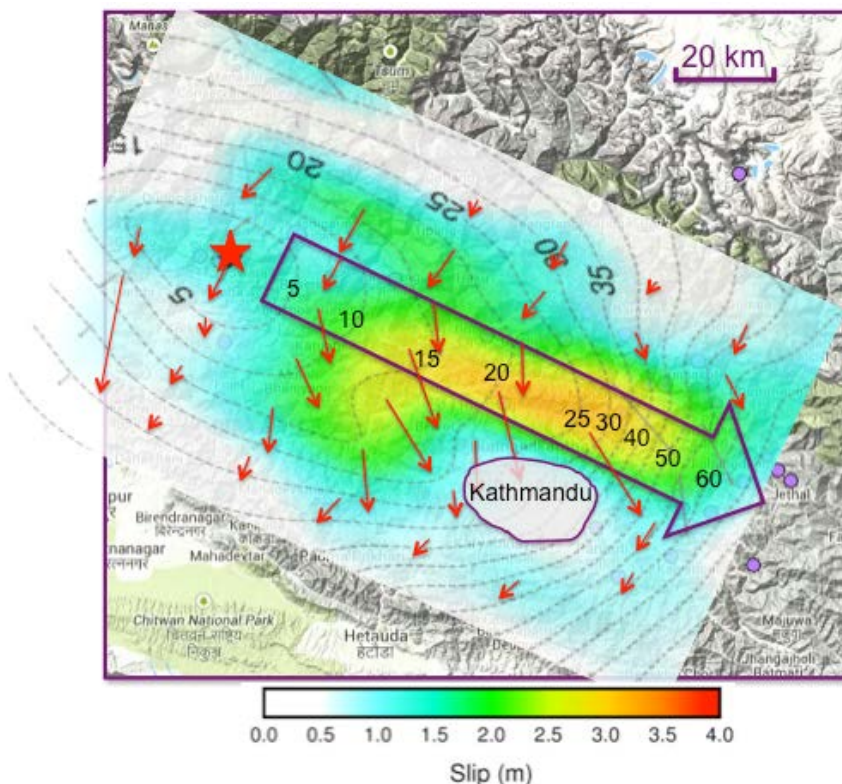
De aardbevingen van 25 april en 12 mei 2015, en ook de vele naschokken, zijn dus een direct gevolg van het ontladen van (een deel van) de drukspanningen die in dit botsingsgebied van de India-plaat met de Eurazië-plaat steeds weer worden opgebouwd. De India-plaat beweegt immers nog steeds met 45 mm per jaar in noordelijke richting en is daarmee een van de snelst bewegende platen. Zie figuur 3.



Figuur 3 Tektonische context van de twee aardbevingen in Nepal in 2015. Dwarsdoorsnede waarop bij benadering de locaties van de breuken zijn te zien die geassocieerd zijn met de beving van 25 april (rood) en de beving van 12 mei 2015 (blauw). De zwarte pijlen geven de sliprichtingen aan. (MFT = Main Frontal Thrust, MBT = Main Boundary Thrust, MCT = Main Central Thrust).

Bron: U.S. Geological Survey. *The April-May 2015 Nepal Earthquake Sequence*.

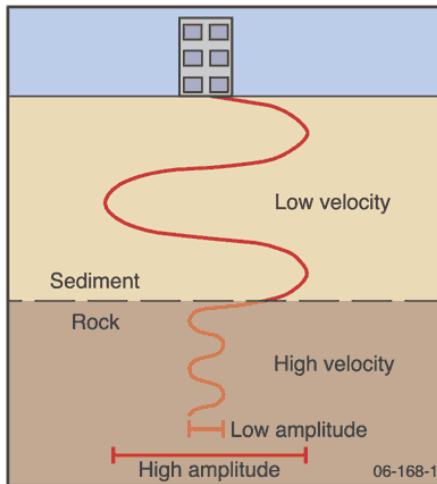
De ontlasting van 25 april (het breken van de lithosfeer) begon 77 km ten noordwesten van Kathmandu en zette zich voort in zuidoostelijke richting over een gebied van 130 km lengte en gemiddeld 20 km breedte. Kathmandu ligt sindsdien 1 meter hoger en is 2 meter opzij geschoven. De Mount Everest is 2,5 cm lager geworden.^{3,6} Enorme krachten zijn hier aan het werk geweest (en duren nog steeds voort). Zie figuur 4.



Figuur 4 De kaart toont de verplaatsingen van de breuk tijdens de beving van 25 april. De rode ster geeft het epicentrum aan. De paarse brede pijl toont de richting waarin de breuk zich heeft voortgezet. De contourlijnen tonen iedere 5 seconden het front van de breuk. De rode pijlen geven de richting en omvang van de verplaatsing van het gesteente boven de breuk t.o.v. het gesteente beneden de breuk. De kleurschaduwen geven de verplaatsing in meters aan.

Bron: IRIS Teachable Moments Magnitude 7.8 Nepal.

De breuk van 25 april heeft zich in zuidoostelijke richting verplaatst en daarbij enorme schade aangericht, juist omdat dit gebied dicht bevolkt is en zeer veel gebouwen, vooral in de dorpen, volstrekt niet aardbevingsbestendig zijn. De bodem van de Kathmanduvalei bestaat uit een dikke laag slecht geconsolideerde sedimentaire gesteenten die zijn afgezet in de lange periode dat dit gebied een meer was (het oude mythische verhaal over de Kathmanduvalei klopt met de geologie!). Die instabiele ondergrond heeft de schokgolven nog versterkt, d.w.z. de amplitude vergroot, waardoor de bodem dus nog heviger bewoog (met een uitslag van wel 4 meter) dan op grond van de magnitude van de aardbeving te verwachten viel. Heel veel cultureel erfgoed was hier niet tegen bestand, zeker niet de hogere bouwwerken zoals de Bhimsen Tower. Zie figuur 5, Amplitude van de schokgolven.



Figuur 5 Schokgolven planten zich voort met hoge snelheid en geringe amplitude in graniet (rots) en met lage snelheid en grote amplitude in afzettingsgesteente (sediment). Omdat Kathmandu ligt op een meerbodem, gevuld met zacht sedimentgesteente, is de beving versterkt en daardoor de schade nog groter.

Bron: IRIS Teachable Moments Magnitude 7.8 Nepal.

5 Kunnen aardbevingen worden voorspeld?

Over het antwoord op deze vraag bestaat er een controverse tussen de verschillende wetenschappers. Eén ding weten we echter heel zeker: er zullen in Nepal in de toekomst grote(re) aardbevingen optreden in de breukzones. We kunnen ze dus voorspellen. De vraag is echter: met welke tijdnauwkeurigheid? De grote nauwkeurigheid is op de geologische tijdschaal al gauw plus/min een aantal jaren, vele jaren. Het geeft een onzekerheid en een onafgebroken dreiging waaraan de Nepalese bevolking en ook toeristen die het land bezoeken niet kunnen ontsnappen.

6 Wat kunnen we ertegen doen?

De schade van een onvermijdelijke volgende aardbeving kan wel drastisch worden beperkt. Het aardbevingsbestendig bouwen van huizen en private en publieke gebouwen heeft de volle aandacht, zeker in de media. Maar dat is niet alles. Ook bij de ontginning en het in cultuur brengen van land, het aanleggen van infrastructuur zoals wegen, drinkwatervoorziening en irrigatie en het onderhouden daarvan dient men rekening te houden met toekomstige aardbevingen. Bij de bevingen van 25 april en 12 mei is de schade aan (drink)watervoorzieningen en landbouwgrond enorm geweest. Er is dus heel veel te doen en dat kost heel veel geld en mankracht en vooral een lange adem en vasthoudendheid.

Referenties en websites

1. Nepal Earthquake 2015. Post Disaster Needs Assessment. Government of Nepal, National Planning Commission, Kathmandu 2015.

<http://www.worldbank.org/content/dam/Worldbank/document/SAR/nepal-pdnaexecutive-summary.pdf>

2. Giro 555-actie 'Nederland helpt Nepal'. Tweede tussenrapportage, deel 2: Inhoudelijke rapportage April 2016. <http://www.carenederland.org/content/uploads/2016/04/Deel-2-Tweedetussenrapportage-Nepal-april-2016.pdf>
3. Website van U.S. Geological Survey (USGS) met informatie over de aardbevingen van 25 april en 12 mei 2015. <http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eventpage/us20002926#general> Hier is ook een aantal slides te vinden voor educatieve doeleinden. http://earthquake.usgs.gov/learn/topics/Nepal_Slides.pdf
4. Waarom en wat er gebeurde er precies in Nepal? van de stichting GEA samengesteld door J. Sanders. Een handreiking aan amateurgeologen om te begrijpen wat er gebeurde in Nepal op 25 april en 12 mei 2015. Bron: www.geageologie.nl/images/articles/media/aardbevingen_en_nepal.pdf
5. www.geologist.nl: Website van Douwe J.J. van Hinsbergen waar een filmpje is te vinden over de drift van de India-plaat naar de Eurazië-plaat en de botsing. Je vindt dat in het tabblad Reconstructions en aldaar onder het kopje Movies: India-Arabia-Asia movie.
6. www.ds.iris.edu/ds/nodes/dmc/specialevents/2015/04/25/nepal/: gedetailleerde (wetenschappelijke) informatie, modellen en kaarten en educatieve slides over de aardbeving van 25 april 2015 in Nepal. http://www.iris.edu/hq/files/programs/education_and_outreach/retm/tm_150425_nepal/150425_Nepal.pdf