

Maatschappij tot nut van 't algemeen.

Over Aard- en Zeebevingen

DOOR

J. VAN BAREN.

AMSTERDAM — S. L. VAN LOOY
1911.



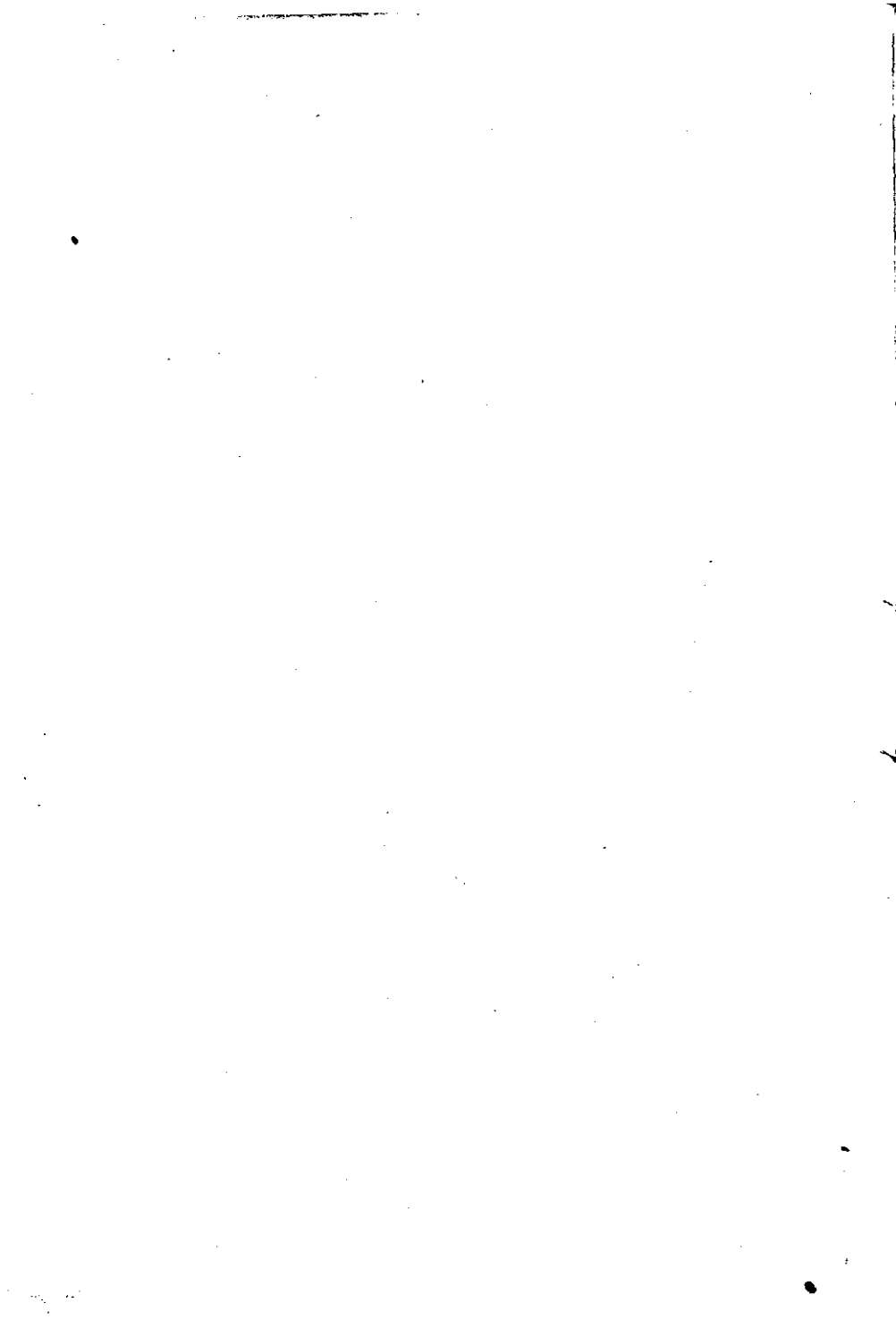
Aan den Lezer.

Toen de Commissie van redactie der kleine geschriften met de uitnoodiging tot mij kwam, aan de bestaande serie een geschrift toe te voegen, dat op eenvoudige wijze iets over aard- en zeebevingen mededeelde, heb ik die uitnoodiging gaarne aanvaard, eenerzijds, omdat geologische geschriften van populairen aard ten onzent nog geschreven moeten worden, anderzijds, omdat het buitengemeen wenschelijk is, dat ook aan den Nederlandschen leek eenvoudige begrippen over alles, wat met onze Moeder Aarde in verband staat, worden bijgebracht. Mij aansluitende aan de ervaringen, die ik sinds talloze jaren met „Nutsvoordrachten” over het onderhavige onderwerp verkregen heb, bied ik den lezer in dit kleine geschriftje geen theoretische bespiegelingen, noch dorre beschouwingen over instrumenten, enz. aan, doch is aan de *beschrijving* van wat oor- en ooggetuigen ons mededeelen een ruime plaats afgestaan.

Moge het geschriftje in dezen vorm, onopgesmukt en eenvoudig als het zijn wil, menig lezer voldoen.

De Schrijver.

Wageningen, October 1911.



INLEIDING.

De mensch is van nature gewend, den bodem, waarop hij leeft, als vast en onbeweeglijk te beschouwen. Schrik en ontzetting bevangen hem, wanneer hij bemerkt, dat hij zich niet alleen bedriegt, doch ook volkomen machteloos staat tegenover de krachten, welke het aardoppervlak in beweging brengen; tegenover de invloeden, die aardbevingen doen ontstaan. „Wanneer wij”, zoo schreef eens een *Alexander von Humboldt* (geb. 1769, overl. 1859) „voor de eerste maal getuige zijn van een aardbeving, maakt dat een zeer merkwaardigen en diepen indruk op ons. Van kind af aan weten wij, dat bijv. het water beweeglijk is; doch de aarde, waarop wij wonen, hebben wij steeds rustig en onbeweeglijk gezien. Als die bodem zich nu plotseling gaat verheffen, komen wij tot de ontdekking, dat er een natuurmacht, ons tot nog toe onbekend, handelend is opgetreden. Nu gelooven wij niet langer aan de rust der natuur; het is ons, als zijn wij de speelbal geworden van vernietigende krachten; wij vertrouwen den bodem, waarop wij gaan, niet meer. Waarheen wij ons ook begeven, overal meenen wij dezelfde beweging van den bodem te gevoelen; overal zien wij den dood voor oogen. Voor een werkenden vulkaan, voor een ons toevloeienden lavastroom, kunnen wij wijken, voor een aardbeving niet.”

Niet alle bewegingen van den bodem worden aardbeving genoemd, ofschoon zij somtijds van een lichte aardbeving niet zijn te onderscheiden. Rijdt een zwaar beladen wagen

ons huis voorbij, of valt een zwaar voorwerp, dan schudt de bodem zóó, dat wij dit min of meer duidelijk gevoelen. In de nabijheid van fabrieken kunnen door de aanhoudende werking der machines ook bodemtrillingen ontstaan. Al deze bodembewegingen echter vinden haar oorsprong in van buiten af inwerkende krachten; deze worden echter geen aardbevingen genoemd. Ook de sterkere trillingen, zooals ze ontstaan bij ontploffingen, bij het ineenstorten van gebouwen of bruggen, bij het instorten van bergwerken of het afbrokkelen van bergwanden en welke soms op meer dan 100 K. M. afstand gevoeld worden, worden niet tot de aardbevingen gerekend.

Aardbevingen zijn alleen die bodembewegingen, welke haar ontstaan in de ontoegankelijke aarde zelf vinden.

I. Eenige merkwaardige aardbevingen.

Teneinde een goed denkbeeld van aardbevingen te verkrijgen, zullen wij enkele der voornaamste in haar uitwerking en invloed in het kort nagaan.

1. *De aardbeving van Lissabon, 1755.* In 1755 werd Portugal op den 1en November geteisterd door een aardbeving, die zeker tot de hevigste in historischen tijd behoord heeft.

Als waarschuwing ging een zeer dof gerommel, den donder gelijk, vooraf. Onmiddellijk daarop volgde de beving. Het werd plotseling zoo duister als de nacht, zóó dicht waren de ontstane stofwolken en, alsof de beving op zich zelf niet vreeselijk genoeg was, ontstond op verschillende plaatsen brand. In 6 minuten tijds kwamen niet minder dan 60.000 menschen om het leven.

De richting van den aardstoot was evenwijdig aan die van den benedenloop van de Taag d. i. Noordoost-Zuidwest. Langs de kust, in het gebergte, zelfs op zee, bracht de beving ontzettende verwoestingen teweeg; gróóte gedeelten der kust stortten in zee neer; de gebergten kregen vele en velerlei spleten en geulen; tallooze schepen hadden geducht van de beving te lijden.

In Lissabon zelf bleven enkele huizen, te midden van ontzettende storingen, onaangetast staan; de nieuwe, uit marmer opgebouwde kade, waarop vele menschen hun toevlucht gezocht hadden, in de meening, dat deze het gevaar wel zou ontkomen, zonk plotseling in de diepte. Merkwaardig is, dat geen enkel lijk is komen bovendrijven.

Onmiddellijk na den eersten stoot, trok de zee zich van de kust terug, allerlei vaartuigen meeslepend, om echter dadelijk weer als een 12 M. hooge golf terug te keeren en de verwoesting in de stad volkomen te maken. Het water bereikte een hoogte, 3 M. hooger dan bij de hoogst waargenomen overstroming. Driemaal kwam deze vloedgolf weer, met zulk een onstuimig geweld, alsof er een hevige branding in aantocht was. Zij was de grootste, die ooit een aardbeving begeleidde, en plantte zich van het schiereiland tot aan ver verwijderde kusten voort.

Men heeft maar steeds, ofschoon zonder bewijs, aangenomen, dat een en dezelfde golf overal onheil bracht. Waarschijnlijker is het echter, dat meerdere golven voortgebracht werden door aardbevingen, voortvloeiend uit die van Lissabon.

2. *De aardbeving van Mino-Owari (Japan), 1891.* De provincie Mino-Owari in Japan is wel het onrustigst van alle landen der aarde. Het aantal nauwkeurig aangeteekende zware aardbevingen bedroeg sedert de 5e eeuw 223. Een zeer hevige beving komt daar gemiddeld om de $2\frac{1}{2}$ jaar voor.

Voor de meer gematigde, lichtere stooten is sedert 1885 een aardbevingsdienst ingericht, welke heeft aangetoond, dat in Japan per jaar gemiddeld 1447 lichtere en zwaardere aardstooten plaats vinden, wat gemiddeld 4 per dag beteekent.

De groote aardbeving van 1891 in de provincie Mino-Owari was de hevigste sinds 1854. Over een oppervlakte van $\frac{3}{5}$ deel van Japan werden de schokken gevoeld; de verwoestingen bleven beperkt tot de zoeven genoemde provincie, die één uitgestrekte, met rijstvelden bedekte vlakke vormt, welke, met uitzondering van de zuidzijde, geheel door hooge bergen omgeven is. Zonder eenige voorafgaande

waarschuwing werd dit gebied, dat langen tijd gespaard gebleven was, vernietigd. Niet minder dan 7000 menschen en 2000 gebouwen werden gedood en verwoest, terwijl 17000 menschen min of meer zwaar gewond waren. Zooals meestal, brak ook hier in vele huizen brand uit, waardoor het aantal dooden aanzienlijk steeg.

In het middelpunt der geteisterde streek was de bodem door duizenden kloven gespleten en uit deze kloven drong modder en zand naar boven, waardoor op vulkanen en kraters gelijkende vormen ontstonden.

Langs de oevers der Shonai-rivier ontstond een spleet, met een lengte van 2 K.M. Een tuin, omgeven door een bamboezen haag, werd, met huizen en al, 20 M. achteruit geschoven. Eigenaardig was, dat de boomen rechtop bleven staan en de daken, zonder te breken, werden opgenomen en evenzoo op den bodem neergezet.

In het dal der Neo scheurde de aarde vaneen en werd een deel van den bodem ongeveer 2 M. verschoven. Twee boomen, die vóór de aardbeving in oost-westelijke richting, ten opzichte van elkander stonden, stonden daarna Zuid-Noord.

Nog sterker was de *vertikale* verzakking van den bodem bij Midori, alwaar zij niet minder dan 6 M. bedroeg, terwijl de horizontale 4 M. groot was.

Van een kunstmatig reservoir, dat zijn water van een beek ontving en tot bevoeiing der rijstvelden werd aangewend, zonk de noordelijke helft naar beneden, terwijl de zuidelijke helft werd drooggelegd. Toch stroomde het water nog naar het reservoir; de waterspiegel werd echter niet hooger, doch de in de nabijheid liggende dorpen werden veranderd in een diep moeras, dat een oppervlakte verkreeg van 2 K. M².

3. *De aardbeving aan de Jakoeta-baai (Aljaska), 1899.* In September 1899 vond in de Jakoeta-baai een aardbeving plaats, waardoor een groot deel van Aljaska vervormd werd. Toen in 1900 een passagiersboot naar Aljaska voer, vond zij den toegang tot de Glacierbaai verstoopt door ijsbergen, die ontstaan waren door een geweldige verwoesting van

gletsjers. Daardoor werd men opmerkzaam op de vormveranderingen, die de kust van Aljaska ondergaan had, echter nog niet vermoedend, dat daar in 1899 een aardbeving was opgetreden.

Belangwekkende mededeelingen daaromtrent brachten twee geologen mede, die in 1905 de baai bezochten. Zij konden vooral daardoor een bevredigende voorstelling van de plaats gehad hebbende vormveranderingen geven, doordat het gebied doorsneden is van vele fjorden, zoodat alle niveauveranderingen van het landoppervlak gemeten konden worden.

Ofschoon niet door peilingen geconstateerd is, van welken aard de niveauveranderingen van den zeebodem waren, werd door de aanwezigheid van een aantal nieuwe riffen en eilanden bewezen, dat ook hier bewegingen plaats gevonden hadden. Een der eilanden was 150 M. lang en + 25 M. hoog en rees loodrecht uit het diepe water omhoog; op andere plaatsen staken riffen, die te voren slechts bij ebbe zichtbaar waren, toen ook bij vloed boven het water uit.

Aan de kust der Russel-fjord vindt men thans drie achter elkander liggende, sterk oprijzende kanten, evenwijdig aan elkaar loopend. De middelste kant, die 3 M. hooger dan de laagste ligt, lag vóór 1899 onder water en werd dus daarna plotseling opgeheven en daardoor drooggelegd.

Wordt een deel van den zeebodem plotseling door bewegingen van de aardkorst getroffen, dan trekt de zee zich gewoonlijk eerst van het land terug, om daarna als een groote golf terug te keeren en alles, wat op den oever ligt, ver landwaarts te spoelen. Zoo ook hier.

Gedurende de aardbeving in de Jakoetatbaai, kampeerden eenige goudzoekers aan de kust der Russel-fjord; zij werden met hun uitrusting door de zee ver landinwaarts neergezet. Een woud, dat 13 M. van zee verwijderd lag, werd aan den voet van een nabijzijnd gebergte neergeworpen, waar de ontwortelde en gevallen boomstammen het schouwspel van een ontzettende verwoesting aanboden.

4. *De aardbeving in San-Francisco (Californië), 1906.* Op 18 April 1906 werd Californië geteisterd door een aardbeving, die wel tot de belangrijkste van den laatsten tijd gerekend mag worden. Bij deze werden vele eigendommen vernietigd, terwijl de bevolking van Amerika voor het eerst ondervond, dat ook zij aan aardbevingsgevaar blootstaat. Het verlies aan menschenlevens was in de stad San Francisco niet bijzonder groot. De kinderen waren nog niet in de slecht gebouwde scholen en de volwassenen nog niet naar hun werkplaatsen, toen de eerste stooten gevoeld werden. De grootste verwoesting werd aangericht door het vuur, dat niet gestuit kon worden, doordat de hoofdbuizen der waterleiding waren verstopt geraakt.

Reeds des morgens om 5 uur kwamen de eerste stooten, zonder eenige voorafgaande waarschuwing. Zij hielden ongeveer 1 minuut aan en gingen in lichte trillingen over, die tot 's avonds en nog vele dagen daarna, doch afnemend, gevoeld werden. De grootste schade, in verhouding tot haar oppervlakte en haar aantal inwoners, leden Santa Rosa, Healdsburg, Agnews en San José, terwijl Oakland, Cloverdale en Ukiah zeer beschadigd waren en Petrolia en Ferndale in het Noorden vooral zwaar getroffen werden. Geologische veranderingen aan het bodemoppervlak werden vooral waargenomen aan de Punta Delgada, waar een nieuw ontstane verschuiving aan de oppervlakte ontdekt werd. Aan de noordzijde der Suiscoenbaai, ± 50 K.M. van San Francisco verwijderd, zonken de rails der zuidelijke Groote Oceaan-spoorweg vele voeten omlaag; bij Alviso aan het zuidelijk einde der baai van San Francisco, vond een soortgelijke verzakking plaats.

Merkwaardig is, dat de schade daar het grootst was, waar de grond los en brokkelig was. San Francisco wordt door een aan aardbevingen weinig weerstand biedende landstrook doorsneden, die in noordwest-zuid oostelijke richting van de „Gouden Poort” tot een punt op den zuidoostoever loopt. Dicht in de nabijheid dezer strook, stortte het Valencia-hotel

ineen, terwijl in verschillende straten spleten ontstonden. De hoofdverstoring was in de noordoost-zuidoost loopende Marktstraat gelegen. Langs de noordwestkust der Suisoobaai zonken gedurende de aardbeving de rails der spoorlijn in den bodem. Behalve de spleten in de straten van San Francisco, bewezen vele verzakkingen in den bodem, dat naast de groote stooten ook kleinere trillingen opgetreden waren. Professor Branner constateerde over een afstand van 2 K. M. niet minder dan 345 spleten, die naar verschillende richtingen liepen. Goed gebouwde huizen waren blijven staan, ofschoon hun fundamenten somtijds met den bodem, waarop zij stonden, weggezakt waren. Zoo was een huis bijna onbeschadigd gebleven, hoewel de onderbouw + 1.5 M. naast de muren te voorschijn kwam.

f. *De aardbeving van Kingston (Eiland Jamaica), 1907.* De haven van Kingston behoort tot die plaatsen, waar bevingen steeds terugkeeren. De stad wordt tegen de zee beschermd door een 12 K.M. lange landtong, aan wier eind het Engelse marinestation Port Royal ligt.

In 1907 werden den 14 Januari des morgens half 4 zwakke trillingen gevoeld, die den hoofdstoot voorafgingen. Een inwoner, de waarschuwing gevoelende, verliet onmiddellijk zijn huis, werd echter, buiten gekomen, even onmiddellijk op den grond geworpen. Nadat hij weer verder geloopt was en een gewonde circa 30 M. meegesleurd had, ondervond hij een tweede bodembeweging.

Het schijnt, dat de hoofdstoot minder dan 10 sec. na het onderaardsch gerommel plaats had, de tweede lichtere stoot \pm 20 sec. daarna volgde en de geheele aardbeving binnen 35 seconden voorbij was. Wel werden daarna nog trillingen waargenomen — van 14 Januari tot 5 Februari niet minder dan 80 — doch zij hadden weinig beteekenis.

Eigenaardig was, dat in Kingston vooral de oostelijke en westelijke muren der gebouwen instortten, een bewijs, dat uit die richtingen de sterkste stooten kwamen. Het gebied, dat door de aardbeving het meest geteisterd werd, schijnt

beperkt te zijn geweest tusschen Kingston en Port Royal aan de zuid-oostkust van het eiland Jamaica en de Bluffbaai en de Annotabaai aan de noord-oostkust.

Op den bergweg, die Kingston met Newcastle verbindt, werden de stooten zeer hevig gevoeld. Zuidelijk van Port Royal werd een kabel naar Colon (aan de landengte van Panama) 7 K.M. van de Bullbaai af doorgebroken en verderop nog een keer \pm 37 K.M. van het eindpunt af.

Dat door de stooten ook draaibewegingen worden voortgebracht, daarvan leverde het fraaie standbeeld van Koningin Victoria in Kingston wel het mooiste voorbeeld. Het werd n.l. 45° in tegengestelde richting der uurwijzers op zijn voetstuk rondgedraaid.

De metingen, die sedert de aardbeving in den haven van Kingston verricht werden, toonden aan, dat zeer aanzienlijke dalingen plaats gehad hebben. Op een plaats werd hij niet minder dan 9 M. dieper dan te voren bevonden. Ook in de nabijheid van Port Royal vond een sterke daling plaats; over een oppervlakte van 120 H.A. was de bodem 3 tot 8 M. gezakt.

Thans wijzen de daken der kazernen en de kronen der palmen boven het wateroppervlak nog de plaats aan van de laatste daling, die een voortzetting is van de veel grootere in 1692 op de plaats der oude stad Port Royal.

6. *De aardbeving van Messina, 1908.* Op den 28en December werd Calabrië getroffen door een aardbeving, die door haar heftigheid een diepen indruk op Europa heeft gemaakt. Messina en Reggio, benevens talrijke kleinere steden en dorpen, werden geheel verwoest. Alleen in Messina verloren ongeveer 100.000 menschen het leven. Ook deze aardbeving werd door geen enkel onheilspellend geluid vooraf gegaan. Ongeveer 5 uur 's morgens werden de menschen uit hun slaap gewekt, doordat de bodem plotseling met ontzettend geweld loodrecht omhoog geheven werd, om daarna weer even plotseling met een vreeselijken ruk naar omhoog te zinken.

Na 45 à 50 sec. geraakte de grond in een wervelbewe-

ging, waardoor de huizen naar alle zijden heen en weer geschud werden. Slechts enkele seconden na den tweeden stoot rolde een machtige golf het land binnen, die de verwoesting aanzienlijk verergerde. Onmiddellijk daarop trok de zee zich weer terug en wel zoover, dat de bodem voor een groot deel bloot kwam; eerst na $\pm 1\frac{1}{2}$ uur, was het vroegere niveau weer bereikt.

De Calabrische kust, anders prachtig verlicht, was na de aardbeving in diepe duisternis gehuld; in de stad Messina hingen dichte stofwolken; de waterleidingbuizen waren gesprongen, zoodat het water als springbronnen omhoogspoot en de halfnaakte menschen besproeide. Op vele plaatsen ontplotte het gas, waardoor nog meerdere menschen het leven lieten.

Ook op de zee werd de beving gevoeld. Een schip werd om 5 uur 20 min. plotseling omhoog geheven. Doordat de vuurtoren van Messina uitdoofde en een zeldzaam droge nevel de zee versluisde, konden de opvarenden noch de haven van Messina, noch de Calabrische kust ontdekken. Om 5 uur 25 min. volgde weder een hevig schudden van het schip en werd aan den oever een dof gerommel vernomen. Toen het schip om 7 uur voor anker kwam, nadat nog driemaal een dof gerommel geconstateerd was, zagen de opvarenden de stad geheel verwoest. De kademuren waren ondermijnd en verbrokkeld; in de straten waren breede spleten gevormd en het plaveisel op vele plaatsen stukgescheurd. Over het lot, dat de andere plaatsen trof, nog dit. Op zee waren door de bodembeweging ontzettend hoge waterbergen ontstaan; een golf spoelde alles van het strand weg en versplinterde, wat haar in den weg kwam. Aan de Calabrische kust, waar de golf vroeger was dan bij Messina, was zij ook nog hooger. In Reggio had zij de aan de zee gelegen huizenrijen volledig weggevaagd; op nog andere plaatsen legde zij booten op de daken neer. Volgens Prof. *Ricco*, de Italiaansche aardbevingskundige, werden tot op een afstand van 140 K.M. zware beschadigingen aan huizen veroorzaakt:

terwijl nog op een afstand van 300 K.M. heftige stooten gevoeld werden. Na den eersten stoot werden in den nacht van 28 op 29 December nog 38 andere stooten waargenomen.

Opmerkenswaardig is nog ten slotte, dat de Etna, Stromboli en Vesuvius geheel rustig bleven.

II. Iets over Zeebevingen.

Zooals reeds uit het bovenstaande bleek, kan, wanneer de beving dicht nabij een rivier of de zee optreedt, het water eveneens in heftige beroering gebracht worden.

Zoo stroomde bij den eersten zwaren stoot van de aardbeving bij Nieuw-Madrid in 1811 het water der Mississippi eenige minuten noordwaarts, dus tegen zijn natuurlijke richting in. Bijna gelijktijdig vormde zich een buitengewoon hooge golf op het wateroppervlak. Toen deze zich tot op den oever verplaatste, braken groote boomen als pijpenstelen middendoor, terwijl booten ver op het land geworpen werden.

Gedurende de aardbeving in het Owendal (Utah, Noord-Amerika) in 1872, was de Owenrivier, een 20—27 M. breede en zeer diepe rivier, vele uren droog.

Dat ook de zee den invloed van aardbevingen kan onder vinden, blijkt uit de berichten van *Petersen*, den kapitein van het Hamburgsche stoomschip *Warda*, die door een toeval de aardbevingen van San Francisco en Valparaiso beide meemaakte. Op het oogenblik, dat *Petersen* den 18 April 1906 San Francisco binnenkwam, werd zijn schip plotseling in de lengte heen en weer geschud, zoodat hij het gevoel kreeg, alsof het schip op een rots gestooten was. Toen men na een poosje meende, vlot geraakt te zijn, kwam een loods op het schip met de tijding, dat in de Sacramentsbaai een hevige aardbeving gewoed had. Aan den verren horizont stegen dikke, zwarte rookwolken op, zoodat het onmogelijk was, ook maar iets van de stad te zien.

Aan den landingssteiger lag een schip geheel onbeschadigd, terwijl een in de nabijheid staande loods was ingestort. Het scheen, alsof onzichtbare handen de muren onder

het dak hadden weggetrokken en dit zóó hadden neergelegd.

De reis werd nu naar Valparaiso voortgezet, niet vermoedend, dat men daar een tweede beving zou beleven. Terwijl den 18den Augustus allen van het dagwerk uitrustten, werd het schip plotseling geweldig heen en weer geschud, zoodat alles wat maar vallen kon, viel en de aan boord zijnde personen het gevoel kregen, of zij op een gloeiende plaat moesten dansen.

Nadat men eenigszins bekomen was van schrik, begon de beweging opnieuw; het schip werd nu zoo hevig heen en weer geschommeld, dat de ankerkettingen kraakten; zij hielden het echter, in tegenstelling met die van de *Lambert*, een schip dat ook in de haven lag, beter uit; de laatste braken. Toen men na dezen stoot de aangerichte schade kon nagaan, bleek; dat dit de eenige was. Ontzettend was echter de schade op het land. Door de kortsluitingen der elektrische geleidingen, was het, alsof een machtig onweer was losgebroken. Vlammen schoten tegen den donkeren hemel omhoog; op 15 à 20 plaatsen tegelijk was de brand uitgebroken. Eerst den volgenden dag hielden de aardbevingsstooten, die het schip nog steeds min of meer heen en weer slingerden, op.

Niet altijd ligt het punt van uitgang eener aardbeving op het vastland; het is ook mogelijk, dat het in den zeebodem gelegen is en dus de beving de geheele zee in beroering brengt. Deze bewegingen van den zeebodem doen vaak groote telegraafkabels knikken of in stukken breken.

Dit laatste was o.a. het geval in 1873 met den kabel, die van Zante (op het gelijknamige eiland aan de Westkust van Griekenland) naar het schiereiland Apulië (Italië) ligt; deze werd daarbij in een inzinking van 700 M. diepte onder puin begraven. In 1878 brak de kabel van Zante naar Creta tweemaal door en werd de bodem tusschen deze plaatsen zóó oneffen, dat men bij het opnieuw leggen van den kabel een andere richting moest nemen. In 1885 werd deze kabel opnieuw beschadigd. Nu zonk de bodem plotseling van 240 M. diepte

tot 3000 M.; en wederom werd de kabel onder een gruis-massa begraven.

In 1886 werd door de kabel van Zante naar Creta een telegram verzonden, toen een geweldige stoot den telegraaf-beambte deed vluchten. Enkele oogenblikken daarna werd door middel van een contrôleapparaat geconstateerd, dat de kabel 23 K.M. van Zante af geheel gebroken was. Toen men trachtte den kabel te herstellen, ontdekte men, dat de zeebodem zuidelijk van de breuk plotseling van 1200 M. tot op 2000 M. gedaald was.

Bij de aardbeving van Lissabon was de haven van Mogador in Marokko, waar vroeger grootere schepen niet konden binnenkomen, niet minder dan 40 M. dieper geworden. Na de groote Ligurische aardbeving, op 23 Februari 1887, kon men aan land geen verzakkingen waarnemen; de schepen op zee hadden echter in de nabijheid der kust zware stooten te verduren gehad. De eerstvolgende dagen werden verschillende vischsoorten, die in de diepte thuis behooren, op het strand, vooral in de nabijheid van Nizza, dood aangetroffen.

* * *

Overzien wij thans de voornaamste uitwerkingen van bevingen op het aardoppervlak, dan blijkt, dat

a. in den grond spleten gevormd kunnen worden, die nu eens ver uit elkaar, dan weer dicht bij elkander liggen, en een ander maal elkander kruisen, zoodat de grond door een netwerk van scheuren in een groot aantal onregelmatige stukken verdeeld wordt. Vaak sluiten deze spleten zich weer, nadat de beving geëindigd is, waarbij dan echter dikwijls een meetbare verschuiving der beide door de spleet gescheiden gedeelten kan waargenomen worden.

b. naast spleten ook wel breede kloven ontstaan, waarin soms huizen, menschen en dieren verdwijnen. Doordat deze kloven zich niet zoo spoedig sluiten, ziet de aarde er soms lang nog na de beving uit, alsof een reusachtige ploeg-schaar er over heengegaan is;

c. trechtervormige gaten ontstaan in gezelschap van kleine, op molshoopen gelijkende verheffingen. Deze kuilen vullen zich met water of met een modderachtigen grond, die van uit de diepte opborrelt. Graaft men zoo'n trechter uit, dan bemerkt men dat hij naar beneden toe nauwer wordt en ook die smalle pijp met modderachtigen grond gevuld is;

d. eveneens van blijvenden aard zijn die verwoestingen, welke door bergstortingen ontstaan, waarbij dan door trilling van den bodem een aanzienlijke hoeveelheid steengruis van de hellingen loslaat en, dalwaarts glijdend, huizen en dorpen vernielt.

De onder a-d genoemde uitwerkingen betreffen *vormveranderingen van den vasten bodem*; niet minder belangrijk echter zijn die, met betrekking tot het vloeibare element, *het water*.

a. Zoo ontstaan door de beweging van den bodem inzinkingen, die, doordat zij zich met water vullen, de vorming van een meer ten gevolge hebben. Dit was o. a. het geval bij een aardbeving in Engelsche-Indië in 1819, toen \pm 5200 K. M². land wegzonk en in een meer veranderde. Na de groote aardbeving in Engelsch-Indië van 1897 werden niet minder dan 30 meren ontdekt, waarvan een zelfs 3 K.M. breed was. Ook bij de zware aardbeving in 1811 in het Mississippidal, ontstonden vele meren in het gezonken land. Een daarvan, het Reelfootmeer, is meer dan 37 K.M. lang en zóó diep, dat de visscher over de toppen der gezonken boomen vaart.

b. Door opheffing van den bodem, verliest een bestaand meer dikwijls zijn water. Een merkwaardig voorbeeld hiervan levert het vroegere Eulaliemeer, dat in de nabijheid van Nieuw-Madrid (Staat Missouri) lag en bij de aardbeving van 6 Januari 1812 geheel drooggelegd werd.

Op den bodem ontstonden na de drooglegging een rij parallele spleten, met trechtervormige openingen.

c. Sontijds wordt een rivierbed zoodanig door een aardbeving getroffen, dat een gedeelte verzakt; in dat geval

ontstaat dus een waterval, zooals het geval was bij de Che-drang-rivier in Assam (Engelsch-Indië), op 12 Juni 1897.

d. Van anderen aard zijn de veranderingen, die bronnen ondergaan. Zeer gewoon is het ontstaan van nieuwe bronnen gedurende een aardbeving; evenzoo dat reeds bestaande meerdere of mindere kracht vertoonen, of zelfs geheel ophouden met werken.

Vooraf die bronnen ondervinden veel stoornis, waarvan het water uit een belangrijke diepte omhoog stijgt, en de toevoer niet afhankelijk is van den regenval. Deze bronnen, waaronder ook de meeste mineraalwaterbronnen, staan alle in verbinding met spleten in de aardochors.

Bij de gewone oppervlakte-bronnen wisselt de waterstand met den grondwaterspiegel; daar deze bij een aardbeving op de eene plaats stijgt en op een andere daalt, ziet men de bronnen dan ook hier overvloeien, dáár bijna of geheel droog worden. Zoo werkten na een zware aardbeving in 427—426 v. Chr., de heete bronnen van Thermopylae en Aidespos gedurende 3 dagen niet; na die van 27 April 1894, bleven de eerste ongestoord en zwollen de laatste zóó sterk, dat het woeste beken geleken.

In 1755 hielden de heete bronnen van Teplitz, nadat zij eerst plotseling troebel water gaven, geheel op met werken; daarna gaven zij door ijzer rood gekleurd water en ten slotte werkten zij zoo overvloedig, dat alle baden overliepen en een aanzienlijk deel der stad overstroomde. Andere bronnen in dezelfde streek bleven daarentegen normaal.

Toen aan het Baikalmeer de steppe op 25 Januari 1862 plotseling over een oppervlakte van 250 K.M.² overstroomd werd, ontstonden op verschillende plaatsen bronnen, waaruit het water 6 meter omhoog spoot.

Den 5 September 1896 ontstond des nachts, gedurende een zware aardbeving op IJsland, plotseling een heetwaterbron, die behalve water, ook stukken steen tot een hoogte van 200 M. opwierp. Na enkele uren bereikte nog een hoogte van 3 tot 4 M.; na enkele dagen hield zij ge-

heel met werken op. Bijna alle andere heetwaterbronnen ondervonden van die aardbeving stoomnis, ja, de beroemde Strokkr, die in 1789 bij een aardbeving ontstaan was, hield zelfs voor goed met werken op.

III. De geografische verspreiding der Aardbevingen. ¹⁾

Reeds voor meer dan honderd vijftig jaren hield de vraag, waar de meeste aardbevingen optreden, de natuuronderzoekers van dien tijd bezig. De beroemde natuurvorscher *J. Scheuchzer* was de eerste, die een statistiek van de aardbevingen van Zwitserland bijeenbracht (1746). Na hem kwamen *M. Bertrand* (1766), *Ch. Keferstein* (1828), *A. von Hoff* (1840), *A. Perrey* (1845 en latere jaren) *B. Lersch* (alleen in manuscript te Aken aanwezig) e. a. Hun werk werd echter in de schaduw gesteld door dat van den Franschen artillerie-officier *F. de Montessus de Ballore*, die, na een leven van arbeid, in 1906 een werk uitgaf, waarin hij niet minder dan 170.000 aardbevingen in haar optreden op aarde nagaat en daarbij ten slotte tot de volgende conclusies komt.

1. De aarde wordt niet overal en even veelvuldig door aardbevingen geteisterd. Neen, bepaalde gebieden worden als 't ware bevoorrecht. Tot deze bevoorrechte gebieden behooren de Alpen, de landstreken om de Middellandsche zee, de Kaukasus, de groote gebergten van Achter-Azië, de Indische Archipel, de kuststrooken van den Grooten Oceaan, West-Indië. In deze gebieden te zamen kwamen 91 % der door *De Ballore* onderzochte aardbevingen voor, terwijl de overige 9 % over de andere deelen der aarde verspreid waren. Al moge men ook aan deze cijfers een betrekkelijke waarde toekennen, vermits men van niet- of dun bevolkte gebieden geen berichten kan verkrijgen, toch mag men uit zijn cijfers wel afleiden, dat de hier opgesomde gebieden het meest en veelvuldigst aan aardbevingen blootstaan.

¹⁾ Over de verspreiding der zeebevingen zijn wij nog slecht onderzocht, zoodat het dan ook niet mogelijk is voor den lezer van dít geschriftje daarover besliste mededeelingen te doen.

2. Gaat men nu deze gebieden zelf wederom na, dan blijkt, dat ieder kleiner deel ook weer niet even sterk en even veelvuldig geteisterd wordt, iets wat vooral samenhangt met de samenstelling en den bouw van den grond. Waar de bodem namelijk uit zand en grint bestaat, treden bevingen het minst op; waar hij uit vaste rots bestaat, is het aantal grooter, en wel des te meer, naarmate de huidige ligging der gesteenten sterker afwijkt van de oorspronkelijke.

3. De derde gevolgtrekking, die men uit de studiën van den Franschman maken kan, is, dat tusschen het optreden van aardbevingen en verschijnselen van vulkanischen aard, in het algemeen geen verband bestaat. Hieruit mag men echter niet besluiten, dat aardbevingen nooit optreden onder invloed van vulkanische krachten. Van den Etna en den Vesuvius weet men, dat aardbevingen nu eens de voorloopers waren van vulkanische uitbarstingen, dan weder gelijktijdig optraden en ten slotte ook wel als gevolg eener uitbarsting konden optreden. Haar invloed blijft dan echter beperkt tot den eigenlijken vulkaan; groote gebieden worden *niet* in beroering gebracht.

* * *

Ook Nederland heeft enkele malen den invloed van aardbevingen ondervonden, al is het dan ook niet in die mate als b.v. Italië en Japan. Min of meer juiste berichten omtrent gebeurtenissen van dezen aard zijn door alle tijden heen van kroniekschrijvers medegedeeld. Bij een kritische beschouwing dezer berichten, blijkt echter, dat de waargenomen verschijnselen tot twee groepen gebracht moeten worden, n.l. tot die der *schijnbare* en die der *werkelijke* aardbevingen. Zijn de eerste geheel en al door toevallige oorzaken, als het springen van ketels, kruitschepen enz., teweeggebracht, bij de tweede moet de oorzaak in de aardchors zelf gezocht worden. Bij deze kan men dan nog te doen hebben of met een aardbeving, die *in of nabij* ons land haar punt van uitgang heeft, of met de laatste

uitloopers eener aardbevingsgolf, die *ver* van ons land verwijderd ontstond, of ten slotte met die raadselachtige geluidsverschijnselen, welke, al of niet van zwakke bodemtrillingen vergezeld, den waarnemer nu eens aan een rollenden donderslag of kanongebulder, dan weer aan het knetteren van afgeschoten vuurwerk doen denken.

a. Als voorbeeld eener aardbeving, wier uitgangspunt waarschijnlijk *in* ons land lag, deelen wij mede, wat Dr. *J. Loricé*, in de Europeesche Mercurius van 1692 vond over een aardbeving, in dat jaar waargenomen.

Op den 18en September, 's middags om half drie, bewoog de grond in Amsterdam zich gedurende twee minuten zóó hevig, dat niet alleen de huizen stonden te schudden, doch ook hangende voorwerpen begonnen te slingeren, zoodat het geruimen tijd duurde, voordat zij weder in rust waren. Verscheidene menschen werden duizelig of bedwelmd. De torens der Oude- en Zuider Kerk te Amsterdam schudden zóó sterk, dat de klokken eenige malen klepten. De werklieden, die aan de herstelling van den Rodepoortstoren arbeidden, meenden, dat de toren zou omvallen en kwamen vol schrik omlaag. Ook aan het Paleis op den Dam was eenige beweging te zien. De schepen op het IJ en de Amstel werden opgelicht, als in volle zee, de bodem der burgwallen welde op. Ook te 's Hertogenbosch werd het verschijnsel waargenomen. Ten huize van den kommandeur, tegenover de hoofdkerk, was juist een gastmaal. Boven op den toren zat een leidekker, die beweerde wel twee voet heen en weer geslingerd te zijn.

Ook den 17 Maart 1883 werd, volgens denzelfden berichtgever, een echte aardbeving in ons land waargenomen en wel binnen den driehoek Den Haag—Alkmaar—Utrecht. De meeste berichten omtrent deze kwamen uit Haarlem en omstreken. Gedurende eenige seconden werd des morgens circa kwart over vijfven een trilling waargenomen, gepaard met de gewone verschijnselen. Meubels en deuren kraakten, spiegels, schilderijen en hanglampen slingerden, porcelein

werd verschoven en viel soms op den grond, schellen gingen over, pendules bleven stilstaan; van een pendule sloeg de slinger aan beide einden aan, doch deze bleef doorloopen, enkele ruiten werden gebroken, een kachelpijp viel uit den schoorsteen enz. Een student, die te Amsterdam zat te schrijven, zette van zelf op het papier een streep, die van het W. N. W. naar O. N. O. gericht was. Daarentegen keek een arbeider te Heemstede, die bezig was sneeuw te ruimen, zeer verbaasd, dat de menschen verschrikt uit de huizen kwamen loopen; hij had n.l. niets gemerkt. Een oudgast te Hilversum werd wakker door de trilling van ledikant en vensters en was onmiddellijk overtuigd, met een aardbeving te doen te hebben. Op enkele plaatsen, o. a. Alfen, werden twee, te Lisse zelfs drie schokken waargenomen.

b. Omtrent aardbevingen, wier uitgangspunt nabij ons land lag, meldt Dr. P. Polis, dat 18 September 1692's namiddags in de Rijnlanden, België en Holland een aardbeving gevoeld werd, waarvan de haard in Belgisch Brabant gelegen was. Door den hoofdstoot, tegen 4 uur, werden in Aken niet alleen schoorsteenen afgeworpen en muren en gewelven gescheurd, doch zelfs de toren der Augustijnerkerk zoo scheef gebogen, dat hij 3 maanden later gedurende een storm ineenviel; de burecht Crapoel, noordelijk van Epen (Zuid-Limburg), werd daarbij geheel verwoest. De bevolking beschouwde deze beving als een straf, wijl zij de Akensche bedevaart had uitgesteld.

c. Omtrent aardbevingen, waarvan de oorsprong ver van ons land lag, deelen wij ten slotte mede, wat J. C. Muller in een in 1755 uitgekomen geschriftje mededeelt, omtrent de uitwerking op ons land van de aardbeving bij Lissabon, November 1755. Zijn bericht luidt als volgt (in de oude spelling).

„'s Voordemiddags omtrent 11 uur, bij vraai en stil weer, de wind West ten Zuiden, bespeurde men in Nederland eene zeer onverwagte Aard- en Waterschuddinge, die door volgende kenmerken zig openbaarde.

Men zag eene onregelmatige golvagtige Kabbeling in 't Water, meest swemende naar de Beroeringen van een ongestuime Zee, in welke de Baren swieren en drajen. Het vertoonde zig genoegzaam, zo verre het Oog kon afzien, in een en dezelfde maniere van wenteling, en heeft zig doorgaande op de meeste Plaatzten in groote en kleine Wateren zo vlietende als stilstaan de van Zeën, Gragten, Vijvers, Sloten en Modderpoelen ontdekt. Immers men heeft het bespeurt in het IJ; in de Haarlemmer Meer en langs de Zane, in den Amstel, de Vegt, de Rotte en Maasstromen, in Frieslands binne Wateren, in de Dokkumer Ee, Franeker en Harlinger Trekvaarten, het Vliet en Verlaat tot Leeuwarden, in de Sluizen aan de Lemmer, Groninger en Strobosser Vaart, als mede in ontelbaare stilstaande binnenlandsche Poelen en Moerassen.

Het dus ontroerde Water rees op de eene plaats schieplicher als op de andere, tot een, twee, en meer Voeten in de hoogte, en dreef het geweld der Wateren, of wederzijds, of slegts aan de eene kant tot tien en twaalf Voeten ver boven de Oevers, staande van den eenen Wal met gelijke geweld tot de andere Wallen over. 't Getuigenis daar van is niet alleen te vinden in de menigvuldige vuiligheden van Hooi en Strooi, die ter zijden van Landen of Paden afgesleept waaren, maar ook in 't opzetten en driftig maken van zodanige Schuiten en Vaartuigen, die men aan de kanten en Wallen op het droge had vast gezet. Ja zelfs wierd tot verbazen van een eigenlijk een groot Turfschip bij Groningen, het welk op de Helling op klossen, en wel 4 Voet boven het Vlak van 't Water stond van de Hellingen, door de rijzinge des Waters opgeligt en in de Vaart gezet, welke boven gewone deinzingen des Waters zelfs in binnenlandsche Poelen van die natuur geweest zijn, dat een Paard bij Franeker in het Land daardoor aan het hollen geraakte.

Wonderbaarlijk en van zeldzame uitwerkinge waren de schuddingen en bevingen der Golven, die, onregelmatig voortgestuwd zijnde, dan links, dan regts, dan op, dan nederwaarts stoven.

Kleine en groote Schepen geraakten aan het slingeren, dat de ervarenste Stier-Lieden te gelijk met de onstelde Natuur schenen te besterven. Eenigen verbeeldeden zig, dat hunne Schepen door midden spleten, andere stonden in bekommernis hunne Vaartuigen tegen Wallen en Palen te moeten zien kraken, terwijl verwondering en vreze hunne handen bond. Op het IJ en voor de Amsterdamsche Werven zag men tamelijk groote Fregatten en Gallioten op hunne Ankers rijden, zelfs Kabel en Anker Touwen wrijven en breken. Ongemene sware Ringen en Bouten wierden uit Paal en Muurwerk van de daar aan vast leggende Schepen met geweldige rukkingen gescheurd. De swaarste Schepen in alle de Havens van Rotterdam wierden op gelijke wijze geslingerd, als of zij door een harde Storm-wind bewogen wierden.

Het Water in de Maas bruisde als een Zee, en te Schiedam, Krimpener Waard en op den IJssel wierden van gelijke een menigte Schepen gins en weder geworpen.

Buiten gewoon was de beweging, die het Oorlogschip tot Harlingen maakte. De Vaartuigen die zig gevallen onder Zeil bevonden, konden nog over de eene nog andere Boog werden gestuurd, gelijk in 't bijzonder eenen Schipper op het Haarlemmer-Meer is wedervaren.

Aldermeest is aanmerkenswaardig de ongemene opdelvingskracht, die deze Water-schudding verzelde. Schepen, die op het droge en als in het Zand en Slijk ingezogen zaten, ja zelfs Palen die in de grond geheit stonden wierden te Rotterdam uitgerukt en Vlot gemaakt. Verscheide sware Balken, al lang bij de Hout kopers vermist, werden zo te Dokkum als bij de Lemmer zeer onverwagts uit de Grond voor den Dag gebracht.

Doorgaans wierden de Wateren bij gestadige Verheffingen zeer getroubleerd, zodanig, dat men kennelijk het opwerpen van Modder ontdekte, gevende te gelijk bij Dokkum een stank op, ten minsten zag men in het Verlaat tot Leeuwarden nog 2 Uren naderhand niet dan modderig Water

voorbij de Schor-Deuren stromen. Van weiniger Kragt schijnt deze Schuddinge der Natuur geweest te zijn in de vaste Landen of Geboudens, die op de zelve staan. Het was slegts een Roejinge der Kerke-kronen tot Rotterdam, Amsterdam, en Haarlem, dog geschiedde dezelve op laastgenoemde Plaatzte nog wel het swaarst. Het eenigste, dat in dezen opzigte nog wel eenigzins aanmerkelijk schijnt, is, dat men in Dokkum de Glazen heeft kunnen zien bewegen en schudden.

Gedurende alle deze bewegingen heeft men geen de minste Wind of Koelte vernomen, dan allenig bespeurde men dat kort op den stilstand der Wateren eenige Koelte rees, en door de Bank komen alle berigten daarin op een nit, dat dezelve Roeringe een groot half quartier-Uurs duurde, beginnende om 10 Uur 40. Minuten en eindigende om 10 Uur 51. Minuten, zijnde anderzins alles zo veel men tot nog toe weet (den Hemel zij gedankt) zonder eenige merkelijke schade afgelopen."

Tot zoover onze berichtgever. Dat hij over de oorzaak dier bodembeweging een curieuse meening had en deze toeschreef aan het zich een uitweg banen van „onderaardsche dampen en winden” kan ons natuurlijk niet verbazen. (Zie daarover blz. 27).

* * *

Vragen wij ons nu af, welke vormveranderingen de aardbevingen op den Bodem van Nederland gehad hebben, zoo blijkt, bij nader onderzoek, dat deze zoo betrekkelijk gering zijn, dat zij tot heden toe nog niet beschreven zijn geworden. Als zoodanige vormveranderingen moeten wij echter zeer zeker de navolgende terreinsvormen beschouwen.

1. In het Zuid-Limbursche heuvelland en voornamelijk binnen den vierhoek Heerlen-Valkenberg-Slenaken-Simpelveld merken wij op de hellingen der bouwlanden vaak tot 500 Meter lange steile randen op, die naar verschillende richtingen loopend in het midden het hoogst zijn (ongeveer 2 à 3 Meter) en aan de uiteinden spits toelopen Deze steile

randen treden nu eens alleenstaand op, dan weer in een aantal dicht bijeen, zóó, dat de helling er een meer of minder trapvormig uiterlijk door verkrijgt. Voor den landbouwer hinderlijk, zijn deze steile randen meestal met kreupelgewas beplant en doen zoo vaak dienst als omgrenzing van eigendommen.

2. In het bouwland, westelijk van den spoorweg Elslou-Sittard, vinden wij een aantal trechtvormige inzinkingen, met een middellijn van hoogstens 100 M. en een diepte van hoogstens 1 Meter, welke inzinkingen ons óf onverklaarbaar moeten toeschijnen óf het pendant zijn van die op bladzijde 17 beschreven.

3. In grintgroeven der provincie Utrecht — en in andere zal het verschijnsel zeker ook wel op te merken zijn — vinden wij een enkel maal de horizontale grintlagen doorbroken van verticale zandspleten. Waar beiden elkander raken, vinden wij de eerste haakvormig aan beide zijden der zandspleet naar deze omgebogen.

Behalve deze verschijnselen zullen er nog wel meerdere zijn, doch zij zijn ons tot op heden nog onbekend.

* * *

Wat ten slotte de hierboven genoemde bodemtrillingen betreft, die gelijktijdig met geluidsverschijnselen gepaard gaan, hieromtrent zijn ons ook vele berichten bekend o. a. een van 8 Juli 1852.

In Drente en Oost-Friesland werd toen tusschen half negen en negen uur 's morgens „een zonderling dof geluid” gehoord, dat vergeleken kon worden met dat, hetwelk een zware wagen maakt, die over een straatweg rijdt. Het dof geluid werd, zoo meldt men weer van andere plaatsen, door knallen voorafgegaan, die aan verwijderde kanonschoten deden denken.

Berichten als deze heeft men ook van de Noordzeekust ontvangen. Al deze berichten doen denken aan die geluiden, welke onze zeelieden „mistpoefers” noemen, en wier ware aard ons nog verborgen is.

IV. Iets over de oorzaken der aardbevingen.

Dat de aardbevingen, met haar vaak geweldige uitwerking, ten allen tijde een diepen indruk op het menschelijk gemoed gemaakt hebben, is duidelijk, en dat de mensch derhalve reeds sinds eeuwen zich een oorzaak daarvoor dacht, even begrijpelijk. Zoo vinden wij dan ook bij sommige volkstammen deze trillingen toegeschreven aan de bewegingen van een reusachtig dier, dat in de aarde schuilt (Mongolië, Celebes); anderen, zooals de Joden, beschouwden het als een straf voor hun ongerechtigheden. (Zie Psalm 60 en 114).

Onder de Grieken was het den beroemden wijsgeer *Aristoteles* (geb. 384 v. Chr., overl. 322 v. Chr.) voorbehouden, een oorzaak uit te denken, die tot het eind der 17e eeuw nog aangenomen en geloofd is geworden. (Zie blz. 25). Volgens hem namelijk werden alle aardbevingen bewerkt, door „dampen of winden” die, in onderaardsche holen opgehoopt, trachten te ontwijken, daartoe door de zee genoopt, die aan de kusten ondergronds het land tracht binnen te dringen. Deze onderstelling steunde *Aristoteles* met te verwijzen naar het feit, dat hollenrijke landstreken, door zee omringd, als Sicilië en Griekenland, ook veel door aardbevingen geteisterd werden.

Aristoteles' denkwijze werd, evenals op zoovele andere gebieden van het menschelijk weten, ook hier grifweg aangevaard, o. a. door mannen als *Plinius* (23—79 n. Chr.) en *Seneca* (12—66 n. Chr.). Tegenstanders, als *Strabo* (geb. 63 v. Chr.; sterfjaar onbekend), de grootste geograaf der Oudheid, die de oorzaak der aardbevingen in vulkanische uitbarstingen zocht, konden zich geen gehoor verschaffen.

Wat de Oudheid dacht, geloofde men vol vertrouwen gedurende de Middeleeuwen en als de geleerde monnik *Hrabanus Maurus* (788—856) uit Fulda in zijn „Twee en twintig Boeken over het Heelal” drie oorzaken voor aardbevingen aangeeft, n. l. het instorten van ondermijnde gesteentemassa's, het indringen van veel water in losse gronden, en het uitstroomen van

winden uit het binnenste der aarde, dan acht hij de laatste oorzaak de voornaamste.

Eerst *Alexander von Humboldt* (1769—1859), den beroemden reiziger en natuurbeschrijver, gelukte het, ons van de dwaling van Aristoteles te bevrijden, door systematische luchtdrukwaarnemingen in Zuid-Amerika te doen, een werelddeel, dat vooral in het Westen veel door aardbevingen geteisterd wordt.

Met den bloei der natuur en scheikunde in de 18e eeuw traden ook nieuwe onderstellingen op den voorgrond. Zoo brachten sommigen, zooals de Italiaan *G. Beccaria* (1716-1781) de aardbevingen in verband met electriche stroomen; anderen weer met scheikundige explosies in het binnenste der aarde als de Duitscher *J. Lambert* (1728—1777). De strijd tusschen de „elektrische” school en de „chemische” duurde tot de engelsche civiel-ingenieur *Robert Mallet* uit Dublin de aardbevingkunde op wetenschappelijken grondslag plaatste door zijn buitengewoon nauwkeurig onderzoek van de aardbeving bij Napels in 1857.

Mallet dacht zich als de oorzaak der bevingen nog uitsluitend vulkanische werkingen onder de aarde, zooals trouwens *A. v. Humboldt* reeds geleeraard had. Eerst *R. Hörnes*, de Oostenrijksche geoloog, kwam in 1878 met een beschouwing voor den dag, die ook nog in onze dagen haar geldigheid niet geheel en al verloren heeft. Hij onderscheidde nl. het eerst aardbevingen, welke als begeleidend verschijnsel van vulkanische uitbarstingen optreden, van die, welke het gevolg zijn van instortingen van door water ondermijnde gesteentemassa's. Waren deze laatste uitsluitend beperkt tot die landstreken, waar de bodem uit kalksteen bestond, derhalve uit een gesteente, dat door water gemakkelijk aangetast kan worden, de eerste traden, zoo dacht hij, het veelvuldigst op en wel daar, waar zich vulkanen bevinden.

Daarnaast onderscheidde hij nog een derde groep aardbevingen, namelijk die, welke het gevolg zijn van onderlinge plaats-verandering van gesteentemassa's in het meer binnenwaarts gelegen gedeelte der aardchors; doch deze betekende, naar zijn meening, het minst.

Het onderzoek van den jongsten tijd heeft echter in tegen-gestelden zin beslist. Niet alleen, dat deze groep veel meer beteekent dan de eerste twee groepen, maar zij omvat waarschijnlijk nog een vierde groep, en wel die aardbevingen, wier oorzaak uitsluitend ligt in verschijnselen, welke zich in de aardkern afspelen, doch waarvan wij tot heden nog weinig weten. Dat de opvattingen van *Hörnes* aldus gewijzigd zijn, danken wij, naast de studiën van een *De Montessus de Ballore*, vooral aan de pogingen, sinds een kleine twintigtal jaren aangewend, om de bodemtrillingen door instrumenten, seismografen, te laten opteekenen.

„Het is niet onmogelijk”, zoo schreef in 1883 de beroemde Engelsche aardbevingskundige *John Milne*, „dat éénmaal een instrument uitgevonden wordt, hetwelk in staat is, iedere groote aardbeving op verschillende punten van den aardbol op te teekenen”. Deze profetische woorden gingen in vervulling, toen in 1889 de thans overleden *von Rebeur-Paschwitz* in den zoogenaamden horizontaalslinger een dergelijk instrument ontdekte.

Hoewel het wezen van een dergelijk instrument alleen met behulp van wiskunstige beschouwingen en teekeningen goed begrepen kan worden, is het volgende wellicht algemeen-bevattelijk genoeg, om althans eenig denkbeeld te geven.

Zoodra de aarde op eenig punt in trilling gebracht wordt, trillen alle bodemdeeltjes in de naaste omgeving mee en wordt deze trilling, zij het ook in verzwakte mate, op alle verder gelegen deeltjes overgebracht. Men denke zich nu een lange, dunne, horizontale naald, die aan de eene zijde tegen een vertikale staaf leunt en door een dun koord met die staaf verbonden is. Indien nu het vrije uiteinde van die horizontale naald op een met roet bedekte papierrol rust, dan zullen haar horizontale bewegingen op dat papier aangeteekend worden en wel in den vorm van een golflijn, indien de rol, al rondwentelende, tegelijk afloopt. Stel dat, zoodra een minuut van trilling voorbij is, op het papier een teekentje gezet. kan

worden, ook weer langs mechanischen weg, dan heeft men het middel in de hand om te zien, hoeveel minuten de beweging van de naald geduurd heeft, ja zelfs, wanneer zij precies begon.

Vindt nu ergens ter wereld een trilling plaats, en wel op een afstand grooter dan 1000 K. M.¹⁾ van het punt, waar de naald met toebehooren staat, dan zal het opgeteekende bewegingsbeeld er in het algemeen aldus uitzien: eerst ziet men *uiterst kleine* golfjes, wier ruggen en dalen dicht bij elkander liggen, dan worden die golfjes wat *sterker*, om ten slotte over te gaan in *grootte* golven met *hooge* ruggen en *breede* dalen. Het geheel eindigt ongeveer, zooals het begonnen is. Het is duidelijk, dat onze naald niet elketrilling opteekent, onverschillig van welke richting zij ook komt, doch, indien zij zelve de richting Zuid-Noord heeft, alleen die trillingen, welke uit het Oosten of Westen komen. Wil men dus alle trillingen laten opteekenen, dan neme men twee instrumenten, waarvan het eene de richting Noord-Zuid, het andere de richting Oost-West heeft.

Om nu uit het waargenomen bewegingsbeeld de plaats af te leiden, waar de aardbeving het eerst gevoeld is (het epicentrum), kan men gebruik maken van de door ervaring gevonden regel van *Laska*, een bekend aardbevingskundige uit Praag. Deze regel luidt:

Het tijdsverschil in minuten tusschen het optreden der zwakste en der daarop volgende sterkere golfjes, verminderd met 1, geeft het aantal megameters (1 megameters = 1000 K.M.) aan, dat het epicentrum verwijderd is van het punt, waar het seismogram opgeteekend werd.

Met een passer zet men nu een cirkel op een globe met het waarnemingsstation als middelpunt en het aantal megameters als straal. Alle plaatsen op aarde, die op dien cirkel liggen, zijn

¹⁾ Vindt de beweging plaats op een afstand, die kleiner is, dan ziet het bewegingsbeeld er natuurlijk anders uit, en wel veel eenvoudiger, doordat o.a. de *uiterst kleine* en de *kleinere* golfjes niet meer afzonderlijk opgeteekend, maar als het ware met elkander versmolten zijn.

nu theoretisch als epicentrum mogelijk. Om nu uit al die mogelijke punten het ééne juiste te vinden, moet men over gegevens van meerdere waarnemingsstations kunnen beschikken. Het snijpunt van een drietal of meerdere cirkels geeft dan met tamelijk goede zekerheid het juiste epicentrum aan.

Als voorbeeld ter verduidelijking dit:

Bij de aardbeving van 16 Augustus 1906, wier epicentrum later op den bodem van het noordelijk deel van den Grooten Oceaan bleek te liggen, vond men te Göttingen, dat de zwakkere golfjes 22.6 minuut na middernacht waren opgetreden en de iets sterkere 32.5 minuut na middernacht. Het epicentrum was dus $32.5 - 22.6 - 1 = 8.9$ megameter = 8900 K.M. van Göttingen verwijderd. Later bleek, dat de werkelijke afstand 8700 K.M. was, een getal, dat dus tamelijk wel met het berekende overeenstemt. Deze overeenstemming wordt echter geringer, als het tijdsverschil in minuten kleiner wordt, derhalve het epicentrum dichter bij de plaats van opteekening ligt. In het laatste geval kan men dan ook van Laska's regel geen gebruik maken.

Met het hierboven beschreven instrument en andere, die in beginsel er mede overeenstemmen, hebben mannen als *F. Omori* (Japan), *R. Ehlert* (Duitschland), *E. Wiechert* (Duitschland), *G. Vicentini* (Italië), *A. Belar* (Oostenrijk), *E. Harboe* (Denemarken), *J. Milne* (vroeger in Japan, thans in Engeland) en nog vele anderen prachtige onderzoekingen gedaan en in de toekomst zal men daarmede uitstekend materiaal krijgen, om te kunnen zeggen, wat er feitelijk bij een aardbeving geschiedt en wat van elke aardbeving de oorzaak is. Tot heden is ons weten, ook in deze richting, nog slechts een halfweten, dat meer met vermoedens dan met zekerheden rekenen kan.

* * *

Op twee vragen zij ten slotte nog de aandacht gevestigd:

- a. Is het mogelijk aardbevingen te voorspellen?
- b. Hoe bevelligt men zijn huis het beste tegen haar schadelijke uitwerking?
- a. Op deze vraag past een „wij kunnen niet”, als eenig

antwoord. Wel heeft men getracht, langs statistischen weg den samenhang tusschen bepaalde maanstanden en aardbevingen te bewijzen (*Perrey, Falb*) of tusschen de laatste en bepaalde barometerstanden (*Seidl, Omori*) maar *afdoend* bewezen is dit verband niet, ook al schijnt een bepaalde betrekking in laatstbedoelden zin niet geheel en al onmogelijk te zijn. In ieder geval zijn wij nog niet zoo ver, dat uit het optreden van bepaalde barometerstanden het aanstaand optreden van aardbevingen kan afgeleid worden.

b. Praktisch van meer gewicht is de vraag, hoe onze huizen te bouwen in streken, die vaak door aardbevingen geteisterd worden en hierin nu hebben Amerikaansche ingenieurs ons vele en goede wenken gegeven. Gebleken is namelijk, dat huizen van gewapend beton, door stalen balken verbonden, het beste voldoen. Maar deze zijn zeer duur. Waar men baksteen gebruiken moet, wordt dan ook geraten, als metselspecie cement gemengd met 1 tot 3 deelen zand te gebruiken of cement gemengd met zooveel kalk, dat de specie nog juist te verwerken is.

Zeer hooge gebouwen, mits op breeden en solieden grondslag gebouwd en met deugdelijke constructie der onderdeelen, kunnen, ondanks de tegengestelde theoretische meening, zeer goed den stoot weerstaan. Het dak moet zoo licht mogelijk zijn, aan alle zijden over de muren heen steken en met deze verankerd zijn. Van de schoorsteen moet het binnen het dak liggende gedeelte met deugdlijk cement stevig gemetseld, daarentegen het uitstekende gedeelte zoo licht mogelijk gemaakt zijn. Waterleidingspijpen, zoowel in huis als onder den grond, moeten van staal of smeedijzer vervaardigd worden. Ten slotte dienen boogconstructies, ondanks het sierlijke, vermeden en door rechthoekige vervangen worden.

Waar, zooals in armoedige en minder welvarende streken, de huizen uit leem, hout en stroo bestaan, valt niet anders te doen, dan deze zoo laag mogelijk te houden en ver van elkander te plaatsen.

35. J. BRUINWOLD RIEDEL, Tuingrondverh. aan kleine luiden.
36. Mr. W. REILINGH, De cultures van Ned. Oost-Indië.
37. Prof. Dr. C. B. SPRUIT, Engeland en Transvaal. *Uitverkocht.**
38. Dr. A. C. HARTEVELT, Waarom lijkverbranding verboden? *Tweede druk.*
39. E. S. BIENFAIT, De kunst om gezond te leven. *Uitverkocht.**
40. Mr. H. Ph. DE KANTER, Leerplicht. *Uitverkocht.**
41. S. VAN AKEN, Volksfeesten en volksoefeningen. *Tweede herziene en vermeerderde druk.*
42. Mr. M. W. F. TREUB, Over Coöperatie. *Tweede druk.*
43. G. LEOPOLD, Bloemen aan het venster. *Uitverkocht.**
44. Prof. HUGO DE VRIES, Over veredelde landbouwplanten.
45. Dr. M. W. PIJNAPPEL, De tuberculose. *Tweede druk.*
46. Mr. P. TJEENK WILLINK, Iets over werkliedenverzekering.
47. MARTINE WITTOP KONING en E. S. BIENFAIT, Onze Volkskeuken.
48. A. A. BEEKMAN, Iets over onze groote rivieren. De Rijn. *Uitverkocht.**
49. Dr. L. BLEEKRODE, De bliksemafleider in beginsel en werking, met afbeeldingen. *Uitverkocht.**
50. Mr. Dr. H. S. VELDMAN, Onze begrafenisfondsen. *Uitverkocht.**
51. Mr. J. M. VAN STIPRIAAN LUISCIUS, De oorlog en het scheidsgericht. *Tweede druk.*
52. Mr. H. Ph. DE KANTER, De wet op den leerplicht. *Tweede druk, uitverkocht.**
53. W. E. VAN DAM VAN ISSELT, Volkswaarbaarheid. *Tweede druk.*
54. Dr. P. H. ROESSINGH, De eedsvraag.
55. B. W. COLENBRANDER, De openbare en de vrije school.
56. A. H. VAN DER KOLFF, Opmerkingen over den geldelijken toestand in Nederland in de 19e eeuw.
57. Dr. JOHS. DYSERINCK, Het recht der waarheid tegenover den staat (bijdrage tot de eedsvraag). *Uitverkocht.**
58. M. VAN WIJHE Ezn., Achterlijke kinderen.
59. Mr. JOH. M. JOLLES, Onze ziekenfondsen. *Uitverkocht.**
60. Mr. Dr. A. SLOTEMAKER LHzn., De ongevallenwet. *3e druk.*
61. G. POLVLIET, Amsterdam in 1672, in verband met onze tegenwoordige weerbaarheid.
62. Dr. C. A. PEKELHARING, De waarde van suiker als voedsel.
63. J. BRUINWOLD RIEDEL, Voeding en kleding aan schoolgaande kinderen. Overzicht van buiten- en binnenland, met inleiding en advies.
64. A. A. BEEKMAN, Onze groote rivieren. De Maas. (met kaartjes). *Uitverkocht.**
65. Dr. J. SCHRIJVER, Voeding en ziekte. (Met afbeeldingen).
66. G. OOSTERBAAN, De Woningwet.
67. W. DE VLETTER, De openbare en bijzondere school.
68. Dr. C. KERBERT, Het aquarium te Amsterdam. (Met beeld.)
69. Mr. S. G. CANES, De kindervetten. *Tweede, herziene druk.*
70. Mevrouw RUTGERS-HOITSEMA, Modedwaasheden.
71. J. BRUINWOLD RIEDEL, Hoe de mensch zijn karakter opbouwt. Naar Ralph Waldo Trine's „Characterbuilding“.
72. Dr. G. W. KERNKAMP, Jan Nieuwenhuysen herdacht.
73. J. W. VAN DER LINDEN, Het kind en de school.
74. Dr. G. W. BRUINSMA, De kwakzalverij met geneesmiddelen.