

**Seismische analyse  
van de aardbevingen  
bij  
Middelstum op 30 juli 1994  
Annen op 16 augustus 1994  
Annen op 31 januari 1995**

**Technisch rapport; TR 186**

De Bilt, 1995

Postbus 201  
3730 AE De Bilt  
Wilhelminalaan 10  
Telefoon 030-220 69 11  
telefax 030-221 04 07

UDC: 550.34  
(492.73)

ISSN: 0169-1708

ISBN: 90-369-2099-X

**SEISMISCHE ANALYSE  
VAN DE AARDBEVINGEN**

**BIJ**

**MIDDELSTUM OP 30 JULI 1994  
ANNEN OP 16 AUGUSTUS 1994  
ANNEN OP 31 JANUARI 1995**

**DECEMBER 1995**

**KONINKLIJK NEDERLANDS METEOROLOGISCH INSTITUUT**

**SEISMISCHE ANALYSE VAN DE AARDBEVINGEN BIJ  
MIDDELSTUM OP 30 JULI 1994  
ANNEN OP 16 AUGUSTUS 1994  
ANNEN OP 31 JANUARI 1995**

**Samenvatting**

Deze rapportage behandelt de seismische analyses die door het KNMI zijn uitgevoerd van de aardbevingen bij Middelstum op 30 juli 1994 en bij Annen op 16 augustus 1994 en 31 januari 1995.

De beving bij Middelstum was de derde in dit gebied sinds december 1991, en werd evenals de beide voorgaande door de plaatselijke bevolking gevoeld.

De bevingen bij Annen waren de eerste twee die in dit gebied zijn geregistreerd. Ook deze bevingen zijn door de bevolking waargenomen.

Als resultaat van de analyse zijn de volgende gegevens naar voren gekomen. Hierbij zijn epicentrum, diepte en intensiteit verkregen uit macroseismische gegevens, terwijl de magnitude is bepaald uit instrumentele metingen.

PLAATS/DATUM	EPICENTRUM	DIEPTE	INTENSITEIT	MAGNITUDE
Middelstum 30-07-94	6,642° OL 53,345° NB	0,9 ± 0,5 km	IV-V	2,9
Annen 16-08-94	6,715° OL 53,061° NB	3,0 ± 0,5 km	IV-V	2,6
Annen 31-01-95	6,723° OL 53,055° NB	2.8 ± 0,5 km	IV	2,2

De conclusie van dit rapport is de constatering dat met name in het gebied rond Middelstum zich aardschokken voordoen met een sterkte boven 2,0 op de schaal van Richter. Dit is meer dan gemiddeld in het Groningen-veld. Anderzijds is de gaswinning uit het Annerveen-veld de meest waarschijnlijke aanleiding tot het optreden van aardbevingen aan de zuidrand van dit veld.

De Bilt, december 1995

## **I N H O U D**

<b>Inleiding</b> .....	<b>5</b>
<b>Toelichting op de toegepaste methodieken</b> .....	<b>6</b>
<b>Bepaling aan de beving van 30 juli 1994 bij Middelstum</b> .....	<b>7</b>
<b>Bepaling aan de beving van 16 augustus 1994 bij Annen</b> .....	<b>9</b>
<b>Bepaling aan de beving van 31 januari 1995 bij Annen</b> .....	<b>11</b>
<b>Toelichting op de macroseismische kaarten</b> .....	<b>12</b>
<b>Zoutformatie van Anloo</b> .....	<b>12</b>
<b>Conclusie</b> .....	<b>12</b>
<b>Referenties</b> .....	<b>13</b>

**Bijlage A: Toegepaste methodieken**

**Bijlage B: EMS-Intensiteitsschaal (gedeeltelijk weergegeven)**

**Bijlage C: Enquêteformulier**

# SEISMISCHE ANALYSE VAN DE AARDBEVINGEN

## BIJ MIDDELSTUM EN ANNEN

### Inleiding

Dit rapport geeft een overzicht van de seismische analyses van de aardbevingen bij Middelstum op 30 juli 1994 en bij Annen op 16 augustus 1994 en op 31 januari 1995.

De aanleiding tot het rapport is het feit dat deze bevingen door de plaatselijke bevolking werden waargenomen en bovendien in de directe omgeving van gasvelden zijn gelegen. Hierbij was de beving bij Middelstum met een magnitude van 2,9 de sterkste welke tot dat moment in Noordoost-Nederland werd geregistreerd. Een bijkomend aspect is dat de bevingen bij Annen gelegen zijn in de directe nabijheid van de zoutformatie van Anloo.

Dit rapport sluit aan bij eerder gepubliceerde rapportages betreffende bevingen in Noord-Nederland, die in het algemeen het gevolg zijn van gaswinning ter plaatse. Het accent van deze rapportage ligt op de analyse van de macroseismische gegevens en in mindere mate op de instrumentele gegevens. Hieraan heeft het feit bijgedragen dat er een geringer aantal seismometer registraties beschikbaar was door een reductie van het seismometernetwerk rond Assen van zes stations met één component naar twee stations met drie componenten. Dit gebeurde in de eerste helft van 1994 en was het gevolg van de afronding (eind 1993) van het "multidisciplinaire onderzoek naar de relatie tussen gaswinning en aardbevingen in Noord-Nederland". De bevingen zijn alle goed opgetekend door het boorgatseismometer-station Finsterwolde (FSW), het modelstation voor het nieuw op te zetten netwerk van boorgatseismometers in Noord-Nederland.

De aardbeving bij Middelstum op 30 juli 1994 is geregistreerd door zes seismische stations, tot in Zuid-Limburg. De registraties waren merendeels echter kwalitatief onvoldoende voor een betrouwbare epicentrum bepaling. Daarom is er door het KNMI een enquête onder de bevolking ter plaatse uitgevoerd. Het betrof hier een telefonische enquête, waarbij binnen een straal van ca 5 km rond Middelstum in totaal 171 personen bereikt werden. De enquête werd uitgevoerd vooral met de bedoeling het epicentrum nader te bepalen en tevens de diepte van de beving te berekenen. De enquête kan bovendien de relatie tussen de intensiteit van de trillingen en de magnitude van de beving bevestigen.

De aardbeving bij Annen op 16 augustus 1994 is door vijf stations geregistreerd en die op 31 januari 1995 door slechts drie. Met de registraties van het station Finsterwolde is voor beide bevingen een epicentrum bepaald met behulp van een polarisatie-analyse methode. Voor een beschrijving van deze methode zie Bijlage A. Als gevolg van onvoldoende beschikbare instrumentele data werd na beide bevingen een enquête gehouden. Het ging hierbij om een schriftelijke enquête waarbij, met medewerking van de gemeente Anloo, een enquêteformulier werd opgenomen in het mededelingenblad van deze gemeente. Doordat dit blad huis aan huis wordt bezorgd kon een grote groep mensen worden bereikt. De enquêtes hebben respectievelijk 247 en 462 bruikbare reacties opgeleverd.

## **Toelichting op de toegepaste methodieken**

Voor een algemene beschrijving van de toegepaste methodieken wordt verwezen naar Bijlage A. Hier volgen enkele details die specifiek voor de onderhavige aardbevingen van belang zijn.

### **A. Instrumentele methoden**

Voor de beide bevingen bij Annen is een epicentrum bepaling uitgevoerd met behulp van de registraties van het station Finsterwolde. Hierbij werd gebruik gemaakt van digitale data van geofoons op dieptes van 75, 150, 225 en 300 meter. Op elke diepte is een set van 3 geofoons aanwezig (twee horizontale en één verticale). Met een polarisatie-analyse is het mogelijk een epicentrum te bepalen, als resultaat van een berekende richting en afstand ten opzichte van het betreffende station. Het is met deze methode echter niet mogelijk om de diepte van de aardbevingshaard te bepalen. Voor een beschrijving van de hier gebruikte methode wordt verwezen naar bijlage A.

### **B. Macroseismische methoden**

Gezien de sterkte van de beving bij Middelstum (magnitude 2,9) was het wenselijk een enquête te houden onder de plaatselijke bevolking met de bedoeling het epicentrum nader te bepalen en tevens de haarddiepte van de beving te berekenen. Hierbij werden bewoners binnen een straal van ca 5 km rond Middelstum telefonisch benaderd en gevraagd naar hun ervaringen bij deze beving. Deze wijze van enquêteren bleek een praktisch bezwaar te hebben met betrekking tot de bereikbaarheid, doordat veel mensen, met name overdag, niet thuis zijn. Enkele honderden telefoontjes resulteerden uiteindelijk in 171 reacties, waarbij slechts 58 personen de beving waargenomen hadden. Deze waarnemingen zijn vertaald naar een bijbehorende intensiteit, en geven uiteindelijk een goed beeld van het macroseismische gebied. Deze intensiteiten zijn weergegeven in het macroseismische kaartje (fig.1).

Met betrekking tot de beide bevingen bij Annen is eveneens besloten om te enquêteren. De redenen hiervoor zijn enerzijds de geringe hoeveelheid seismische data en anderzijds het feit dat deze bevingen de eerste in dit gebied zijn. Bij de Annenbevingen werden enquêtes uitgevoerd door middel van vragenformulieren die, met medewerking van de gemeente Anloo, waren opgenomen in het gemeentelijke mededelingenblad, dat een huis aan huis bezorging heeft. Hierdoor kon een grote groep mensen worden bereikt. Het gebruikte vragenformulier is weergegeven in bijlage C. Helaas bleek de enquête na de eerste Annen-beving hiaten te vertonen in de verspreiding in de aangrenzende gemeenten, waarbij vooral Zuidlaren van belang was. Tevens bleek het niet goed mogelijk het gebied, waarin de beving mogelijkwijs gevoeld kon zijn, af te bakenen voor intensiteit II. Vandaar dat na de tweede Annenbeving besloten werd een telefonische enquête uit te voeren, aanvullend op de schriftelijke enquête. De enquête bij de eerste Annen-beving resulteerde in een aantal van 247 ingevulde formulieren, terwijl na de tweede beving dit aantal 462 bedroeg. Het verschil in aantal reacties is mogelijk het gevolg van het feit dat het optreden van een tweede beving binnen zes maanden in hetzelfde gebied, bij de bevolking een grotere mate van betrokkenheid heeft veroorzaakt. De waarnemingsresultaten zijn weergegeven in de betreffende macroseismische kaartjes (zie fig. 3 en 5).

## Bepalingen aan de beving van 30 juli 1994 bij Middelstum

### Instrumenteel

Magnitude:  $M_L = 2,9$  (FSW)

Tijdstip van de beving: 09h 18m 21.1s UT

Seismische fases:

Station	Fase	h m s	Afstand km
Finsterwolde (FSW)	$P_G$	09 18 28,6	34
	$S_G$	09 18 35,1	
Westerbork (WSB)	$P_G$	09 18 32,5	48
	$S_G$	09 18 43,5	
Witteveen (WIT)	$P_G$	09 18 34,0	59
	$S_G$	09 18 43,5	
Winterswijk (WTS)	P	09 18 48 *	150
	$S_N$	09 19 06,0	
	$S_G$	09 19 09,5	
Heimansgroeve (HGN)	$P_N$	09 19 12,5	290
	S	09 19 45 *	
Epen (ENN)	(P)	09 19 17 *	290

\* = Inzettijd niet nauwkeurig te bepalen door geringe signaal/ruis verhouding.

De bovenstaande aankomsttijden zijn weergegeven in Universal Time (UT). In de Nederlandse zomertijd is het dan 2 uur later.

Met deze inzettijden is een epicentrum berekening gemaakt. De onnauwkeurigheid van deze epicentrum berekening was echter te groot om in deze context relevant te zijn. De oorzaak van deze onnauwkeurigheid is gelegen in het feit dat vrijwel alle stations in zuidelijke richting ten opzichte van het epicentrum lagen en een geringe azimuthale variatie vertoonden.

### Macroseismisch

De resultaten van het macroseismisch onderzoek zijn weergegeven in figuur 1.



Op grond van de meldingen uit het publiek en de uitgevoerde enquête werd een macroseismisch epicentrum bepaald op:

06,642° OL	Amersfoort-coördinaten: $x = 238,5 \pm 0,5$ km
53,345° NB	Amersfoort-coördinaten: $y = 596,0 \pm 0,5$ km

De diepte van de beving werd met de macroseismische methode bepaald op  $h = 0,9 \pm 0,5$  km met de formule van Sponheuer en Kövesligethy (Bijlage A).

In figuur 2 is de relatie tussen de intensiteit en de afstand weergegeven. De diepte van 900 meter komt ongeveer overeen met de overgang tussen het Tertiair en de daaronder gelegen lagen van het Krijt. De lokale geologische structuur bij Middelstum is complex en behoeft nadere studie.

## Bepalingen aan de beving van 16 augustus 1994 bij Annen

### Instrumenteel

Magnitude:  $M_L = 2,6$  (FSW)

Tijdstip van de beving: 14h 37m 39.7s UT

Seismische fases:

Station	Fase	h m s	Afstand km
Westerbork (WSB)	$P_G$	14 37 44,18	18
	$S_G$	14 37 47,99	
Bovensmilde (BVS)	$P_G$	14 37 44,34	19
	$P_G$	14 37 *	28
Witteveen (WIT)	$S_G$	14 37 50,0	
	$P_G$	14 37 47,06	32
Finsterwolde (FSW)	$S_G$	14 37 52,1	
	$P_G/P_N$	14 38 01,58	120
Winterswijk (WTS)	$S_G$	14 38 16,12	

\* = Inzettijd niet nauwkeurig te bepalen door geringe signaal/ruis verhouding.

De bovenstaande tijden zijn weergegeven in Universal Time (UT). In de Nederlandse zomertijd is het dan 2 uur later.

Met het computerprogramma HYPO71 werd, met de seismische data van de stations WSB, BVS en FSW, een hypocentrum bepaald op:

06,720° OL      Amersfoort-coördinaten:  $x = 244,3 \pm 0,5$  km  
 53,064° NB      Amersfoort-coördinaten:  $y = 564,8 \pm 0,5$  km  
 Haarddiepte = 3 km

Met een polarisatie-analyse methode werd, met de seismische data van het station Finsterwolde een epicentrum bepaald op:

06,705° OL      Amersfoort-coördinaten:  $x = 243,3 \pm 0,5$  km  
 53,072° NB      Amersfoort-coördinaten:  $y = 565,7 \pm 0,5$  km

### Macroseismisch

De resultaten van het macroseismisch onderzoek zijn weergegeven in figuur 3. Op grond van de meldingen uit het publiek en de uitgevoerde enquête werd een macroseismisch epicentrum bepaald op:

06,715° OL	Amersfoort-coördinaten: $x = 244,0 \pm 0,5$ km
53,061° NB	Amersfoort-coördinaten: $y = 564,5 \pm 0,5$ km

De diepte van de beving werd met de macroseismische methode bepaald op  $h = 3,0 \pm 0,5$  km met de formule van Sponheuer en Kövesligethy (Bijlage A).

In figuur 4 is de relatie tussen de intensiteit en de afstand weergegeven. De figuur laat een maximale intensiteit van ongeveer V zien in een zeer beperkt gebied. Verder is de isoseiste III gestreept weergegeven om aan te duiden dat op veel plaatsen onvoldoende enquêtegegevens aanwezig waren zodat de lijn op een aantal plaatsen is gebaseerd op slechts één enkele melding. Soms betreft het zelfs een interpolatie van de curve. Bij de tweede aardbeving van Annen is hierop gereageerd door de schriftelijke enquête aan te vullen met een telefonische enquête waardoor een vollediger beeld ontstaat.

## Bepalingen aan de beving van 31 januari 1995 bij Annen

### Instrumenteel

Magnitude:  $M_L = 2,2$  (FSW)

Tijdstip van de beving: 19h 47m 55.6s UT

Seismische fases:

Station	Fase	h m s	Afstand km
Westerbork (WSB)	P <sub>G</sub>	19 48 *	18
	S <sub>G</sub>	19 48 *	
Bovensmilde (BVS)	P <sub>G</sub>	19 48 01,6	19
	S <sub>G</sub>	19 48 *	
Finsterwolde (FSW)	P <sub>G</sub>	19 48 02,58	32
	S <sub>G</sub>	19 48 07,54	

\* = Inzettijd niet nauwkeurig te bepalen door geringe signaal/ruis verhouding.

De bovenstaande tijden zijn weergegeven in Universal Time (UT). In de Nederlandse wintertijd is het dan 1 uur later.

Met een polarisatie-analyse methode werd, met de seismische data van het station Finsterwolde een epicentrum bepaald op:

06,710° OL            Amersfoort-coördinaten:  $x = 243,6 \pm 0,5$  km  
 53,067° NB            Amersfoort-coördinaten:  $y = 565,2 \pm 0,5$  km

### Macroseismisch

De resultaten van het macroseismisch onderzoek zijn weergegeven in figuur 5. Op grond van de meldingen uit het publiek en de uitgevoerde enquête werd een macroseismisch epicentrum bepaald op:

06,723° OL            Amersfoort-coördinaten:  $x = 244,5 \pm 0,5$  km  
 53,055° NB            Amersfoort-coördinaten:  $y = 563,8 \pm 0,5$  km

De diepte van de beving werd met de macroseismische methode bepaald op  $h = 2,8 \pm 0,5$  km met de formule van Sponheuer en Kövesligethy (Bijlage A).

In figuur 6 is de relatie tussen de intensiteit en de afstand weergegeven.

### **Toelichting op de macroseismische kaarten**

In de macroseismische kaarten in dit rapport zijn de intensiteiten gebaseerd op de EMS-Intensiteitsschaal (Grünthal, 1993) en weergegeven met Romeinse cijfers. In het macroseismische kaartje voor de Middelstum-beving zijn, door de telefonische benadering van de geënquêteerden, alle meldingen ingetekend. Dit in tegenstelling tot de kaartjes voor de beide Annen-bevingen, waarbij meerdere meldingen per halve Amersfoort-grid (500 m) als één representatieve intensiteitswaarde zijn weergegeven. In de macroseismische kaart voor de eerste beving bij Annen is het gebied, waarin de beving mogelijkwijs waargenomen had kunnen zijn met een intensiteit II, door gebrek aan voldoende meldingen niet door een isolijn begrensd. Voor de beide bevingen bij Annen blijkt het verschil tussen het instrumenteel en het macroseismisch bepaalde epicentrum niet meer te bedragen dan 1 à 2 km. Dit is gezien het aantal en de ligging van de seismische stations een goed resultaat.

### **Zoutformatie van Anloo**

De epicentra van de twee bevingen bij Annen lagen op een afstand van slechts enkele kilometers van de zoutformatie van Anloo. Deze zoutformatie is voor zover is na te gaan niet van invloed geweest op de instrumentele en macroseismische bepalingen.

### **Conclusie**

Het aantal aardbevingen in Noord-Nederland groeit gestaag. Een aantal bevingen, zoals die bij Middelstum en Annen/Anloo, is zodanig sterk dat zij door de bevolking worden opgemerkt. Via een enquête kunnen dan meer gegevens beschikbaar komen. Met name het gebied rond Middelstum is nu al een aantal keren door wat zwaardere bevingen getroffen. Het is echter op grond van de risicostudie voor Noord-Nederland niet te verwachten dat de kracht van deze schokken groter zal worden dan 3,3 op de schaal van Richter (De Crook, 1995).

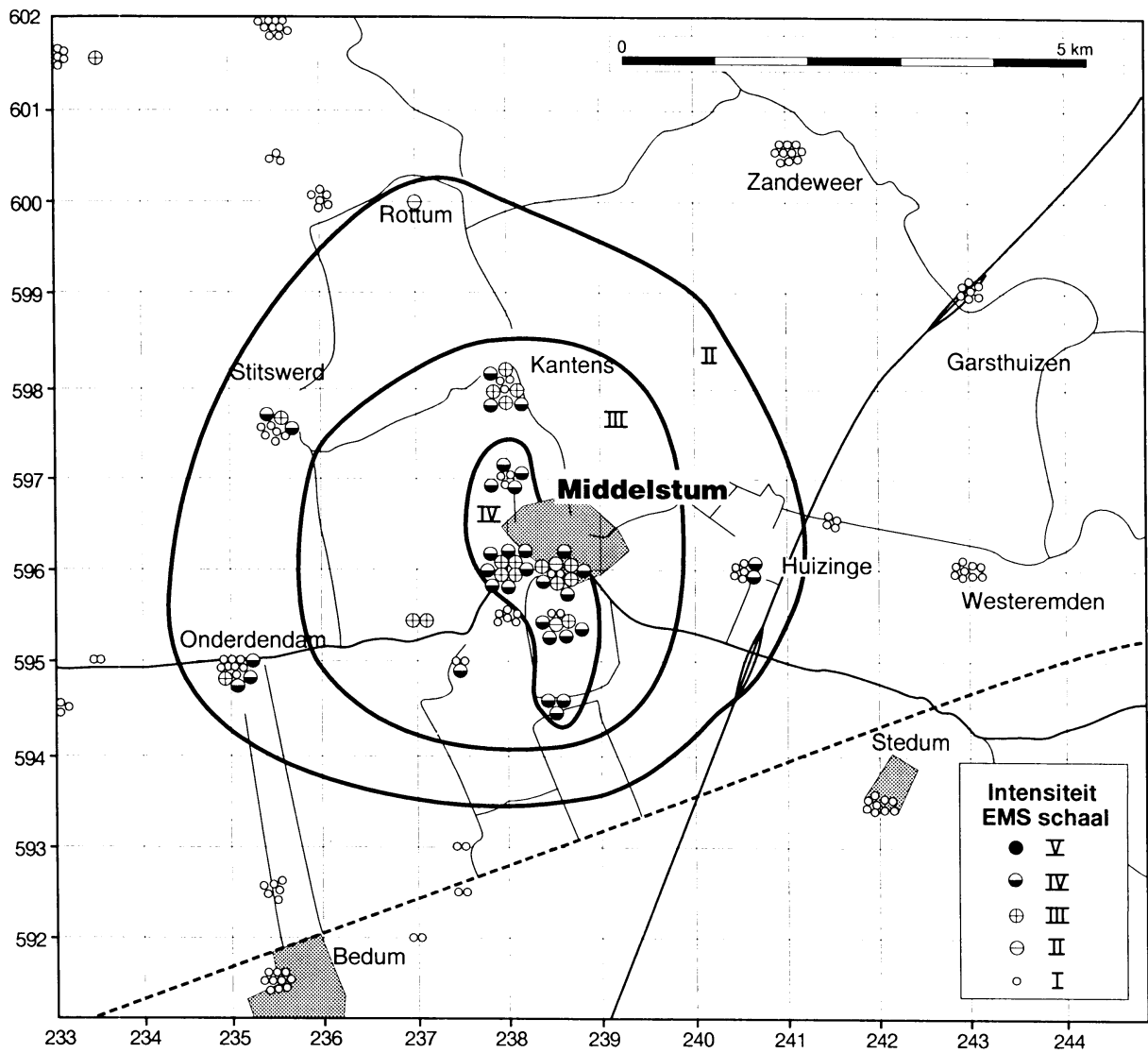
De aardbevingen bij Annen/Anloo betreffen waarschijnlijk de breuken aan de zuidzijde van het Annerveen-veld. De diepte van de aardbevingen, circa 3 km, maakt bovendien een verbinding met dit veld waarschijnlijk.

Het uitvoeren van enquêtes na een door de bevolking gevoelde aardbeving kan meer informatie opleveren dan alleen informatie uit seismische registraties. Deze enquêtes maken de verbinding tussen de kracht op de schaal van Richter en de gevolgen aan het oppervlak van de aarde duidelijk. Toch is het uitvoeren van een dergelijke enquête geen routinezaak omdat deze zo snel mogelijk na de aardbeving moet plaatsvinden. Daarin is de steun van lokale pers en overheid belangrijk. De aanvulling met telefonisch verkregen gegevens bleek bij deze schokken in feite onontbeerlijk te zijn.

Het KNMI heeft de medewerking van de gemeente Anloo bijzonder op prijs gesteld en wil tevens de inzenders van de enquêteformulieren, alsmede degenen die telefonisch werden benaderd, bedanken voor de nauwgezette wijze waarop zij de vragen beantwoord hebben.

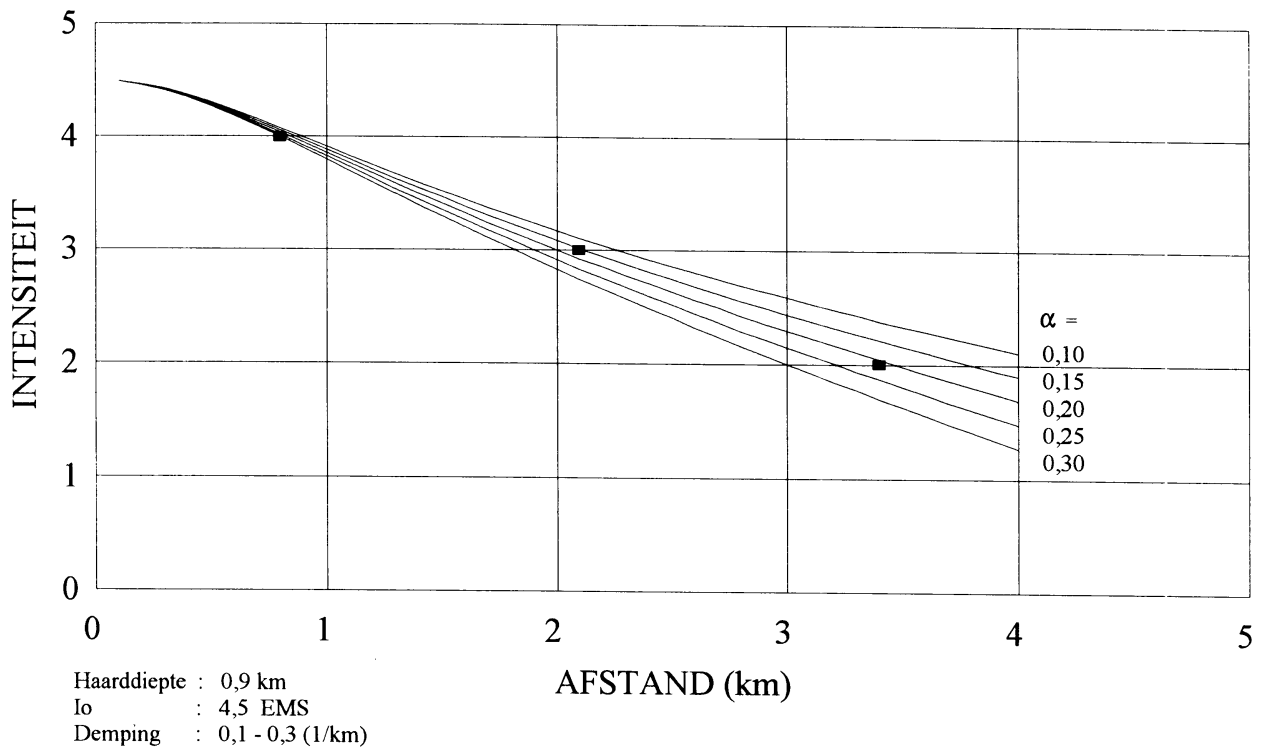
## Referenties

- Aki, K and P.G. Richards, 1980 - Quantative Seismology-Theory and Methods. W.H. Freeman and Co, San Francisco, pp. 37-60.
- Brune, J.N., 1970 - Tectonic stress and the spectra of seismic shear waves from earthquakes. *J. Geophys. Res.* 75, No. 26, pp. 4997-5009 (76 No. 20, pp. 5002: correction).
- Crook, Th. de, B. Dost, H.W. Haak, 1995 - Analyse van het seismische risico in Noord-Nederland. KNMI Technisch Rapport, TR-168, pp. 1-30.
- Grünthal, G. (ed.), 1993 - European Macroseismic Scale 1992 (updated MSK-scale). Published in *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, Luxembourg, vol. 7, pp. 1-79.
- Kövesligethy, R., 1907 - Seismische Stärkegrad u. Intensität der Beben. *Gerl. Beitr. Geophys.* Leipzig, Band VIII.
- Lee, W.H.K. and J.C. Lahr, 1975 - HYPO71 (revised): A computerprogram for determining hypocenter, magnitude and first motion patterns of local earthquakes. *Geol.Surv.Open-file Rep. U.S.* 75-311, pp. 1-116.
- Rommelts, G. and E.J.Th. Duin, 1990 - Results of a Regional Deep Seismic Survey in The Netherlands. In: *The potential; of deep Seismic Profiling for Hydrocarbon Exploration* (Eds.: B. Pinet C. Blois), Editions. Technip., Paris 1990, pp. 335-343.
- Sponheuer, W., 1960 - Methoden zur Herdtiefenbestimmung in der Makroseismik - *Freiburger Forschungsheft C88* - Akademie Verlag, Berlin, pp. 1-120.
- Sponheuer, W., 1962 - Untersuchung zur Seismizität von Deutschland. *Veröffentlichungen des Instituts für Bodendynamik und Erdbebenforschung in Jena*, Heft 72, pp. 23-52.



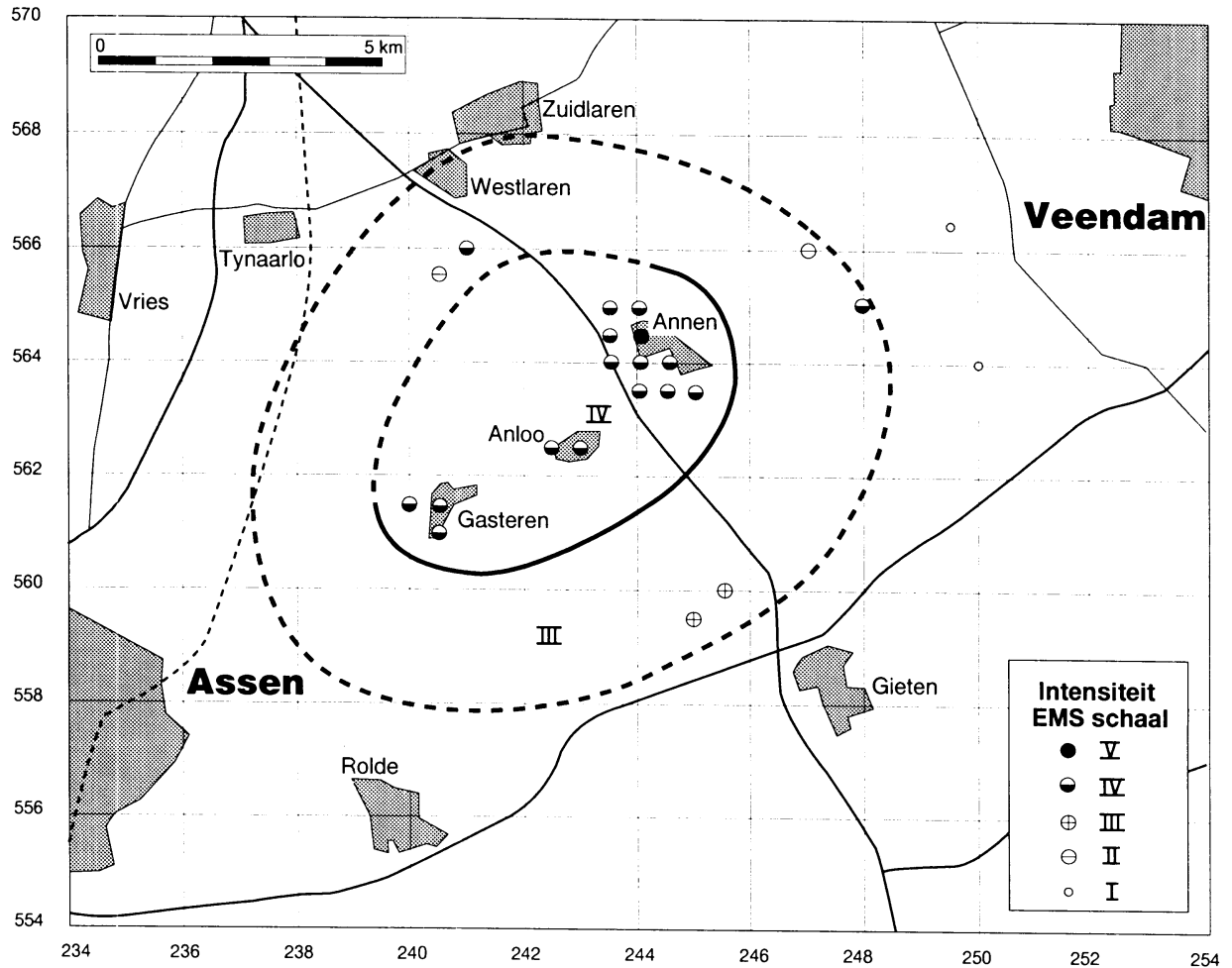
*Figuur 1. Macroseismische kaart met isoseisten van de aardbeving bij Middelstum op 30 juli 1994.*

## Middelstum 3 940730



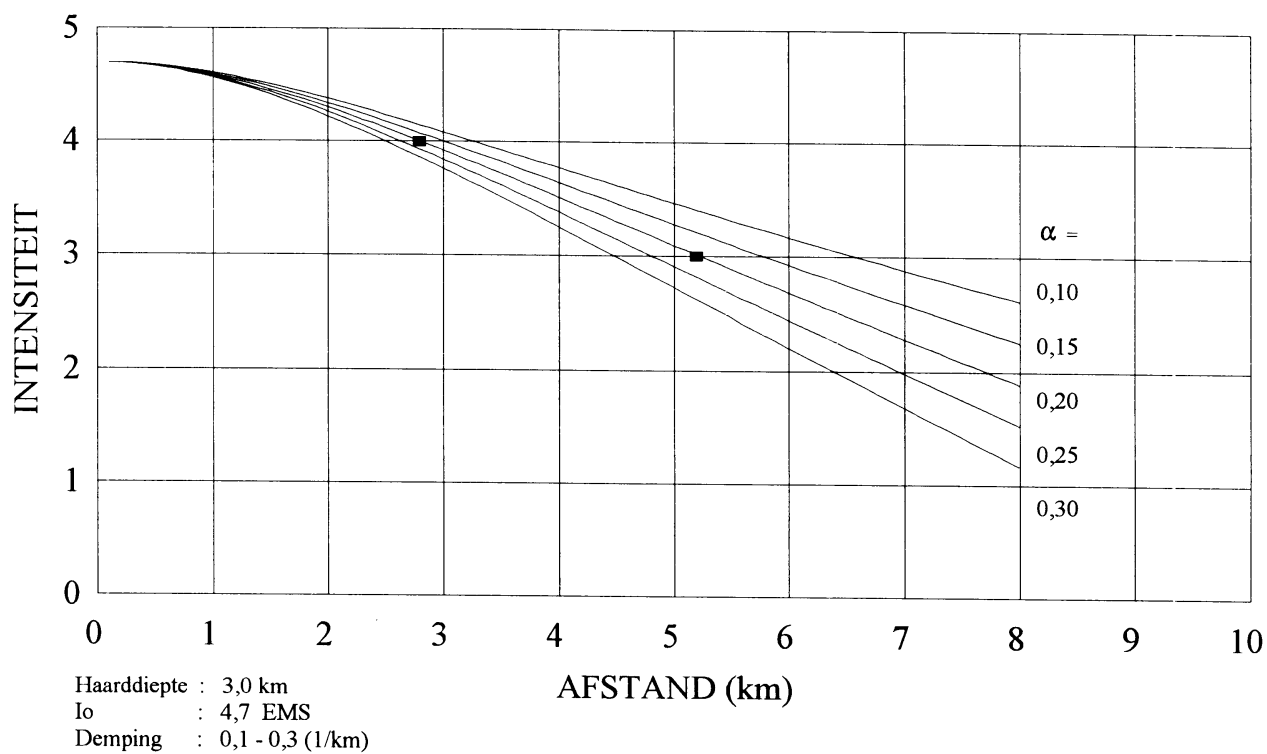
**Figuur 2.** *Afname van de intensiteit met de afstand tot het epicentrum van de beving bij Middelstum op 30-07-1994, voor de verschillende waarden van dempingsparameter  $\alpha$ . De ingetekende waarden zijn de berekende gemiddelde stralen van de isoseisten II, III en IV.*



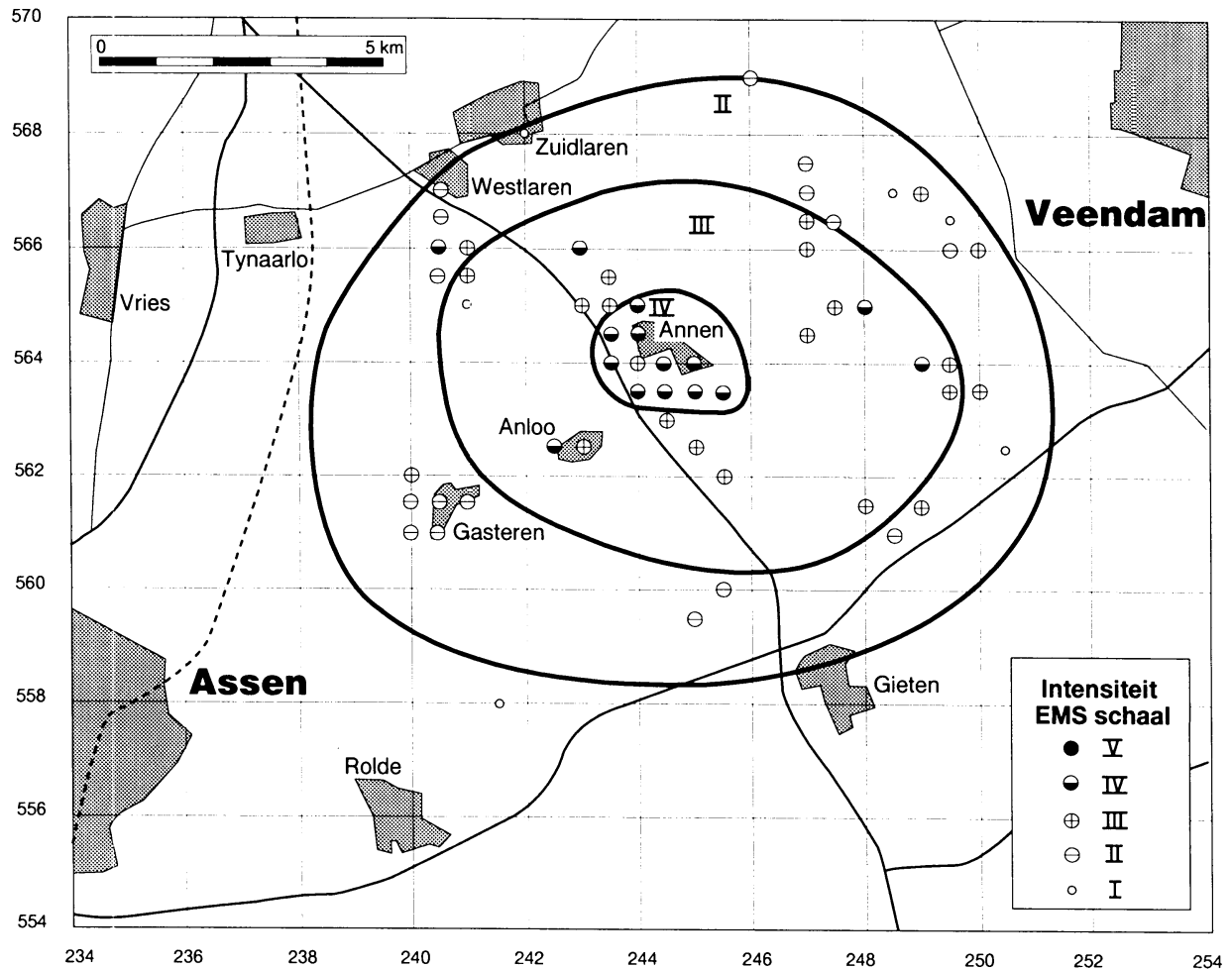


*Figuur 3. Macroseismische kaart met isoseisten van de aardbeving bij Annen op 16 augustus 1994.*

## ANNEN 1 940816

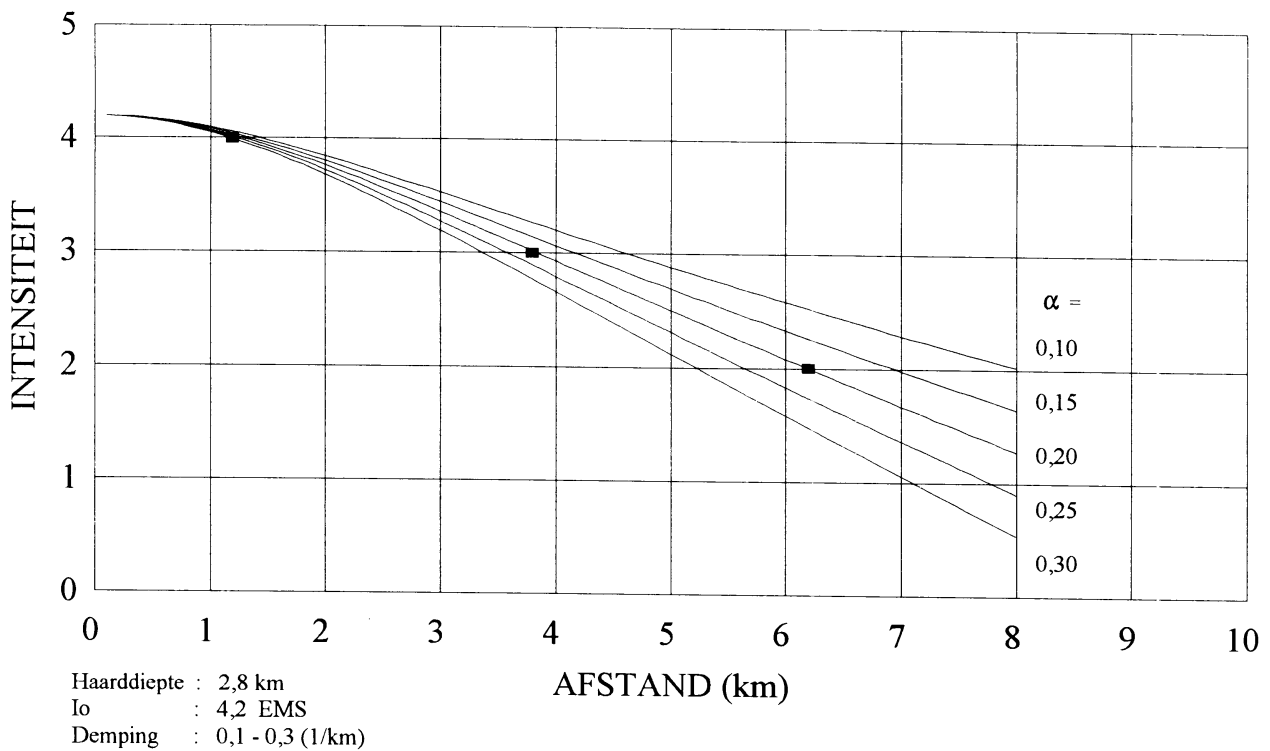


**Figuur 4.** *Afname van de intensiteit met de afstand tot het epicentrum van de beving bij Annen op 16-08-1994, voor de verschillende waarden van dempingsparameter  $\alpha$ . De ingetekende waarden zijn de berekende gemiddelde stralen van de isoseisten III en IV.*



*Figuur 5. Macroseismische kaart met isoseisten van de aardbeving bij Annen op 31 januari 1995.*

## ANNEN 2 950131



**Figuur 6.** *Afname van de intensiteit met de afstand tot het epicentrum van de beving bij Annen op 31-01-1995, voor de verschillende waarden van dempingsparameter  $\alpha$ . De ingetekende waarden zijn de berekende gemiddelde stralen van de isoseisten II, III en IV.*

## TOEGEPASTE METHODIEKEN

### A: Instrumentele methoden

#### *Magnitude bepaling*

De magnitude van een beving is een maat voor de totale hoeveelheid energie die bij een aardbeving vrijkomt in de vorm van seismische golven. De magnitude wordt bepaald aan de hand van de amplitudes van de seismische golven zoals die in het seismogram zijn opgetekend.

Voor aardbevingen op een afstand van minder dan 1000 km tot een seismisch station wordt de magnitude gegeven als een lokale magnitude ( $M_L$ ). Deze  $M_L$  gaat uit van de oorspronkelijke definitie van Richter. In de definitie van Richter heeft de magnitude een logaritmisch verband met de amplitude in het seismogram. Door Richter werd gedefinieerd dat een beving een lokale magnitude  $M_L = 3$  heeft wanneer bij een seismograafvergroting van 2800, op een afstand van 100 km een amplitude van 1 mm gevonden wordt.

De bepaling van deze grootte uit de registraties van verticale in plaats van de horizontale instrumenten zal de  $M_L$ -waarde onderschatten met ca. 0,2. Hiervoor is in de bepalingen gecorrigeerd.

Om een goede onderlinge vergelijking te waarborgen zijn waar mogelijk de registraties van het station Winterswijk gekozen voor de bepaling van  $M_L$ . Vanaf 1992 worden vooral ook de registraties van het station Finsterwolde hierbij toegepast.

#### *Epicentrum bepaling*

De instrumentele bepaling van het epicentrum en hypocentrum steunt op de aankomsttijden van de verschillende golftypen, ook wel seismische fases genoemd, die van het seismogram af te lezen zijn. Het snelheidsprofiel van de bodem tussen epicentrum en seismisch station (korstmodel) wordt gebruikt om de theoretische aankomsttijden uit te rekenen. De verschillende golftypen worden aangeduid met afkortingen zoals  $P_G$ ,  $P_N$ , en  $S_N$ . P staat voor de primaire of longitudinale golven, S voor secundaire of transversale golven. De aanduiding G of N is een indicatie van het doorlopen traject van de golven. Het snelheidsprofiel is de snelheid van longitudinale en transversale golven als functie van de diepte.

De haardtijd (tijdstip van de beving), de epicentrale coördinaten en de haarddiepte kunnen met instrumentele methoden bepaald worden. Hiervoor zijn tenminste 4 (nauwkeurige) onafhankelijke seismische gegevens noodzakelijk.

Met behulp van een computerprogramma (HYPO71) worden op een iteratieve manier de haardparameters bepaald, waarbij de tijdsverschillen tussen de werkelijke aankomsttijden en de theoretische aankomsttijden voor de verschillende seismische fases geminimaliseerd worden. De theoretische aankomsttijden worden berekend uit het korstmodel. Uit de berekening volgt dat de diepte-parameter de grootste fout-marges vertoont.

Een epicentrumbepaling aan de hand van de registraties van slechts één 3-componenten-seismometerstation is met redelijk betrouwbaar resultaat mogelijk bij

epicentrale afstanden tot ca. 40 km. Het lokaliseren van het epicentrum is hierbij gebaseerd op het bepalen van zowel de richting (azimuth) waaruit het seismische signaal komt als op de afstand tot het betreffende station. Hierbij wordt de afstand afgeleid uit het verschil in aankomsttijd in het seismogram van respectievelijk de longitudinale P-golf en de transversale S-golf. Deze beide golftypen hebben hun eigen specifieke voortplantingssnelheden. Het azimuth kan worden gevonden door toepassing van de polarisatie-analyse. Hierbij worden met behulp van een computerprogramma de horizontale seismografen of geofoons elektronisch gedraaid in de richting van het epicentrum (radiële component) en loodrecht op die richting (transversale component). De P-golven worden dan maximaal waargenomen in de radiële component, de S-golven in de transversale component.

### *Hypocentrum bepaling*

Voor de bepaling van het hypocentrum van een lokaal geregistreerde aardbeving is het standaard computerprogramma HYPO71 (Lee & Lahr, 1975) gebruikt.

Essentieel voor betrouwbare resultaten bij hypocentrum bepalingen is een nauwkeurig snelheidsprofiel van de ondergrond.

Wanneer de stations gelijkmatig rond het epicentrum liggen, zijn slechts matig nauwkeurige snelheidsprofielen nodig voor de bepaling van het epicentrum. Zelfs een profiel met een constante P-snelheid dus onafhankelijk van de diepte levert een aanvaardbare nauwkeurigheid op voor een epicentrum binnen het netwerk. Voor de bepaling van het hypocentrum (dus epicentrum en de diepte van de beving) geldt dat te lage snelheden de diepte van de beving overschatten, terwijl te hoge snelheden de berekende diepte juist geringer maken. De gebruikte snelheidsprofielen zijn ontleend aan gegevens van de Rijks Geologische Dienst. Deze gegevens zijn betrouwbaar tot een diepte van ca. 5 km. De snelheidsgegevens voor lagen dieper dan 5 km zijn ontleend aan algemene, voor Nederland gemiddelde modellen. De diepte van de Moho (overgang tussen de korst en de mantel van de aarde) is ontleend aan: "Results of a Regional Deep Seismic Survey in The Netherlands" door G. Remmelts and E.J.Th. Duin (1990).

### *Bepaling van de seismotektonische haardparameters*

Een nadere precisering van een aardbeving kan uit de seismogrammen worden verkregen onder de aanname van een model van de aardbeving. Een veel gebruikt model is ontwikkeld door Brune (1970).

Dit model is het uitgangspunt van een aantal formules voor de berekening van het seismisch moment, de drukdaling (stress drop) tijdens de beving, de gemiddelde straal van het breukvlak dus ook het oppervlak van de breuk en de totale verschuiving tijdens de beving.

Het model van Brune beschrijft een aardbeving als een verschuiving langs een breuk. Vóór de beving is er door de aanwezige krachten een elastische vervorming van het gesteente aan weerszijden van de breuk. Tijdens de beving plant zich een verschuiving voort over het breukvlak met een snelheid die tussen de P- en de S-snelheid in ligt. Na de beving is een deel van de elastische vervorming verdwenen en de druk is afgenomen.

Een aardbeving ontstaat door tangentiële krachten op het breukvlak. Aan weerszijden van het breukvlak hebben deze krachten een verschillend teken, er ontstaat dus een koppel van krachten. De waarde van dit koppel wordt weergegeven door het seismisch moment. Doordat één koppel van krachten aanleiding geeft tot rotaties is voor de correcte theoretische beschrijving een tweede even groot krachtenkoppel noodzakelijk. (Aki & Richards, 1980). Dit dubbel koppelmodel van een aardbeving is de gangbare theorie en is vele malen in de praktijk geverifieerd o.a. aan de hand van het stralingspatroon van P-golven. In dit bestek voert het te ver de theorie nader uit te werken.

De gegevens voor het Brune model worden deels uit het seismogram bepaald en deels uit de mechanische eigenschappen van het gesteente ter plaatse van het hypocentrum. De gegevens uit het seismogram worden verkregen door de spectrale analyse. Het seismogram wordt daartoe gecorrigeerd voor de frequentie afhankelijke vergroting van de seismometer.

Uit de theorie volgt dat het frequentiespectrum vlak is voor lage frequenties tot aan de grensfrequentie  $f_0$ . Boven deze frequentie neemt het spectrum af met 20 dB per decade of 12 dB per octaaf. Uit de spectrale analyse zijn dus de gegevens  $f_0$  en het niveau voor de spectrale dichtheid voor lage frequenties ( $\Omega_0$ ) te bepalen.

Voor het seismisch moment  $M_0$ , de stressdrop  $\Delta\sigma$ , de gemiddelde straal van het breukvlak  $r_0$  en de verplaatsing van de breuk  $d_0$  zijn in het Brune model de volgende formules van kracht:

$$M_0 = \frac{4 \pi v_\beta^3 \rho \Omega_0 R}{0,85}$$

$$\Delta\sigma = \frac{106 \rho R \Omega_0 f_0^3}{0,85}$$

$$r_0 = \frac{2,34 v_\beta}{2 \pi f_0}$$

$$d_0 = \frac{M_0}{\pi \rho v_\beta^2 r_0^2}$$

$$M_0 = \mu d_0 A = \mu d_0 \pi r_0^2$$

waarin:

$v_\beta$	=	de snelheid van S-golven
$\rho$	=	de dichtheid van het gesteente ter plaatse van het hypocentrum
A	=	het oppervlak van de breuk
$\Omega$	=	de spectrale dichtheid voor lage frequenties
R	=	de afstand van de beving tot het seismisch station
$\mu$	=	de elastische schuifspanningsconstante
0.85	=	een correctiefactor voor het stralingspatroon
$f_0$	=	de kantelfrequentie in de spectrale dichtheid van het seismogram

De relatie tussen het seismische moment  $M_0$  en de lokale magnitude  $M_L$  wordt gegeven door de empirisch bepaalde formule:

$$\log M_0 = 17,84 + 1,02 M_L$$

waarbij  $M_0$  in dyne cm

De bovenstaande formule is vooral handig om de uit het seismogram berekende waarde van het seismisch moment  $M_0$  te controleren met de lokale magnitude  $M_L$ .

Met dit arsenaal van formules en methoden kan ook voor kleine magnitudes een vrij complete beschrijving van de aardbeving worden gegeven.

### B: Macroseismische methoden

Het macroseismische gebied van een beving is het gebied waarbinnen de beving wordt gevoeld, voorwerpen in beweging worden gebracht, of schade wordt aangericht. De grootte die de maatstaf is voor de waargenomen verschijnselen heet de Intensiteit (I). De samenhangende beschrijving van de verschillende intensiteiten, de intensiteitsschaal, is weergegeven in bijlage B (EMS-intensiteits-schaal, gedeeltelijk). Er zijn verschillende op details afwijkende intensiteitsschalen in gebruik. Voor Europa werd de MSK (Medvedev, Sponheuer, Kárnik) schaal uit 1964 het meest gebruikt. Een andere veel gebruikte schaal is de Modified Mercalli schaal (MM schaal). Tegenwoordig is de European Macroseismic Scale (EMS) in gebruik. De gesloten curve die plaatsen met gelijke intensiteiten verbindt, heet een isoseiste of intensiteitscontour.

Macroseismische methoden maken gebruik van de isoseisten om tot de bepaling van sterkte, epicentrum en haarddiepte van een beving te komen. Voor het tijdperk waarin nog niet algemeen met seismografen geregistreerd werd, dus voor 1900, werden uitsluitend macroseismische methoden gebruikt. De nauwkeurigheid van macroseismische methoden is beperkt, vooral in die gebieden waar door een gering aantal bevingen de lokale factoren nog onvoldoende bekend zijn. De ervaring met bevingen in het buitenland leert dat de instrumenteel bepaalde sterkte, epicentrum en haarddiepte vaak afwijken van de macroseismisch bepaalde parameters. De oorzaak wordt gezocht in de macroseismische methode zelf, maar ook in de heterogene ondergrond. De isoseisten zijn meestal niet concentrisch en kunnen sterk asymmetrische vormen aannemen.

Bij zeer zwakke bevingen speelt nog een ander probleem. Het begin van de intensiteitsschaal maakt gebruik van door mensen gevoelde trillingen. Dit is een subjectief element in de Intensiteitsschaal. Het tijdstip waarop de beving heeft plaatsgevonden speelt bijvoorbeeld een belangrijke rol bij de vraag of de beving algemeen gevoeld is of niet. Voor iets sterkere bevingen speelt de bouwwijze van een land mee.

Voor alle bevingen geldt dat in Nederland relatief hogere intensiteiten worden waargenomen dan in de ons omringende landen het geval is. Dit houdt mogelijk verband met het dikke sedimentpakket in Nederland.



De nauwkeurigheid voor de bepaling van de intensiteit neemt af naarmate deze kleiner wordt. Voor de gebieden met een lage intensiteit moet worden afgegaan op de ervaringen van de bevolking en kan niet gekeken worden naar opgetreden schade. De ervaringen van personen zijn sterk afhankelijk van de omstandigheden waarin deze zich bevinden en is min of meer ook afhankelijk van het tijdstip. De grootste kans dat een klein lokaal schokje gevoeld wordt, is wanneer de persoon rustig in een stoel zit; de kleinste kans is wanneer deze zich beweegt. Een andere factor die ervoor zorgt dat de meldingen in eenzelfde gebied van lage intensiteit sterk uiteen kunnen lopen, wordt veroorzaakt door de korte duur van de beweging, welke inherent is aan een klein lokaal schokje. Het publiek krijgt niet de gelegenheid zich op een mogelijke beweging te concentreren. Dit in tegenstelling tot een sterke beving op grote afstand waarbij in eenzelfde laag intensiteitsgebied de bewegingen langer aanhouden zodat voorwerpen in resonantie kunnen komen. Dit heeft tot gevolg dat in dit laatste geval de meldingen consistentere zijn dan uit een gebied met dezelfde lage intensiteit voor een lokaal schokje. De beschrijvingen in de MSK- en EMS-schalen van de lage intensiteiten zijn dan ook gebaseerd op sterke bevingen op grote afstand.

De basisformule van Sponheuer (1960) en Kövesligethy (1907) beschrijft het verloop van de intensiteit als functie van de afstand tot het epicentrum en de diepte

$$I = I_0 - 3 \log_{10}((h^2 + r_1^2)^{1/2}/h) - 3 \alpha 0,4343((h^2 + r_1^2)^{1/2} - h)$$

waarin:  $I$  = de intensiteit als functie van  $I_0$ ,  $h$ ,  $r_1$ , en  $\alpha$   
 $I_0$  = de intensiteit in het epicentrum  
 $h$  = de haarddiepte in km  
 $r_1$  = de afstand van de isoseiste  $I$  tot het epicentrum  
 $\alpha$  = een empirische dempingscoëfficiënt.

In deze formule is dus de nummering van de intensiteitsbeschrijving (vaak aangegeven met Romeinse cijfers) opgevat als een continue variabele.

Wanneer de isoseisten erg grillig zijn, wordt  $r_1$  berekend met de formule

$$r_1 = (A_1 / \pi)^{1/2}$$

waarin:  $r_1$  = de berekende straal waarbinnen gemiddeld een intensiteit groter dan of gelijk  $I$  is gemeten  
 $A_1$  = het oppervlak binnen de isoseiste  $I$

Voor de bepaling van de isoseisten wordt vaak gebruik gemaakt van telefonische meldingen uit het publiek.

Enquêteren is echter te prefereren boven de spontane meldingen, wanneer het gebied waarbinnen de beving is gevoeld relatief klein is, omdat:

- ook mensen die de beving niet hebben gevoeld worden gehoord;
- de enquête een teveel aan meldingen uit de grote bevolkingscentra vermijdt, waardoor vaak bij andere methoden een vertekend beeld ontstaat;
- er gericht kan worden doorgevraagd aan de hand van een vooraf opgesteld enquêteformulier;
- het initiatief bij de onderzoeker ligt.

### ***Macroseismische magnitude bepaling***

De macroseismische magnitude is een schatting van de sterkte van de beving op grond van de waargenomen intensiteit  $I_0$  in het epicentrum.

Er zijn voor verschillende seismisch actieve gebieden op aarde dergelijke empirische relaties gepubliceerd, die alle ongeveer dezelfde waarden opleveren. De formule die hier is gebruikt (Sponheuer, 1962) bevat een aantal constanten die zijn aangepast voor Duitsland:

$$M = 0,52 I_0 + 1,56 \log_{10} h + 0,7 \alpha h$$

waarin:  $I_0$  = maximale intensiteit  
 $h$  = haarddiepte  
 $\alpha$  = empirische demping

Hoewel de instrumenteel bepaalde magnitudes over het algemeen meer betrouwbaar zijn, is in dit geval de macroseismische magnitude toch uitgerekend om de waargenomen maximale intensiteit  $I_0$  naar orde van grootte te verifiëren.

### ***Macroseismische epicentrum bepaling***

Voor de bepaling van het macroseismische epicentrum is uitgegaan van het gebied dat wordt omsloten door de waargenomen isoseiste met de grootste intensiteitswaarde. Het macroseismisch epicentrum heeft coördinaten die overeenkomen met het midden (zwaartepunt) van dit omsloten gebied. Theoretisch moet dus in het epicentrum de intensiteit  $I_0$  worden waargenomen.

### ***Macroseismische haarddiepte bepaling***

De haarddiepte van de bevingen is bepaald m.b.v. de bovengenoemde formule van Sponheuer en Kövesligethy. In deze formule zijn de onbekenden de parameters  $I_0$ ,  $h$  en  $\alpha$ , respectievelijk de intensiteit in het epicentrum, de haarddiepte en de dempingsparameter.

Door het niet-lineaire karakter van de formule moet de oplossing verkregen worden door een iteratieve benadering. Door Sponheuer zijn daarvoor verschillende methodes aangegeven. Daarnaast kunnen grafische methoden worden toegepast. Beide benaderingen zijn uitgevoerd en leveren dezelfde waarden voor  $I_0$ ,  $h$  en  $\alpha$ . De schatting van de fouten voor de parameters vormt een lastiger probleem, en is daarom uitsluitend grafisch aangepakt. De gegevens voor de formule van Sponheuer en Kövesligethy bestaan uit de stralen van de isoseisten  $r_I$  voor de verschillende intensiteitsklassen I.

De invoergegevens verkregen uit de enquête hebben dus twee onzekerheden; de onzekerheid in de intensiteitswaarde en de onzekerheid in de bepaalde straal van de isoseiste. Er is aangenomen dat de intensiteit behorende bij een isoseiste op halve waarden nauwkeurig bepaald kan worden. Bijvoorbeeld de intensiteit van de isoseiste met  $I = 3$  kan variëren tussen  $I = 2,75$  en  $3,25$ . Er is verder aangenomen dat de straal van de isoseiste met 50% van de straal kan variëren bijvoorbeeld  $r_{III} = 4$  km kan variëren tussen 3 en 5 km.

## EMS-INTENSITEITSSCHAAL


(gedeeltelijk weergegeven)

Intensiteit	Aanduiding	Verschijsel	Magnitude
I	<i>Niet gevoeld</i>	a Niet gevoeld, zelfs onder de meest gunstige omstandigheden. b Geen effecten. c Geen schade.	0.8 - 1.3
II	<i>Nauwelijks gevoeld</i>	a De aardbeving wordt slechts binnenshuis gevoeld door een enkeling (minder dan 1%) in rusttoestand of in een bijzonder ontvankelijke situatie. b Geen effecten. c Geen schade.	1.3 - 1.8
III	<i>Zwak</i>	a De aardbeving wordt binnenshuis gevoeld door enkelen. Mensen in rusttoestand voelen een schommeling of lichte trilling. b Opgehangen voorwerpen slingeren licht heen en weer. c Geen schade.	1.8 - 2.4
IV	<i>Algemeen waargenomen</i>	a De aardbeving wordt binnenshuis door velen gevoeld en buitenshuis slechts door enkelen. Enkelen worden wakker. De sterkte van de trillingen is matig en is niet beangstigend. Men neemt een licht trillen of zwaaien van het gebouw, kamer, bed of stoel waar. b Rammelen van serviesgoed, glaswerk, ramen en deuren. Hangende voorwerpen slingeren. In een enkel geval begint licht huisraad te schudden en houtwerk te kraken. c Geen schade.	2.4 - 2.9
V	<i>Sterk</i>	a De aardbeving wordt binnenshuis door de meeste mensen gevoeld, buitenshuis door weinigen. Enkele mensen schrikken en rennen naar buiten. Veel slapende mensen worden wakker. Een sterk trillen of schudden van het hele gebouw, kamer of meubilair wordt waargenomen. b Hangende voorwerpen slingeren in aanzienlijke mate. Servies en glaswerk rinkel. Kleine, topzware en/of wankel voorwerpen kunnen verschuiven of omvallen. Deuren en ramen zwaaien open en dicht. In enkele gevallen breken vensterruiten. Schommelingen in vloeistoffen waarbij volle vloeistofreservoirs kunnen overlopen. Dieren in huis kunnen onrustig worden. c Schade met gradatie 1 aan enkele gebouwen.	2.9 - 3.5
VI	<i>Lichte schade veroorzakend</i>	a Door de meeste mensen binnenshuis gevoeld en door velen buitenshuis. Enkele personen verliezen hun evenwicht. Veel mensen zijn geschrokken en rennen naar buiten. b Kleine stabiele voorwerpen kunnen omvallen en meubilair kan gaan schuiven. In enkele gevallen kan serviesgoed en glaswerk breken. Vee kan angstig worden (ook buiten). c Veel gebouwen ondergaan schade met gradatie 1; enkele lijden schade met gradatie 2.	3.5 - 4.1
		<b>Gradatie 1: Verwaarloosbare tot lichte schade (geen structurele schade)</b> haarscheurtjes in een enkele muur; neervallen van slechts kleine stukjes pleisterwerk; in een enkel geval vallen loszittende stenen van hogere delen van gebouwen.	
		<b>Gradatie 2: Matige schade (lichte structurele schade, matige niet-structurele schade)</b> scheuren in veel muren; neervallen van grotere stukken pleisterwerk; delen van schoorstenen komen omlaag.	
		EMS onderscheidt drie categorieën waarop aardbevingseffecten hun uitwerking hebben: a: uitwerking op mensen b: uitwerking op voorwerpen en op de natuur (m.u.v. schade aan gebouwen, uitwerking op de bodem). c: schade aan gebouwen	

Enquête-formulier KNMI van de aardbeving op 31 januari 1995 om 20:48 uur in de omgeving van Amnen

A1. **Cijfers omcirkelen.**  
 0. Niets gemerkt.  
 1. Wel, doorgaan svp.

Plaats: \_\_\_\_\_  
 Straat: \_\_\_\_\_  
 Postcode: \_\_\_\_\_ Huisnummer: \_\_\_\_\_



B1. Beweging.

0. Nee.  
 1. Golvend.  
 2. Schudden / Trillen  
 3. Schok.  
 4. Anders: \_\_\_\_\_ Duur sec.: \_\_\_\_\_

1. Zwak.  
 2. Duidelijk.  
 3. Sterk.  
 4. Zeer sterk.

B2. Geluid.

0. Nee.  
 1. Gerommel.  
 2. Dreun.  
 3. Knal.  
 4. Anders: \_\_\_\_\_ Duur sec.: \_\_\_\_\_

1. Zwak  
 2. Duidelijk  
 3. Sterk  
 4. Zeer sterk.

B3. Beweging met geluid.

0. N.v.t.  
 1. Beweging gelijk met geluid.  
 2. Beweging eerder dan geluid.  
 3. Geluid eerder dan beweging.

C1. Voorwerpen bewogen of maakten geluid.

0. Nee.  
 1. Serviesgoed, planten, staande kleine voorwerpen.  
 2. Hangend voorwerp zoals lamp, klokgewicht, lamellen enz.  
 3. Stool, bank, kast, bed.  
 4. Anders: \_\_\_\_\_

C2. Voorwerpen aan huis bewogen of maakten geluid.

0. Nee.  
 1. Huis, dak, muur, vloer.  
 2. Radiatoren, deuren, ramen.  
 3. Deuren of ramen openen of sloten zich.  
 4. Anders: \_\_\_\_\_

C3.\* Voorwerpen werden verplaatst of vielen.

0. Nee.  
 1. Serviesgoed, planten, staande kleine voorwerpen.  
 2. Vloestof uit kopje of glas.  
 3. Stool, bank, kast, bed.  
 4. Anders: \_\_\_\_\_

D1. Persoonlijke reacties.

Aantal personen op dit adres met hun reacties.

0. Niets gemerkt: \_\_\_\_\_  
 1. Kalm gebleven: \_\_\_\_\_  
 2. Geschrokken: \_\_\_\_\_  
 3. Beangstigend \_\_\_\_\_  
 4. Paniek: \_\_\_\_\_

D2. Andere reacties.

0. Nee.  
 1. Uzelf of de bureu zijn naar buiten gelopen.  
 2. U hebt uit het raam gekkenen.  
 3. Anders: \_\_\_\_\_

D3. Opvallend gedrag van dieren.

0. Nee.  
 1. Ja, welk: \_\_\_\_\_

E1. Waar bevond U zich.

1. Binnen  
 2. Buiten

Welke etage: \_\_\_\_\_  
 Waar: \_\_\_\_\_  
 Welke kamer: \_\_\_\_\_

F2. Positie

1. Staand.  
 2. Zittend.  
 3. Liggend.

E3. Toestand.

1. Wakker.  
 2. Wakker geworden door gebeurtenis.

F1. Ervaring als.

0. N.v.t.  
 1. Donder van onweer.  
 2. Explosie.  
 3. Vliegtuig door geluidsbarrière.  
 4. Vallend voorwerp.

5. Voorbijrijdende vrachtauto.  
 6. Voorbijrijdende zware vrachtauto.  
 7. Vrachtauto tegen huis.  
 8. Zware vrachtauto tegen huis.  
 9. Anders: \_\_\_\_\_

G1. Eventueel de richting.

0. Niet bekend.  
 1. Richtig: \_\_\_\_\_

Waar leidt u de richting uit af. \_\_\_\_\_

Zijn er schilderingen schieef gaan hangen.

0. Nee  
 1. Richtig van de muur: \_\_\_\_\_

H1. Type huis.  
 Bouwjaar: \_\_\_\_\_

1. Eengezinswoning.  
 2. Bungalow.  
 3. Vrijstaand, 2/1 kap.  
 4. Boerderij.  
 5. Flat.  
 6. Anders: \_\_\_\_\_

II. Schade.

Veroorzaakte schade: \_\_\_\_\_

0. Nee  
 1. Ja.

J1. Heeft U een vergelijkbare ervaring op dit adres meegemaakt.  
 Eventueel de datum en de sterkte in verhouding met deze beving.

0. Nee.  
 1. Ja.

K1. Andere verschijnselen en opmerkingen.

0. Geen.  
 1. Ja.

C3.\* svp verder omschrijven indien er voorwerpen zijn verplaatst of gevallen.

U wordt verzocht dit enquête-formulier (als U niets heeft gemerkt alleen deel A1) zo volledig mogelijk in te vullen en (zonder postzegel) te sturen naar:

KNMI  
 Sectie Seismologie  
 Antwoordnummer 4302  
 3720 ZB De Bilt