

Bevingen in Japan

De laatste jaren waren de zeebevingen in de buurt van Japan regelmatig in het nieuws.

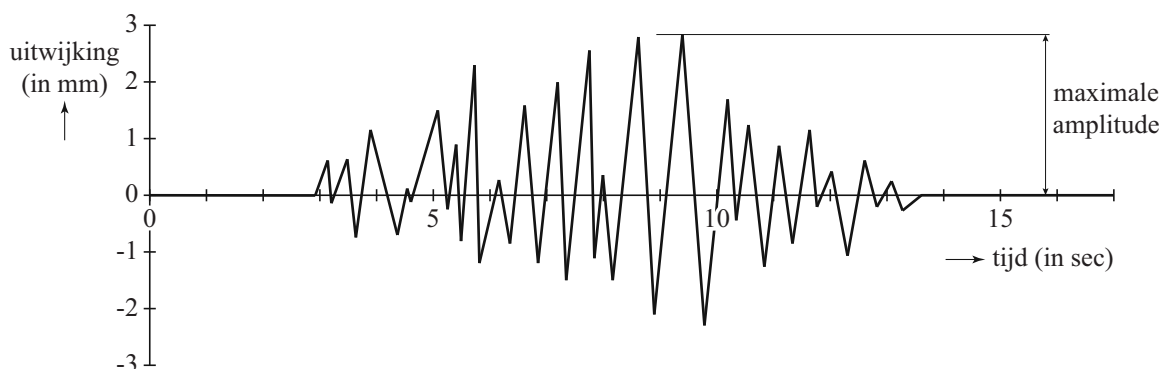
De zeebeving van 11 maart 2011 met de daaropvolgende tsunami zorgde voor grote problemen bij de kerncentrale Fukushima I. Om de reactoren te koelen, werd zeewater in de reactoren gepompt. Dit water lekte, radioactief geworden, weer terug in zee. Hierdoor raakte vis besmet met radioactief jodium en moest de visvangst tijdelijk worden stopgezet.

Radioactief jodium verdwijnt volgens een exponentieel proces. De halveringstijd van radioactief jodium is 8 dagen. Op 6 april 2011 gaven metingen aan dat er 4800 keer de maximaal toegestane hoeveelheid radioactief jodium in het zeewater aanwezig was. De maximaal toegestane hoeveelheid radioactief jodium is 5 becquerel/liter. Op het moment dat de maximaal toegestane hoeveelheid werd bereikt, mocht er weer gevist worden. We gaan ervan uit dat er na 6 april 2011 geen nieuw radioactief jodium meer in zee lekte.

5p **14** Bereken na hoeveel dagen er weer gevist mocht worden.

De zeebeving van Sendai in 2011 en de aardbeving van 2004 die een enorme tsunami in de Indische Oceaan veroorzaakte, zijn allebei bevingen met een kracht van 9,0 of meer op de schaal van Richter. De Amerikaan Charles Richter gebruikte seismogrammen om de **magnitude** (kracht) van een beving te kunnen bepalen. In de figuur zie je een voorbeeld van een seismogram. In dit seismogram zie je de gemeten trillingen van de aarde als uitwijkingen in mm. De grootste uitwijking in het seismogram heet de **maximale amplitude**.

figuur



Om de magnitude van een beving te bepalen, gebruikt men de formule van Richter. Hieronder staat een vereenvoudigde versie daarvan:

$$M = \log(A) + 3$$

In deze formule is M de magnitude en A de maximale amplitude in mm.

Uit de formule blijkt, dat als de maximale amplitude A tien keer zo groot wordt, de magnitude met 1 eenheid toeneemt.

- 3p **15** Toon met behulp van de rekenregels voor logaritmen aan dat $\log(10A) + 3$ altijd 1 groter is dan $\log(A) + 3$.

Met de formule $M = \log(A) + 3$ kan M berekend worden als A bekend is. Men kan echter ook A berekenen als M bekend is. Dat kan met de formule $A = 0,001 \cdot 10^M$.

- 3p **16** Deze laatste formule is af te leiden uit de formule $M = \log(A) + 3$.
Toon dit aan.

Bij een beving komt heel veel energie vrij. Hierbij wordt een andere formule van Richter gebruikt:

$$M = 0,67 \cdot \log(E) - 0,9$$

Hierin is E de energie die vrijkomt in kilojoule en M de magnitude op de schaal van Richter.

Een van de naschokken van de aardbeving van 2004 had een maximale amplitude van 120 mm.

- 5p **17** Bereken de hoeveelheid energie die bij deze naschok vrijkwam.