

9 Tijdens een optreden van de band Rage Against the Machine op het Pinkpopfestival in 1994 sprongen vele mensen op de maat op en neer op de muziek. Het KNMI meldde dat hierdoor op de festivallocatie een aardbeving ontstond met een magnitude van 1 op de schaal van Richter.

a Toon dit aan met een berekening waarbij je het volgende mag aannemen:

- Er zijn 4000 springende festivalgangers.
- Een gemiddelde festivalganger heeft een massa van 75 kg en springt 50 cm omhoog.
- Het tempo van de muziek geeft 90 sprongen per minuut aan.
- Alle zwaarte-energie wordt door de bodem geabsorbeerd.

Soms trilt de aarde ten gevolge van een buitenaardse oorzaak. Er is bewijs dat de aarde 65 miljoen jaar geleden is geraakt door een planetoïde. Bij deze inslag kwam een geschatte hoeveelheid energie vrij van 100 teraton TNT. De inslag leidde tot de dood van een groot deel van het leven op aarde, waaronder alle dinosauriërs. In BINAS tabel 6 vind je gegevens over de hoeveelheid energie die vrijkomt bij de explosie van 1 ton TNT.

b Laat met een berekening zien waar de aardbeving veroorzaakt door deze inslag past op de schaal van Richter.

**Opgave 9**

- a De hoeveelheid energie die per minuut vrijkomt, is een maat voor de sterkte van een aardbeving op de schaal van Richter. Zie BINAS tabel 30A.  
De hoeveelheid energie per minuut is gelijk aan de totale zwaarte-energie per minuut. De totale zwaarte-energie per minuut bereken je met de zwaarte-energie per sprong, het aantal springende festivalgangers en het aantal sprongen per minuut.  
De zwaarte-energie per sprong per festivalganger bereken je met de formule voor de zwaarte-energie.
- $$E_{zw} = m \cdot g \cdot h \text{ met } m = 75 \text{ kg}; g = 9,81 \text{ m s}^{-2} \text{ en } h = 50 \text{ cm} = 0,50 \text{ m}$$
- $$E_{zw} = 75 \times 9,81 \times 0,50 = 3,678 \cdot 10^2 \text{ J}$$
- Dus voor 4000 springende festivalgangers is dit  $4000 \times 3,678 \cdot 10^2 = 1,471 \cdot 10^6 \text{ J}$  per sprong. Met 90 sprongen per minuut wordt dit  $90 \times 1,47 \cdot 10^6 = 1,32 \cdot 10^8 \text{ J}$ . Dat is volgens BINAS tabel 30A inderdaad een beving van 1 op de schaal van Richter.
- b In BINAS tabel 2 vind je  $\text{tera} = 10^{12}$  en in BINAS tabel 6 vind je 1 ton TNT =  $4,2 \cdot 10^9 \text{ J}$ . Dus 100 teraton TNT =  $100 \cdot 10^{12}$  ton TNT. De energie hiervan komt overeen met  $100 \cdot 10^{12} \times 4,2 \cdot 10^9 = 4,2 \cdot 10^{23} \text{ J}$ . Volgens BINAS tabel 30A komt  $4 \cdot 10^6$  overeen met de sterkte 0 volgens de schaal van Richter. Als de energie met  $10^3$  toeneemt, neemt de schaal met twee punten toe. Dus  $4,2 \cdot 10^{23} \text{ J}$  komt overeen met een aardbeving met een magnitude van ongeveer 11.