

## Jurassic Park

Nog regelmatig worden er in oude aardlagen skeletonderdelen en voetsporen aangetroffen van dinosauriërs. Zie de foto.

Uit de voetsporen kunnen we zelfs achterhalen hoe snel die dinosauriërs daar liepen. Deze snelheid hangt af van de afstand tussen de voetsporen, *de paslengte*, en van de grootte van de dinosaurus die het voetspoor achterliet. Doordat soms hele skeletten gevonden zijn, weten we hoe groot zo'n dier geweest is.

foto



De biomechanicus R. McNeill Alexander heeft van een groot aantal diersoorten de relatie tussen paslengte, snelheid en grootte bepaald. Uit zijn onderzoek is een formule afgeleid die een goede schatting geeft voor de snelheid van dieren:

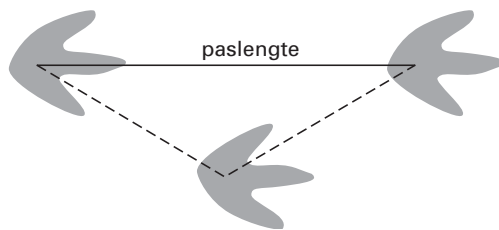
$$v = 2,81 \cdot s^{1,67} \cdot h^{-1,17}$$

Hierin is:

- $v$  de snelheid *in kilometer per uur*;
- $s$  de paslengte *in meter*, de afstand tussen twee opeenvolgende voetafdrukken van dezelfde voet (zie figuur 4);
- $h$  de heuphoogte *in meter*.

De formule geldt voor zowel twee- als viervoeters, zowel groot als klein, dus ook voor katten en honden.

figuur 4



Op een mooie winterdag staan er voetsporen in de sneeuw in de tuin. Deze zijn afkomstig van de kat van de burens, die een heuphoogte heeft van 21 cm.

Uit de voetsporen blijkt dat de paslengte 35 cm is.

- 3p 5  Bereken de snelheid van de kat toen zij die voetsporen achterliet.

De buurman, die van het onderzoek gehoord had, werd nieuwsgierig en ging een middagje fietsen met zijn hond. Het beest bleef keurig naast hem rennen, bij elke snelheid die hij fietste.

Volgens de buurman had zijn hond een paslengte van ongeveer anderhalve meter, toen de snelheidsmeter 15 km/uur aangaf. De heuphoogte van zijn hond is 40 cm.

- 3p 6  Bereken de paslengte van de hond in cm nauwkeurig.

# Eindexamen wiskunde A 1-2 havo 2005-II

foto



Neem aan dat de formule van McNeill Alexander ook geldt voor dinosauriërs. Een vuistregel voor dinosauriërs is: de hoogte  $h$  van de heup is viermaal de lengte  $l$  van de voetafdruk, ofwel  $h = 4 \cdot l$ , met  $h$  en  $l$  beide in meter.

Van een Brontosaurus zijn voetafdrukken gevonden met een lengte van 91 cm. De bijbehorende paslengte is 3,5 meter.

- 3p 7  Bereken de snelheid van deze Brontosaurus toen hij deze voetafdrukken achterliet.

Uit de verbanden  $v = 2,81 \cdot s^{1,67} \cdot h^{-1,17}$  en  $h = 4 \cdot l$  kan het volgende verband worden afgeleid:

$$v = c \cdot s^{1,67} \cdot l^{-1,17}$$

Hierin is  $c$  een constante.

- 4p 8  Bereken  $c$ . Rond je antwoord af op drie decimalen.

Meestal komt de snelheid bij dinosauriërs niet boven de 10 km/uur uit. Maar sommige voetsporen van snelrennende vleesetende dinosauriërs, zoals de Tyrannosaurus Rex, laten een hogere snelheid zien. Op dit moment houdt men voor de topsnelheid van de Tyrannosaurus Rex een snelheid van 20 km/uur aan. In de film Jurassic Park achtervolgt een exemplaar van deze soort een hard rijdende jeep, maar dat is dus onmogelijk.

Er bestaat een voetspoor van een Tyrannosaurus Rex waarin de paslengte 4,5 meter bedraagt. Volgens de formule liep hij toen met een snelheid van 16,5 km/uur.

- 4p 9  Bereken de lengte van de voetafdruk van deze dinosauriër.

Voor een vaste heuphoogte van 2,5 meter is de formule van McNeill Alexander te herschrijven tot het volgende verband:

$$v = 0,962 \cdot s^{1,67}$$

De snelheid  $v$  is dan slechts afhankelijk van de paslengte  $s$ .

- 4p 10  Bereken de gemiddelde snelheidsverandering  $\frac{\Delta v}{\Delta s}$  als de paslengte  $s$  in een voetspoor toeneemt van 2,0 meter tot 2,5 meter.

- 3p 11  Stel de afgeleide  $v'$  van  $v$  op en bereken de waarde van  $v'$  als  $s = 2,25$  meter.