

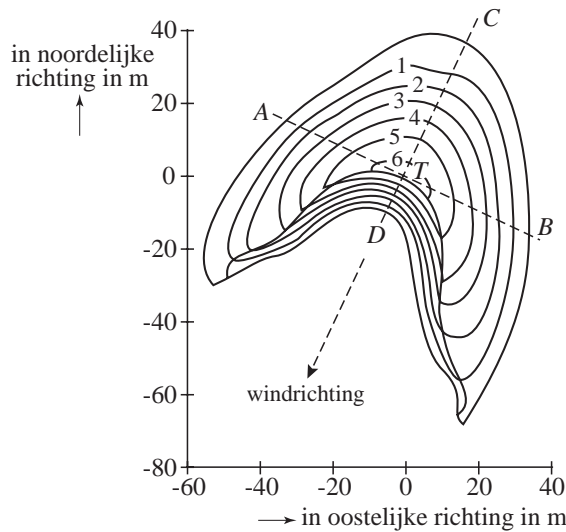
**Wandelende duinen**

Bij de stad Laâyoune in Zuid-Marokko bevindt zich in de woestijn een duingebied. De duinen hebben van bovenaf gezien de vorm van een halve maan. Zo'n halve maan ontstaat als de windrichting het hele jaar constant is en er niet voldoende zand aanwezig is voor de vorming van complete duinen. Zie de foto hieronder.

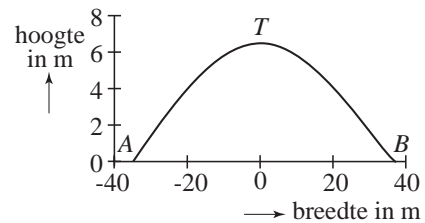
**foto**



**figuur 1**



**figuur 2**



Wetenschappers hebben van het duin links voor op de foto de afmetingen precies opgemeten. Met hun metingen maakten zij de tekening van figuur 1.

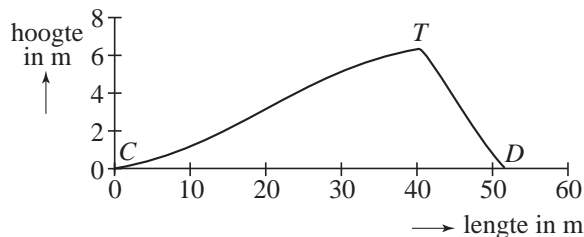
In figuur 2 is een dwarsdoorsnede getekend van het duin van figuur 1 langs de lijn  $AB$ . Langs de horizontale as is de afstand  $x$  tot het midden uitgezet en langs de verticale as de hoogte  $h$  van het duin. Links van het midden (richting  $A$ ) wordt de afstand  $x$  negatief gerekend.

De vorm van deze doorsnede van het duin wordt benaderd met een deel van een cosinuskrumme. Het hoogste punt van het duin,  $T$ , (boven het snijpunt van lijn  $AB$  en lijn  $CD$ ) is ongeveer 6,37 meter hoog. Bij benadering geldt nu:  $h = 6,37 \cdot \cos(b \cdot x)$  met  $h$  en  $x$  in meter.

- 4p 17 Bereken met behulp van figuur 2 de waarde van  $b$  in deze formule. Rond af op drie decimalen.

De doorsnede van het duin van figuur 1 langs lijn  $CD$  is in figuur 3 getekend.

figuur 3



In deze opgave benaderen we de doorsnede met een eenvoudig model. Hierin is  $h$  de hoogte in meter en is  $x$  de afstand in meter langs de lijn  $CD$  gemeten vanaf punt  $C$ .

De doorsnede in figuur 3 bestaat uit twee delen. Voor het linker gebogen deel gebruiken we een deel van een cosinusgrafiek. De formule die hierbij hoort, wordt gegeven door:  $h(x) = 3,25 - 3,25 \cos\left(\frac{\pi}{45}x\right)$ .

Het rechterdeel na de top van het duin, dat ligt tussen de punten  $(41; 6,37)$  en  $(52; 0)$ , benaderen we met het lijnstuk dat die punten verbindt. De formule die hierbij hoort, is van de vorm  $h(x) = ax + b$ . Door berekening blijkt dat  $a \approx -0,58$  en  $b \approx 30,11$ .

4p **18** Toon dit met een berekening aan.

De windrichting (van  $C$  naar  $D$ ) is bijna het hele jaar door gelijk en is in figuur 1 aangegeven door de richting van de pijl. Door de wind verplaatsen de duinen zich, waarbij de vorm vrijwel gelijk blijft. Bij het duin van figuur 3 gebeurt dat met een snelheid van 65 meter per jaar.

Midden op het pad van het 'wandelende' duin staat een paal van 2 meter hoog. Het duin zal over de paal heen gaan, waardoor de paal gedurende een tijd onder het zand verborgen zal zijn. Zie figuur 4.

7p **19** Bereken met behulp van de formules voor  $h(x)$  hoe lang de paal onder het zand verdwenen zal zijn. Rond je antwoord af op hele maanden.

figuur 4

