

Op de foto zie je een stad van keramiek, gemaakt door de kunstenaar Elly van de Merwe.

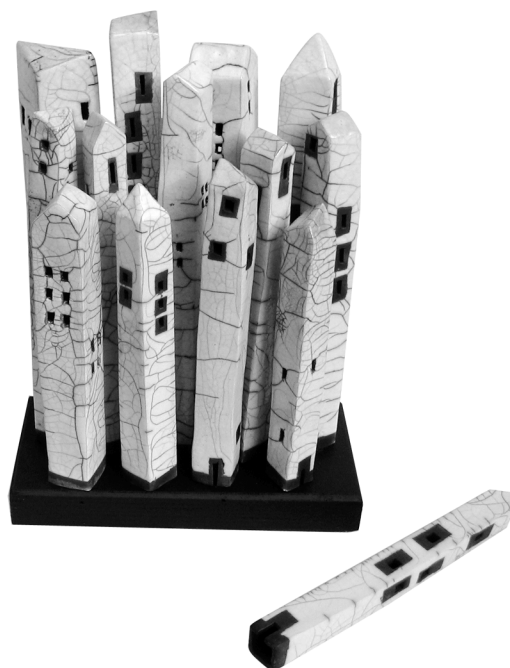
De huisjes zijn in 3 rijen geplaatst. Er zijn 13 huisjes in het kunstwerk zelf en er is nog 1 reservehuisje.

De voorste rij heeft 4 posities om huisjes te plaatsen, de middelste rij heeft 5 posities en de achterste weer 4 posities.

De opstelling van de huisjes kan veranderd worden. Je kunt daarbij de huisjes op de voorste rij en de huisjes op de middelste rij willekeurig verwisselen.

De huisjes op de achterste rij kunnen alleen onderling verwisseld worden. Het reservehuisje past alleen op de voorste twee rijen.

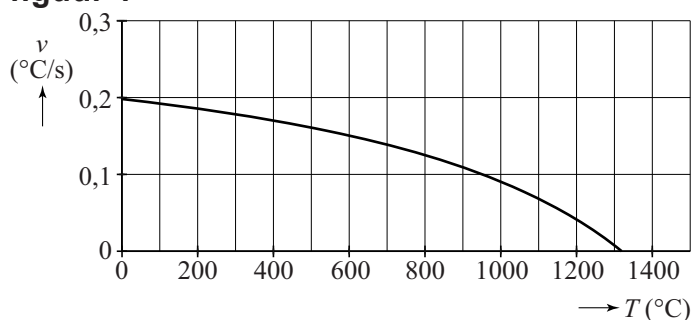
**foto**



- 4p 8 Bereken hoeveel opstellingen er mogelijk zijn met de 14 verschillende huisjes.

De huisjes zijn gebakken in een elektrische oven. De **maximale opwarmingsnelheid** waarmee de temperatuur in deze oven kan stijgen, hangt onder andere af van de temperatuur van de oven. Hoe heter de oven wordt, hoe meer warmte hij af zal staan aan de omgeving waardoor de temperatuur steeds langzamer kan stijgen. In figuur 1 zie je dat de maximale opwarmingsnelheid  $v$  steeds sterker daalt.

**figuur 1**



Omdat het over opwarmen gaat, is in figuur 1 alleen een niet-negatieve waarde van  $v$  weergegeven.

De formule die hierbij hoort, is de volgende:

$$v = 0,197 + \frac{T - 20}{8,16T - 17360}$$

Hierin is  $v$  de maximale opwarmingsnelheid van de oven in  $^{\circ}\text{C}$  per seconde en  $T$  de temperatuur van de oven in  $^{\circ}\text{C}$ .

Met behulp van de afgeleide van  $v$  kan men aantonen dat de maximale opwarmingsnelheid  $v$  steeds sterker daalt bij toenemende oventemperatuur.

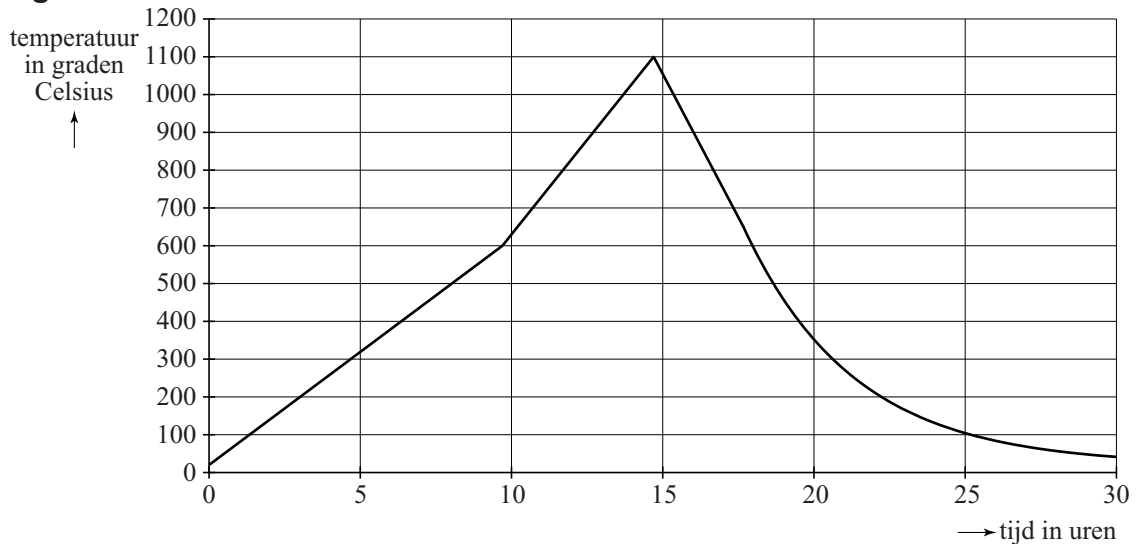
- 6p **9** Stel de formule op van de afgeleide van  $v$  en toon daarmee die steeds sterkere daling aan.

Bij een bepaalde temperatuur van de oven zal deze niet verder opwarmen. Dat is de maximale temperatuur die met deze oven bereikt kan worden.

- 3p **10** Bereken met behulp van de formule van  $v$  deze maximale temperatuur.

Tijdens het bakken van de huisjes laat men de temperatuur in de oven niet met de maximale snelheid stijgen, omdat de huisjes dan kapot zouden springen. In figuur 2 zie je een grafiek van de temperatuur tijdens het bakproces. Tot  $600^{\circ}\text{C}$  zorgt men voor een constante, niet te snelle stijging van de temperatuur. Daarna laat men de temperatuur met een grotere, eveneens constante snelheid stijgen tot  $1100^{\circ}\text{C}$ , waarna het afkoelen begint.

**figuur 2**



Om na te gaan of de werkelijke opwarmingsnelheid van figuur 2 inderdaad mogelijk is, kan men deze vergelijken met de maximale opwarmingsnelheid van de oven.

- 5p **11** Laat met een berekening zien dat bij elke temperatuur tussen  $600$  en  $1100^{\circ}\text{C}$  de werkelijke opwarmingsnelheid (zie figuur 2) kleiner is dan de maximale opwarmingsnelheid van de oven.

Nadat bij het bakproces van figuur 2 de maximale temperatuur bereikt is, laat men de oven eerst met constante snelheid afkoelen tot 650 °C. Dan wordt de oven uitgezet. Vanaf dat moment neemt het **verschil** tussen de oventemperatuur en omgevingstemperatuur bij benadering exponentieel af. Zie de tabel. Hierbij is uitgegaan van een constante omgevingstemperatuur van 20 °C.

**tabel**

tijdstip $t$ na het uitzetten van de oven	0 uur	4 uur	8 uur
oventemperatuur $T$ (in °C)	650	225	90
verschil $V$ tussen oventemperatuur en omgevingstemperatuur (in °C)	630	205	70

Omdat het verschil tussen oven- en omgevingstemperatuur, dus  $V$ , bij benadering exponentieel afneemt, kan dit verschil worden beschreven met een formule van de vorm:

$$V = b \cdot e^{ct}$$

Hierin wordt  $V$  uitgedrukt in °C en is  $t$  de tijd in uren na het uitzetten van de oven. Voor de oventemperatuur  $T$  in °C kan nu een formule opgesteld worden van de vorm:

$$T = a + b \cdot e^{ct}$$

- 5p **12** Bereken de waarden van  $a$ ,  $b$  en  $c$  in de formule voor  $T$ .