

## Keramiek

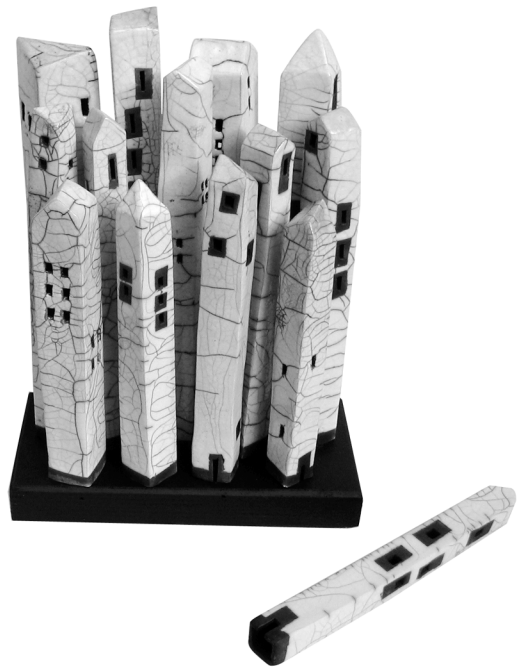
Op de foto zie je een stad van keramiek, gemaakt door de kunstenaar Elly van de Merwe.

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 **15** Bereken hoeveel opstellingen er mogelijk zijn met de 14 verschillende huisjes.

De huisjes zijn gemaakt van kleiplaten en twee keer gebakken. Om kapotspringen van het werk te voorkomen, moet de temperatuur bij de eerste keer bakken heel precies geregeld worden. Dit is goed mogelijk in een elektrische oven, die met een computer bestuurd wordt. In onderstaande figuur zie je een grafiek van de temperatuur tijdens het bakproces.

**figuur**



Het bakproces bestaat uit vier fasen:

- fase 1: de oven gaat aan en men laat de temperatuur in 9 uur en 40 minuten met een constante stijging van  $20\text{ }^{\circ}\text{C}$  naar  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  oplopen;
- fase 2: in de volgende 5 uur houdt men een constante stijging aan van  $600\text{ }^{\circ}\text{C}$  tot de maximale temperatuur  $1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ;
- fase 3: men laat nu de oven afkoelen tot  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$  met een constante daling van  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  per uur (de oven is nog aan);
- fase 4: bij  $650\text{ }^{\circ}\text{C}$  zet men de oven uit en de temperatuur daalt nu volgens een afnemend dalende grafiek.

4p **16** Onderzoek of de gemiddelde temperatuurstijging in fase 2 meer dan twee keer zo groot is als in fase 1.

Bij het begin van fase 4 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 (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 tijdens fase 4 worden beschreven met de formule:

$$V = b \cdot g^t$$

Hierin is  $V$  het verschil tussen oven- en omgevingstemperatuur in °C en  $t$  de tijd in uren na het uitzetten van de oven.

- 6p **17** Bereken met behulp van deze formule hoeveel minuten na het uitzetten van de oven deze is afgekoeld tot 30 °C.

Nadat de huisjes uit de oven zijn gehaald, wordt er een laagje glazuur op aangebracht. Hierna worden ze een tweede keer gebakken in een speciale oven die buiten staat, een zogenoemde Raku oven. Na het opwarmen tot 1000 °C worden de huisjes met een tang uit de oven gehaald. Doordat ze in de buitenlucht snel afkoelen, ontstaan er barstjes in het glazuur. Zie de foto bij het begin van de opgave.

Voor een bepaald huisje geldt tijdens het afkoelingsproces de volgende formule:

$$T = 20 + 980 \cdot 0,93^t$$

Hierin is  $T$  de temperatuur van het huisje in °C en  $t$  de tijd in minuten nadat het uit de oven is gehaald.

- 3p **18** Leg met behulp van een schets van de grafiek van  $T$  uit of het huisje vanaf het moment dat het uit de oven wordt gehaald steeds sneller of steeds minder snel zal afkoelen.