



Aanmaaktover 20

AANMAKEN 1 TON KALKZANDSTEEN

PRIJS

★ 13.806

**Vraag**

Wat is de prijs van het aanmaken van 1 ton kalkzandsteen?

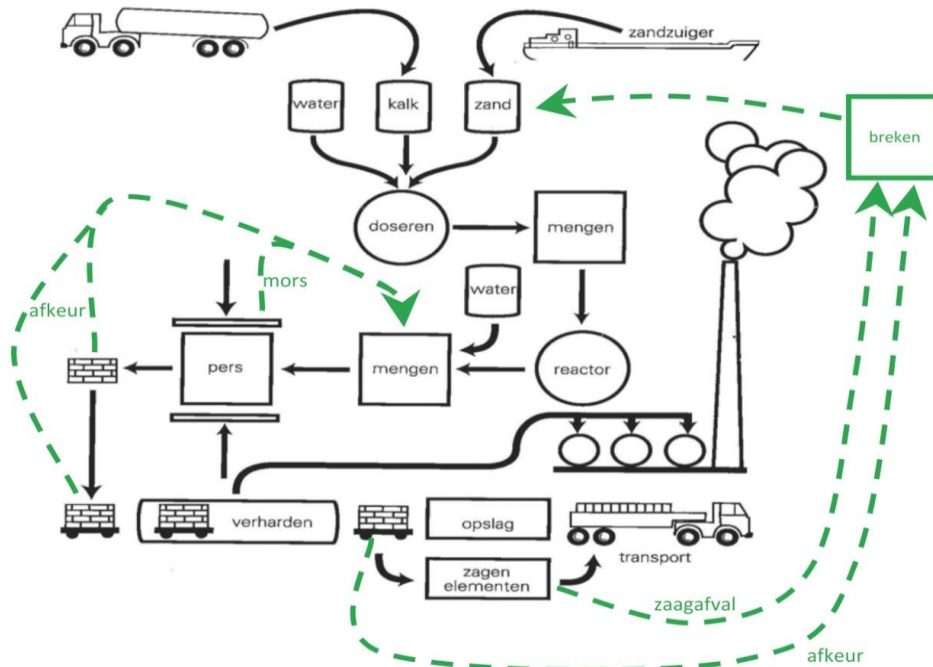
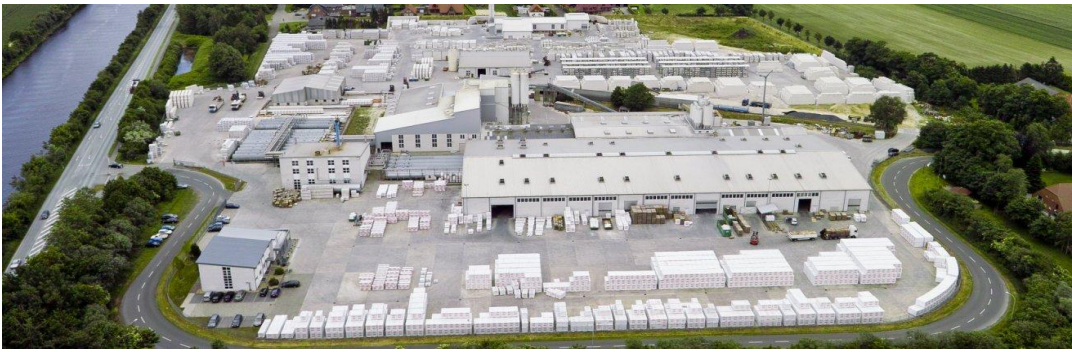
**Antwoord**

	<i>Recept</i>		$\Delta S_{\sigma}$ [kJ/°K]	$\Delta S_{cf}$ [kJ/°K]	$\Delta S_{\theta}$ [kJ/°K]
1		18 rijtjesfabrieken	1.150	-1.159	1.432
2	"	1 rijtjeskantoor	19	-1	14
3	"	122 arbeiders	947	-585	543
4	"	1 vrachtwagen	in 15		
5		2,E+19 m <sup>3</sup> lucht	0	0	0
6	"	747 kg zand	1.785	-1.213	2.648
7	"	49 kg kalk	311	-135	1.692
8	"	187 kg kalkzand	514	-32	231
9	"	10 kg water	62	0	0
10	"	10 kg dieselolie	in 15		
11	"	10 kg aardgas	-25	-130	310
12	"	34.097 kJ stroom	in 14		
13		nvt kg	0	0	0
14		999 kalkzandsteen maken	2	-130	310
15	"	200 tonkm doen	1.961	-2.391	5.677
AMT 15		1 ton kzsteen klaar	6.725	-5.776	12.856

1

18 rijtjesfabrieken

**Benodigdheden**



Inzetstaat Rijtjesfabriek					
C	T <sub>p.e.</sub>	T <sub>g</sub>	f <sub>n</sub>	f <sub>o</sub>	f <sub>g</sub>
[p.e./jaar]	[jaar/p.e.]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
3,E+05	3,E-06	75	12	1,5	8,E-07

Toelichting:

- productie-eenheid p.e. = 1 ton soda
- T<sub>p.e.</sub> = 1/C jaar/p.e.
- f<sub>n</sub> = oppervlakte hele complex / opp. 1 rijtjesfabriek  
waarin O r.f. = 10.000 m<sup>2</sup>
- f<sub>o</sub> : het gehele complex heeft gemiddeld 1,5 maal de hoogte rijtjesfabriek schatting
- n r.f. = Σ f<sub>n</sub>\*f<sub>o</sub> = 18 rijtjesfabrieken
- f<sub>g</sub> = (1/(C\*T<sub>g</sub>))\*f<sub>n</sub>\*f<sub>o</sub>
- f<sub>t</sub> = Σ So p.e./ΣSo daarna = 1,00 toedelingsfactor 't Overzicht
- ΔS inzet ger./p.e. = f<sub>t</sub>\*f<sub>g</sub> \* AT 2 Rijtjesfabriek [ kJ/°K . p.e. ]

Met AT 2 Rijtjesfabriek :

AT 2		1	r.fabriek afspelen	2,E+09	-2,E+09	2,E+09
1		8,E-07	r.fabriek doen	1.150	-1.159	1.432



**2 0,7 rijtjeskantoren**

Inzetstaat Rijtjeskantoor					
C	Tp.e.	Tg	fn	fo	fg
[p.e./jaar]	[jaar/p.e.]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
3,E+05	3,E-06	75	100	0,20	3,E-08

Toelichting:

- fn : de fabriek heeft 100 arbeiders
- fo : de overhead is 0,20
- fg =  $((1/(C*Tg))*fn*fo/30)$
- $\Delta S$  inzet r.k./p.e. = ft\*fg\*AT RK [ kJ/°K . p.e ]
- n r.k. =  $fn*fo/30 = 0,67$  rijtjeskantoren

Met AT 3 Rijtjeskantoor :

AT 3		1	r.kantoor afspelen	7,E+08	-3,E+07	5,E+08
2		3,E-08	r.kantoren doen	19	-1	14

**3 122 arbeiders**



Stel in de r.fabrieken is de gemiddelde inzet 1,5 arbeider/r.f.  
 ofwel volcontinu 6,8 „

Inzetstaat Mens					
C	Tp.e.	Tg	fn	fo	fg
[p.e./jaar]	[jaar/p.e.]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
3,E+05	3,E-06	45	122	3,3	3,E-05

Toelichting:

- fn = bezetting 1 r.fabriek \* n r.f.
- fo = fuitbesteding \* fcostwinner 3,3 want  
 . uitbestedingsfactor is 1,1  
 . arbeider is kostwinner voor 3 personen m.i.v. de arbeider zelf.
- fg =  $(1/(C*Tg))*fn*fo$
- $\Delta S$  inzet ger./p.e. = ft\*fg \* AT Mens [ kJ/°K . p.e. ]

Met AT Mens:

AT Mens		1	mens afspelen	3,E+07	-2,E+07	2,E+07
3		3,E-05	mens doen	947	-585	543

**2 1 vrachtwagen**

Voor het brengen van de produkten naar de klant.

s = 200 km

Zie verder

15



**5 2,E+19 m³ lucht**

*Men Neme*




De lucht is nodig voor het leveren van zuurstof, maar ook voor het opnemen van kooldioxide, stikstofoxiden en fijnstof.

De prijzen voor de massa-overdrachten worden in de betreffende tovers verrekend.

**6 747 kg zand**

*t Overzicht*



Met DT 5 Zand :

DT5		1	ton zand halen klaar	2.388	-1.623	3542
6		0,7	ton zand nemen	1.785	-1.213	2.648

**7 49 kg kalk**

*t Overzicht*



Met AMT 14 Kalk :

AMT 14		1	ton kalk klaar	6.328	-2.744	34.410
7		0,049	ton kalk nemen	311	-135	1.692

**8 187 kg kalkzand als 20% zandvervanger**

*t Overzicht*



Met DT 13 Kalkzandsteenpuin :

DT 13		1	ton kalkzand klaar	2.752	-171	1.238
8		187	kg kalkzand doen	514	-32	231

**9**      **16**      **kg water**

't Overzicht

Met DT 9 Drinkwater :

DT 9		1	ton water halen klaar	3.893	-1	3
9		0,016	ton water nemen	62	0	0

**10**      **pm**      **kg dieselolie**

Vrachtwagen neemt      pm      kg dieselolie/tonkm      zie VT 1.6

s =      200      km neemt dan      pm      kg dieselolie

Zie verder      15

**11**      **10**      **kg aardgas**

Voor het verhitten en stomen in de autoclaaf wordt aardgas verbruikt.

Zie verder      14

**12**      **34.097**      **kJ stroom**



● Stroom voor aandrijving alle meng- en roerwerktuigen.

n el.motor = n r.fabriek . 24 =      432      MT 2a

P el.motor =      10      kJ/s      "

E stroom/p.e. = (300.24.3600/C) . n . P =      349.920      kJ/p.e.

Met AMT 4 Stroom:

AMT 4		1	kJ stroom klaar	0,000	-0,001	0,002
12		349.920	kJ stroom doen	-30	-238	554



## Pandgeld

De prijzen zijn of worden al doorberekend.

**13**            0      voor      0      kg



## Roeren & mengen



**14**      **999**      **kg kalkzandsteen maken**

In de massaverhouding 95:5 worden zand en kalk gemengd onder toevoeging water.

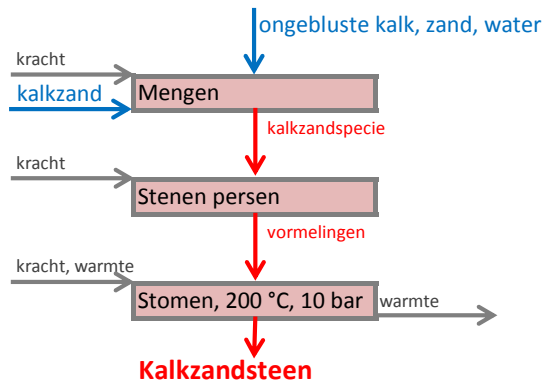
Van de kalkzandspecie worden stenen geperst.



Daarna in de autoclaaf vacuüm zuigen,verhitten met stoom tot 200 °C, 10 bar druk opbouwen en na een klein etmaal klaar.



Tijdens dit proces wordt de kalk geblust en ontstaat calciumsilicaathydraat als bindmiddel tussen de zandkorrels.



• **Vorming  $S\sigma$  :**



't Overzicht							
Termen reactievl	M [kg/mol]	n	m [kg]	$S\sigma$ [kJ/°K.mol]	$S\sigma$ [kJ/°K]	Hf [kJ/mol]	Hf [kJ]
<b>Vóór</b>							
CaO	0,056	878	49	0,040	35	-635	-6,E+05
H <sub>2</sub> O	0,018	878	16	0,070	61	-285	-3,E+05
SiO <sub>2</sub>	0,060	1.054	63	0,042	44	-910	-1,E+06
SiO <sub>2</sub>	0,060	14.518	871	0,042	610		
<b>Na</b>							
SiO <sub>2</sub>	0,06	14.518	871	0,042	610		
(CaO) <sub>5</sub> ·(SiO <sub>2</sub> ) <sub>6</sub> ·(H <sub>2</sub> O) <sub>5</sub>	0,730	176	128	0,500	88	-10.100	-2,E+06
$\Delta S\sigma =$					26	$\Delta Hf =$	
						-7,E+03	

exotherm

$$\Delta S\sigma \text{ n mol CSH} = 26 \text{ kJ/°K.ton kalksteen}$$

Toelichting :

Hf calciumsiliciumhydraat is zo goed mogelijk geschat.

De massa-verhouding 95:5 voor zand en kalk combineren met de massa-verhouding in de vormingsreactie 3,11 : 1 : 4

• **Spreiding  $S\sigma$  en Opwarming  $S\theta$  :**

Niet van toepassing.

• **Doen 9,80 kg aardgas**

11

→ Vacuüm zuigen :

De autoclaaf met de kalksteenvormelingen wordt vacuüm gezogen. Helder schematiseerde dit voor 1 ton kalksteen met het 1 m optillen van een luchtkolom met grondvlak 0,5 m<sup>2</sup>, dan is de arbeid A vacuüm = 0,5 · 100 kPa = 0,5 m<sup>3</sup> · 100.000 N/m<sup>2</sup> = 50.000 Nm =

$$50 \text{ kJ/ton kalksteen}$$

$$\mu = 0,7$$

$$E \text{ vacuüm 1 ton kalksteen} = 71,4 \text{ kJ/ton kalksteen}$$

Zie voor de levering van de stroom

12

→ 10 ato stoomdruk opbouwen bij 476 °K :

Neem rondom de ton kalksteenvormelingen 1 m<sup>3</sup> waterdamp op 476 °K en 10 ato, dan geldt:

$$P \cdot V = n \cdot R \cdot T \text{ ofwel}$$

$$n = P \cdot V / (R \cdot T) = 253,1 \text{ mol H}_2\text{O}$$

$$E \text{ damp } 200^\circ \text{ opwarmen} = 200 \cdot C_p \cdot n = 200 \cdot 0,034 \cdot n = \text{schatting}$$

$$1.721,2 \text{ kJ}$$

Om n mol water te verdampen is nodig

$$E \text{ verdampen n mol H}_2\text{O} = n \cdot M_{\text{H}_2\text{O}} \cdot \Delta vH = n \cdot 0,018 \cdot 2256 =$$

$$10.278,4 \text{ kJ}$$

Tot slot is er energie nodig om de tas vormelingen op 200° te brengen:

Met C k.z.steen = 0,84 kJ/kg.°K en ρ k.z.steen = 2000 kg/m<sup>3</sup> :

E verhitten vormelingen = 200 . C k.z.steen . V . ρ = 336.000 kJ/ton kalkzandsteen

De energie wordt geleverd door aardgas, zie hieronder.



→ Vormingswarmte :

$\Delta H_f$  n mol CSH = -7.025 kJ/ton kzsteen 't Overzicht

In totaal benodigd 340.975 kJ/ton kzsteen.

Deze energie wordt met aardgas opgewekt.

Met KT 4 Aardgas:



KT 4		2,88	kg aardgas klaar	-7	-38	91
14		9,80	kg aardgas doen	-25	-130	310

**15**      **200**      **tonkm verplaatsen**

• Vrachtwagen

s = 200 km 2

Met VT 1 Vrachtwagen :

VT 1		1	vwtonkm klaar	9,8	-12,0	28,4
15		200	vwtonkm doen	1.961	-2.391	5.677



*Klaar !*

**Bron:**

Bouwstenen voor een duurzame toekomst' KWA Bedrijfsadviseurs BV 2010

<https://www.emslaender.de/index.php>

<https://www.ruwbouw.nl/product/calduran-caldubo/>