



Aanmaaktover 9a

AANMAKEN 1 TON HOOGOVENSLOK

PRIJS



27.571

**Vraag**

Wat is de prijs van het aanmaken en leveren van 1 ton hoogovenslak?

**Antwoord**

	<i>Recept</i>		$\Delta S\sigma$ [kJ/°K]	$\Delta S_{cf}$ [kJ/°K]	$\Delta S\theta$ [kJ/°K]
1		3.589 rijtjesfabrieken	114	-25	95
2	"	54 rijtjeskantoren	1	0	1
3	"	8.075 arbeiders	30	-19	17
4	"	6 goederentreinen		in 19	
5	"	1 b.vaartschip		in 19	
6	"	1 vrachtwagen		in 19	
7		2,E+19 m <sup>3</sup> lucht	0	0	0
8	"	6,3 ton kolen	12.849	-12.797	28.954
9	"	-8,E+05 kJ stroom	309	319	-2.711
10	"	-1892,3 kg aardgas	513	2.489	-6.224
11	"	pm kg dieselolie		in 19	
12	"	11 ton ijzerertspellets	2.023	-1.375	2.723
13	"	1,25 ton schroot	15.608	0	0
14	"	8.702 kg zuurstof	nvt	-101.238	nvt
15		8.702 kg zuurstof	55.750	0	0
16		1 ton hoogovenslak make	-9.089	15.941	18.886
17	"	0,30 kg fijnstof spreiden	0	nihil	nihil
		dampkring			
18	"	1 ton staal walsen	0	0	0
19	"	570 tonkm doen	1.147	-1.448	4.726
AMT 9a		1 ton hoogovenslak klaar	79.256	-98.152	46.468

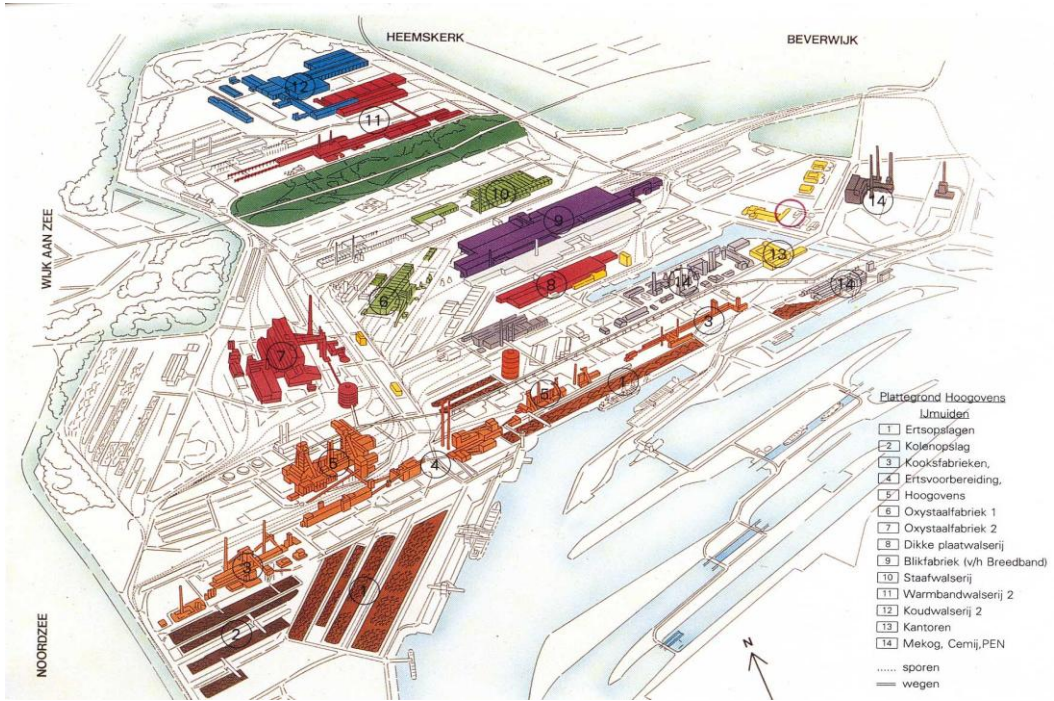
*Gereedschappen*

Hoogovenslak is een nevenproduct dat bij de productie van staal ontstaat.

Kaveloppervlakten bij de gebouwen		
	%	m <sup>2</sup>
kooksfabriek	10	740.000
hoogovens	15	1.110.000
oxystaalfabriek	14	1.110.000
dikkeplaatwalserij	8	592.000
blikfabriek	14	1.110.000
staafwalserij	8	592.000
warmbandwalserij	14	1.110.000
koudwalserij	14	1.110.000
kantoren	3	222.000
	100	7.400.000







**1** 3.589 rijtjesfabrieken





<i>Inzeststaat Rijnstalen fabriek</i>					
<b>C</b>	<b>T<sub>p.e.</sub></b>	<b>T<sub>g</sub></b>	<b>f<sub>n</sub></b>	<b>f<sub>o</sub></b>	<b>f<sub>g</sub></b>
[p.e./jaar]	[sec/p.e.]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
7,E+07	4,E-01	75	718	5	7,E-07

Toelichting:

- productie-eenheid p.e. = 1 ton hoogovenslak
- C = 7,E+07 p.e./jaar
- T<sub>p.e.</sub> = 300\*24\*3600/C sec/p.e.

- $f_n$  = oppervlakte hele complex / opp. 1 rijtjesfabriek  
 waarin  $O_{r.f.} = 10.000 \text{ m}^2$  MT 3
- $f_o$  : het gehele complex heeft gemiddeld 5 maal de hoogte rijtjesfabriek schatting
- $n_{r.f.} = \Sigma f_n * f_o = 3.589$  rijtjesfabrieken
- $f_t = (\Sigma \sigma_{p.e.} / \Sigma S_{\sigma_{p.e.+staal}}) = 0,10$  toedelingsfactor 't Overzicht
- $f_g = (1/(C * T_g)) * f_n * f_o$
- $\Delta S_{inzet \text{ ger./p.e.}} = f_t * f_g * AT \text{ 2 Rijtjesfabriek}$  [ kJ/°K . p.e. ]

Met AT 2 Rijtjesfabriek:

AT 2		1	r.fabriek afspelen	2,E+09	-3,E+08	1,E+09
1		7,E-08	r.fabriek doen	114	-25	95



**2** 54 rijtjeskantoren

Inzetstaat Rijtjeskantoor					
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]	[sec/p.e.]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
7,E+07	4,E-01	75	8.075	0,20	1,E-08

Toelichting:

- $f_n$  : de fabriek heeft 8.075 arbeiders 3
- $f_o$  : de overhead is 0,20
- $f_g = ((1/(C * T_g)) * f_n * f_o / 30)$
- $\Delta S_{inzet \text{ r.k./p.e.}} = f_t * f_g * AT \text{ RK}$  [ kJ/°K . p.e ]
- $n_{r.k.} = f_n * f_o / 30 = 54$  rijtjeskantoren

Met ET 3 Rijtjeskantoor:

ET 3		1	r.kantoor afspelen	7,E+08	-3,E+07	5,E+08
2		1,E-09	r.kantoor doen	1	0	1

**3** 8.075 arbeiders

Stel in de r.fabrieken is de gemiddelde inzet 0,5 arbeider/r.f.



ofwel volcontinu 2,3 „

Inzetstaat Mens					
C	T <sub>p.e.</sub>	T <sub>g</sub>	f <sub>n</sub>	f <sub>o</sub>	f <sub>g</sub>
[jaar]	[sec/p.e.]	[jaar]	[-]	[-]	[-]
7,E+07	4,E-01	45	8.075	3,2	9,E-06

Toelichting:

- $f_n$  = bezetting 1 r.fabriek \*  $n_{r.f.}$
- $f_o$  = 3,2 want  
 . arbeider is kostwinner voor 3 personen m.i.v. de arbeider zelf.  
 . uitbestedingsfactor is 0,2
- $f_g = (1/(C * T_g)) * f_n * f_o$
- $\Delta S_{inzet \text{ ger./p.e.}} = f_t * f_g * AT \text{ Mens}$  [ kJ/°K . p.e. ]

Met AT Mens :

AT M		1	mens afspelen	3,E+07	-2,E+07	2,E+07
3		9,E-07	mens doen	30	-19	17

**4** 5 goederentreinen

Deze goederentreinen verplaatsen het ruwijzer van de hoogoven naar de staalfabriek, het staal van de staalfabriek naar de walsenrijen en vandaar naar de verzendopslag.

L = 1 ton

s = 20 km schatting

Dit wordt verder doorberekend in

**5**                      **1**                      **binnenvaartschip**

Voor het wegbrengen van eindprodukten naar overslaghavens.

L = 0,5 ton  
 s = 500 km

Zie verder 19**6**                      **1**                      **vrachtwagen**

Voor het wegbrengen van eindprodukten naar klanten

L = 0,5 ton  
 s = 100 km

Zie verder 19**Men Neme****7**                      **2,E+19**                      **m<sup>3</sup> lucht**De lucht is nodig voor het leveren van zuurstof, maar ook voor het opnemen van kooldioxide, stikstofoxiden en fijnstof. Zie verder onder 17

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

**8**                      **6,3**                      **ton kolen**

Er is nodig 5.060 kg kooks/ton staal                      't Overzicht  
 Uit 1 ton vetkool haal je in de kooksfabriek 0,8 ton kooks  
 Dus nodig 6.324 kg kolen/ton staal.

Met DT 1 Kolen:

DT 1		1.000	kg kolen klaar	2.032	-2.023	4.578
8		6.324	kg kolen halen	12.849	-12.797	28.954

**9**                      **2,E+07**                      **kJ stroom**

Het complex verbruikt ongeveer 20 GJ/ton ruwijzer  
 ofwel 1,70E+07 kJ/ton staal

Intern wordt geleverd 0,6 x Hf vorming = -9,01E+07 „ 't Overzicht

De externe behoefte wordt voor 10% gedekt door stroomenergie

ofwel -7,E+06 „

Met AMT 4 Fossilstroom:

AMT 4		1	kJ stroom klaar	-4,E-04	-4,E-04	4,E-03
9		-8,E+05	kJ stroom doen	309	319	-2.711

Toelichting:

- ft toegepast

**10**                      **-1.892**                      **kg aardgas**

De externe behoefte wordt voor 90% gedekt door aardgasenergie

ofwel -6,58E+07 kJ/ton staalofwel -1.892 kg aardgas/ton staalZie verder 16**11**                      **pm**                      **kg dieselolie**



Goederentrein neemt 0,011 kg dieselolie/tonkm VT 5  
 Binnenvaartschip neemt pm kg dieselolie/tonkm VT 14  
 Vrachtwagen neemt pm kg dieselolie/tonkm VT 1  
 Totaal voor 570 tonkm pm kg dieselolie 19

De prijs voor het nemen van dieselolie wordt doorberekend in 19**12**                      **11,13**                      **ton ijzerertspellets**

De pellets komen per schip uit Narvik.

Per ton staal is nodig 10.119 kg Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 't OverzichtStel de pellets bestaan voor 90 massa% uit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> .

Met DT 2 IJzererts (hier ijzerertspellets)

DT 2		1	ton erts klaar	2.023	-1.375	2.723
12		11,13	ton ijzerertspellets	22.521	-15.303	30.311

**13** 1,25 ton schroot

Benodigd 1.250 kg schroot/ton staal. 't Overzicht


Het schroot komt van een vrachtwagenontbindfabriek. DT 17

Prijs  12.486 per ton

Leverprijs 1,25 ton  15.608 inclusief pandgeld

**14** 8.702 kg zuurstof uit Omgeving 't Overzicht

Voor het onttrekken van de zuurstof uit de atmosfeer geldt met DT 0 Kooldioxide, alleen S0:

DT 0		1	mol CO <sub>2</sub> klaar	nvt	-0,372	nvt
14	"	271.949	mol O <sub>2</sub> doen	nvt	-101.237,9	nvt

Voor het betalen van het pandgeld voor de zuurstof zie 15


Het feitelijk onttrekken geschiedt in de zuurstoffabriek. Deze fabriek draait op elektrische stroom, dit is begrepen in 9



## Pandgeld

**15**  55.750 voor 8.702 kg zuurstof uit Omgeving 16

S0 1 ton zuurstof =

 6.406

Eigenwaarden

In de zuurstoffabriek wordt met behulp van het Linde-proces uit de lucht zuurstof gehaald en vloeibaar gemaakt.

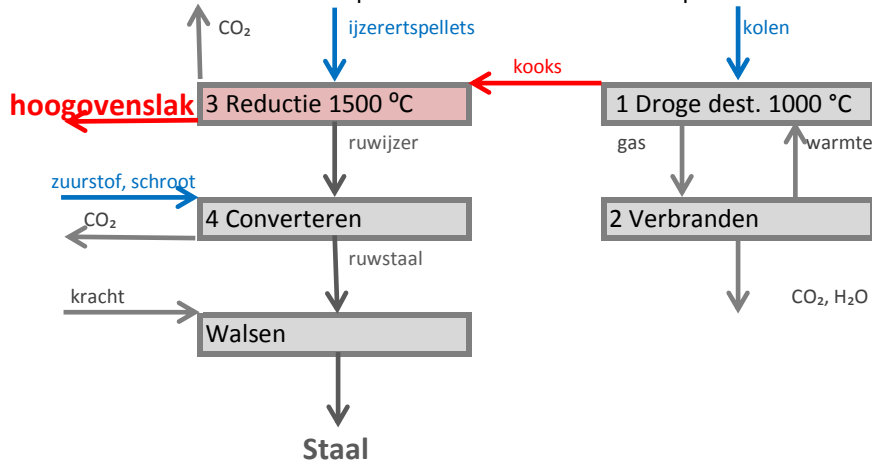


## Roeren & Mengen

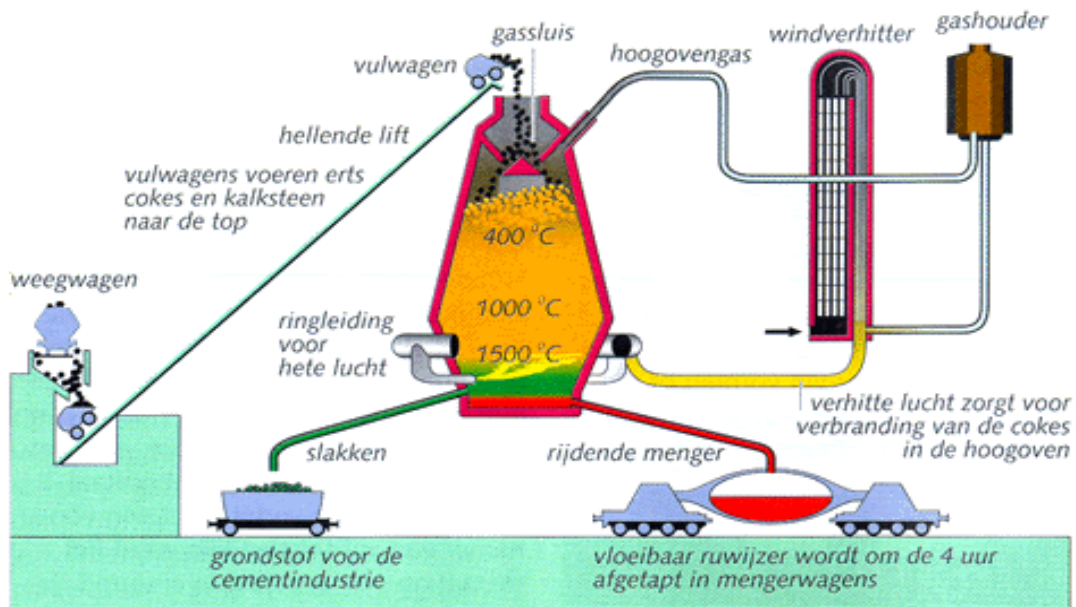


**16** 1 ton staal maken

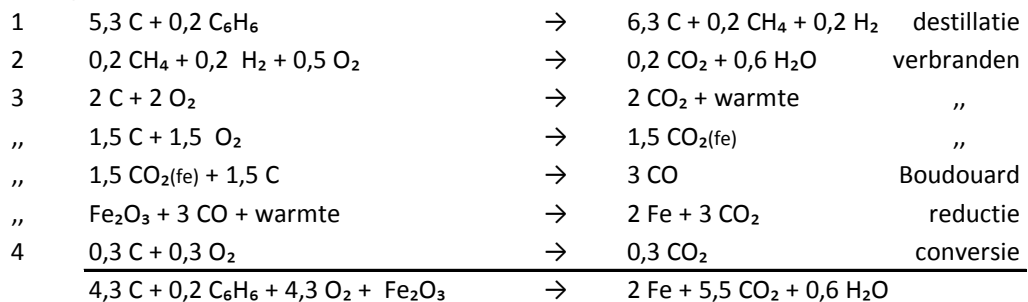
Gekozen is voor het klassieke reductieproces in een oven met behulp van koolstof.



(pijpstaal, bandstaal, plaatstaal, blik, draadstaal)



• **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>								
4,3 C	0,012	271.949	5.060	0,006	1.632	0	0	
0,2 C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,084	12.649	1.265	0,173	2.188	49	619.792	
4,3 O <sub>2</sub>	0,032	271.949	8.702	0,205	55.750	0	0	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,160	63.244	10.119	0,087	5.502	87	5.502.232	
Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	0,504	2.008	1.012	0,232	466			
Schroot	0,056	22.321	1.250	0,027	603			
<b>Na</b>								
2 Fe	0,056	126.488	7.083	0,027	3.415	27	3,E+06	
5,5 CO <sub>2</sub>	0,044	347.842	15.305	0,213	74.090	-393	-1,E+08	
0,6 H <sub>2</sub> O	0,018	37.946	683	0,069	2.618	-285	-1,E+07	
Ca <sub>5</sub> (PO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> F	0,504	2.008	1.012	0,232	466			
Fe(schroot)	0,056	22.321	1.250	0,027	603			
					$\Delta S\sigma =$	15.052	$\Delta Hf =$	-2,E+08

exotherm

Bruto resultaat vorming  $\Delta S\sigma$  1 ton hoogovenslak = 1.564 kJ/°K

Toelichting:

- ft is toegepast



- tvs 1 en 2 : stel de vetkool bestaat voor 80% uit kool en 20% uit benzeen.

De benzeen wordt gekraakt in waterstof en methaan. Dit kookgas wordt verbrand.

De benodigde hoeveelheid vetkool per ton ruwijzer, inclusief de schroot, is gesteld op ca 60% van de benodigde hoeveelheid ijzerertspelletts.

- Aangenomen dat de pelletts voor 90 massa% bestaan uit Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> en voor 10 massa% uit hoogovenslak Ca<sub>5</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>F

- tvs 3 : de reductie van het ijzererts verloopt volgens het Boudouard-evenwicht.

- tvs 4 : In de convertor wordt in het vloeibare ijzer zuurstof geblazen om koolstofresten te oxyderen.

- 1 ton ruwijzer bevat	3	gewichtsprocent koolstof
ofwel	30	kg koolstof
ofwel	2500	mol C
wordt geoxideerd met	2.500	mol O <sub>2</sub>
ofwel	80	kg O <sub>2</sub>



- tvs 4 : er wordt schroot aan de convertor toegevoegd om te koelen, het is dan meegenomen dat er schroot wordt hergebruikt.

● **Spreiding Scf en opwarming S0 :**

> kooldioxide naar Omgeving

't Overzicht

Met DT 0 Kooldioxide:



DT 0		1	mol CO <sub>2</sub> delven klaar	0,31	-0,37	-0,69
16		-36.137	mol CO <sub>2</sub> doen	-11.166	13.452	25.110

Toelichting:

- ft is toegepast

● **Doen -1.892 kg aardgas 10**

Met KT 4 Aardgas :

KT 4		2,88	kg gas klaar	-8	-36	91
16		-197	kg gas doen	513	2.489	-6.224

Toelichting:

- ft is toegepast

**17 0,3 kg fijnstof PM10 spreiden**

Spreiding fijnstof =	0,3	kg/ton staal	
Ø deeltje fijnstof =	1,0E-06	m	PM10
ρ fijnstof =	600	kg/m <sup>3</sup>	schatting
m deeltje fijnstof = $4/3 \cdot \pi \cdot r^3 \cdot \rho$ =	3,E-16	kg	
n deeltjes/ton staal = $0,3 / m$ =	1,E+15	deeltjes/ton staal	

Het entropisch effect van deze deeltjes emissie is nihil, zie VT 8 Vliegtuig VT 8

NB Spreiding afvalwater, afvalgassen wordt verwaarloosd.

**18 1 ton staal walsen**

Het staal krijgt verschillende walsbewerkingen.

De aandrijving van de walsen is electrisch, dus geen lokaal entropisch effect.



Zie verder 9

**19 570 tonkm doen**

● goederentrein : 4

Verplaatsen	1	ton hoogovenslak ca
over	20	km

Met VT 5 Goederentrein:

VT 5		1	treintonkm klaar	-0,04	-0,48	1,28
19		20	treintonkm doen	-1	-10	26



● binnenvaartschip : 5

Verplaatsen	0,5	ton produkt
-------------	-----	-------------



over 500 km



Met VT 14 Binnenvaartschip:

VT 14		1	bvstonkm klaar	2,71	-1,99	6,63
19		500	bvstonkm doen	1.357	-995	3.314

● vrachtwagen :

Verplaatsen 0,5 ton produkt  
over 100 km

Met VT 1 Vrachtwagen :

VT 1		1	vwtonkm klaar	-4,2	-8,9	27,7
19		50	vwtonkm doen	-209	-443	1.387



*Klaar !*



Bron :

<http://server.idemdito.org/pcs/hogoven/ij/ho1.jpg>

<https://nl.wikipedia.org/wiki/Hogoven>

[http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/I&S/IS\\_Published\\_0312.pdf](http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/I&S/IS_Published_0312.pdf)

<https://www.tatasteel.nl/nl/duurzaamheid/rapportage>