



Cementtillverkning Del I

Cementtillverkning Del I - 2025-05-07

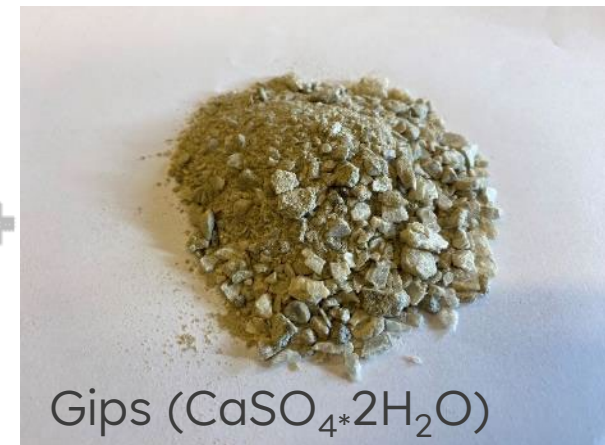


Vad är cement?

Finmalt pulver av klinker, gips och tillsatsmaterial som härdar vid kontakt med vatten.

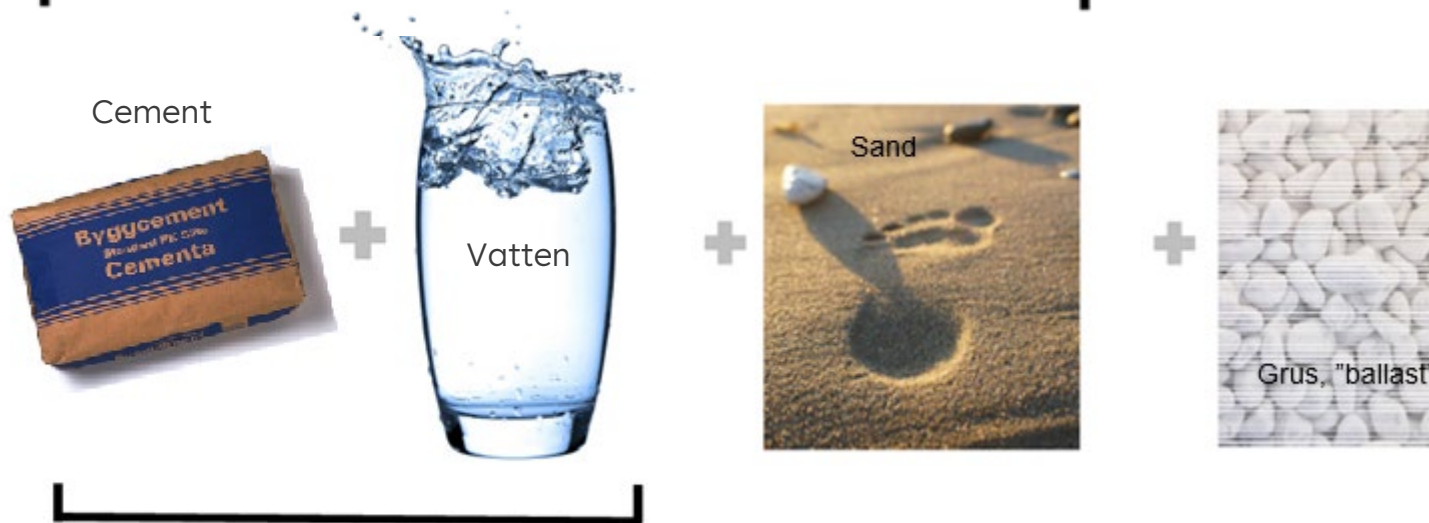


+



Betong

Bruk



Relevanta kemiska beteckningar

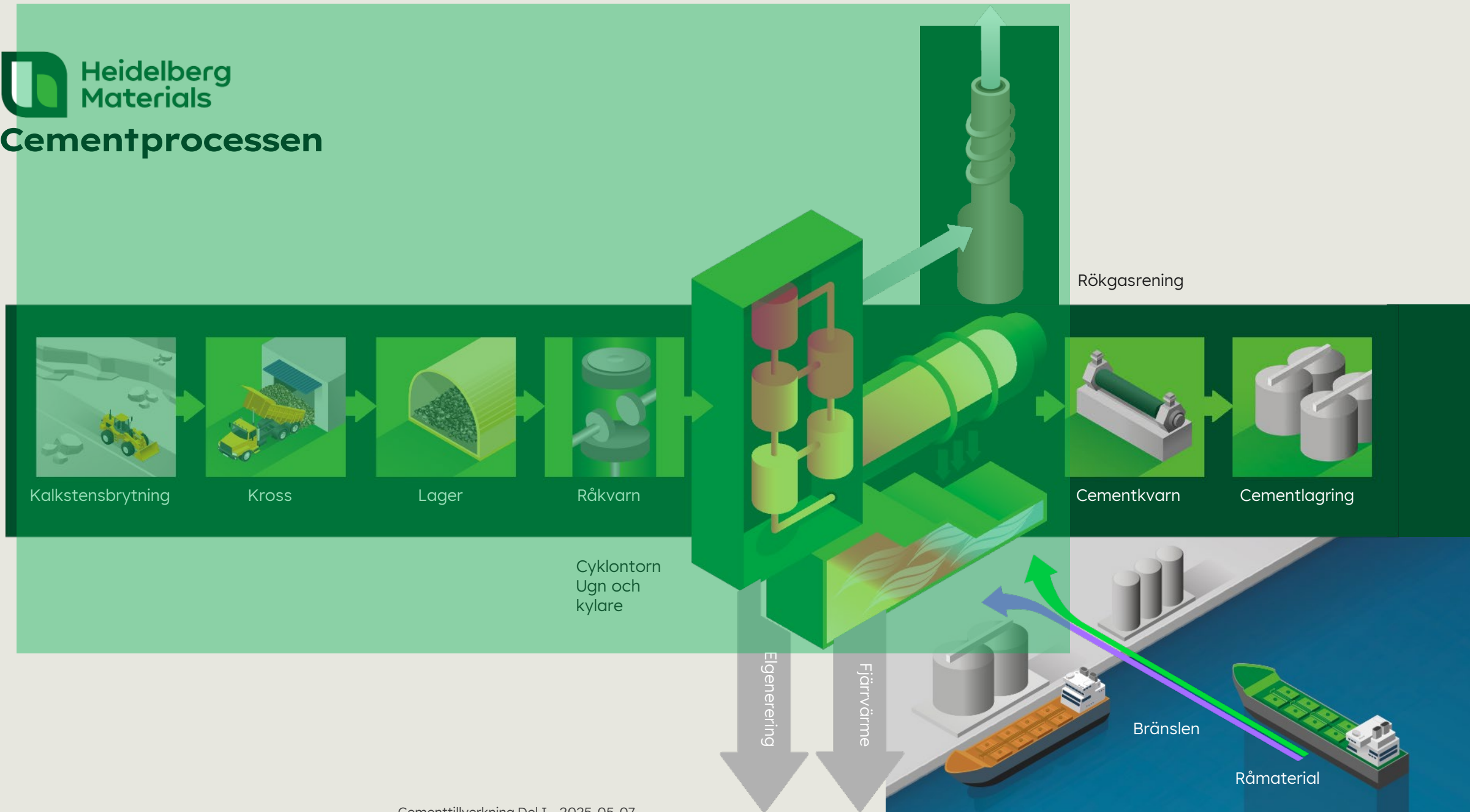
▪ Kalcium	=	Ca
▪ Kisel	=	Si
▪ Aluminium	=	Al
▪ Järn	=	Fe
▪ Syre	=	O
▪ Magnesium	=	Mg
▪ Väte	=	H
▪ Kol	=	C
▪ Natrium	=	Na
▪ Kalium	=	K
▪ Svavel	=	S
▪ Klor	=	Cl



▪ Kalciumkarbonat, kalksten	CaCO₃
▪ Silikat (kvarts), sand	SiO₂
▪ Kalciumoxid, bränd kalk	CaO
▪ Kalciumdihydroxid, släckt kalk	Ca(OH)₂
▪ Aluminiumoxid	Al₂O₃
▪ Järnoxid	Fe₂O₃
▪ Kaliumoxid, natriumoxid, (alkali)	K₂O, Na₂O
▪ Kalciumsulfat dihydrat, gips	CaSO₄*2H₂O



**Heidelberg
Materials**
Cementprocessen



1. Kalkstenstäckten - Brytning

Råmaterial

- Kalksten - CaCO_3
- Märgelkalksten: förorenad kalksten (med S, K, Na, P, Fe, Si, o.s.v.)

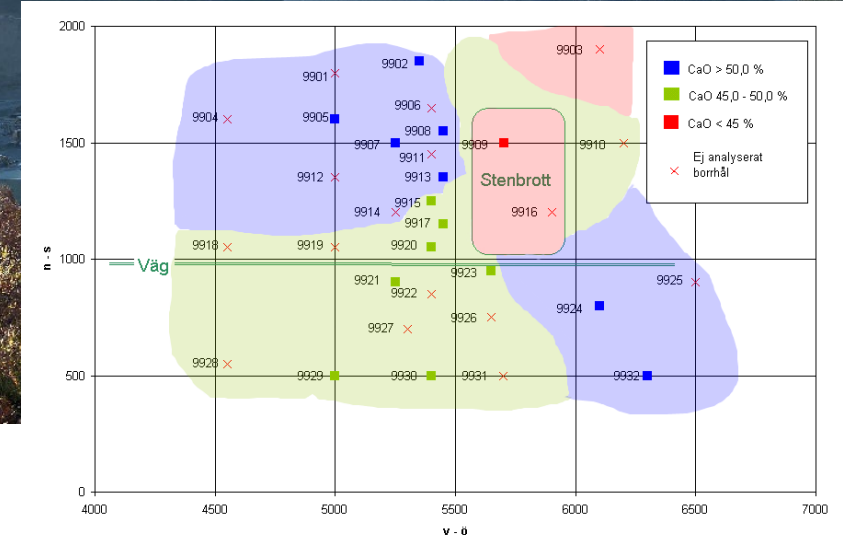


Förarbete

- Prospekteringsborrning
- Geologisk kartering
- Kemisk analys

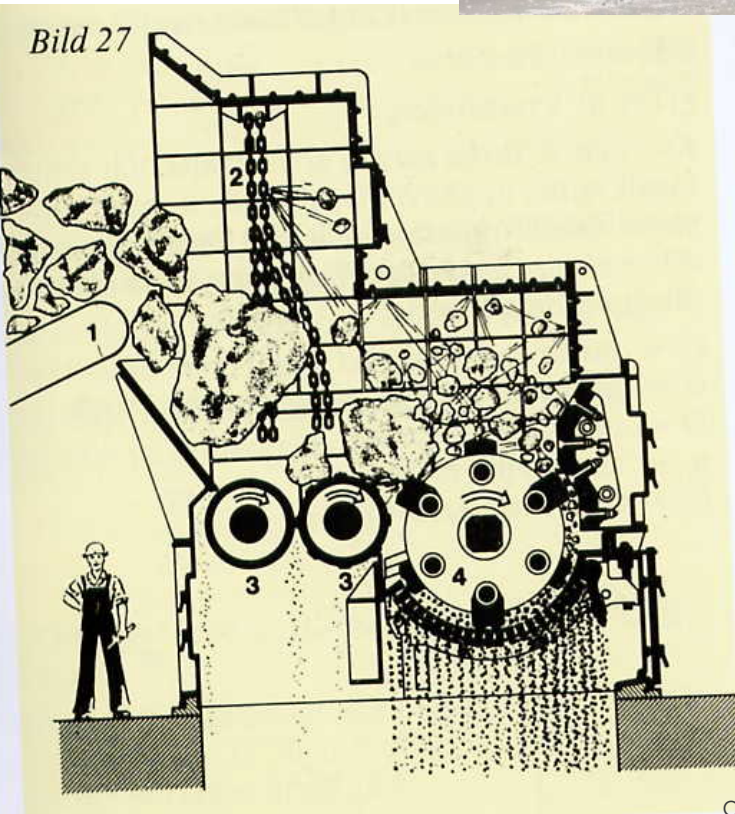
Teknik

- Homogent material till ugnen
- Låga brytningskostnader
- Lång livstid för dagbrottet





2. Krossning



- Partikelstorleken reduceras till 0-8mm
- 12000 – 13000 ton sten från västra brottet krossas per skift.
- 7000 – 8000 ton sten från Filehajdar krossas per skift.



3. Utjämningslager

Kalksten från File Hajdar

Relativ ren CaCO_3 .

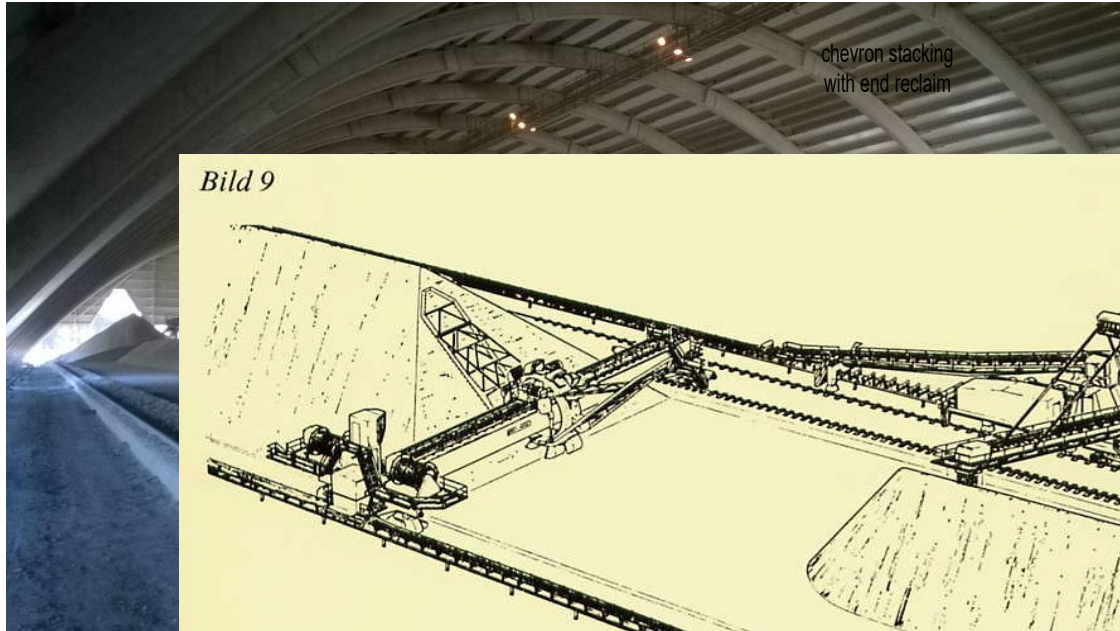
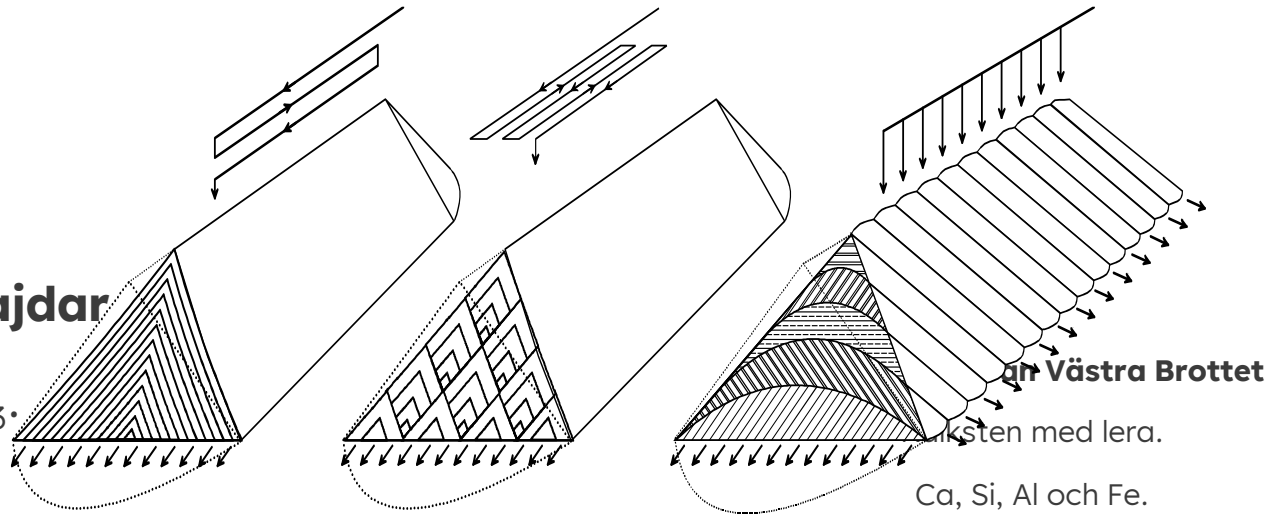
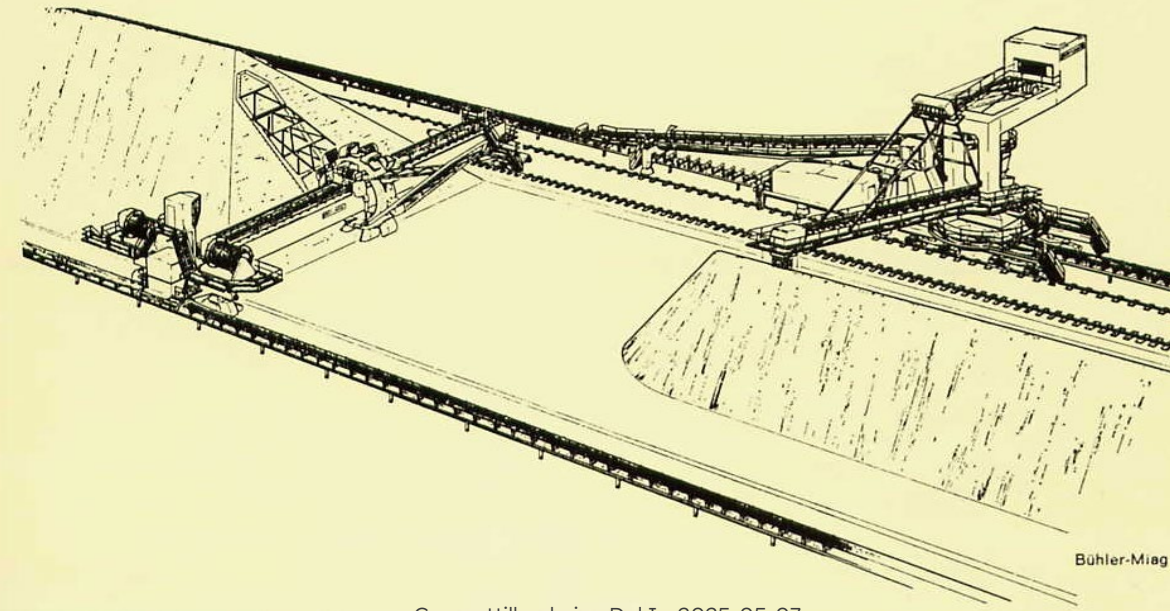


Bild 9

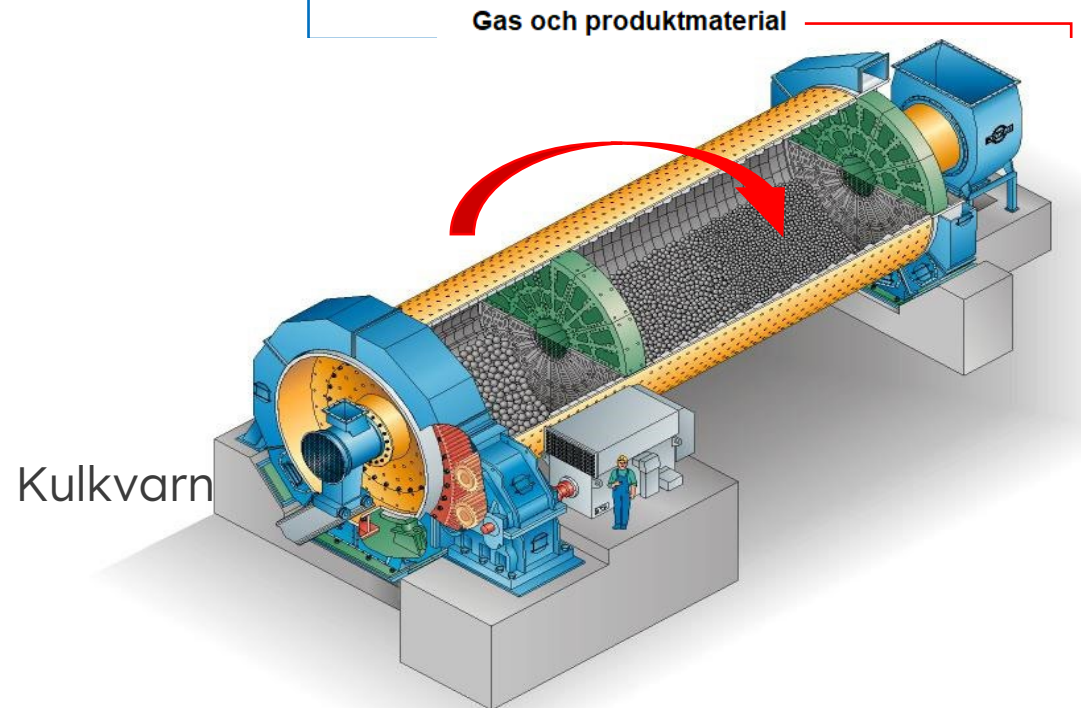


Råkvarn

Råmaterial

Kalksten & mägersten – CaCO_3 .
Sand, från t ex Bornholm – SiO_2 .
Järnmalm – Fe_2O_3 .

Bauxit – Al_2O_3 och Fe_2O_3 .
Slagger – SiO_2 , Al_2O_3 och Fe_2O_3 .
Lera – Varierande kemi.

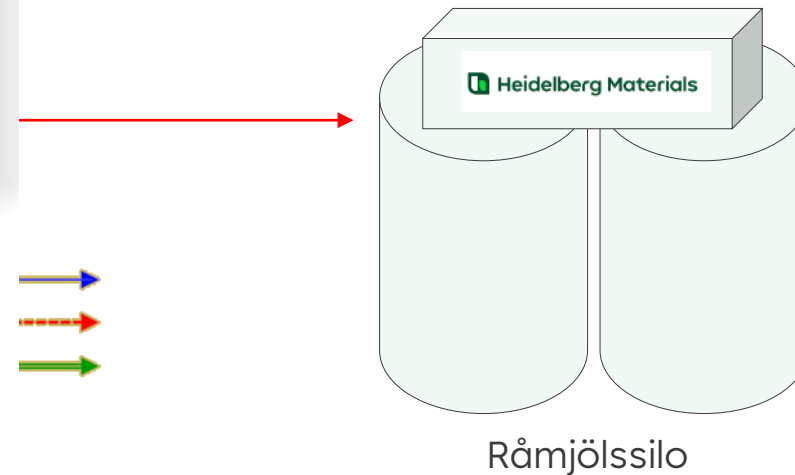


$$\text{Kalkmättnadsgrad} = \frac{100 * \text{CaO}}{2,8 * \text{SiO}_2 + 1,18 * \text{Al}_2\text{O}_3 + 0,65 * \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

$$\text{Silikatmodul} = \text{SiO}_2 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3)$$

$$\text{Aluminatmodul} = \text{Al}_2\text{O}_3 / \text{Fe}_2\text{O}_3$$

KMG~95-99
SM~2,3-3,0
ALM~1,2-2,0



Cyklontorn och förkalcinering

Cyklontornet förvärmer materialet med hjälp av ugnsgasen

Värmeväxling mellan gas och råmjöl i varje cyklon

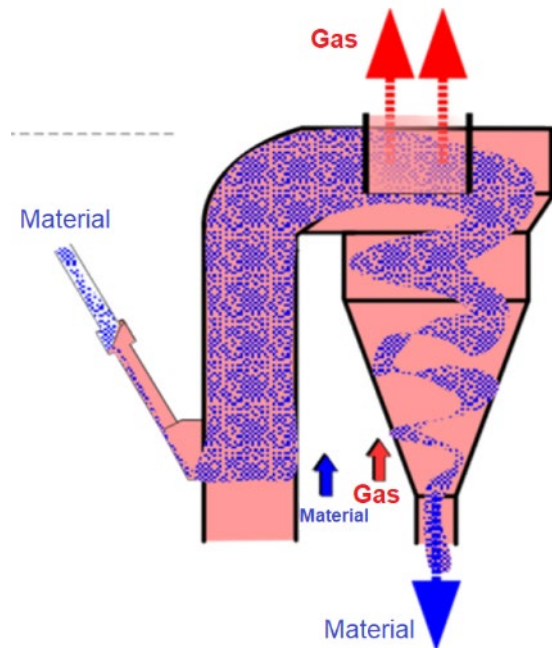
Kalcinering av råmjölet:

- 600 °C - 900 °C
- $\text{CaCO}_3 + \text{värme} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$

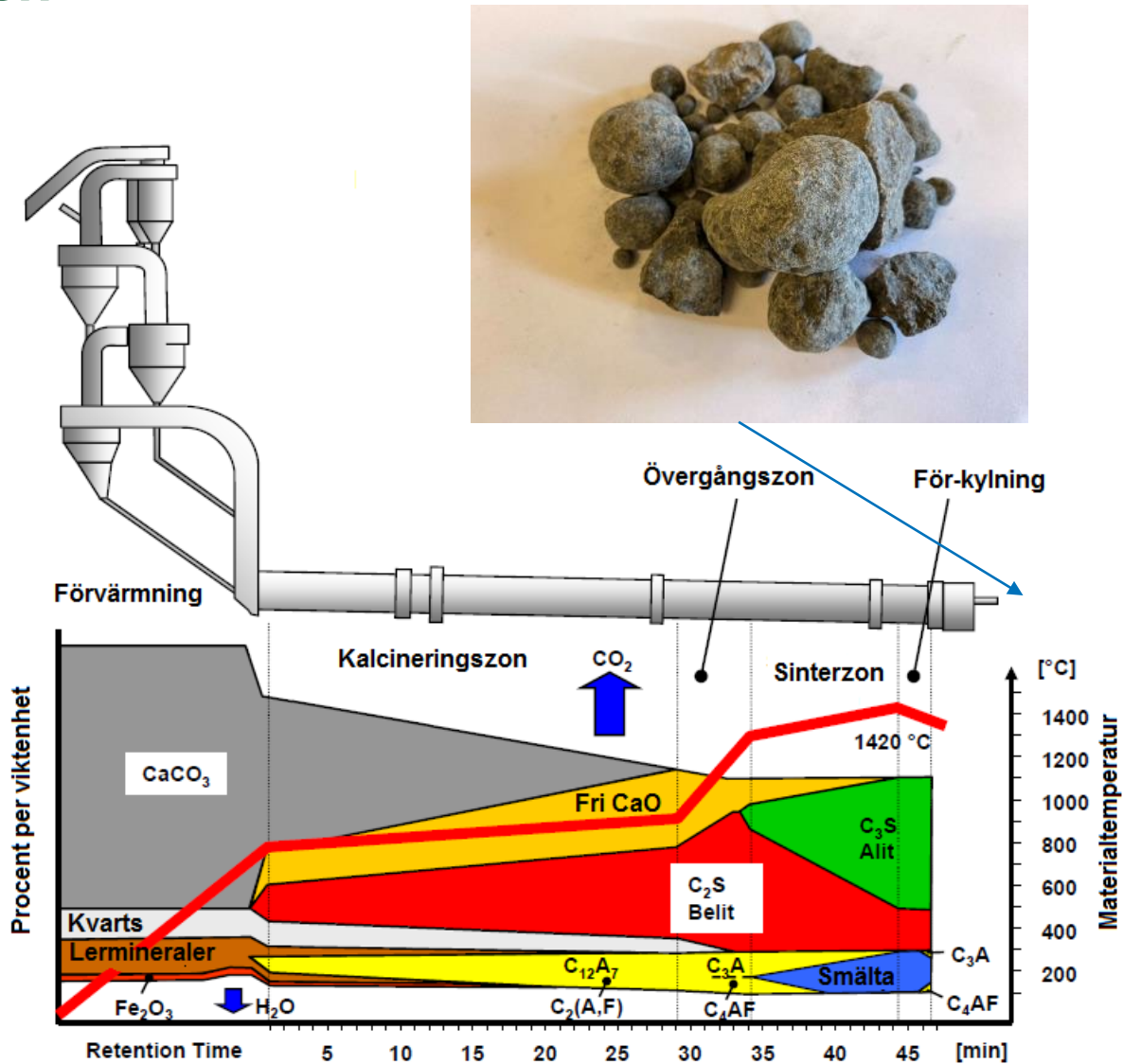
Kalcit

"Bränd kalk/fri kalk" + koldioxid

Kalculator (högeffektiv värmeväxlingsapparat)



Ugnen



Std. = Standard
Anl. = Anläggning

Klinkermineraler

$\text{C}_3\text{S} \sim 70 \%$.

$\text{C}_2\text{S} \sim 8 \%$ (Std), 12 % (Anl).

$\text{C}_4\text{AF} \sim 6 \%$ (Std), 12 % (Anl).

$\text{C}_3\text{A} \sim 8 \%$ (Std), 2 % (Anl).

Fri kalk $\sim 0,8-1,5 \%$.

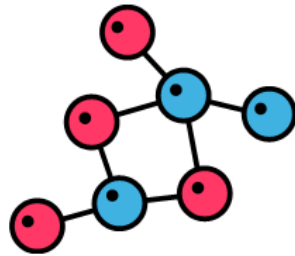
Halter enligt XRD-Rietveld



Ugnen - Cementkemi

Cementkemiska beteckningar

CaO	= C	Na ₂ O	= N
Al ₂ O ₃	= A	K ₂ O	= K
SiO ₂	= S	Ca(OH) ₂	= CH
Fe ₂ O ₃	= $\overline{F}$	H ₂ O	= H
SO ₃	= $\overline{S}$		



Klinkermineral

Ca₃SiO₅ - C₃S (Alit)

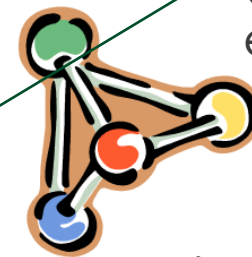
Ca₂SiO₄ - C₂S (Belit)

Ca₃Al₂O₆ - C₃A (Aluminat)

Ca₄A₂Fe₂O₁₀ - C₄AF (Ferrit)

Står för tidig
hållfasthet
(huvudsakligen
inom 28 dygn)

Ger sen
hållfasthet
(huvudsakligen
efter 28 dygn)



Bidrar med lite
hållfasthet.
Låga halter
innebär
resistens mot
sulfat

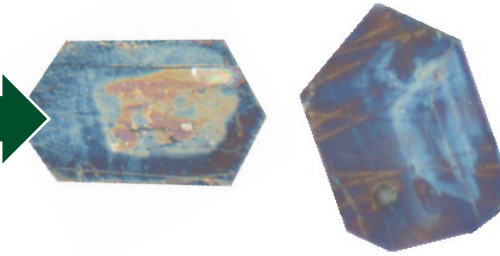
Ger mörkare
färg till
cementet. Litet
bidrag till
hållfastheten



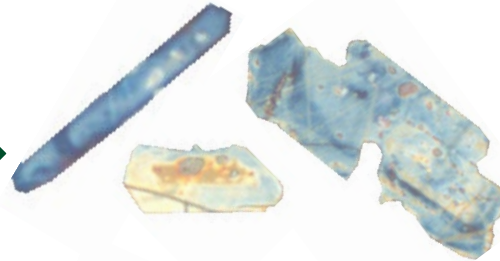
Ugnen - Mineralogi

C2S
belit

Normal uppehållstid
Normal flamtemperatur
Normal flamintensitet
Snabb för-kylning
Goda mineraliseringsförhållanden

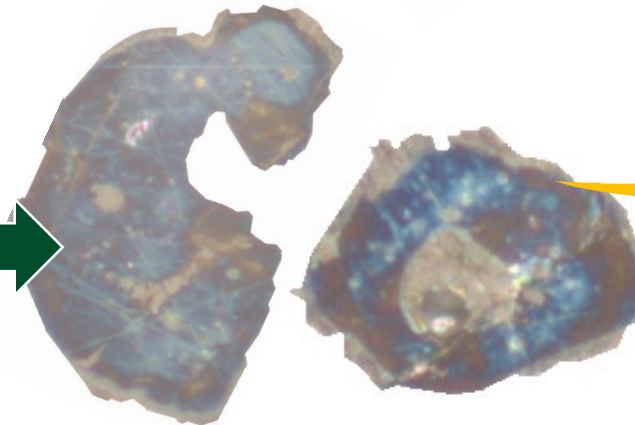


Kort uppehållstid
Hög flamtemperatur
Hög flamintensitet
Snabb för-kylning
Högtemperaturmineralisering



Ideal för
reaktivitet

Lång uppehållstid
Låg flamtemperatur
Låg flamintensitet
Långsam för-kylning
Lågtemperaturmineralisering

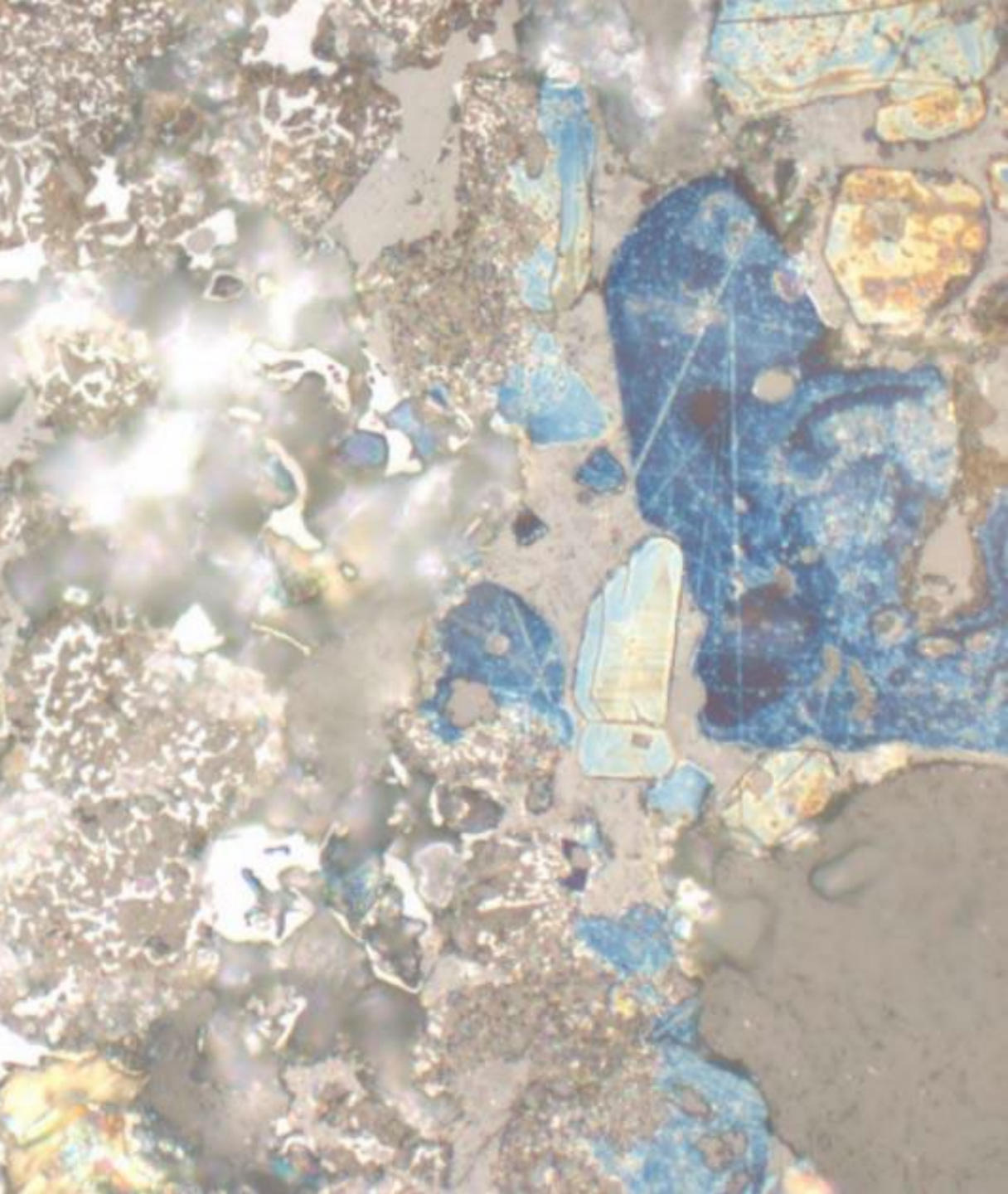


C3S
alit

"Matris/smältfas"
C3A/C4AF
Aluminat/ferrit

50 µm

Alla kombinationer är möjliga!



Ugnen - Klinkerreaktivitet

- Varför är dessa parametrar viktiga?

Samma hållfasthet – mindre klinker

→ lägre CO-utsläpp + mindre material- och bränsleanvändning

- **Klinkerreaktivitet – mått på hur snabbt klinkern reagerar med vatten för att ge hållfasthet.**

Optimeras efter t.ex. 1- eller 28-dygns hållfasthet beroende på cementprodukten.

Påverkas bl.a. av:

- C_3S -innehåll
- Innehåll fri kalk
- Alitkristallernas storlek
- Mineraliseringsförhållandena i ugnen
- Polymorfer av kristaller
- Temperatur
- Klinkerns kemi, mindre beståndsdelar och spårämnen
- ...

Ugnen - Bränslen

Fossila

Kol

Petcoke

Olja (konverterad)

Naturgas

Alternativa/förnyelsebara

AC-bränsle (kasserade lösningsmedel)

RDF – Refuse Derived Fuel (blandat avfallsbränsle)

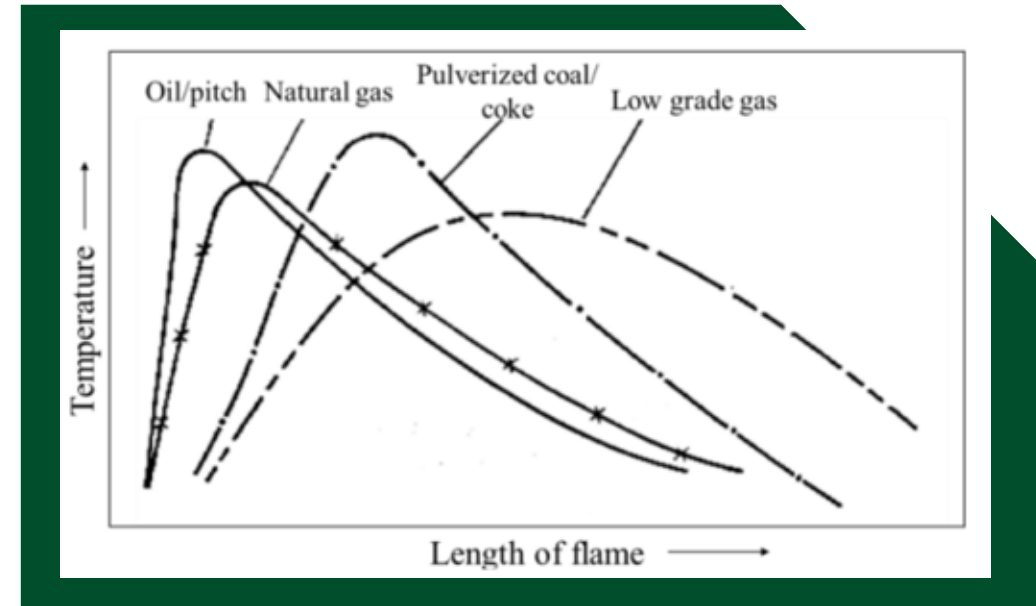
Gummidäck (Fe_2O_3)

Kött & benmjöl

Biokol

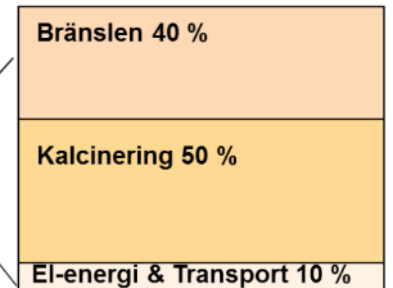
KEO-konverterad eldningsolja

- Endast under uppstart..



Olika värmeinnehåll,
askeinnehåll,
hantering, pris och
miljöpåverkan

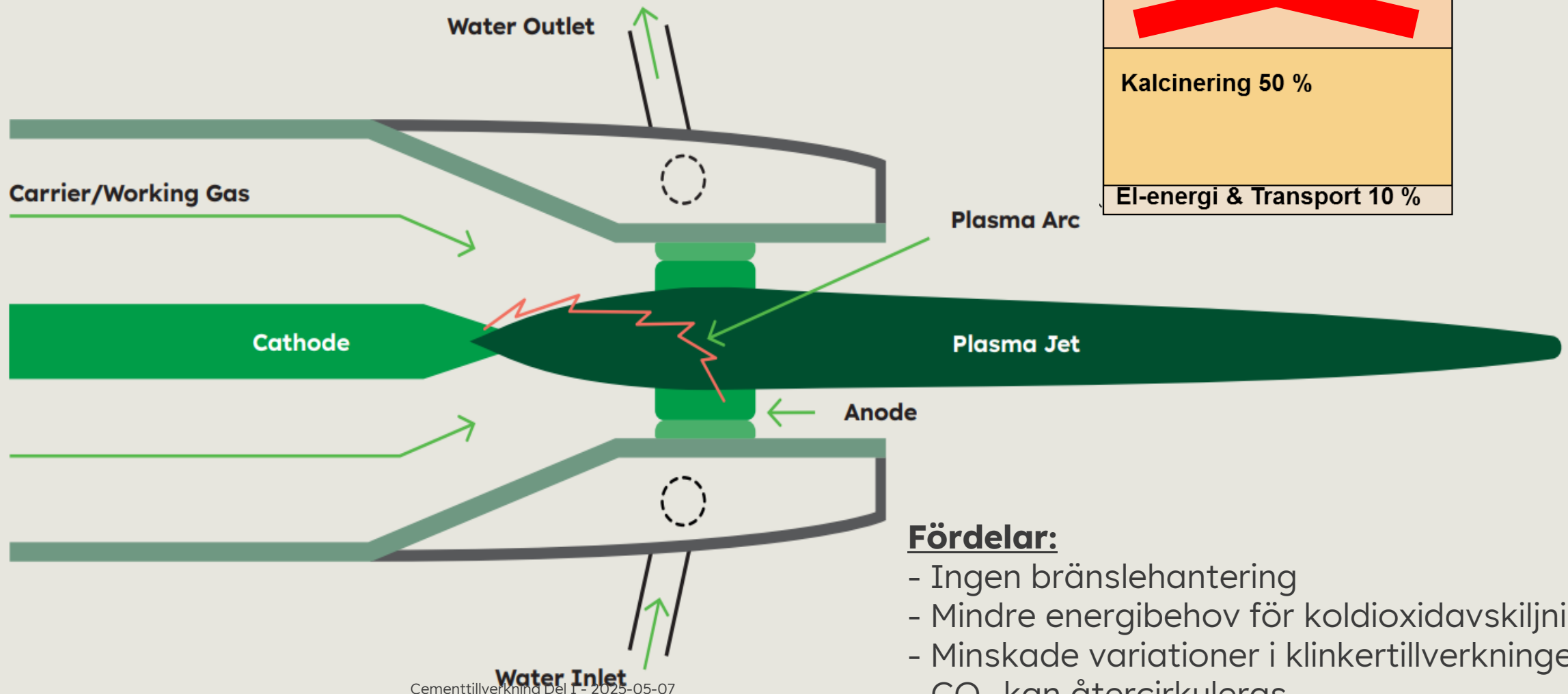
CO₂-utsläpp



- Kalcinering
 - 600° - 900° C
 - $\text{CaCO}_3 + \text{värme} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
Kalksten "Bränd kalk" + koldioxid



Ugnen – Framtida ”bränslen”

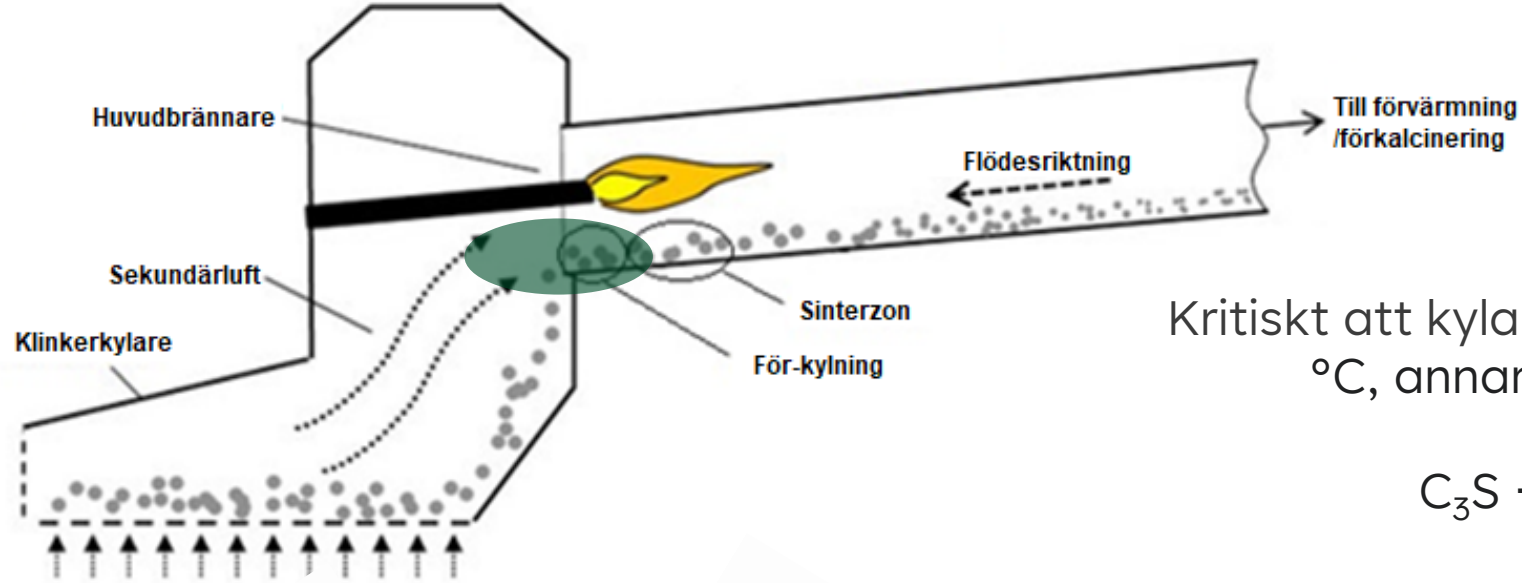


Fördelar:

- Ingen bränslehantering
- Mindre energibehov för koldioxidavskiljning
- Minskade variationer i klinkertillverkningen
- CO₂ kan återcirkuleras

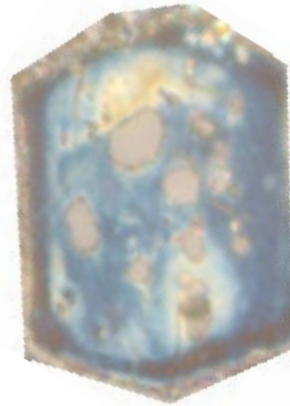
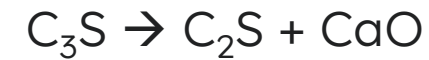


För-kylning av klinker



Mål

Kritiskt att kyla snabbt till under ~1000 °C, annars sönderfaller alit



Sekundärbelit



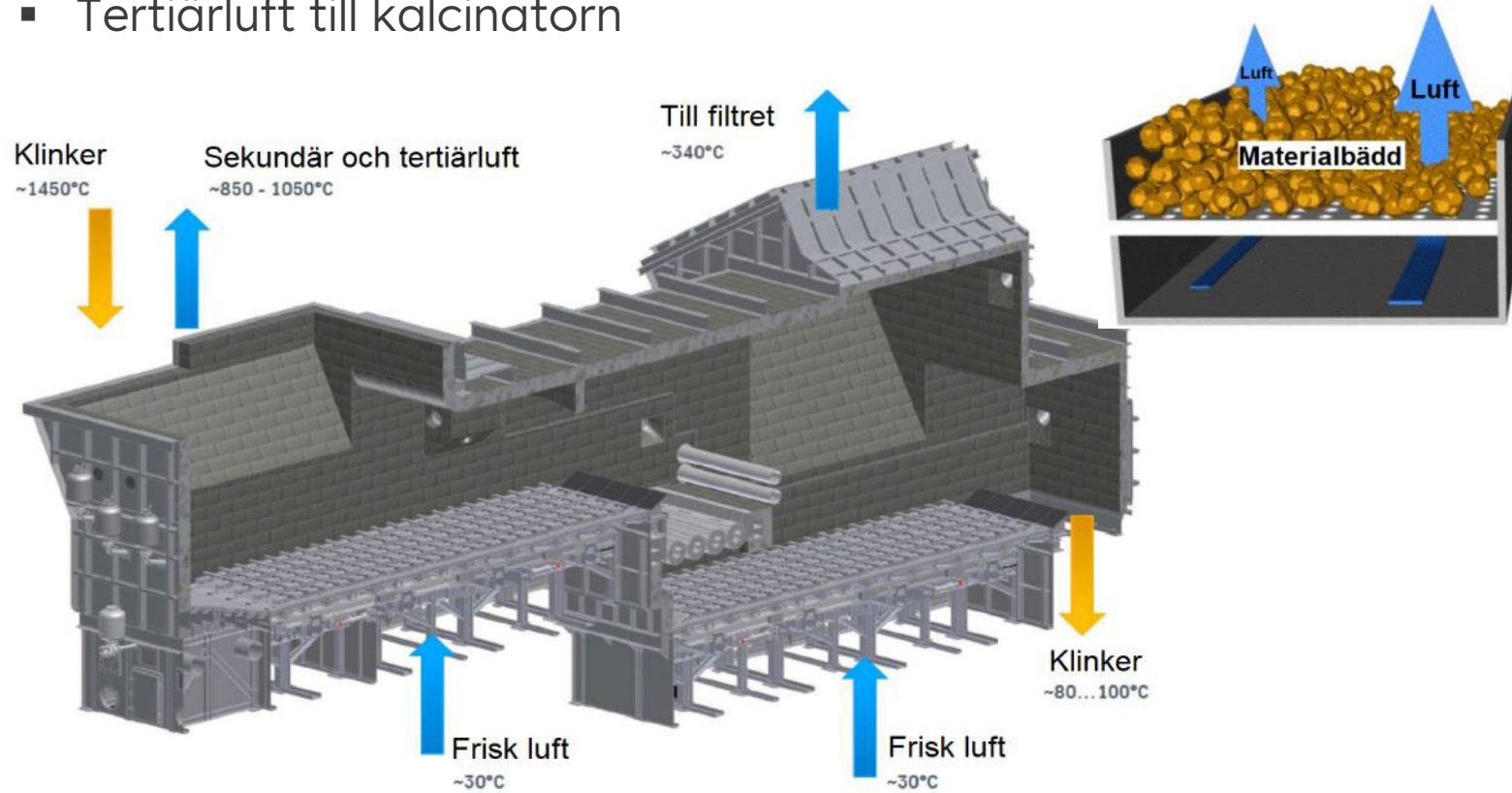
Återkristalliserad belit



Kollapsad alit

Klinkerkylare

- Sekundärluft till ugnen (kyler C3S och C2S).
- Kylning/frysning av smältfasen (C_3A och C_4AF)
- Tertiärluft till kalcinatorn

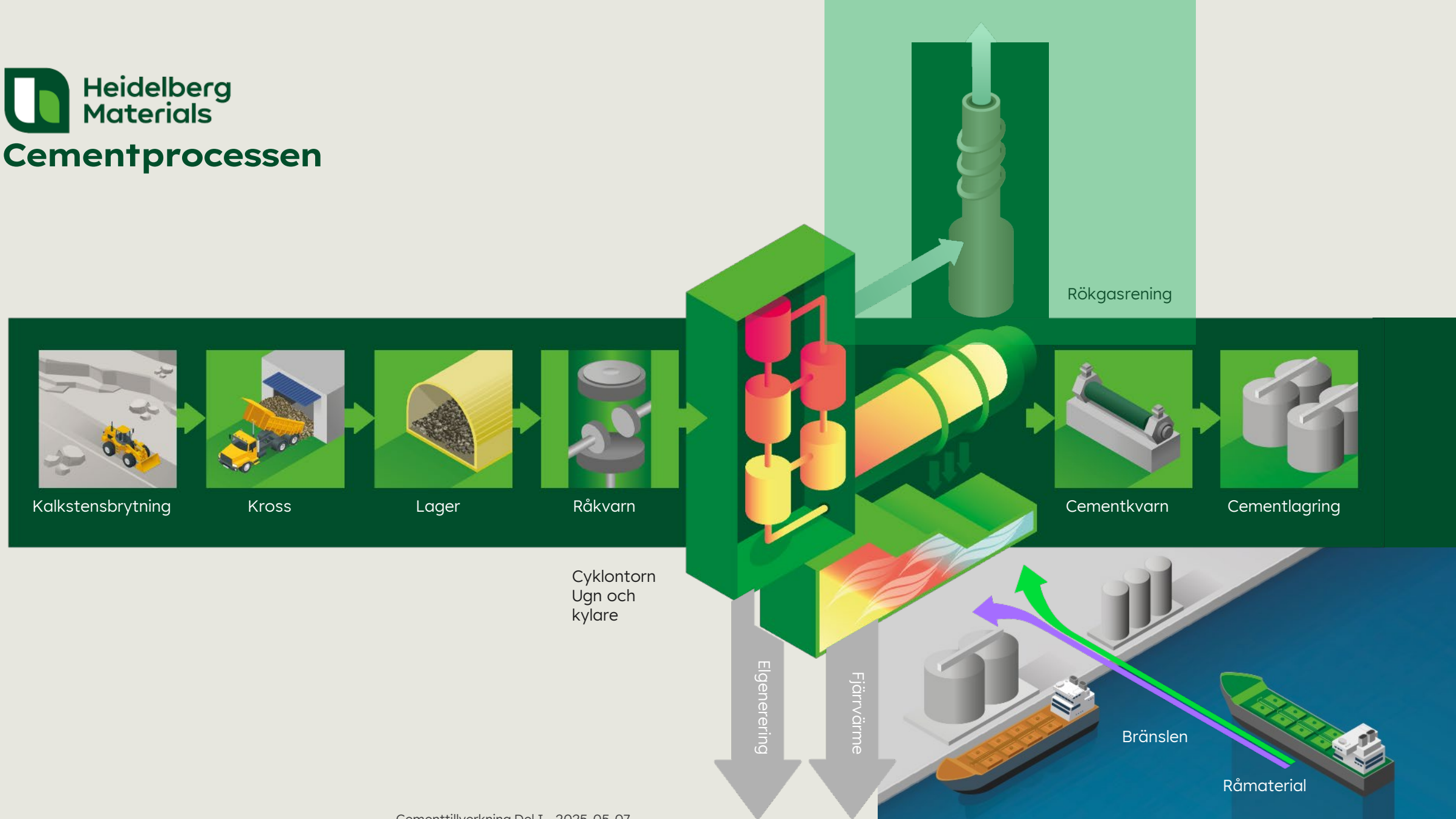


Rosterkylare



Satellitkylare

 Heidelberg
Materials
Cementprocessen



Ugnsfilter

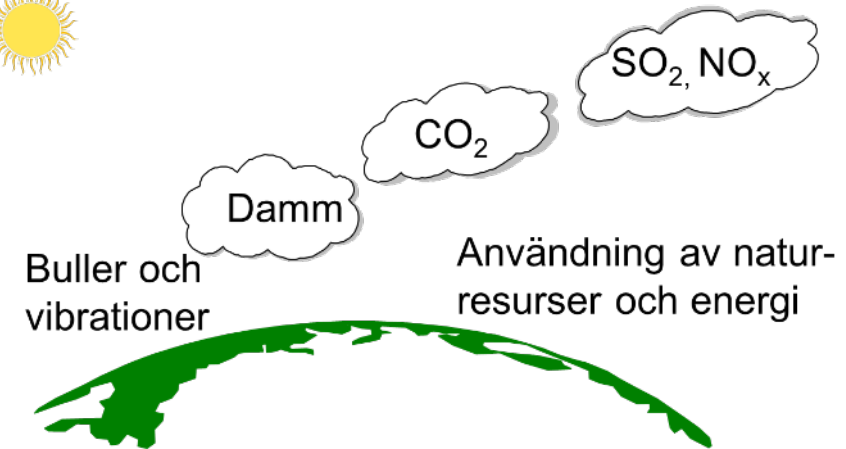
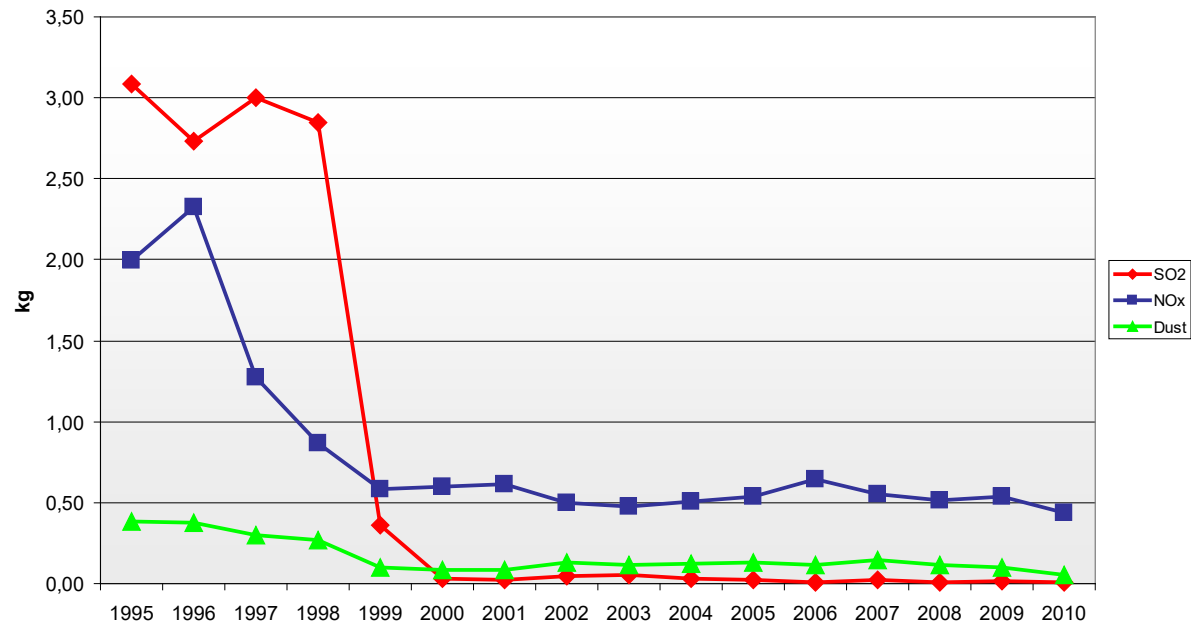
Damm

Påsfiler.

- Renar från damm.

Elektrofilter vid kylare 7 och kylare 8 samt bypass U8

Kg per ton klinker



Buller

Bullervägg runt filtret och fläktar i Slite.

Nya isolerade gaskanaler 2020.



Rökgasrening

NO_x

Ammoniak tillsätts för att reducera NO_x

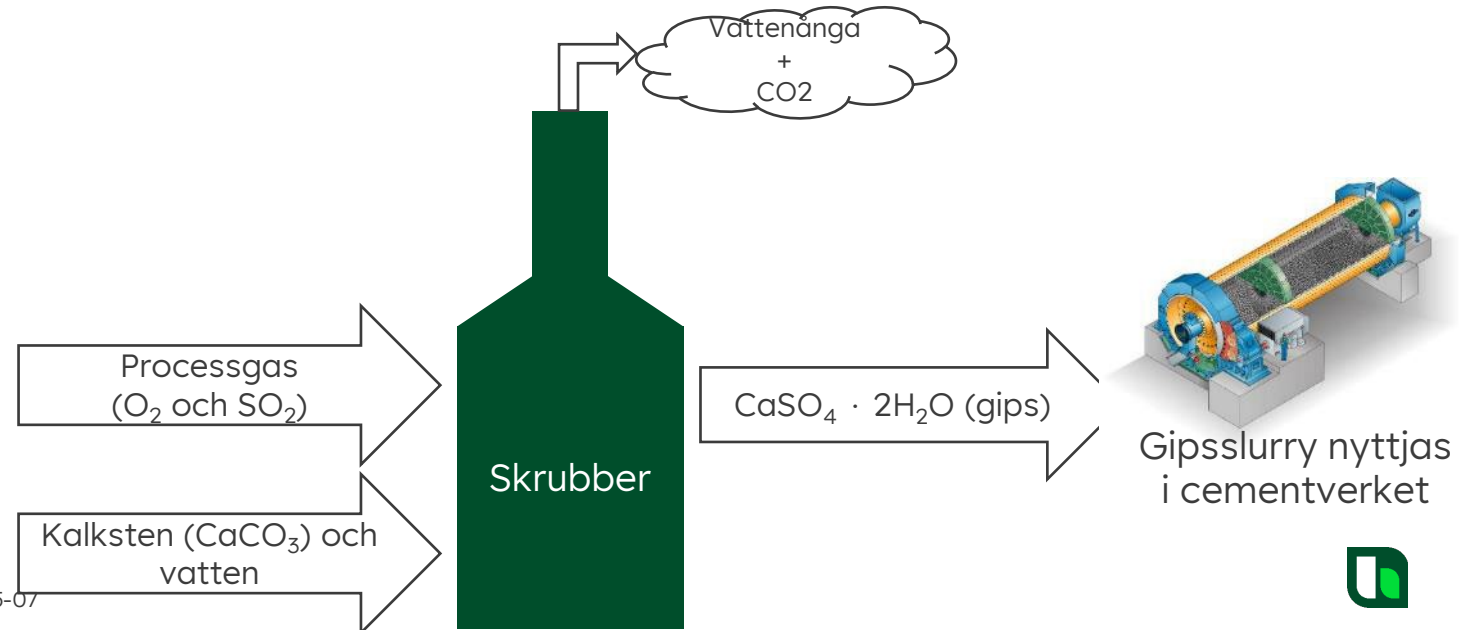


SO_x

Renar ugnsgaserna från SO₂

- $\text{CaCO}_3 + \text{SO}_2 \rightarrow \text{CaSO}_3 + \text{CO}_2$
- $\text{CaSO}_3 + 2 \text{H}_2\text{O} + \frac{1}{2} \text{O}_2 \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$

Gipsslurry som produkt



Frågor?

Cementtillverkning Del I - 2025-05-07

Heidelberg Materials

