

Cementtillverkning Del I

Cement i betong
2023-05-10

Heidelberg Materials



Vad är cement?

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

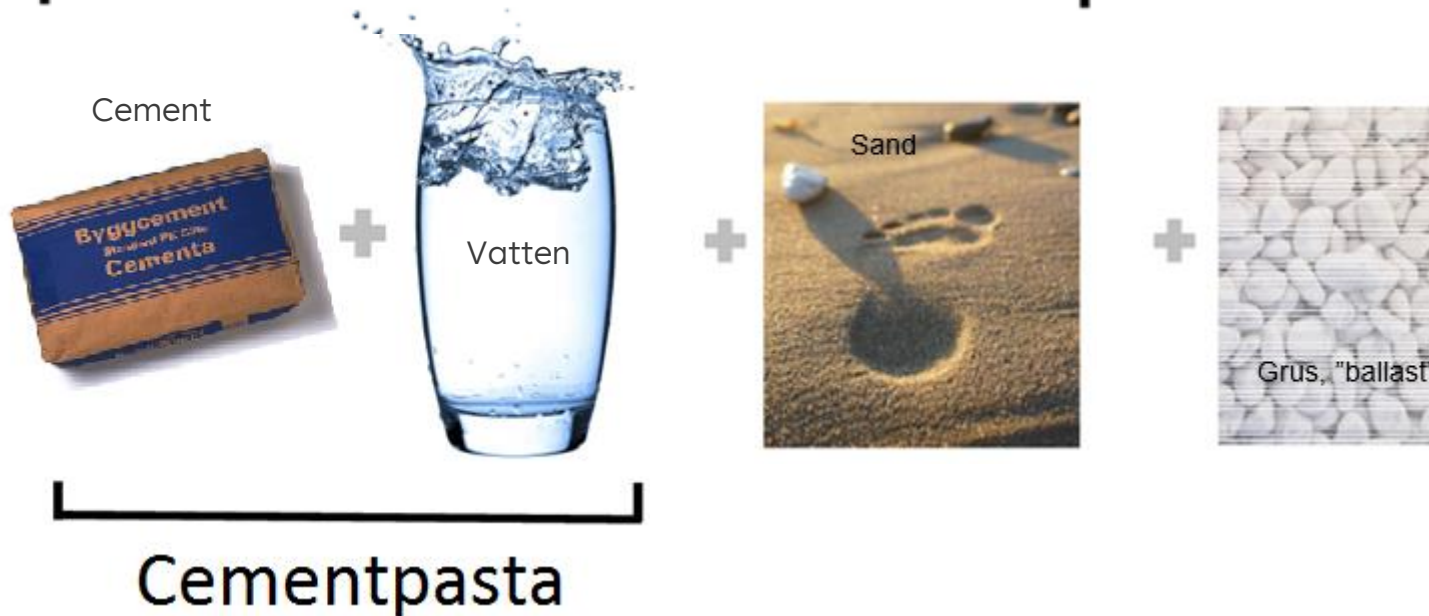


+



Betong

Bruk



Relevanta kemiska beteckningar

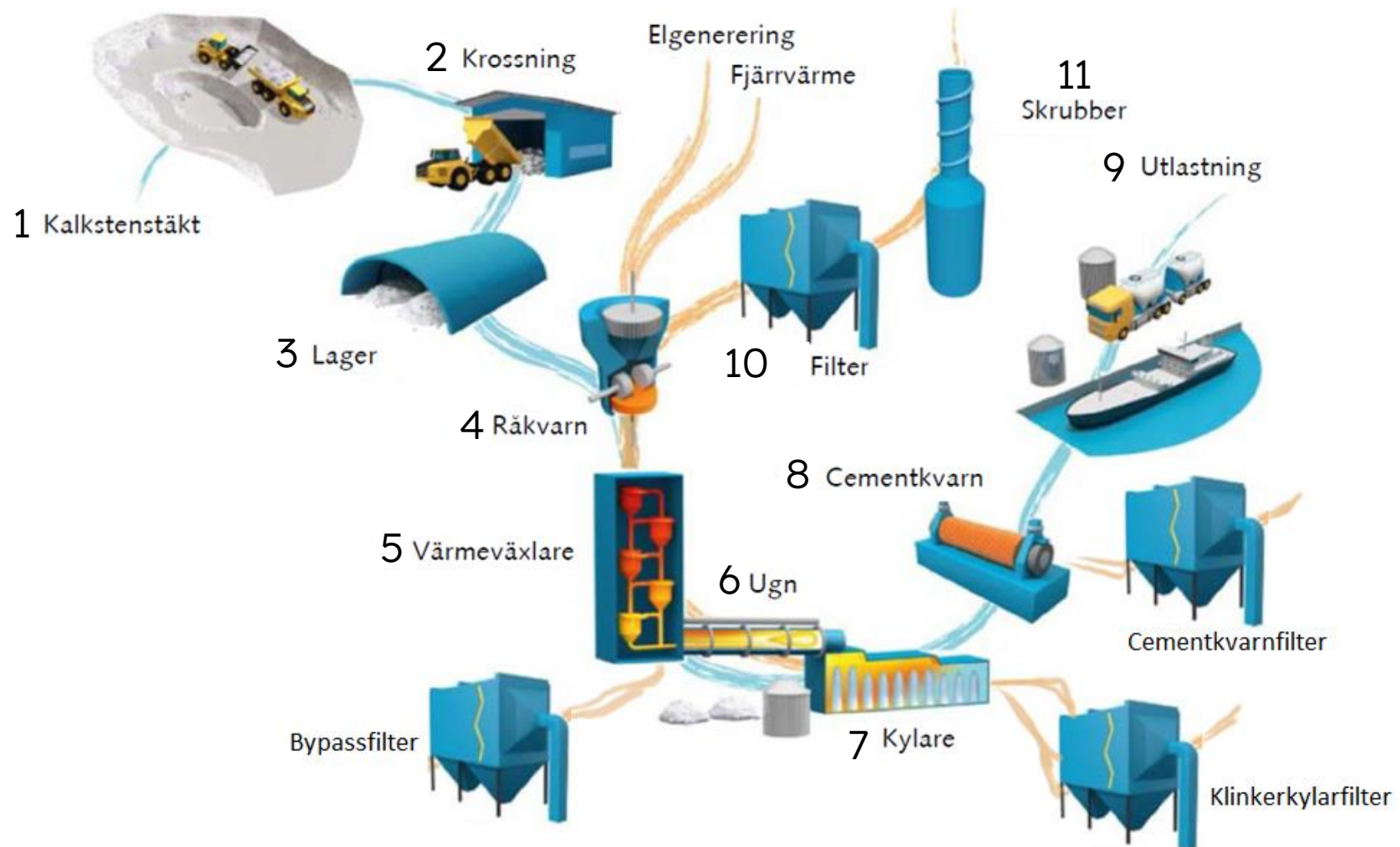
▪ Kalcium	=	Ca
▪ Kisel	=	Si
▪ Aluminium	=	Al
▪ Järn	=	Fe
▪ Syre	=	O
▪ Magnesium	=	Mg
▪ Väte	=	H
▪ Kol	=	C
▪ Natrium	=	Na
▪ Kalium	=	K
▪ Svavel	=	S
▪ Klor	=	Cl



▪ Kalciumkarbonat, kalksten	CaCO_3
▪ Silikat (kvarts), sand	SiO_2
▪ Kalciumoxid, bränd kalk	CaO
▪ Kalciumdihydroxid, släckt kalk	Ca(OH)_2
▪ Aluminiumoxid	Al_2O_3
▪ Järnoxid	Fe_2O_3
▪ Kaliumoxid, natriumoxid, (alkali)	$\text{K}_2\text{O}, \text{Na}_2\text{O}$
▪ Kalciumsulfat dihydrat, gips	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$



Cementprocessen



1. Kalkstenstäckten - Brytning

Råmaterial

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



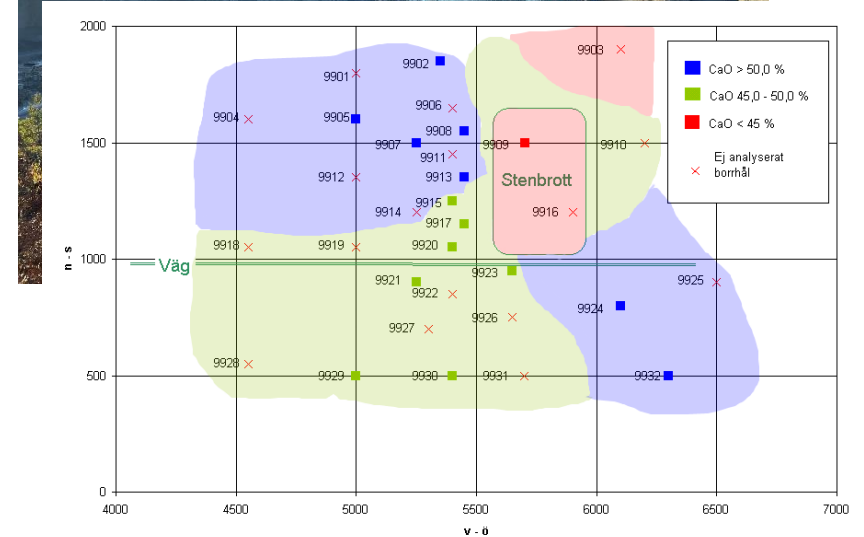
Förarbete

- Prospekteringsborrning
- Geologisk kartering
- Kemisk analys

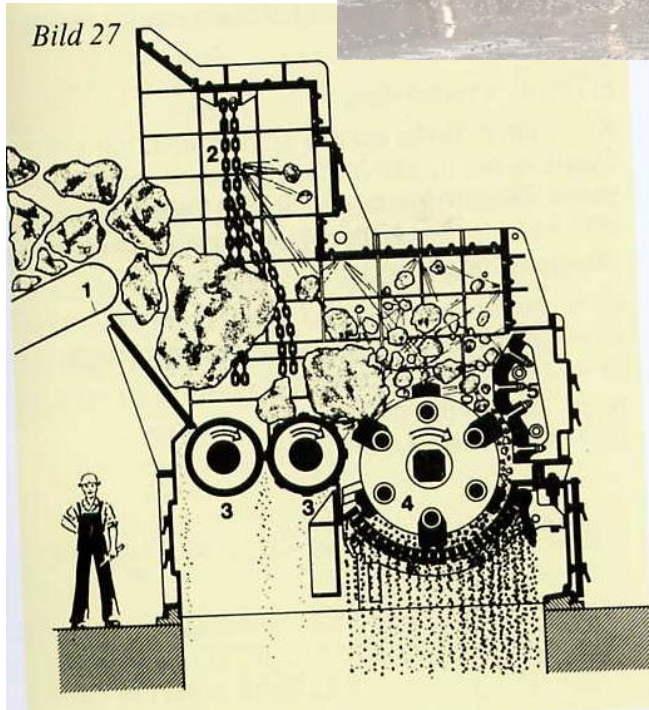


Krav

- 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

Relativt ren CaCO_3 .

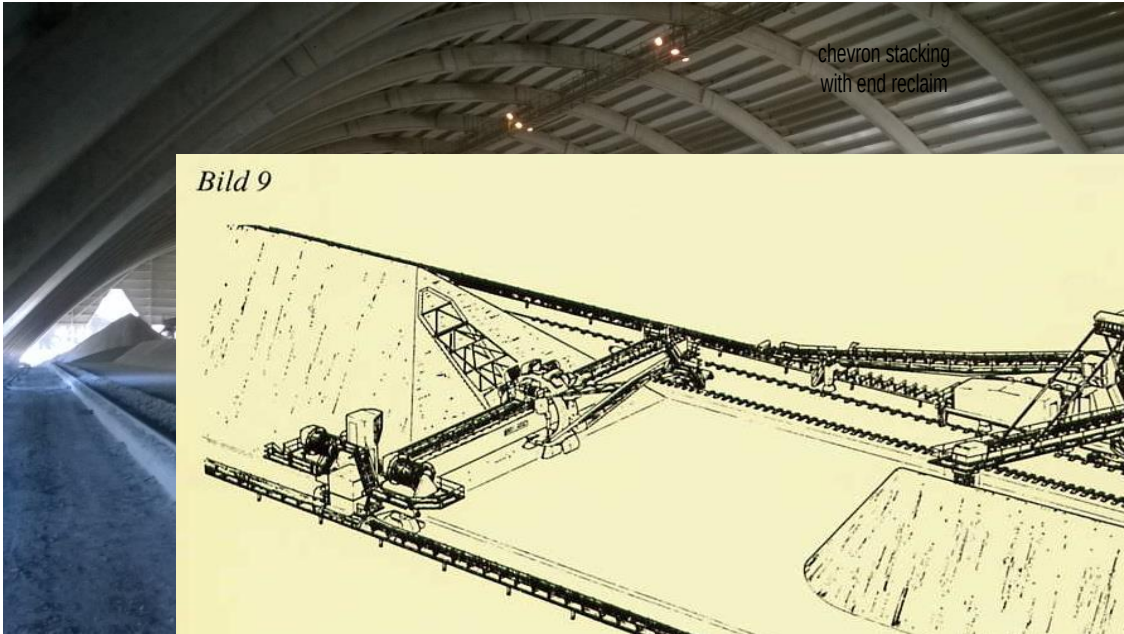
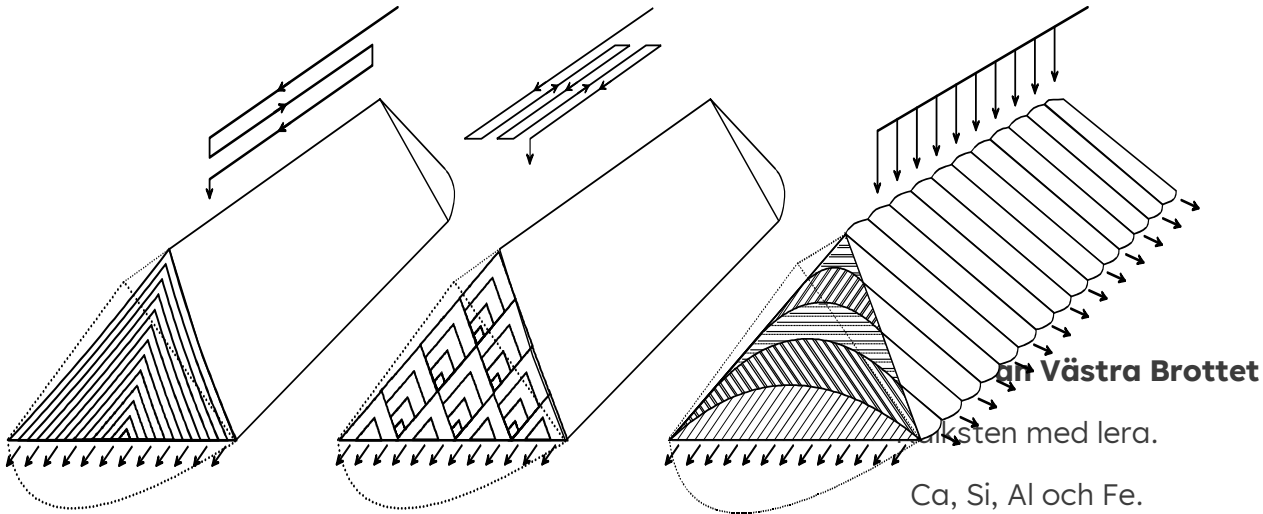
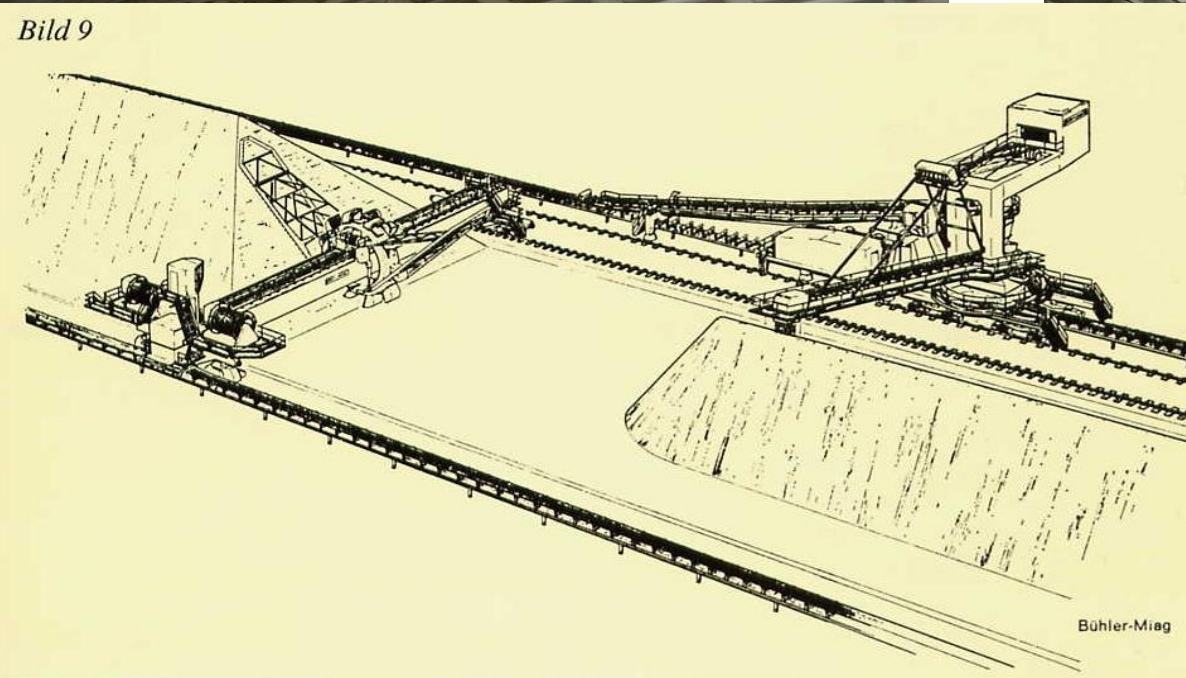


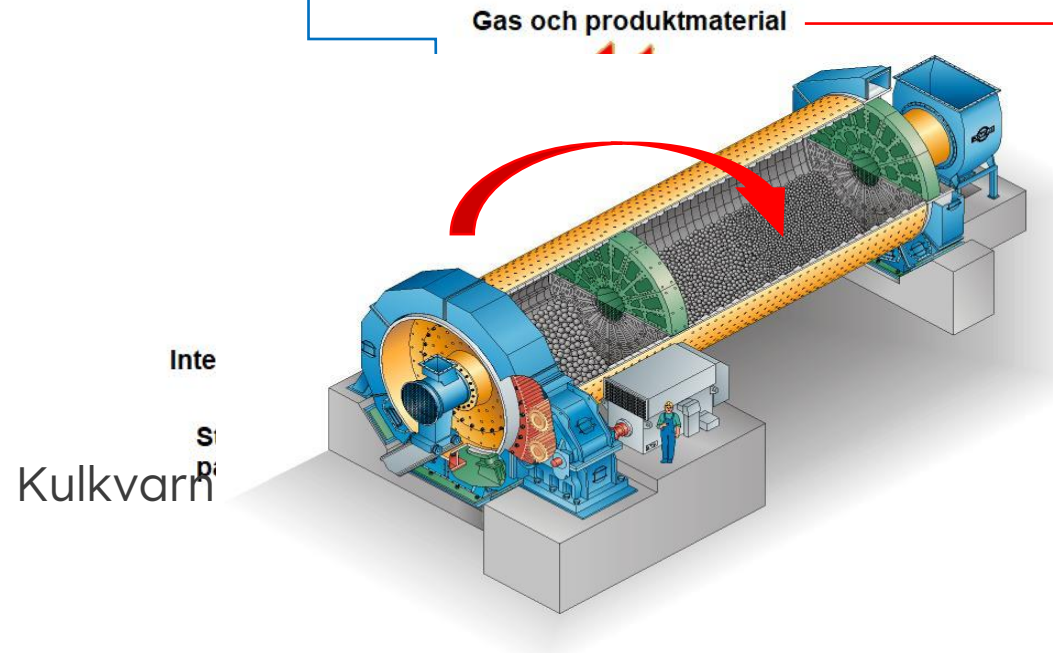
Bild 9



4. Råvarn

Råmaterial

Kalksten & mägersten – CaCO_3 . Bauxit – Al_2O_3 och Fe_2O_3 .
Sand, från t ex Bornholm – SiO_2 . Masugnsslagg – SiO_2 , Al_2O_3 och Fe_2O_3 .
Järnmalm – Fe_2O_3 . Lera – Varierande kemi.



Råvarn - Vertikalkvarn

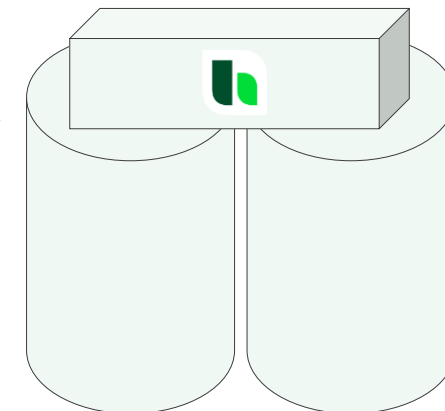
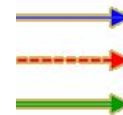
Beräkningsmoduler

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

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

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

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



Råmjölssilo



5. Cyklontorn och förkalcinering

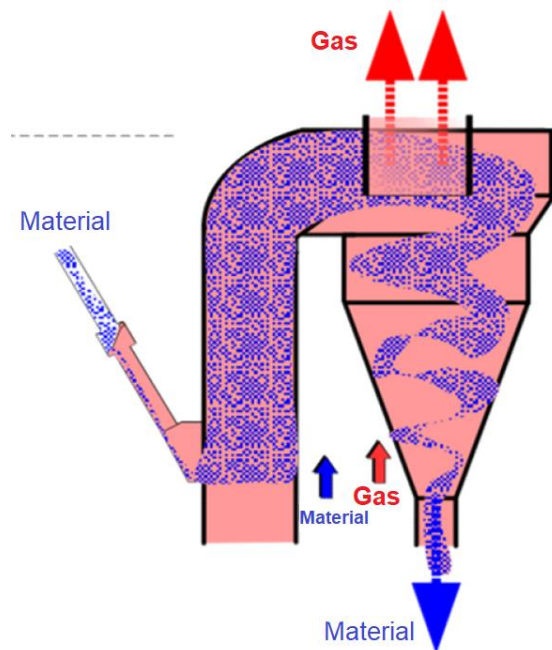
Cyklontornet förvärmer materialet med hjälp av ugnsgasen

Värmeväxling mellan gas och råmjöl i varje cyklon

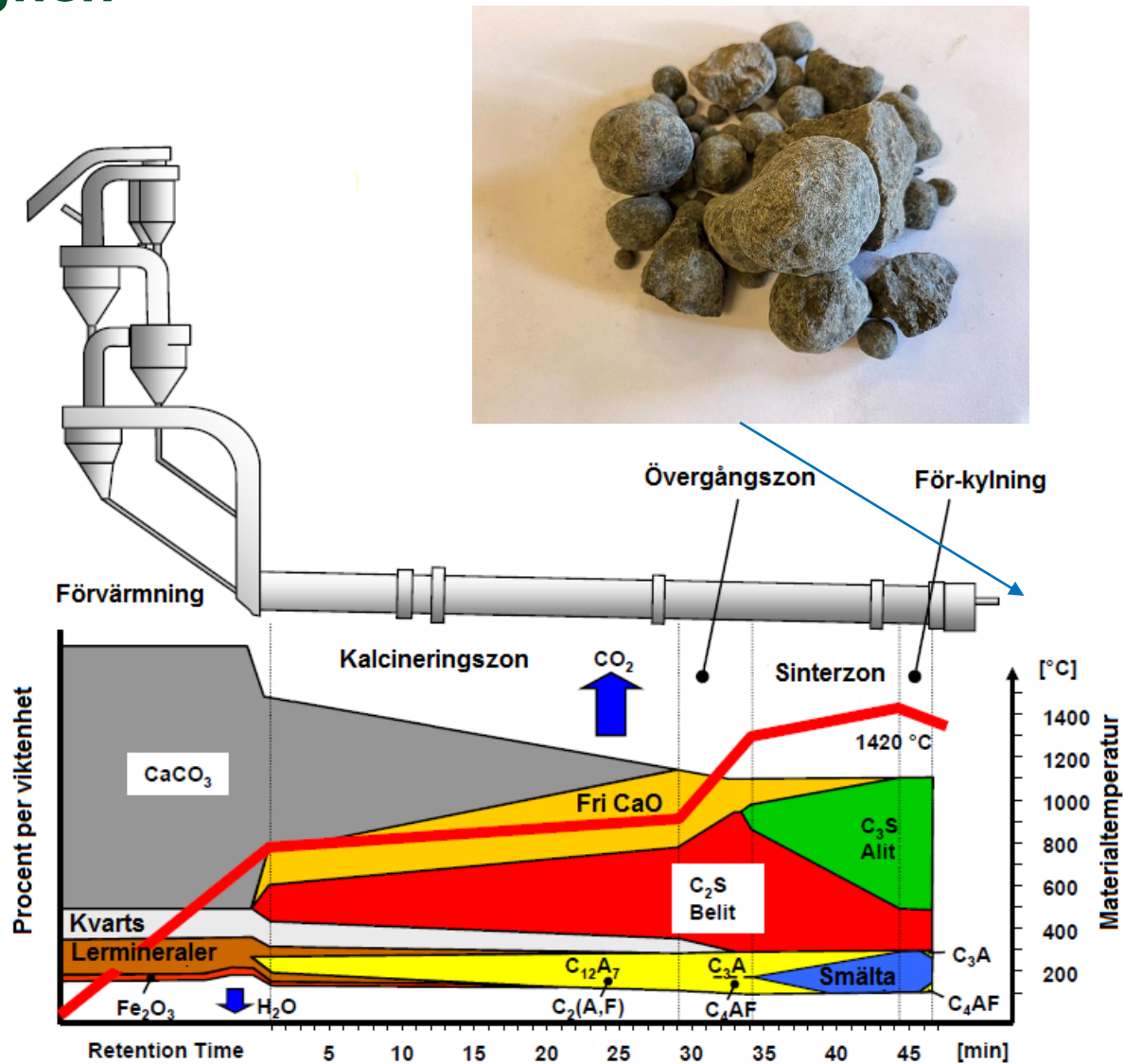
Kalcinering av råmjölet:

- 600 °C - 900 °C
- $\text{CaCO}_3 + \text{värme} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
Kalcit **"Bränd kalk/fri kalk" + koldioxid**

Kalculator (högeffektiv värmeväxlingsapparat)



6. Ugnen



Std. = Standard
Anl. = Anläggning

Klinkermineraler

C3S ~ 70 %.

C2S ~ 8 % (Std), 12 % (Anl).

C4AF ~ 6 % (Std), 12 % (Anl).

C3A ~ 8 % (Std), 2 % (Anl).

Fri kalk ~ 0,8-1,5 %.

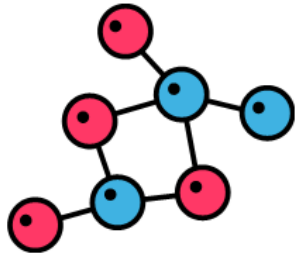
Halter enligt XRD-Rietveld



6. 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)

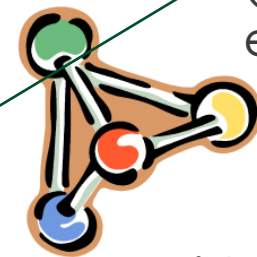
Ca₂SiO₄ - C₂S (Belit)

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.



6. Ugnen

Bränning – uppslutning.

Uppehållstid.

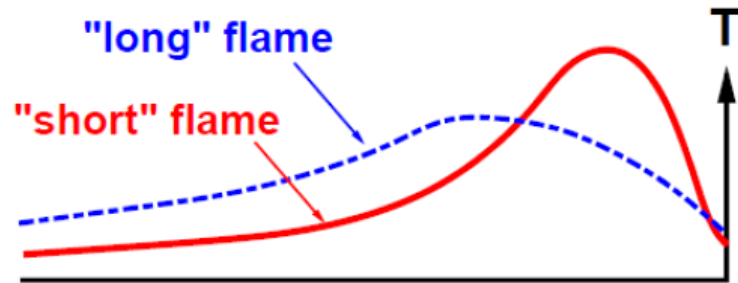
Tid vid max temp.

Max temp (teoretisk: 1450 °C)

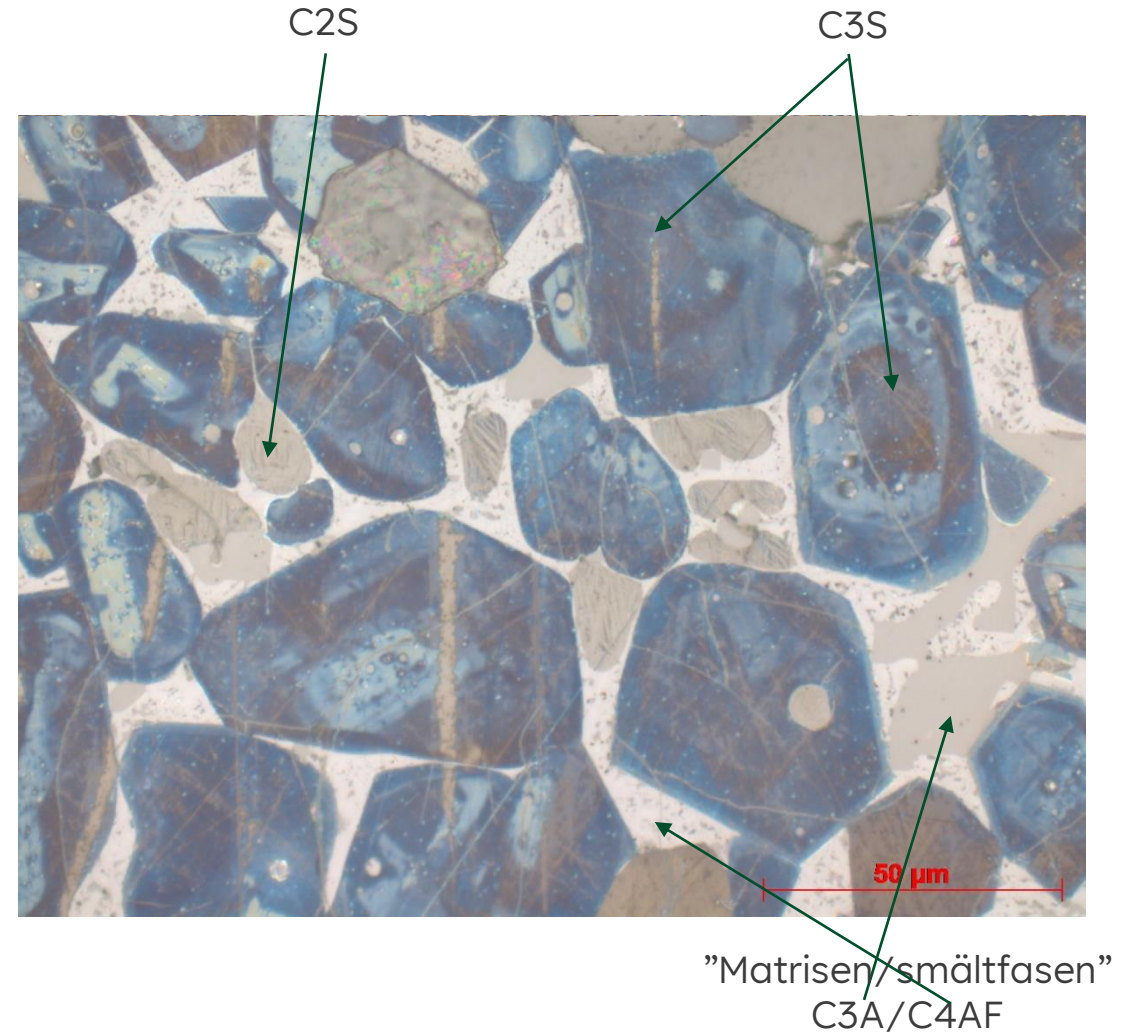
För-kylning.

Kylning.

Påverkar klinkerns reaktivitet



Idealt: varm, kort, stabil flamma



6. 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

Gummidäck

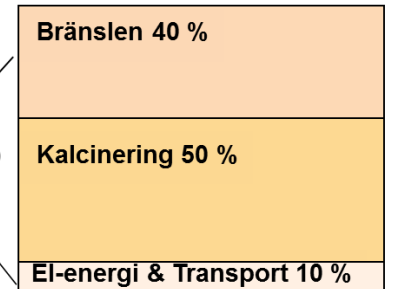
Biokol

KEO-konverterad eldningsolja.

- Endast under uppstart.

Olika värmeinhåll,
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

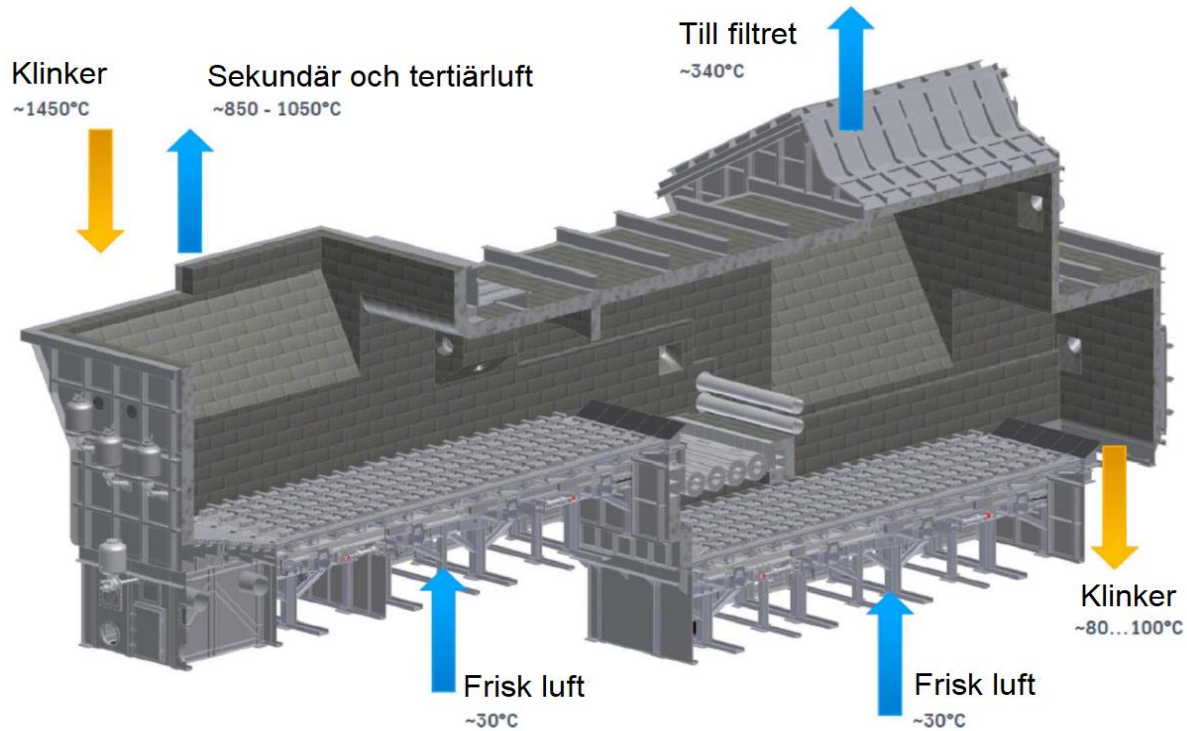
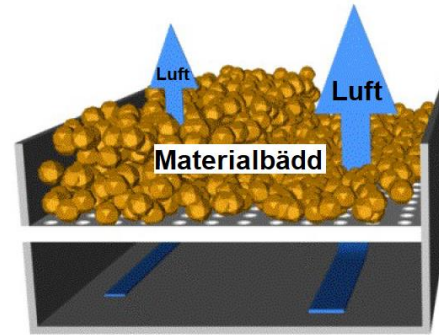


7. Klinkerkylare

Snabb kylning till $<1000\text{ C}$

Sekundärluft till ugnen (kyler C3S och C2S).

Kylning/frysning av smältfasen



Rosterkylare

Satellitkylare

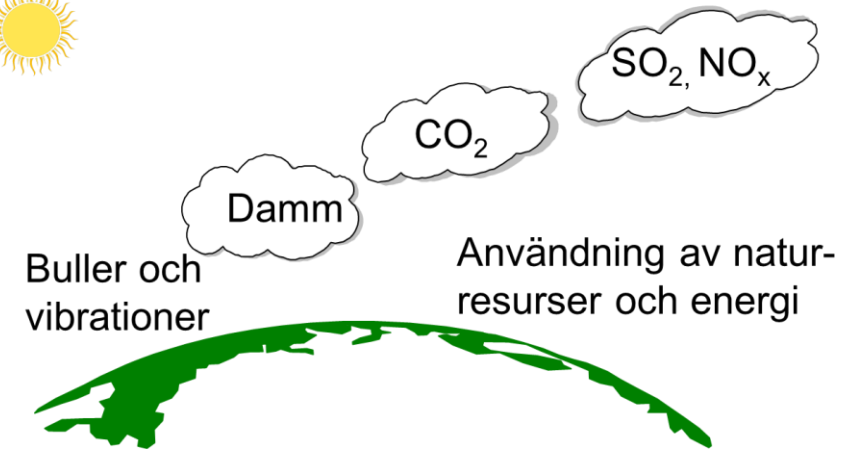
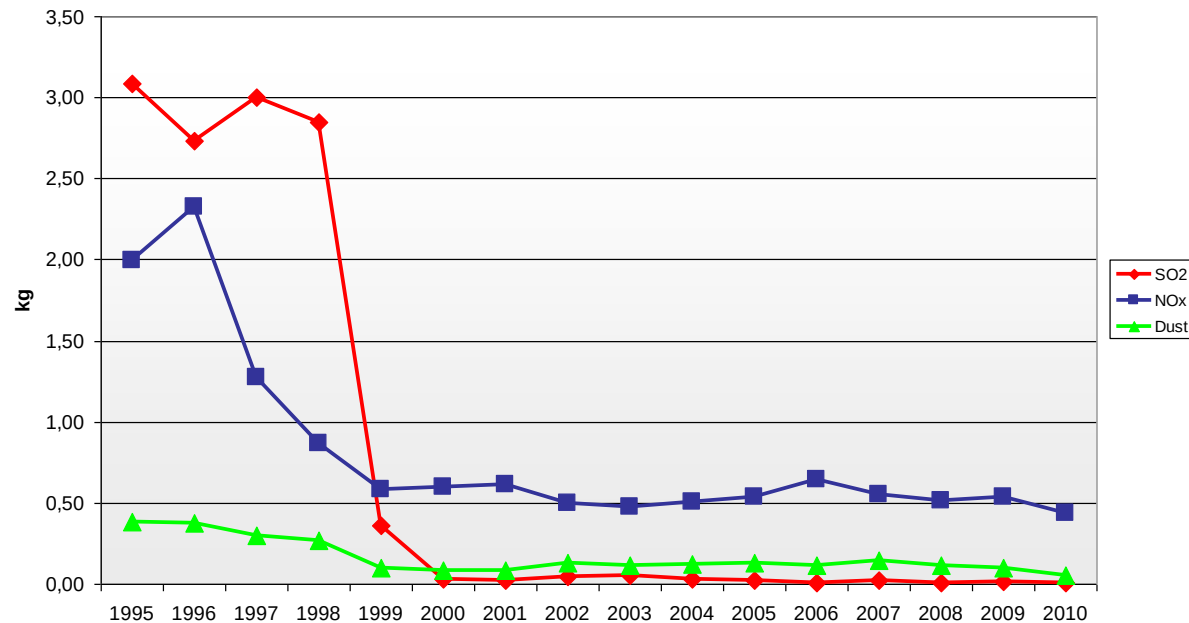


10. Ugnsfiler

Damm

- Påsfilter.
 - Renar från damm.
- Elektrofilter i cementverket.

Kg per ton klinker



Buller

Bullervägg runt filtret och fläktar i Slite.

Nya isolerade gaskanaler 2020.

NO_x

Reduktion av NO_x gaser i ugnsgasen med hjälp av ammoniak.

- $\text{NO} + \text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{N}_2 + \text{H}_2\text{O}$



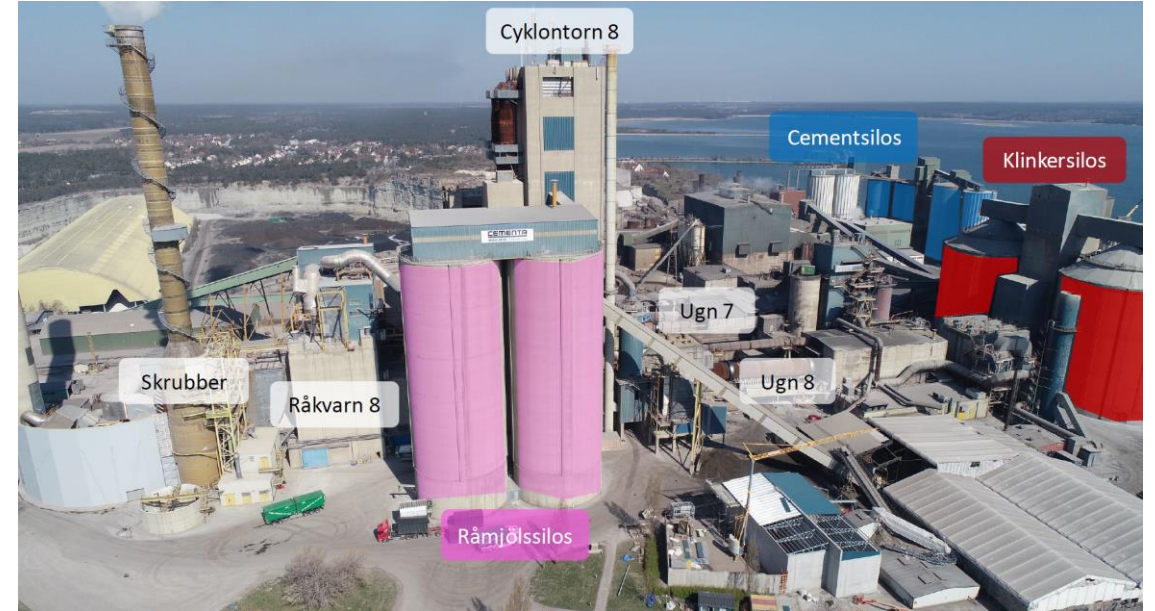
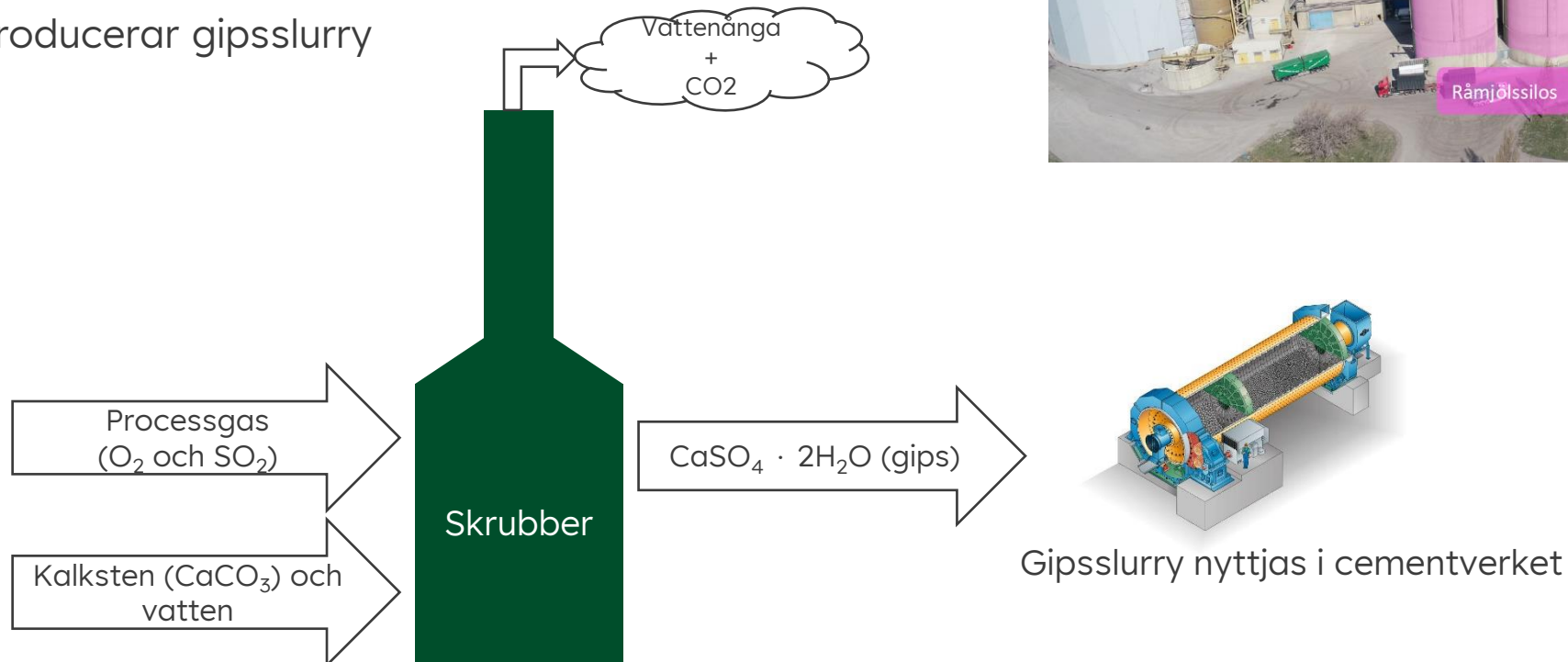
11. Skrubber

Skrubber

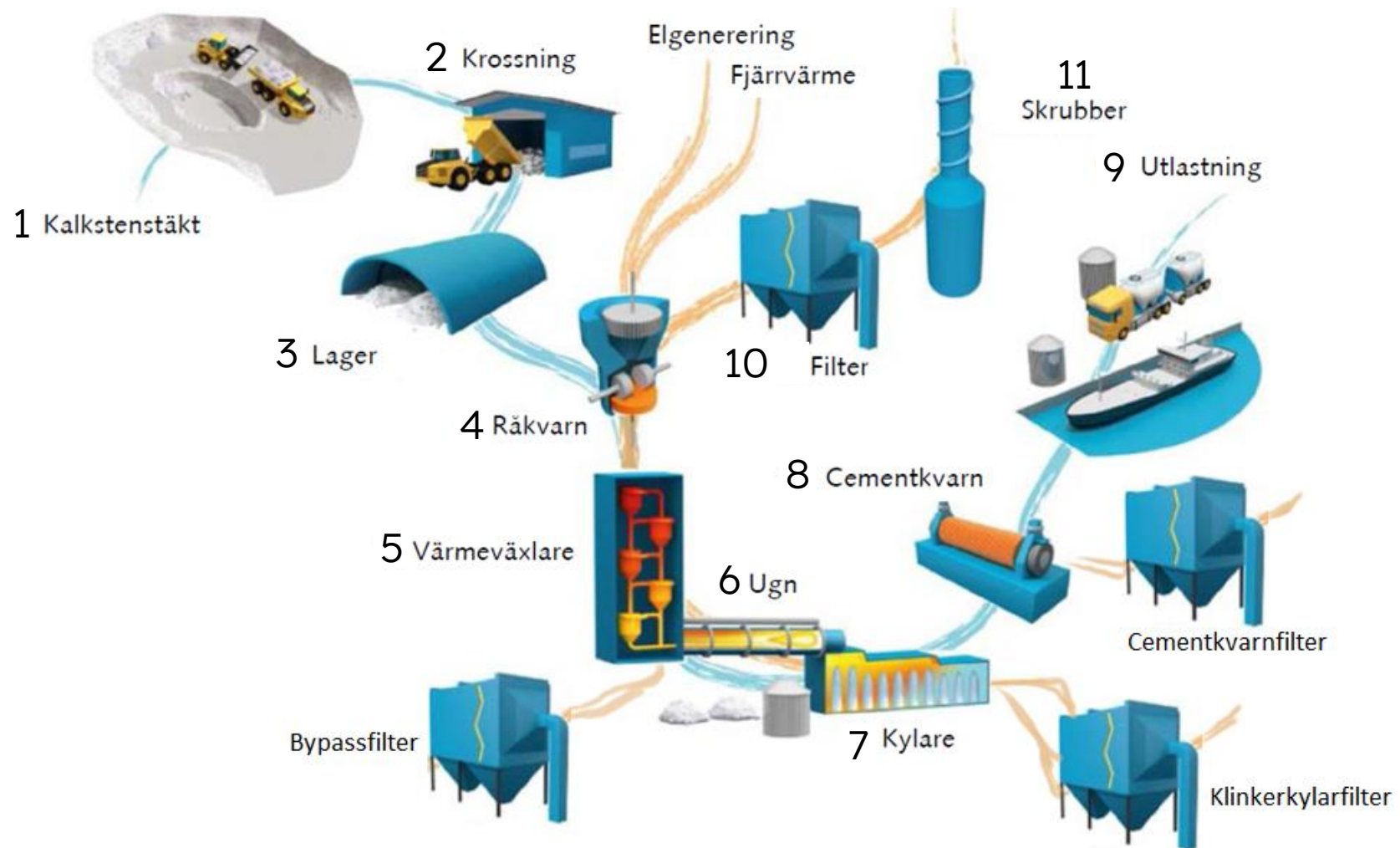
Renar ugnsgaserna från SO_2

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

Producerar gipsslurry



Cementprocessen



Frågor?

