



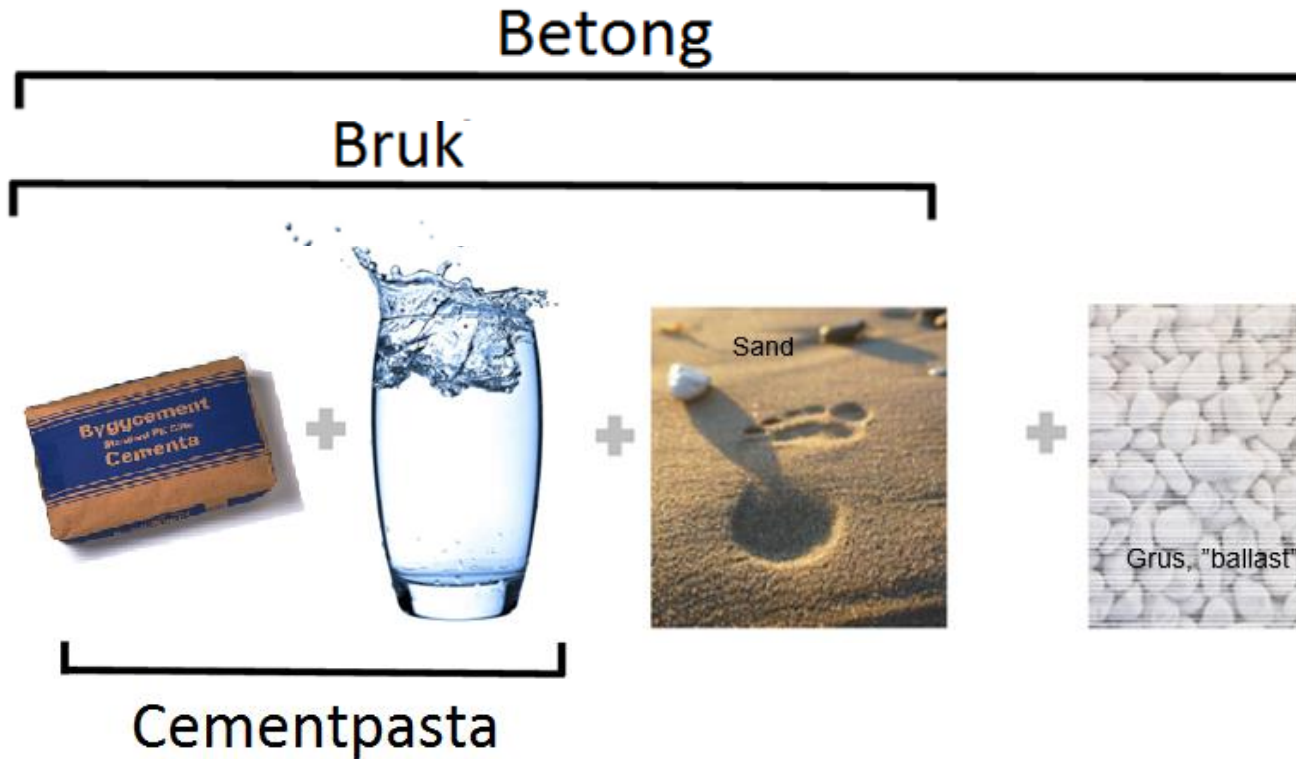
Cementtillverkning Del I

Cementtillverkning del I - CiB 2026-05-20



Vad är cement?





- Finmalt pulver av klinker, gips och tillsatsmaterial som härdar vid kontakt med vatten.
- Bindemedel i betong.



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

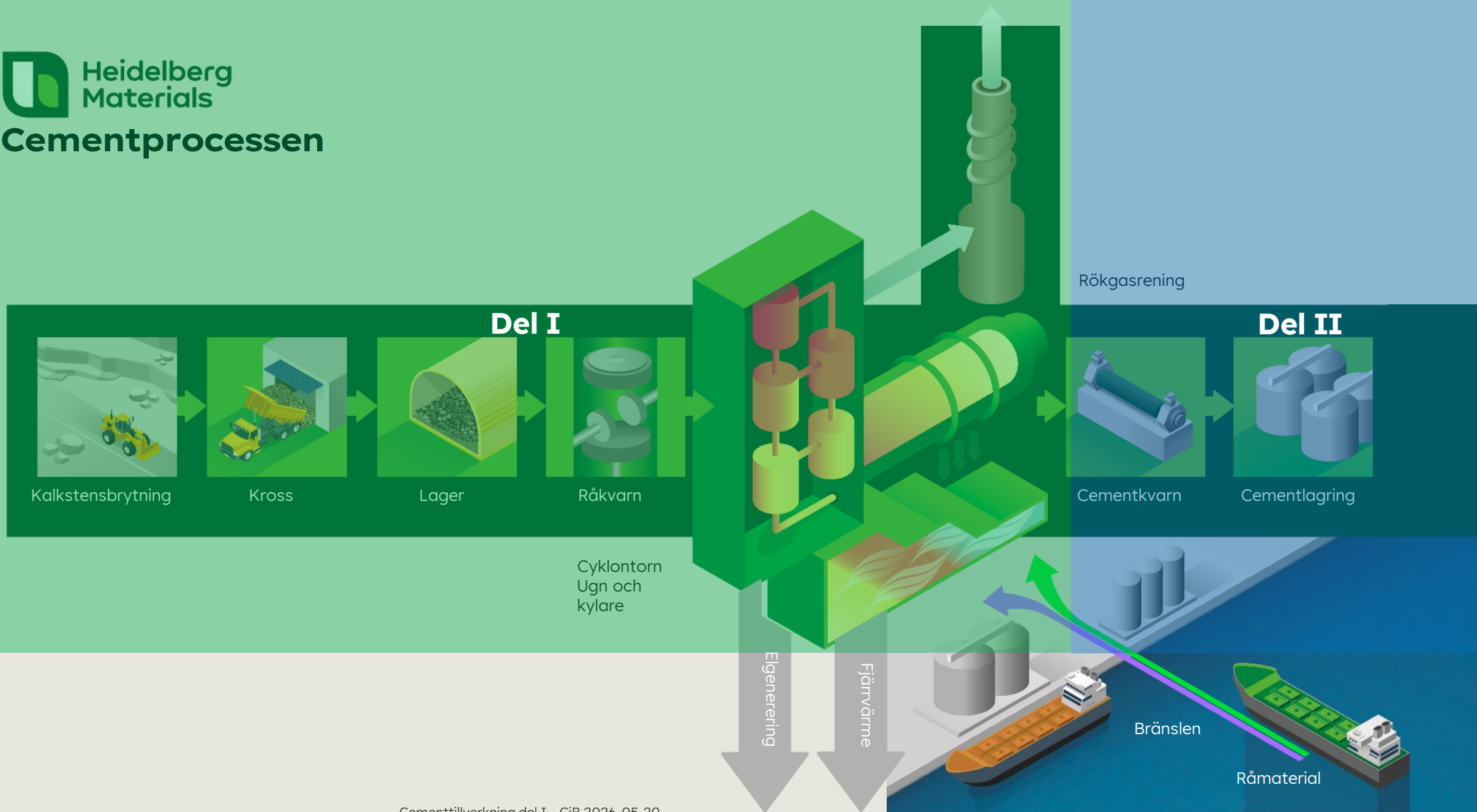


Element	Typical ranges in OPC clinker (LOI = 0)
 Calcium	60%-69% (CaO)
 Silicon	18%-24% (SiO ₂)
 Aluminium	4%-8% (Al ₂ O ₃)
 Iron	1%-8% (Fe ₂ O ₃)

- 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**



Cementprocessen



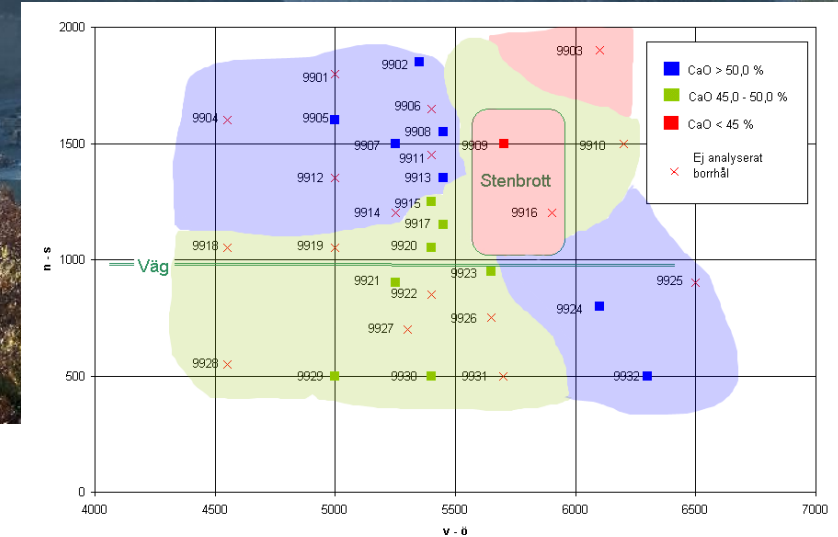
Kalkstenstakten - Brytning Råmaterial

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



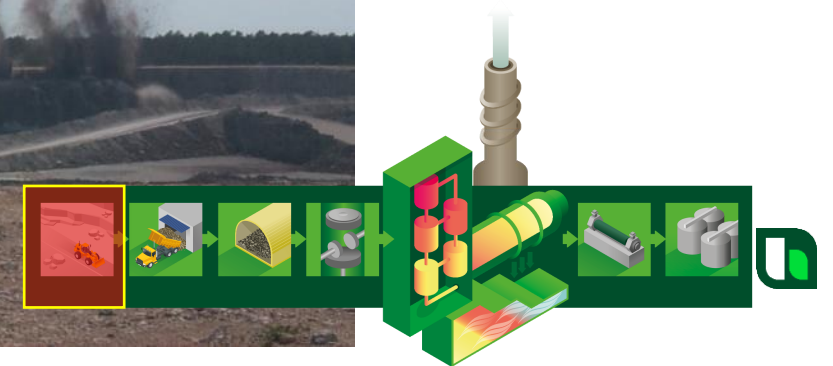
Förarbete

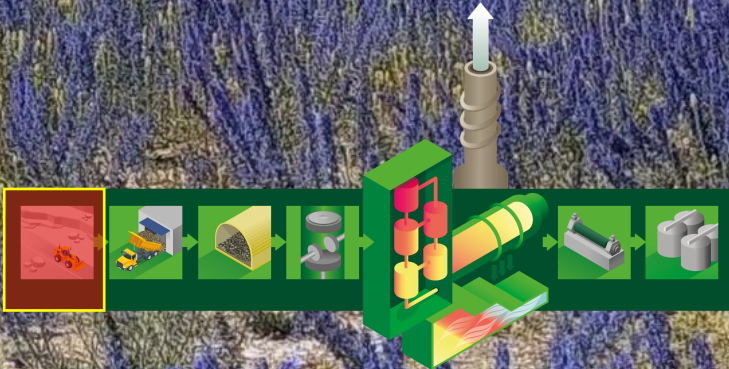
- Prospekteringsborrning
- Geologisk kartering
- Kemisk analys



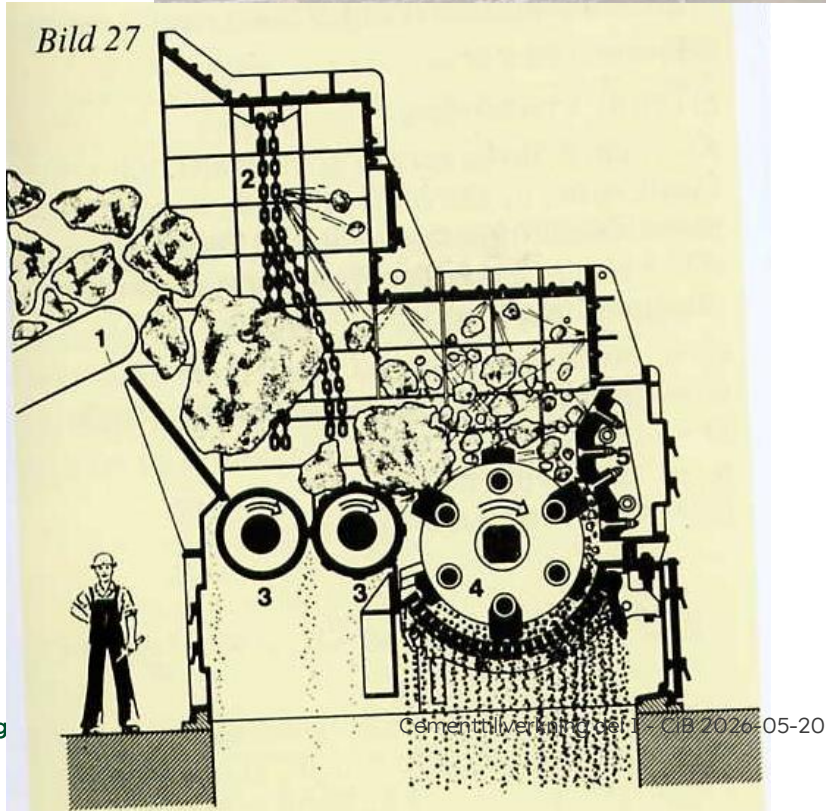
Teknik

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

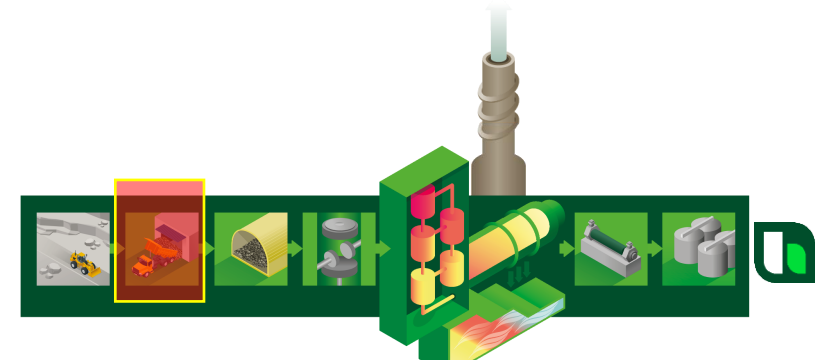




Krossning



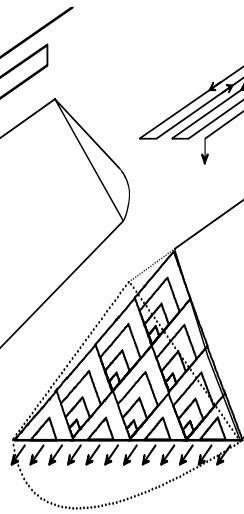
- Partikelstorleken reduceras till 0-8mm
- 12000 - 13000 ton sten från västra brottet krossas per skift.
- 7000 - 8000 ton sten från File Hajdar krossas per skift.



Utjämningslager

Kalksten från File Hajdar

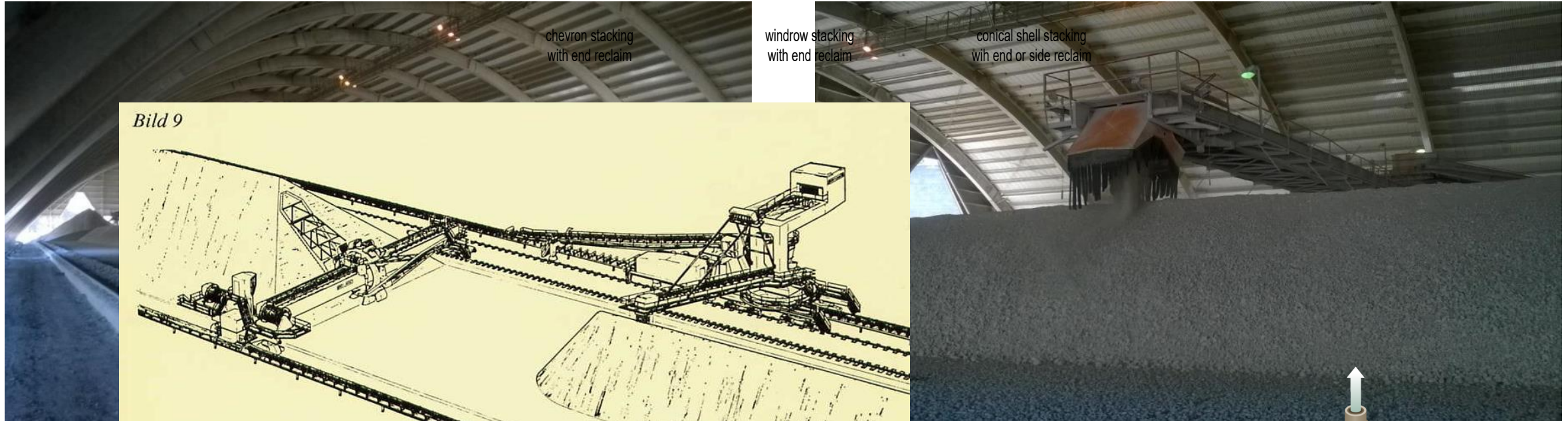
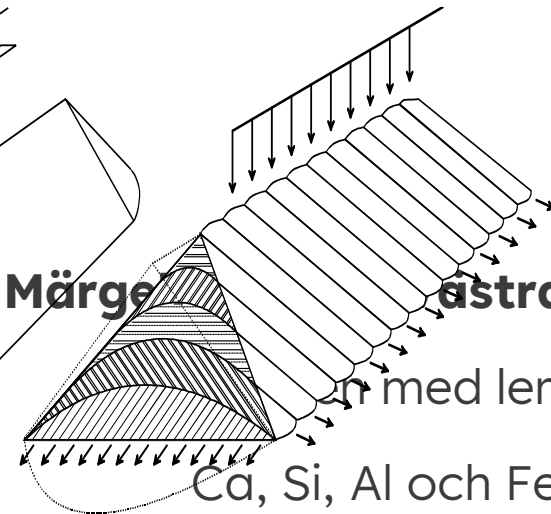
Relativt ren CaCO_3 .



Märge

Ästra Brottet

in med lera.
Ca, Si, Al och Fe.

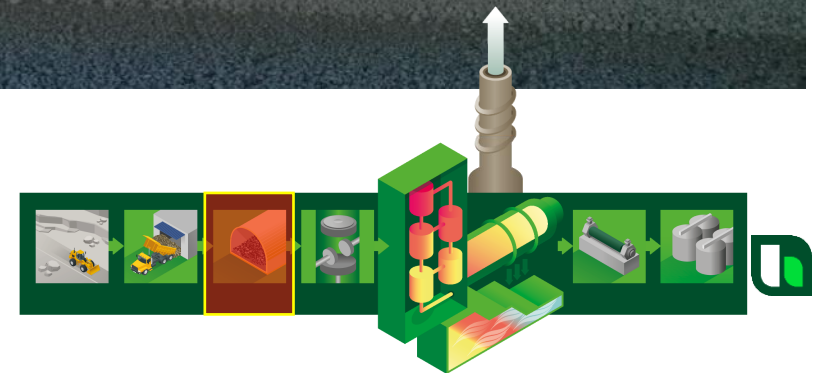
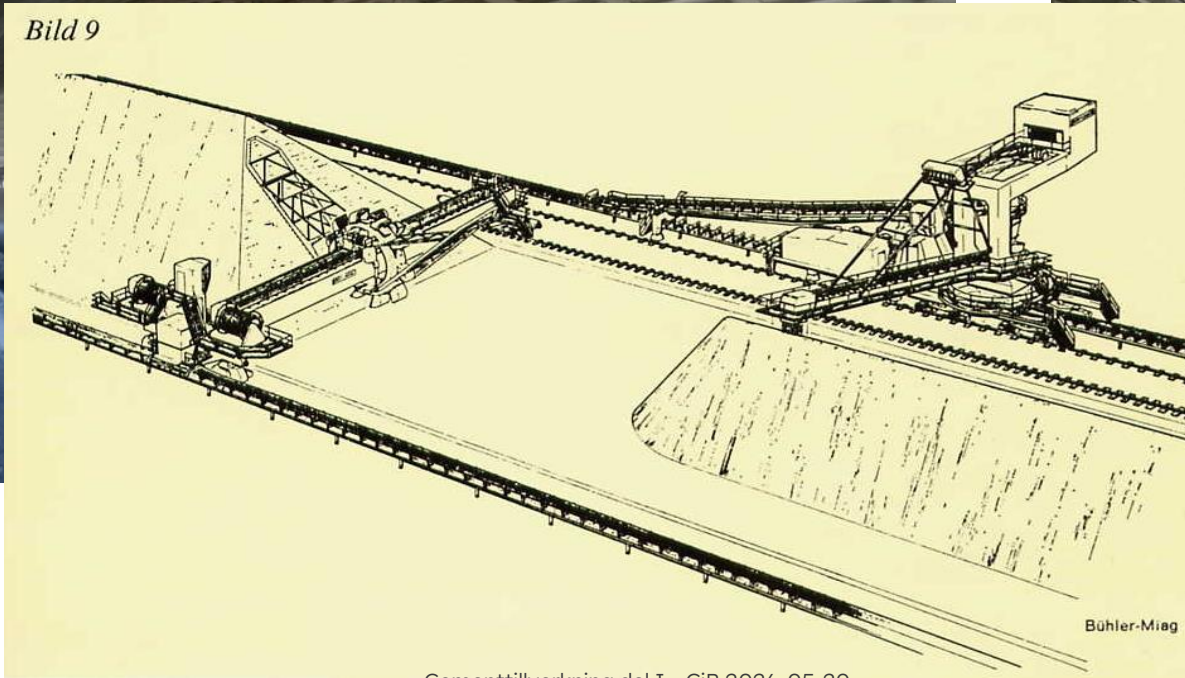


chevron stacking with end reclaim

windrow stacking with end reclaim

conical shell stacking with end or side reclaim

Bild 9



Råvarn

Råmaterial

Kalksten & mörgelsten - CaCO_3 .

Sand, från t ex Bornholm - SiO_2 .

Järnmalm - Fe_2O_3 .

Lera - SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , CaO

Alternativa råmaterial

Slagg (CaO , Fe_2O_3 , SiO_2 , Al_2O_3)

Återvunnet gips (SO_3)

Kiselrikt avfall (SiO_2)

Flygaska (CaO , SiO_2 , Al_2O_3)

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

$$\text{Silikatmodu (SM)} = \frac{\text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3}$$

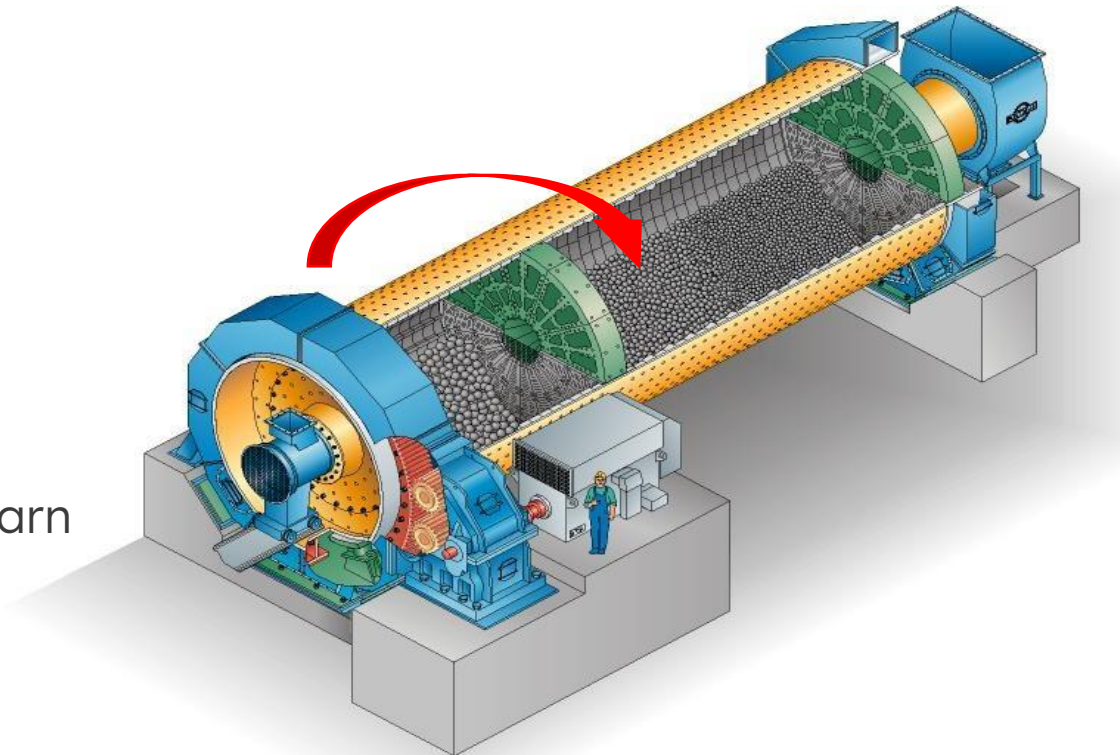
$$\text{Aluminatmodul (AM)} = \frac{\text{Al}_2\text{O}_3}{\text{Fe}_2\text{O}_3}$$

KG~95-99

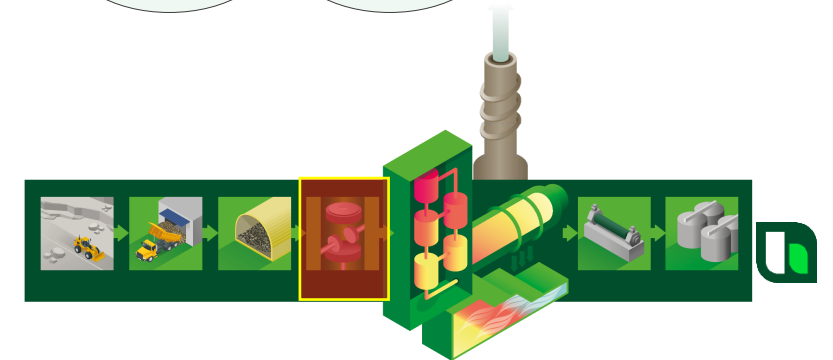
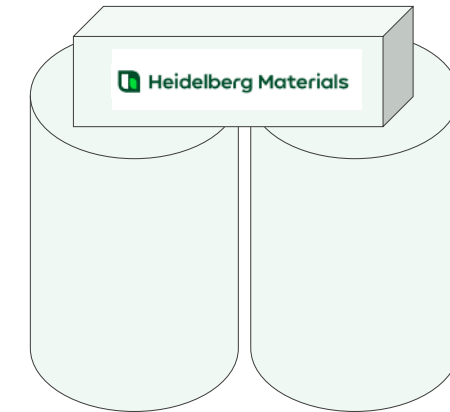
SM~2,3-3,0

AM~1,2-2,0

Kulkvarn



Råmjölssilo



Cyklontorn och förkalcinering

Cyklontornet förvärmer materialet med hjälp av ugnsgasen

Värmeväxling mellan gas och råmjöl i varje cyklon

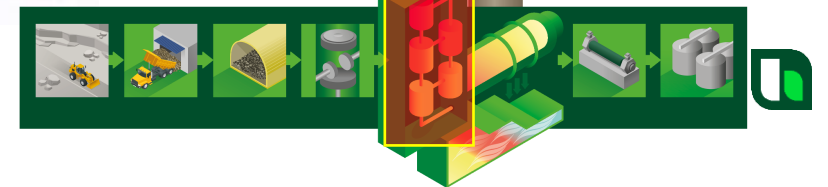
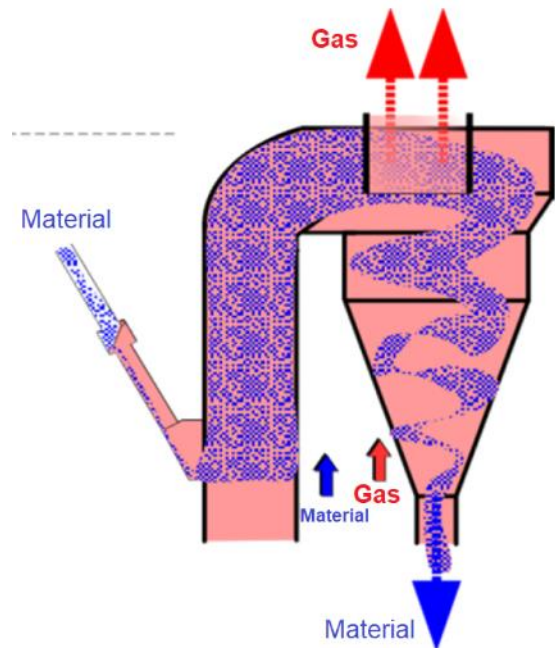
Kalcinering av råmjölet:

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

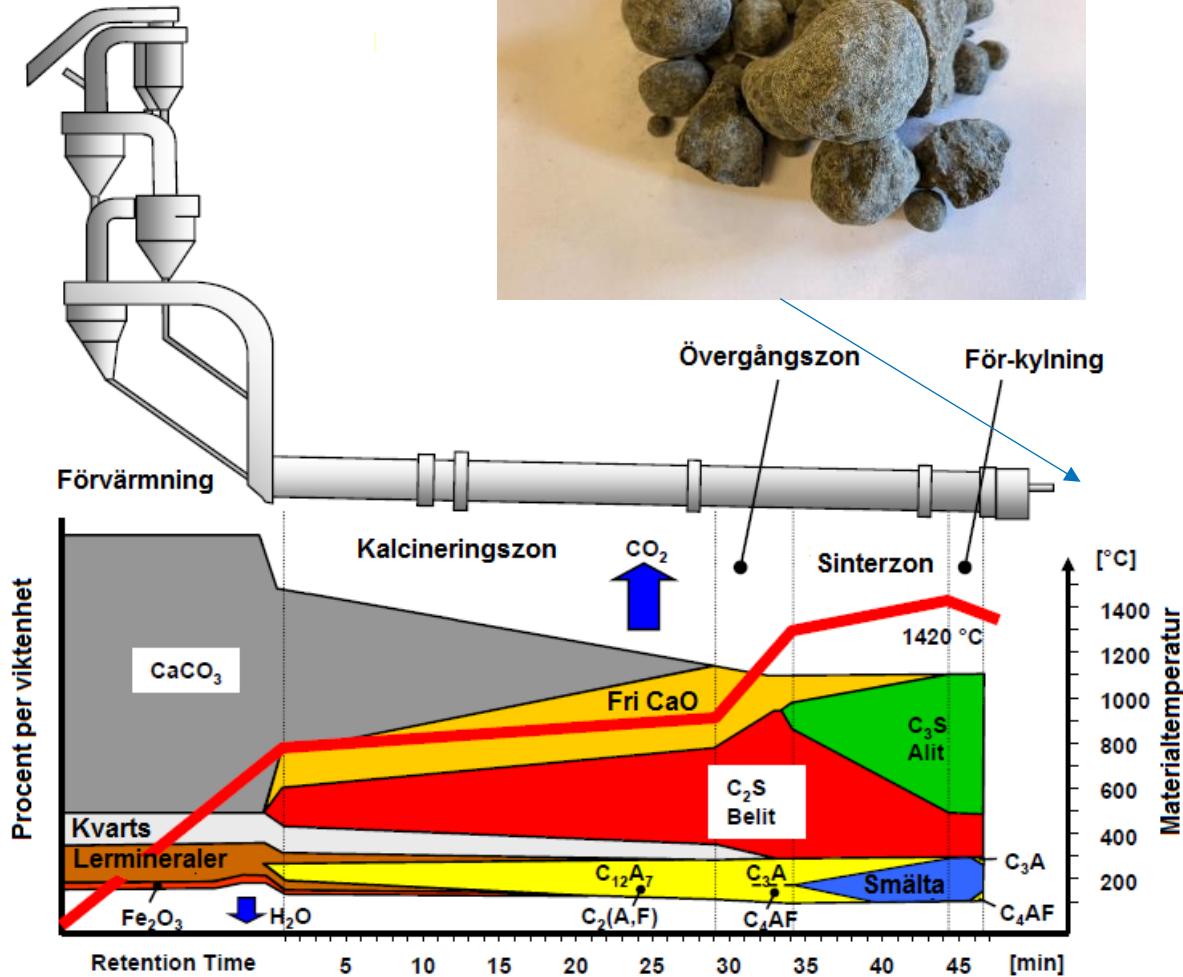
Kalcit

”Bränd kalk/fri kalk” + koldioxid

Kalculator (högeffektiv värmeväxlingsapparat)



Ugnen



Klinkermineraler

Std. = Standard
Anl. = Anläggning

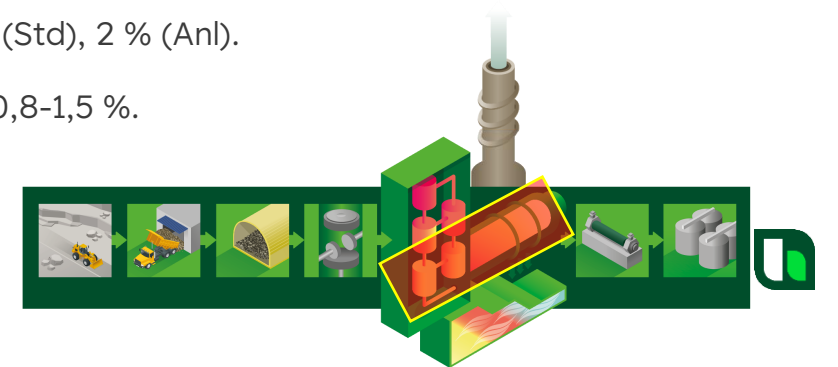
C₃S ~ 70 %.

C₂S ~ 8 % (Std), 12 % (Anl).

C₄AF ~ 6 % (Std), 12 % (Anl).

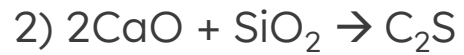
C₃A ~ 8 % (Std), 2 % (Anl).

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

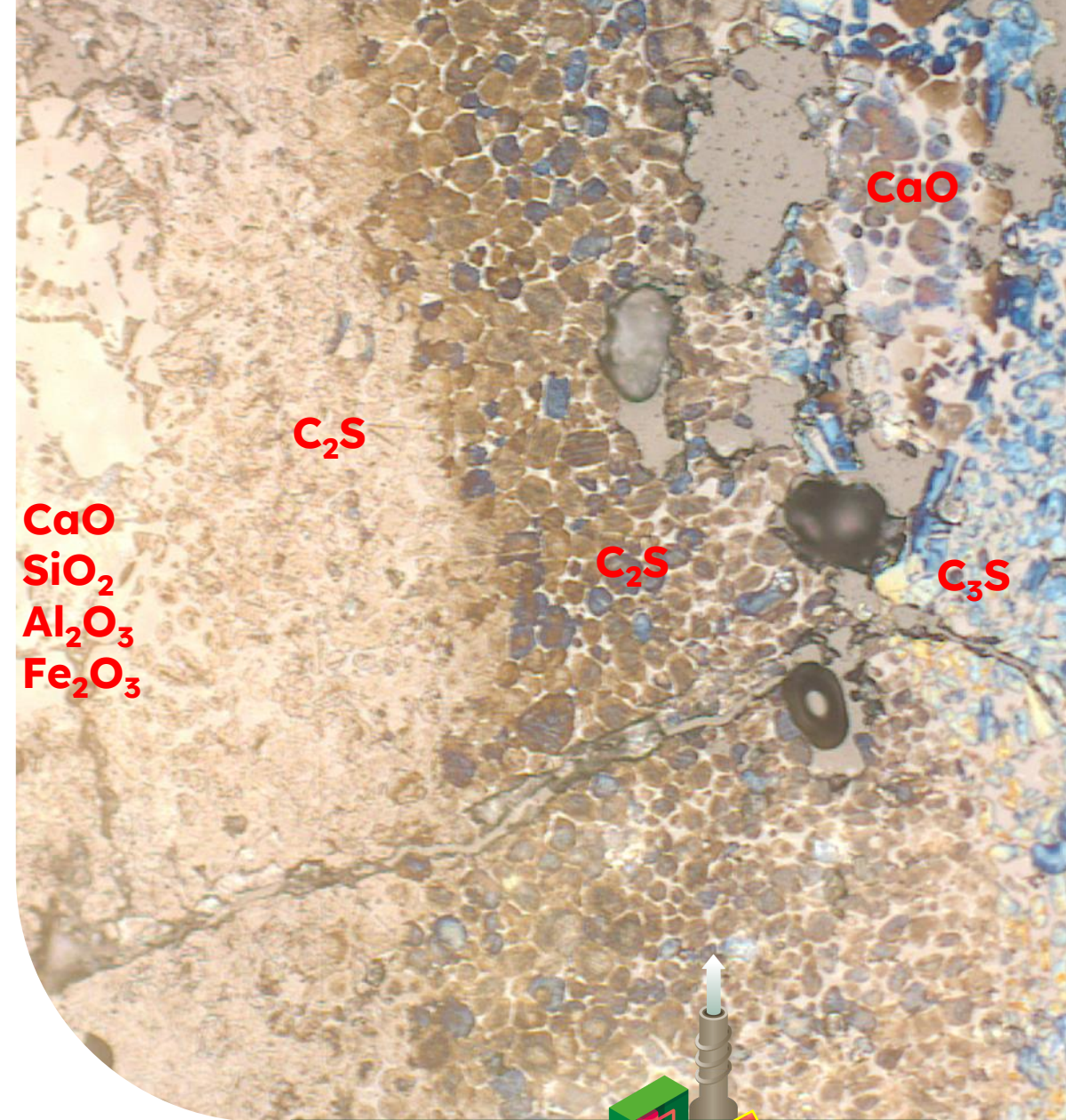
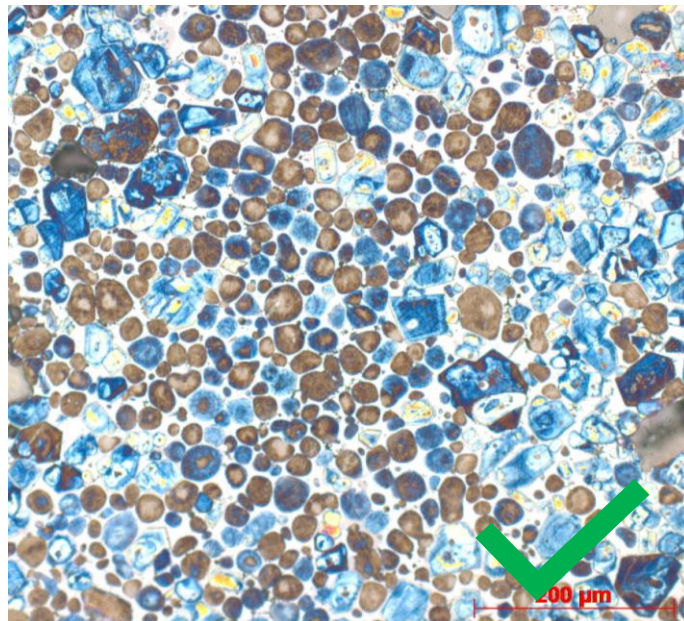
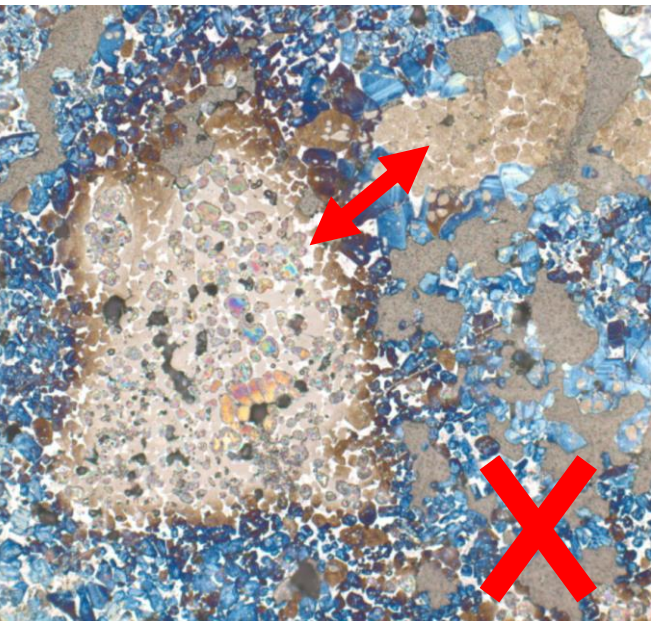


Klinkermineraler

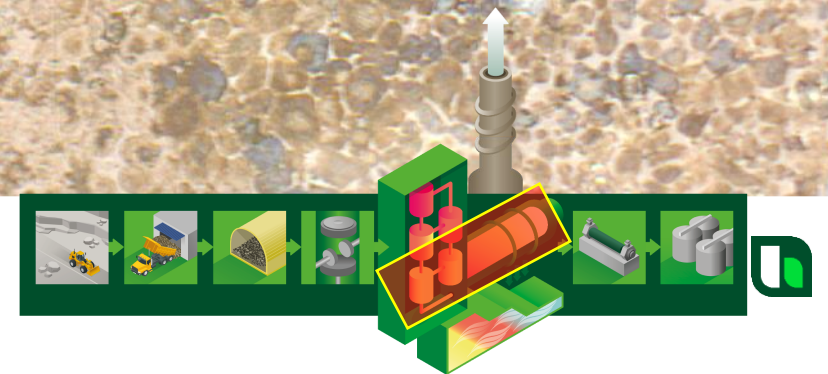
C = CaO	}	$C_3S = Ca_3SiO_5$ - Alit	← Hållfasthet (~70%)
S = SiO ₂		$C_2S = Ca_2SiO_4$ - Belit	← Sen hållfasthet (~10%)
A = Al ₂ O ₃		$C_3A = Ca_3Al_2O_6$ - Celit Aluminat	← Tidig hållf (4-7%)
F = Fe ₂ O ₃		$C_4AF = Ca_4Al_2Fe_2O_{10}$ - Ferrit	← Färg (7-12%)



Mer malning VS mer bränsle

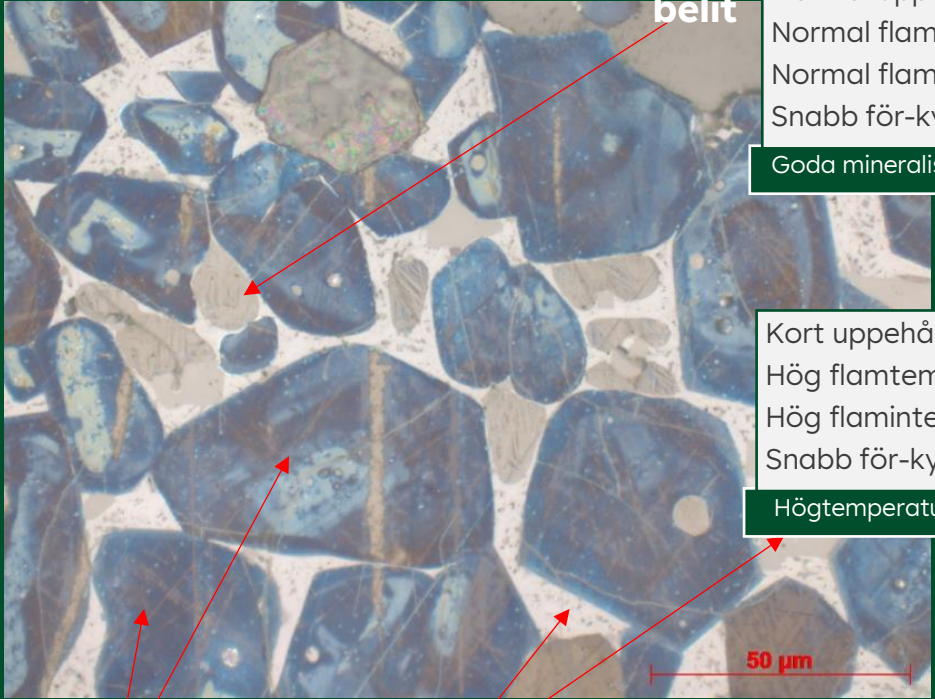


CaO
SiO₂
Al₂O₃
Fe₂O₃



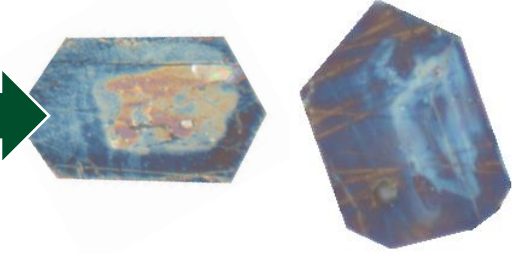
Ugnen - Mineralogi

Alla kombinationer är möjliga!



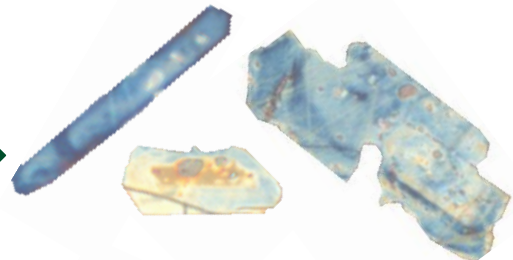
Normal uppehållstid
Normal flamtemperatur
Normal flamintensitet
Snabb för-kylning

Goda mineraliseringsförhållanden



Kort uppehållstid
Hög flamtemperatur
Hög flamintensitet
Snabb för-kylning

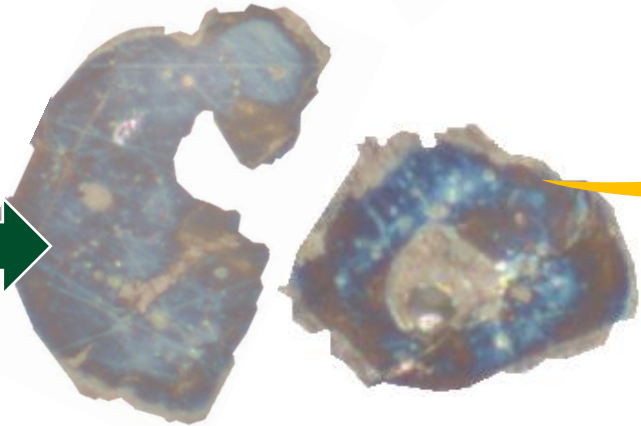
Högtemperaturmineralisering



Ideal för reaktivitet

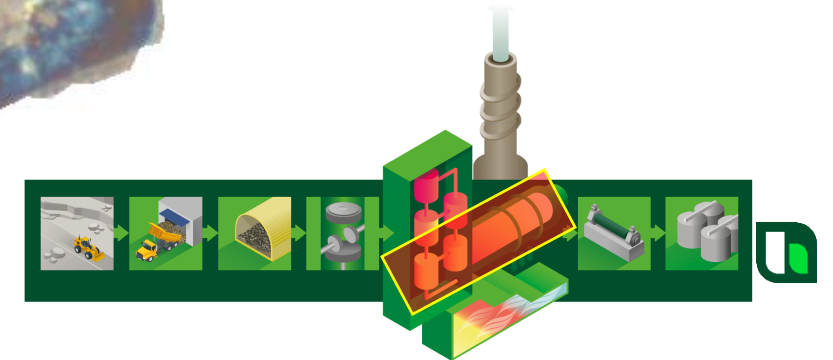
Lång uppehållstid
Låg flamtemperatur
Låg flamintensitet
Långsam för-kylning

Lågtemperaturmineralisering



C3S alit

”Matris/smältfas”
C3A/C4AF
Aluminat/ferrit



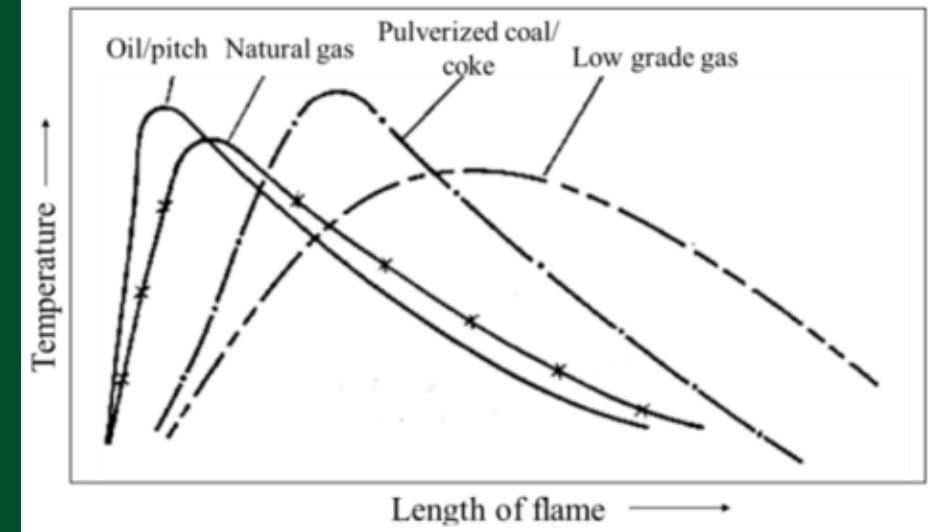
Ugnen - Bränslen

Fossila

- Kol
- Petcoke
- Olja (konverterad)
- Naturgas

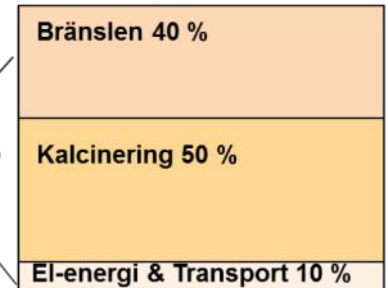
Alternativa/förnyelsebara

- AC-bränsle (kasserade lösningsmedel)
- RDF - Refuse Derived Fuel (blandat avfallsbränsle)
- Gummidäck (Fe_2O_3)
- Kött & benmjöl
- Biokol
- KEO-konverterad eldningsolja
 - Endast under uppstart..

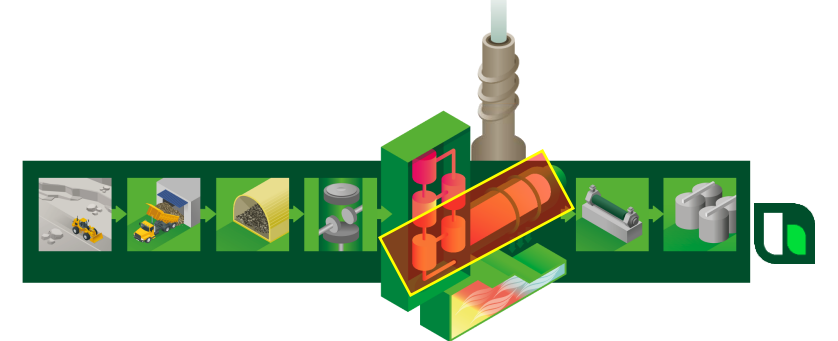


Olika värmeinhåll, askeinhåll, hantering, pris och miljöpåverkan

CO₂-utsläpp



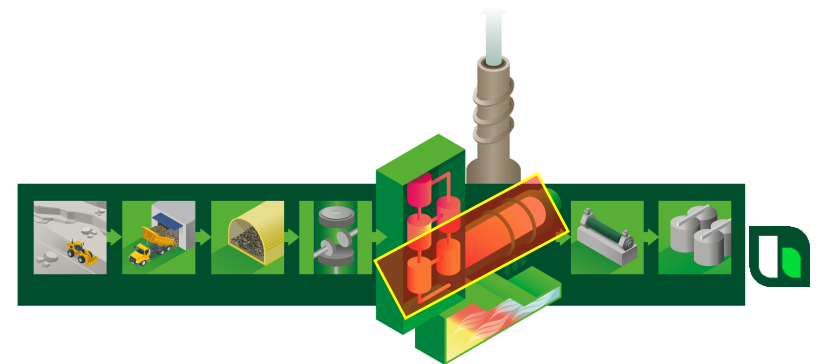
- Kalcinerings
 - 600° - 900° C
 - $\text{CaCO}_3 + \text{värme} \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$
Kalksten "Bränd kalk" + koldioxid



Ugnen – Bränningsförhållanden

Balansgång mellan

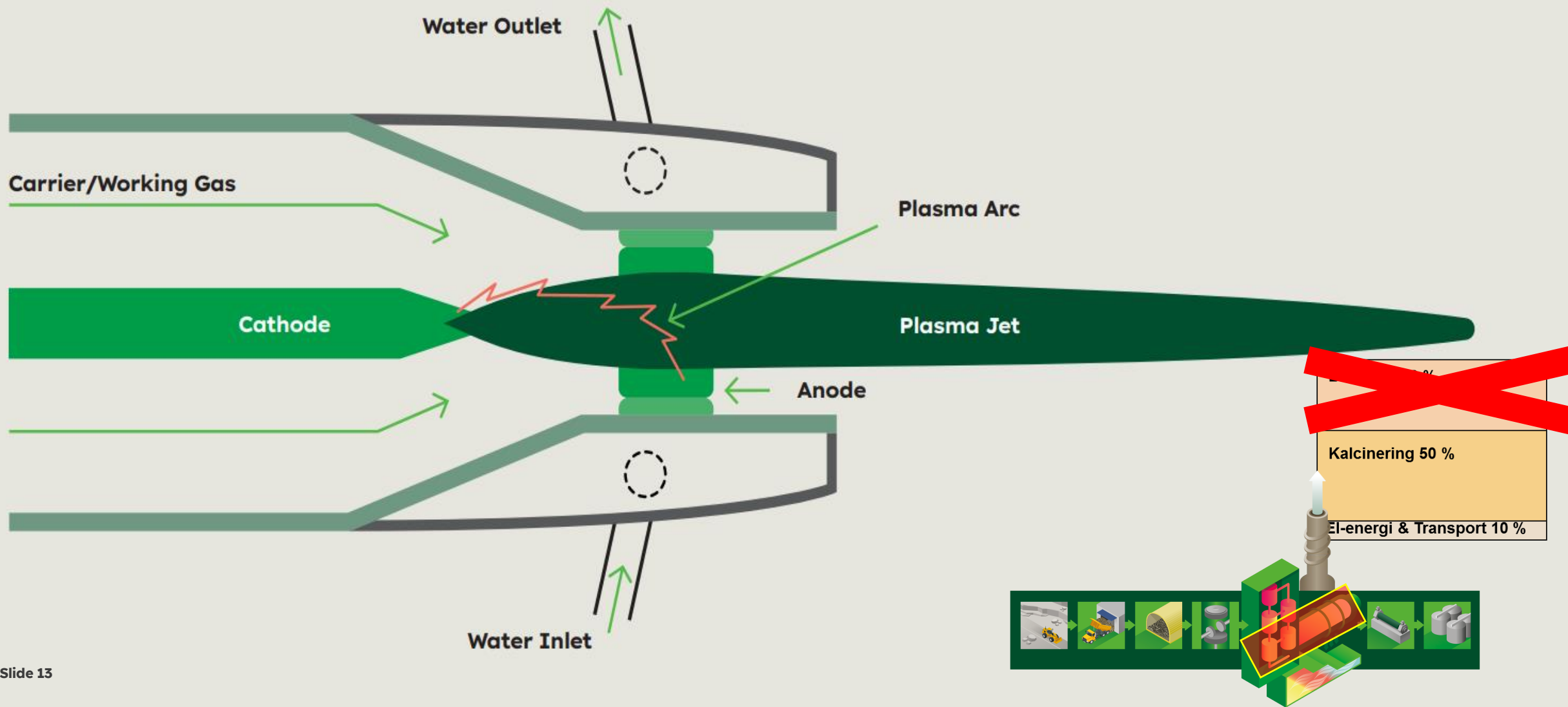
- Atmosfären i ugnen (ej kemiskt reducerande)
- Låg energikonsumtion
- Undvika skada på tegel och mantel
- Bra temperaturfördelning i ugnen
- Hög klinkerkvalitet
- Hög användning av alternativa bränslen

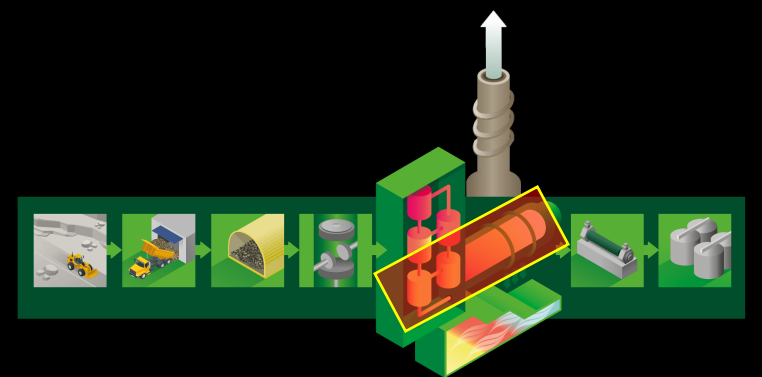


Ugnen – Framtida ”bränslen”

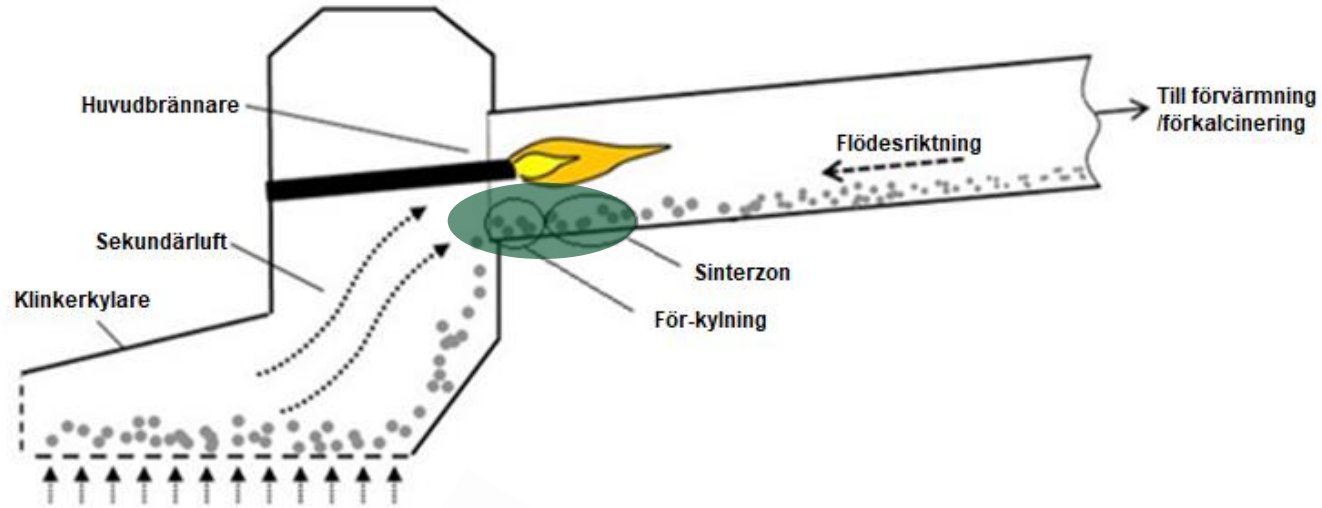
Fördelar:

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

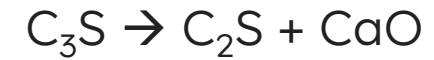




För-kylning av klinker



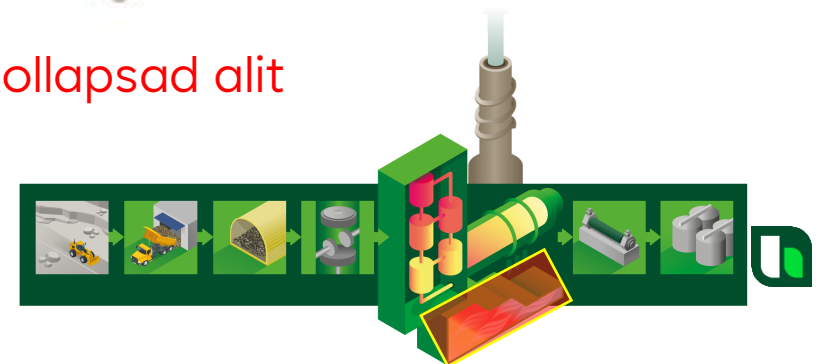
Mål
Kritiskt att kyla snabbt till under ~1200 °C, annars sönderfaller alit



Sekundärbelit

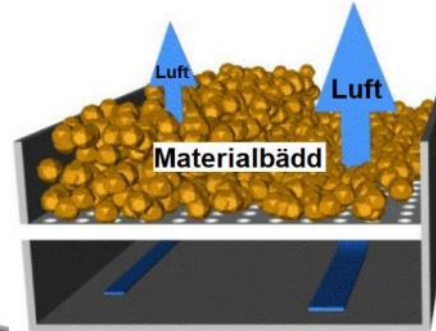
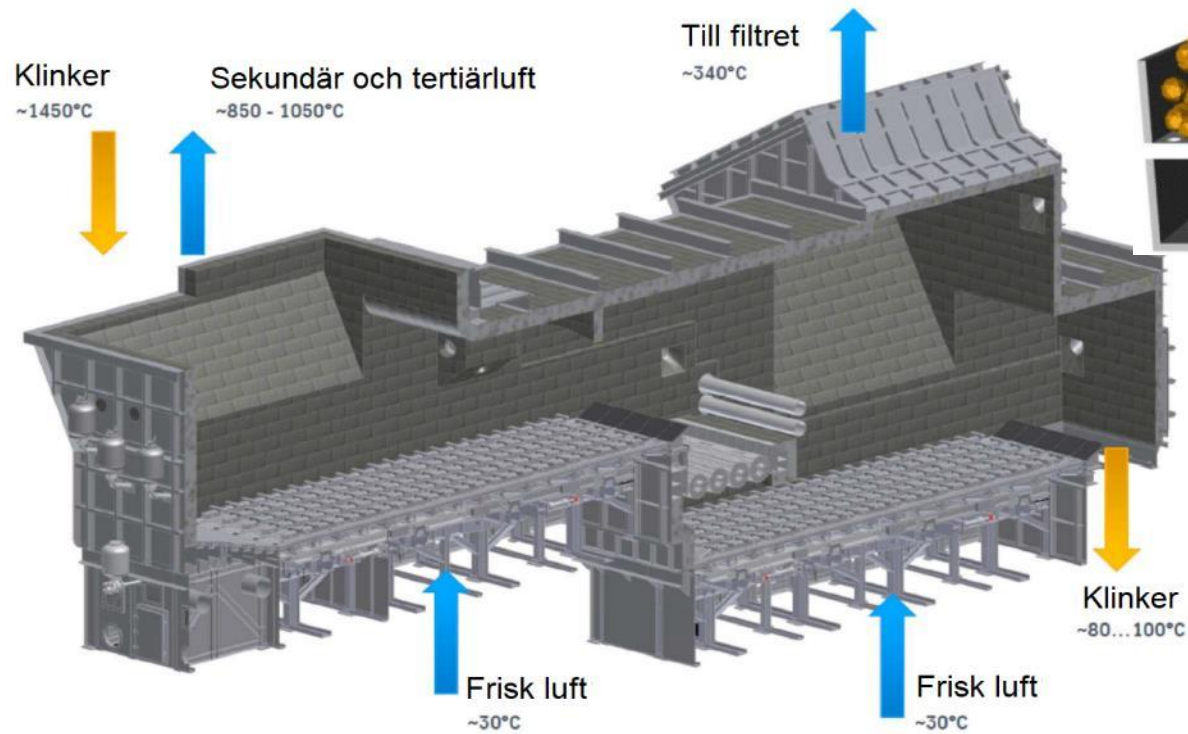
Återkristalliserad belit

Kollapsad alit



Klinkerkylare

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



Rosterkylare



Ugnsfilter

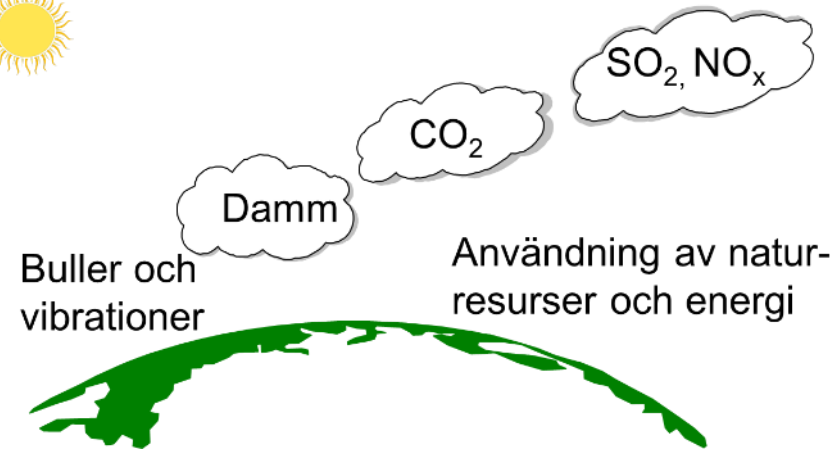
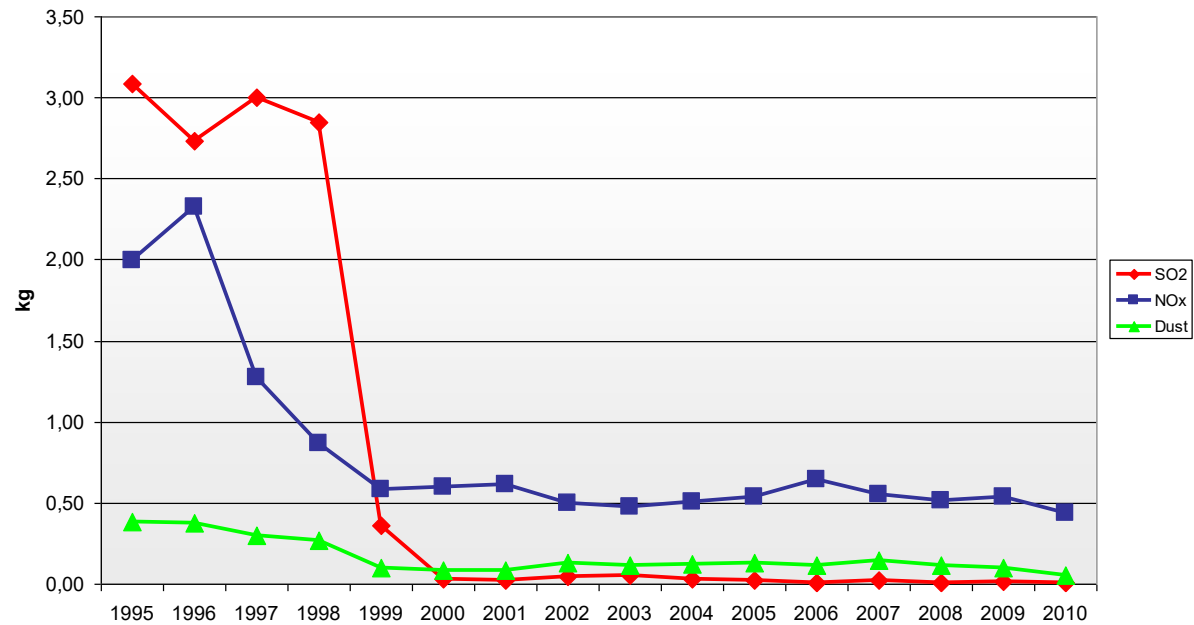
Damm

Påsfiler.

- Renar från damm.

Elektrofilter vid kylare 7 och kylare 8 samt bypass U8

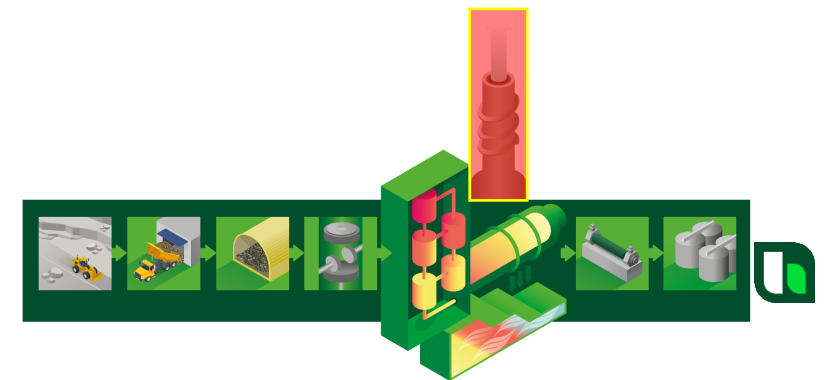
Kg per ton klinker



Buller

Bullervägg runt filtret och fläktar i Slite.

Nya isolerade gaskanaler 2020.



Rökgasrening

NO_x

Ammoniak tillsätts för att reducera NO_x

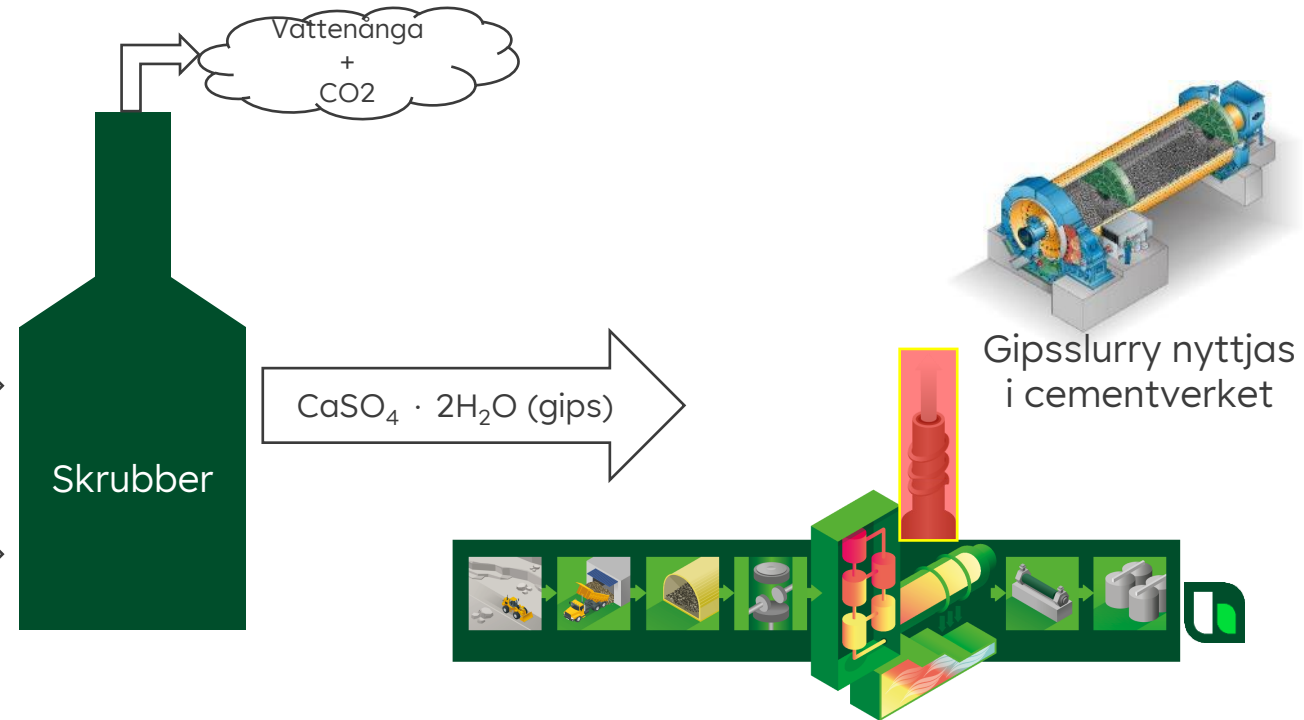
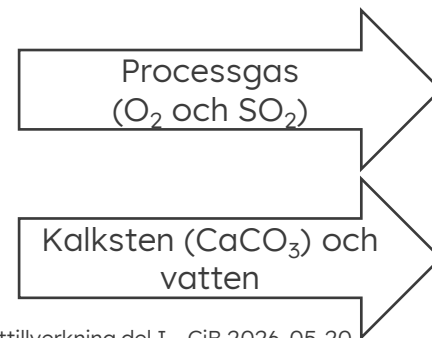


SO_x

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 - CiB 2026-05-20

Heidelberg Materials

