

# Kraftindustrins betongdag

## Framtidens bindemedel – aktiverade leror och andra möjligheter

Urs Mueller  
Enhetschef Materialdesign  
RISE Infrastruktur och betongbyggande

2021-11-16

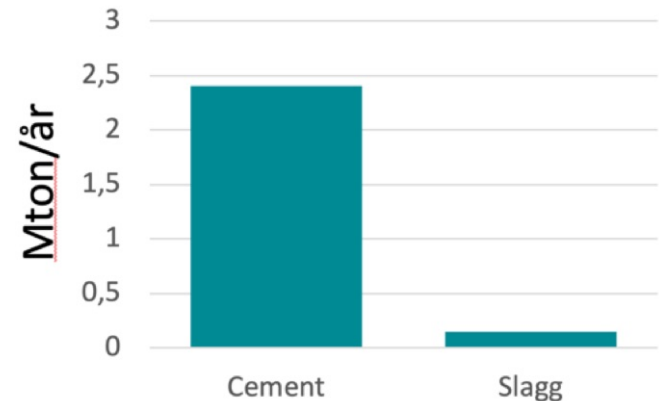


# Varför ska vi använda alternativa bindemedel?

- Vi måste tydligt minska CO<sub>2</sub> utsläpp av cement och betong
- Vi kan göra det med en minskning av klinkerfaktorn i cement eller cementmängd i betong
- En lösning: Användning av tillsatsmaterial/klinkerersättning
  - Masugnsslag
  - Flygaska (kiselrik)
  - Silikastoft

# Varför ska vi använda alternativa bindemedel?

- Vi måste minska CO2 utsläpp av cement och betong
- Vi kan göra det med en minskning av klinkerfaktorn i cement eller cementmängd i betong
- En lösning: Användning av tillsatsmaterial/klinkerersättning
  - Masugnsslag → mängden begränsad
  - Flygaska (kiselrik) → tillgången inte säkrat
  - Silikastoft → dyrt, kan inte ersätta mycket klinker

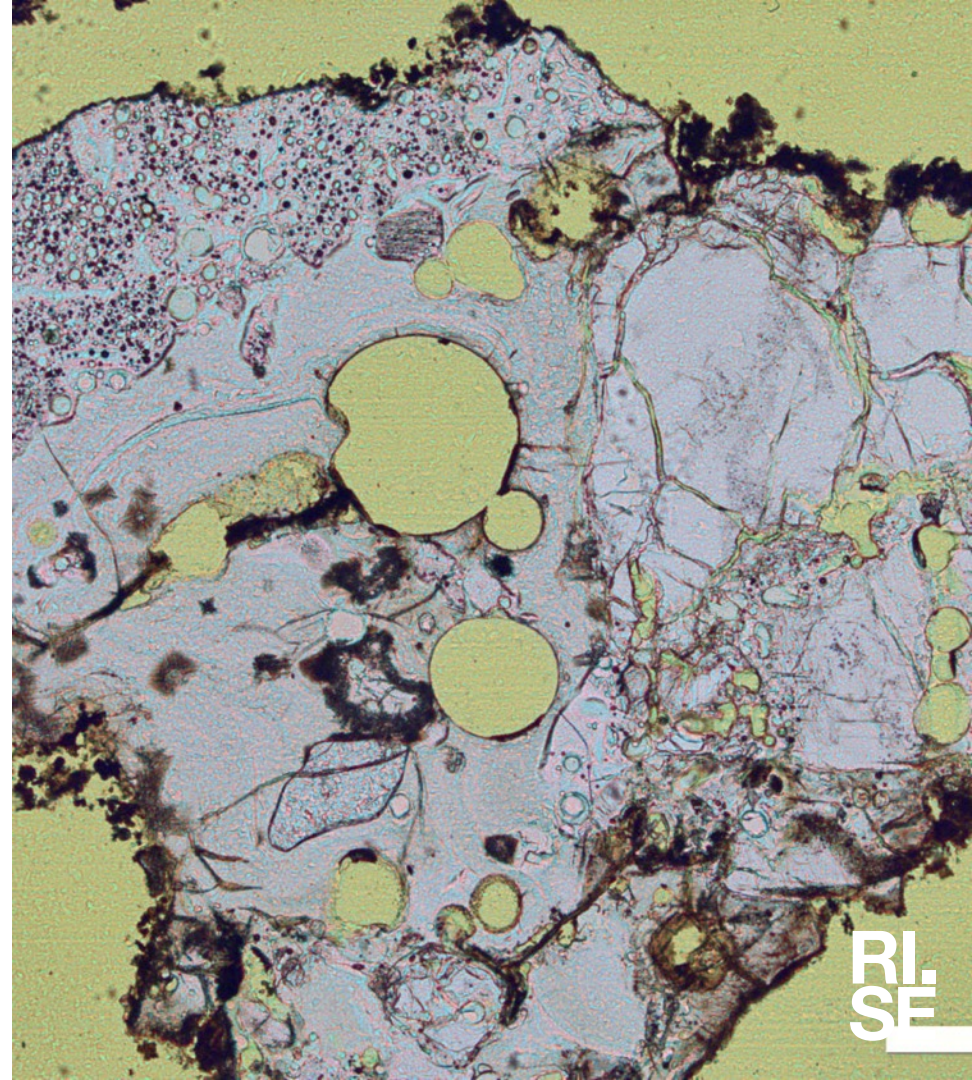


# Andra alternativ

## Bioaskor (kalciumrik)

- från förbränning av trä och avfall från skogs-/pappersindustri/landbruk
- Användning av botten- och flygaskor
- Men – ibland höga halter av kol och svavel → krävs mer vatten; beständighet
- Möjligt åtgärd → rensning

## Aktiverade leror



# Vad är lera?



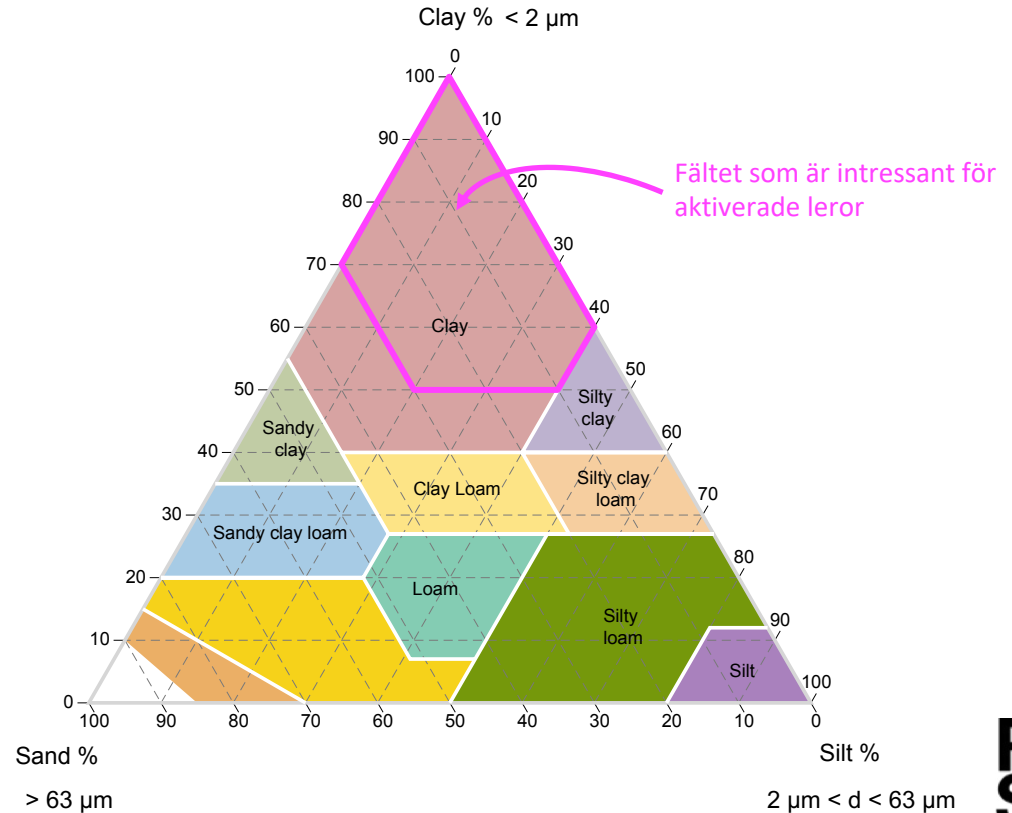
- Geoteknisk beteckning för ett material bestående av fina partiklar (fraktionen  $< 0,002 \text{ mm}$ / $< 2 \mu\text{m}$ )
- Begrepp "lera" används också för material som visar en hög andel av lerpartiklar, men består också av silt och lite sand (t.ex. i schaktmassor)
- Fuktig lera har plastiska egenskaper och efter torkningen kan visa en typisk sprickbildning
- Fraktionen  $< 2 \mu\text{m}$  består av lermineral, oxider och hydroxider, carbonat och andra componenter



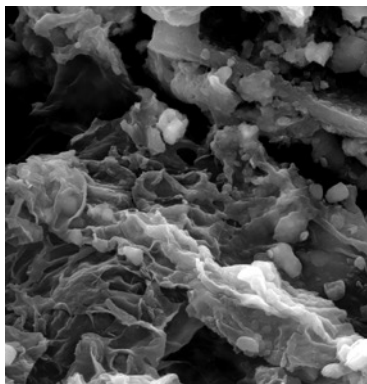
# Vad är lera?



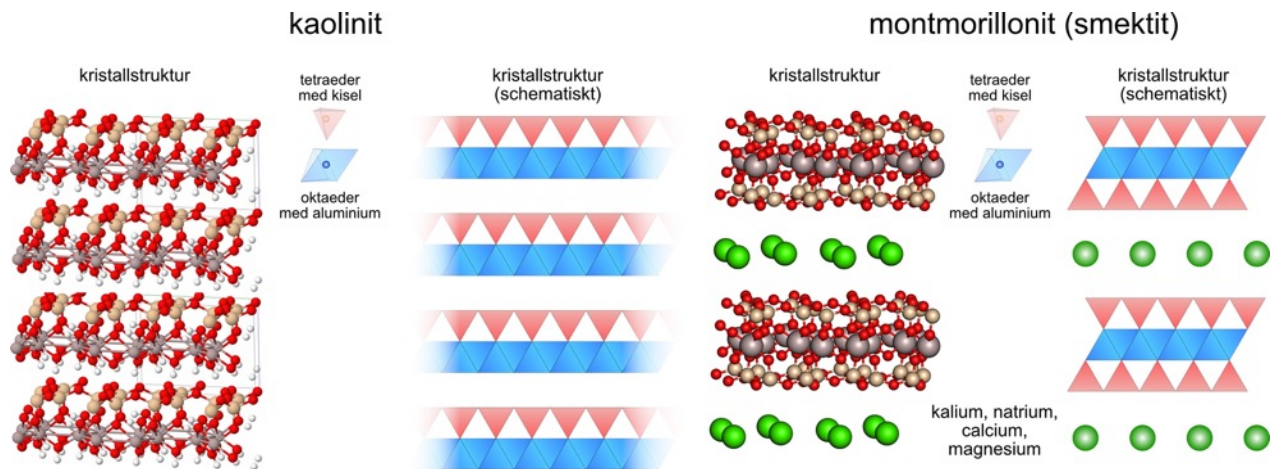
## Soil Textures



# Vad är lera?



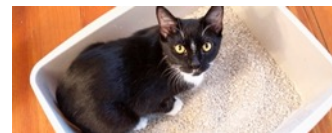
- Lermineraller → skikt-silikater, som består av silikattetraeder- och aluminiumoktaederskikt
- Lermineraller är tex.:
  - kaolinit, montmorillonit (smektit, bentonit)
  - illit



# Hur använder man lera?

Det är en viktig och gammal industriprodukt:

- Tegeltillverkning → Material med 20-60 % lera
- Keramik, porslin → Material med 50-80 % lera
- Deponiteknik och stabilisering → bentonit (60-80 % smektit)
- Kemi (t.ex. katalysatorer) → smektit/kaolinit
- Health care (kosmetik, medicin) → smektite, kaolinit
- Andra: Kattsand... → Attapulgit, palygorskit



# Lera i bindemedel? Ingenting nytt!

## Pansarcement

- Tillverkat under 1930talet
- Med 10 -15 % (Pansar silikat) och till 25 % (Pansar A) kalcinerad kaolinlera
- Exempel S:t Eriksbro i Stockholm  
→ Betong med Pansarcement användes i pelarna

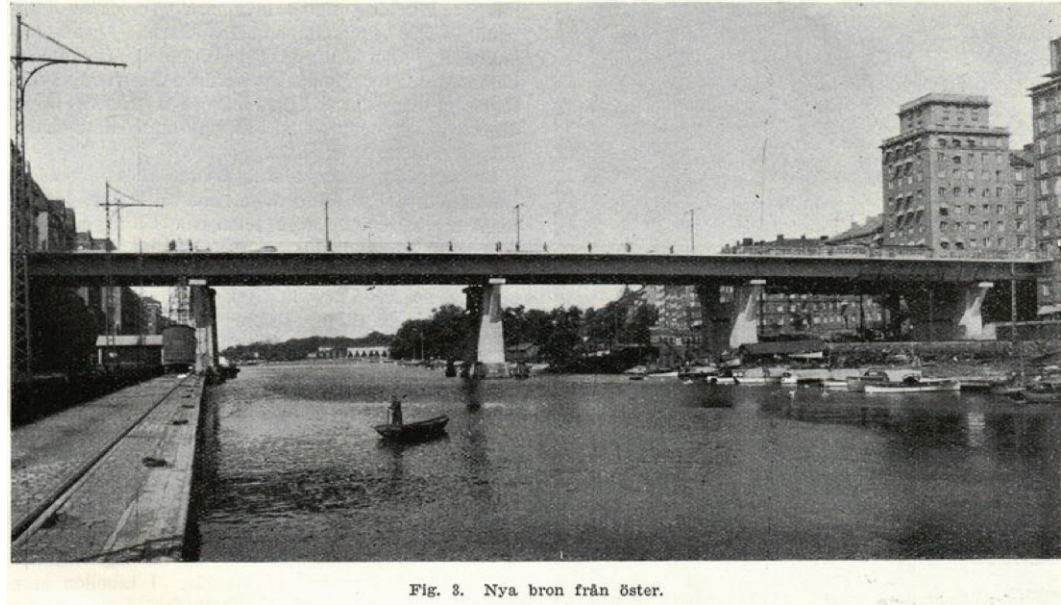
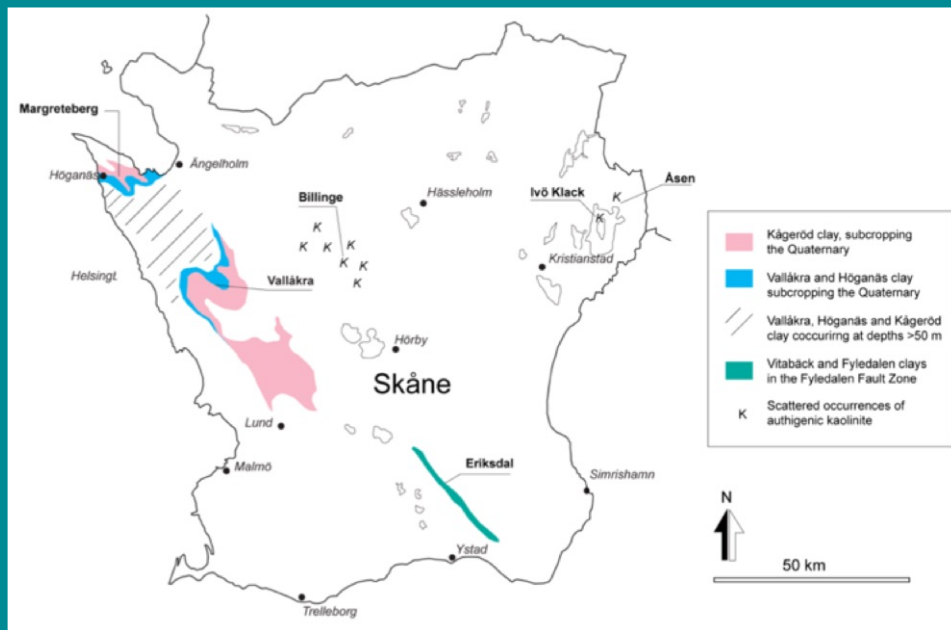
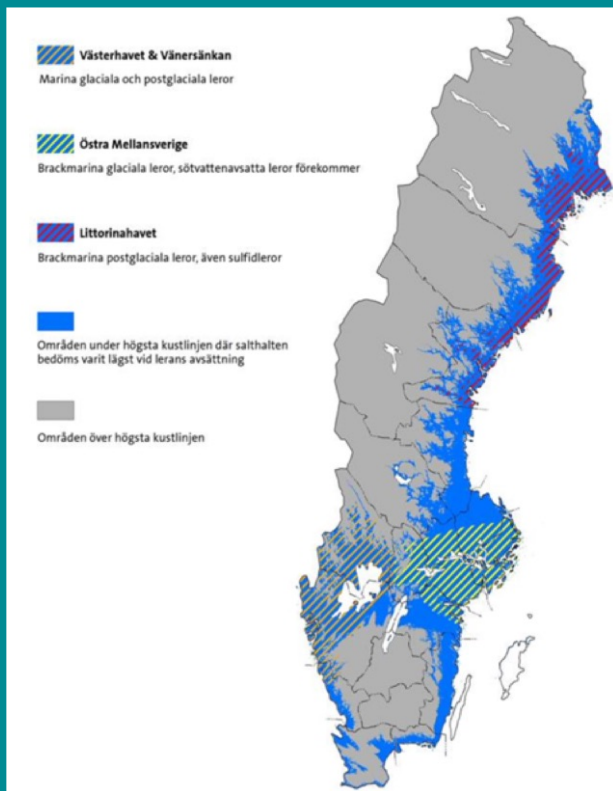


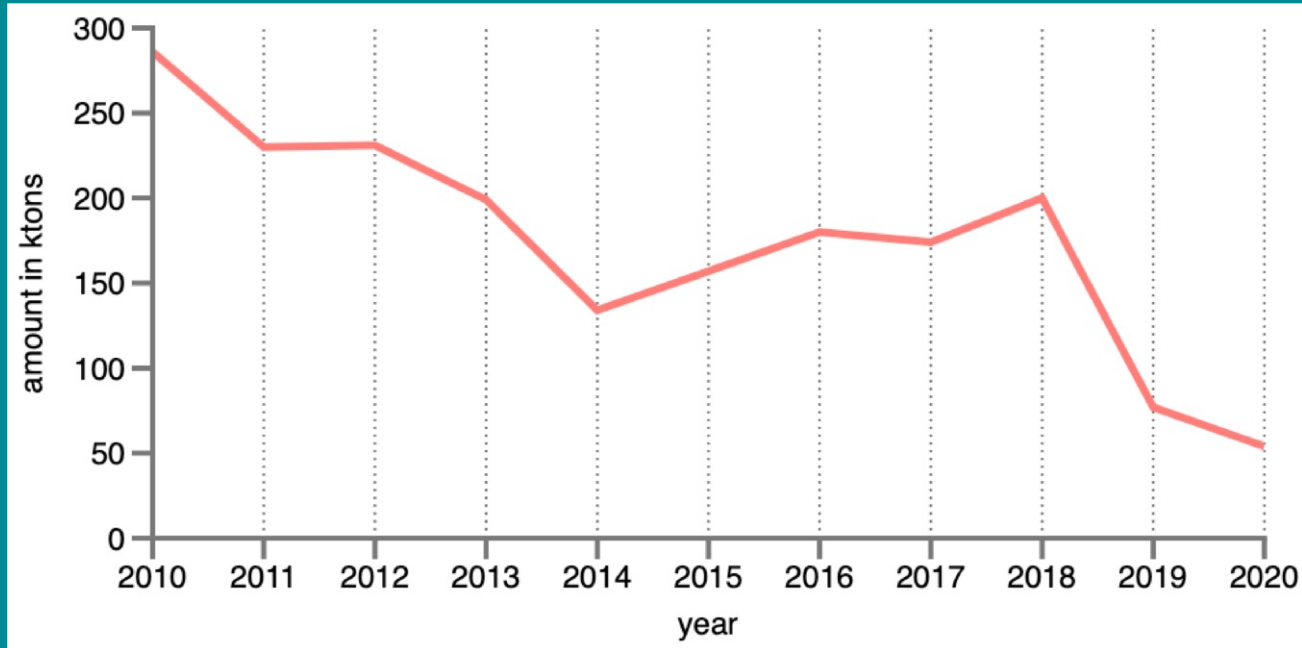
Fig. 8. Nya bron från öster.

Bild och info från Teknisk Tidskrift / 1937. Väg- och vattenbyggnadskonst. <http://runeberg.org/tektid/1937v/0087.html>

# Leror i Sverige



# Lerproduktion i Sverige

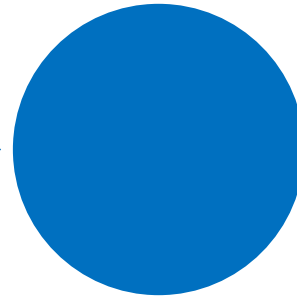
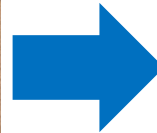


(Från SGU Bergverksstatistik 2020)

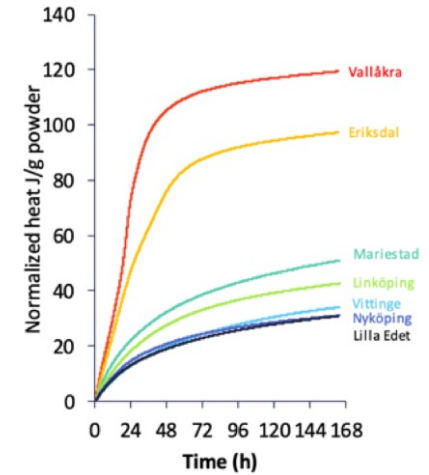
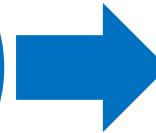
# Aktiverade leror



Lera: låg puzzolanitet



Aktiveringen



Aktiverade leror: hög puzzolanitet

# Hur fungerar aktiveringen?

- Kalcinering

- Malning



Rotationsugn

Flash calciner

Vertikalkvarn

Kulkvarn

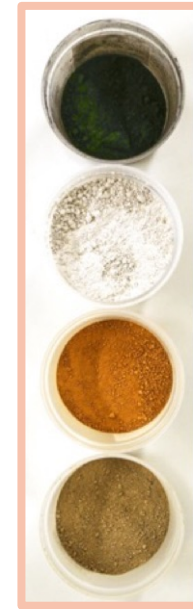
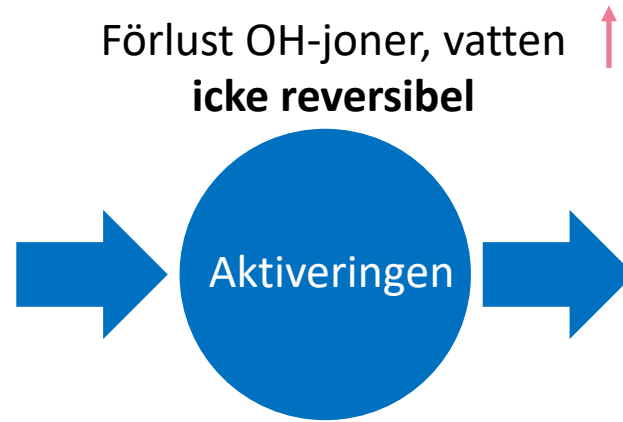


Reaktivt lera

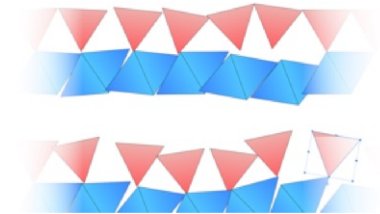
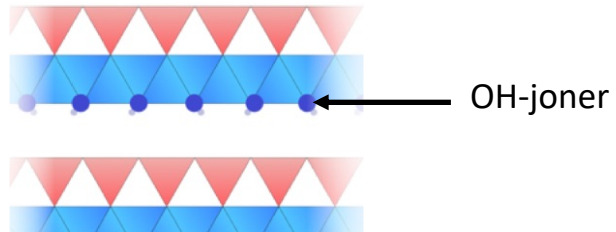
# Hur fungerar aktiveringen?



Kristallin, OH- och vattenhaltigt



amorf, utan OH



# Vad beror reaktiviteten på?

- Lermineralsammansättning

- Kaolinit, smektit



- Växellagringsmineraler



- Illit



- Klorit (obs. inte klorid!)



- Kalcinerings temperatur

- $600\text{ °C} < T < 800\text{ °C}$



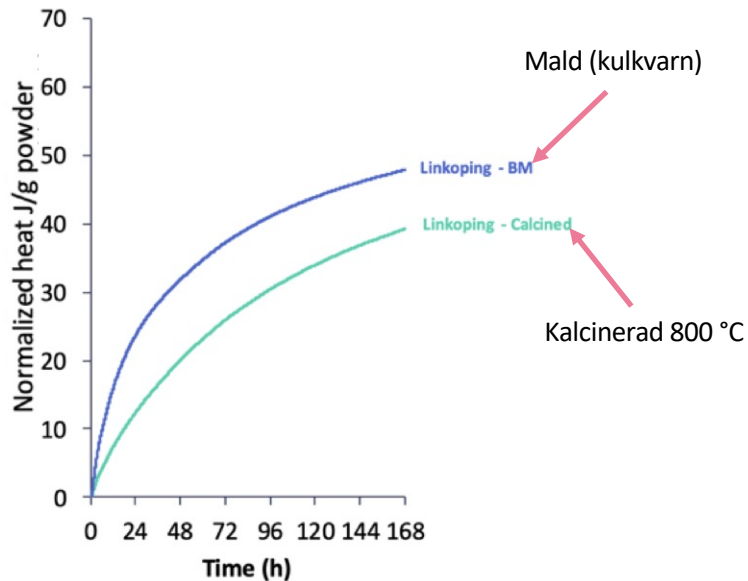
- $600\text{ °C} > T > 800\text{ °C}$



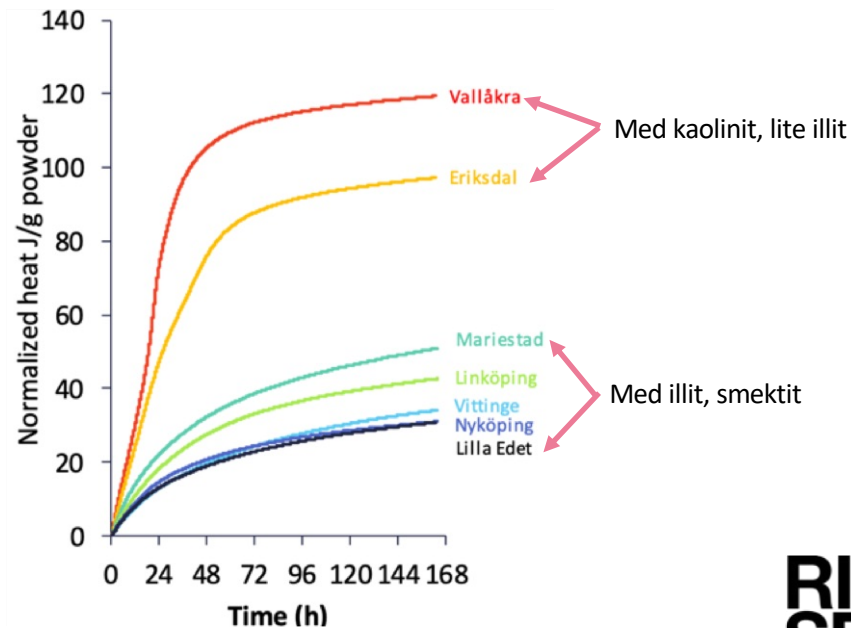
- Malningsenergi, varaktighet, typ av malningshjälpmedel

# Vad beror reaktiviteten på? Kalorimetriresultat

## Aktivering



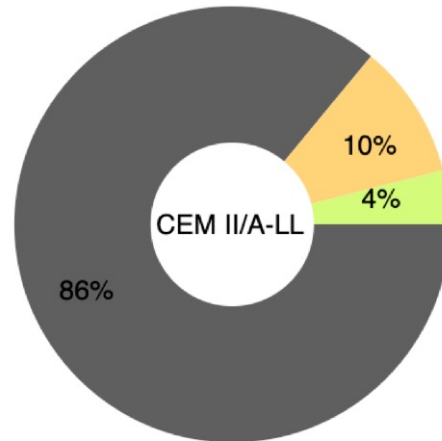
## Lermineralsammansättning



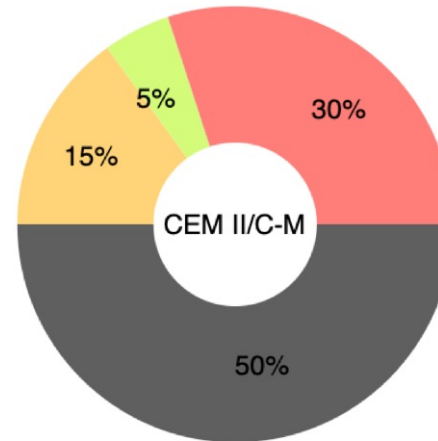
# Typisk bindemedel sammansättning

LC<sup>3</sup> sammansättning (**L**imestone **C**alcined **C**lay **C**ement): Utvecklad av EPFL och andra aktörer

Vanlig byggcement

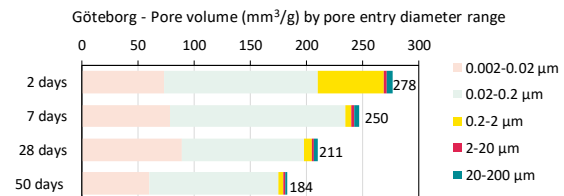
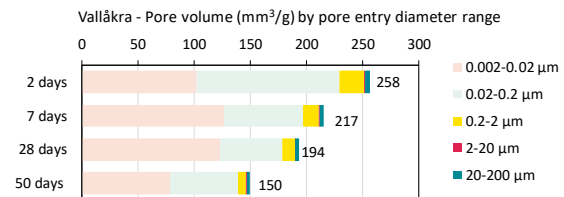
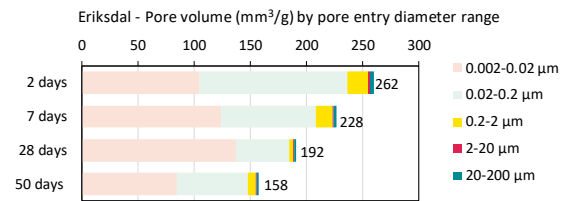
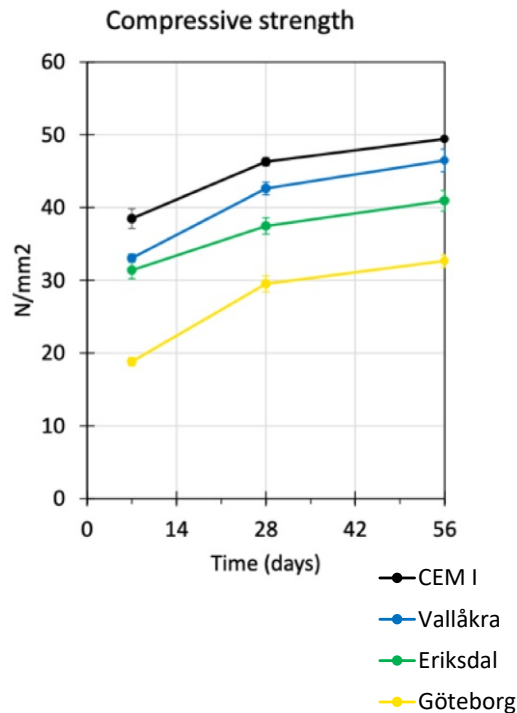
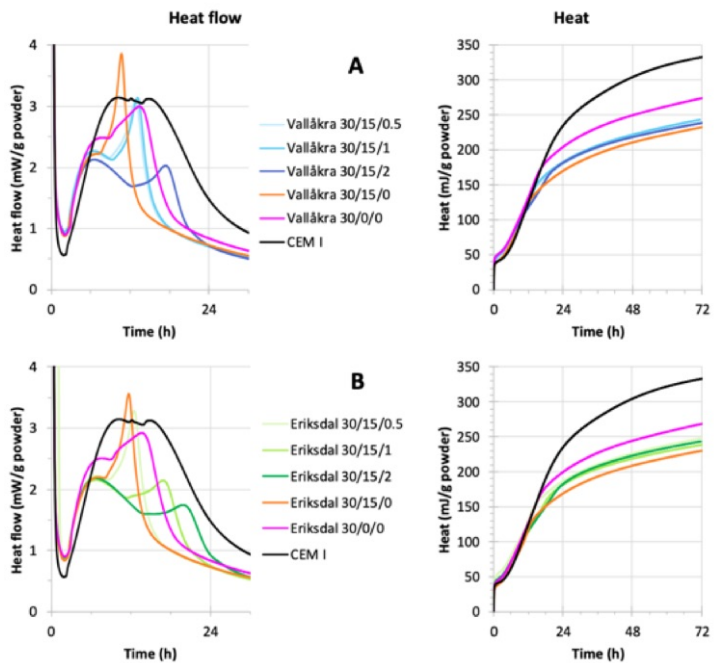


Bindemedel av typ LC<sup>3</sup>



# Typisk bindemedel sammansättning

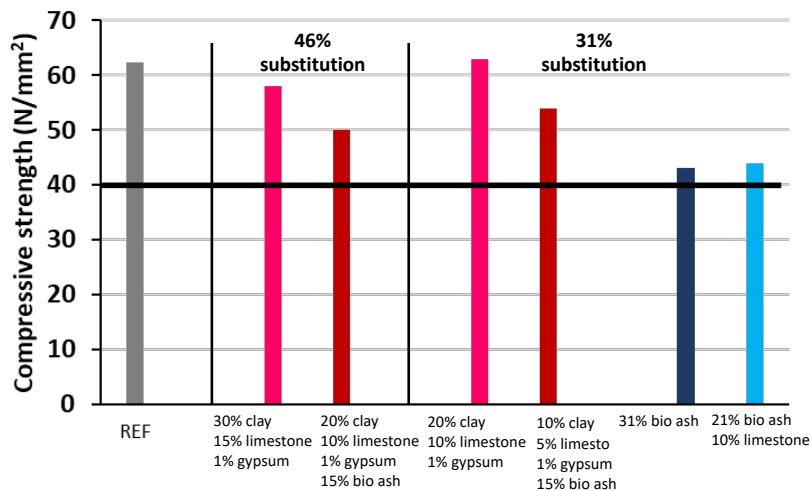
## Kalorimetri- och hållfasthetsresultat



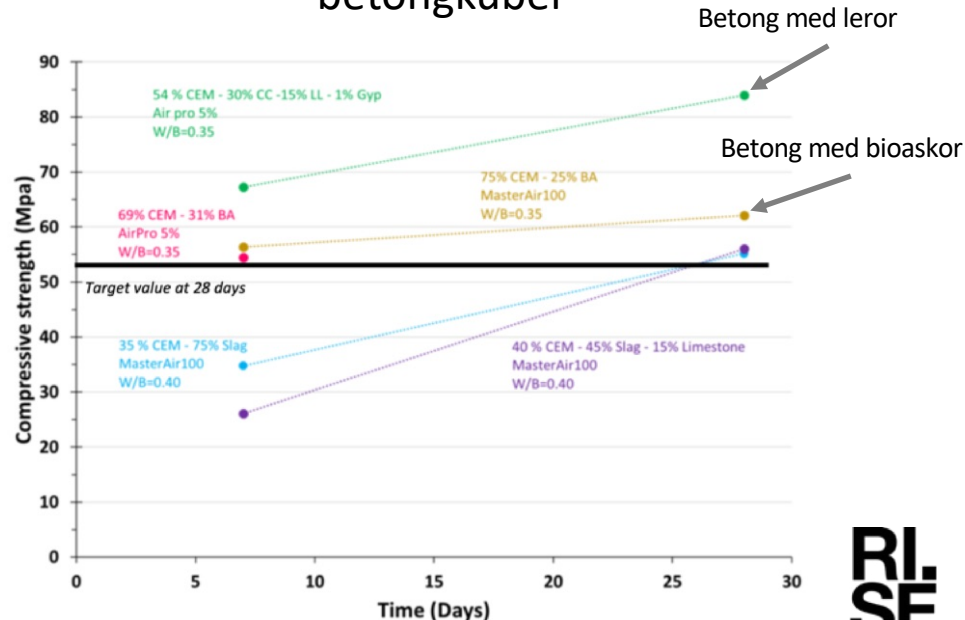
# Typisk bindemedel sammansättning

Hållfasthetsresultat med klinkerersättning av 31 och 46 %

brukprismor

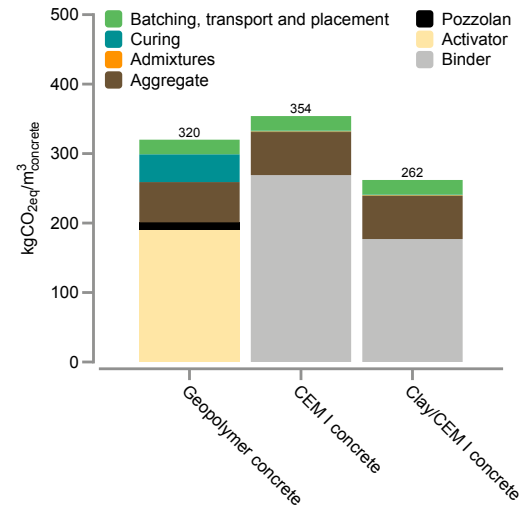
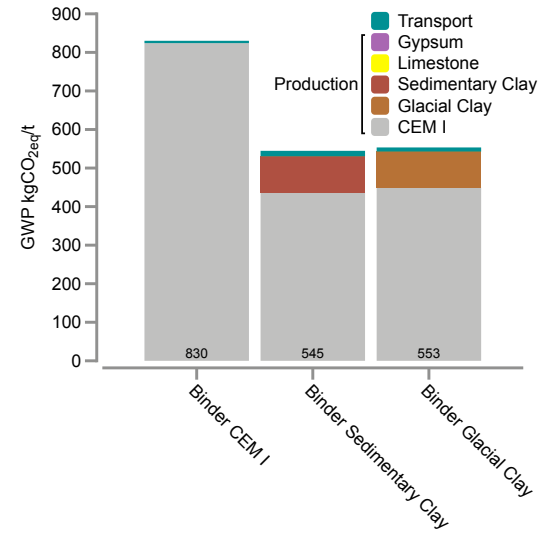


betongkuber



# CO<sub>2</sub>-utsläpp

- Uppskattning för en LC<sup>3</sup> typ av bindemedel
  - Kalksten 15 %
  - Kalcinerade leror 30 %
  - Gips 2 % (sulfatanpassning!)
  - CEM I 53 %
- Uppskattning för vanlig betong
  - Geopolymer
  - CEM I
  - LC<sup>3</sup>-betong



Data från:

Turner, L.K., Collins, F.G., 2013. Carbon dioxide equivalent (CO<sub>2</sub>-e) emissions: A comparison between geopolymer and OPC cement concrete. *Constr. Build. Mater.* 43, 125–130.  
Plusquellec, G., Babaahmadi, A., L'Hopital, E., Mueller, U., 2021. Activated clays as supplementary cementitious material. *RISE Rapport NV - 2021:25*. Infrastructure and concrete technology, Built Environment, RISE Research Institutes of Sweden.

# Standardiseringen

## Leror som en blandningskomponent av cement:

SS EN 197-1: 2011

- CEM II/A-Q, CEM II/B-Q (kalcinerade puzzolaner): 6-35 %
- CEM II/A-M, CEM II/B-M (kalcinerade puzzolaner + andra): 6-35 %
- CEM IV/A, CEM IV/B (puzzolaner): 11-55 %

SS EN 197-5:2021

- CEM II/C-M (kalcinerade puzzolaner + andra): 36-50 %

Table 1 — Portland-composite cement CEM II/C-M and Composite cement CEM VI

Main types	Notation of the products (types of cement)		Composition (percentage by mass a)											
			Main constituents									Limestone		Minor additional constituents
			Clinker	Blast-furnace slag	Silica fume	Pozzolana		Fly ash		Burnt shale				
	natural	natural calcined				siliceous	calcareous							
Type name	Type notation	K	S	D <sup>b</sup>	P	Q	V	W	T	L <sup>c</sup>	LL <sup>c</sup>			
CEM II	Portland-composite cement <sup>d</sup>	CEM II/C-M	50-64	←----- 36-50 ----->									0-5	
		CEM VI	35-49	31-59	-	6-20	-	-	-	-	-	0-5		

SS EN 197-5:2021

# Standardiseringen

## **Leror som en blandningskomponent av cement:**

SS 137003 → CEM II/A-M till CEM II/C-M med en dokumentations-  
/kvalifikationsprovning enligt bilaga T

## **Leror som en tillsatsmaterial i betong:**

- Ingen standardisering

# Sammanfattning aktiverade leror

- Leror finns i Sverige i tillräckliga mängder
- Det finns olika aktiveringsalternativ: kalcinering vs. malning
- Båda aktiveringsmetoder leder till ett puzzolaniskt material (dvs reagerar med vatten)
- Bindemedelblandningar av kalcinerade leror och kalksten fungerar bra men andra blandningskombinationer är också tänkbara: kalcinerade leror – slagg, kalcinerade leror – bioaskor, etc.
- Kalcinerade leror kan bidra till en väsentlig minskning av CO<sub>2</sub>-utsläpp
- För kalcinerade leror som en klinkerersättning i cement finns redan standarder, både harmoniserade EN och SS 137003
- För kalcinerade leror som en tillsatsmaterial saknats standarder och riktlinjer, både på EU och nationella nivå

# Publikationer

...RISE rapporter 2021:25, 2021:110 och 2022:XXX: <https://www.diva-portal.org/>

