



VKG keskkonnapäev 2017

# Põlevkivitööstuse tahked jäägid: taaskasutusest ladustamiseni

Kristjan Leben, Peeter Paaver,  
Päärn Paiste, Eelika Kiil ...

Kalle Kirsimäe

Tartu Ülikool  
ÖMI geoloogia osakond



Eesti põlevkivi –

õnn või õnnetus...

ehk mida teha tuhaga?

1 tonn põlevkivi

elektriin



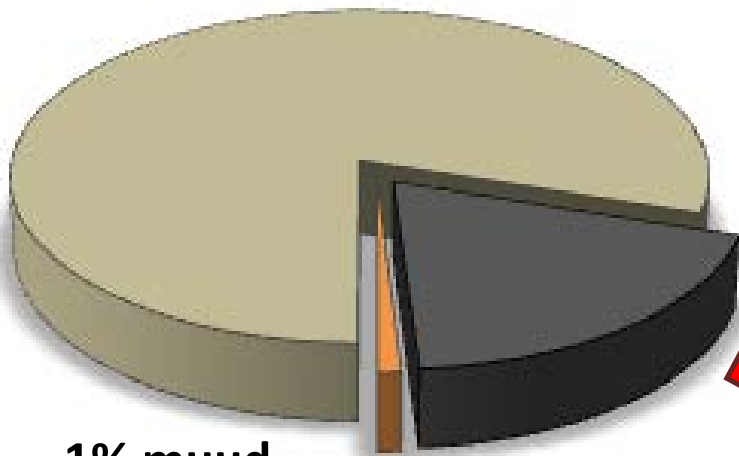
õlitehas

~500 kg  
tuhka



# kaevandusmahud ca 15-18 Mt põlevkivi aastas

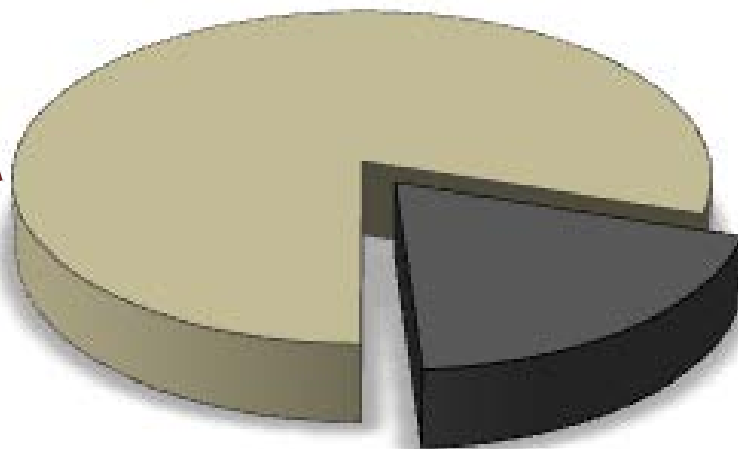
elekter/soojus 80%



1% muud

õli/gaas 19%

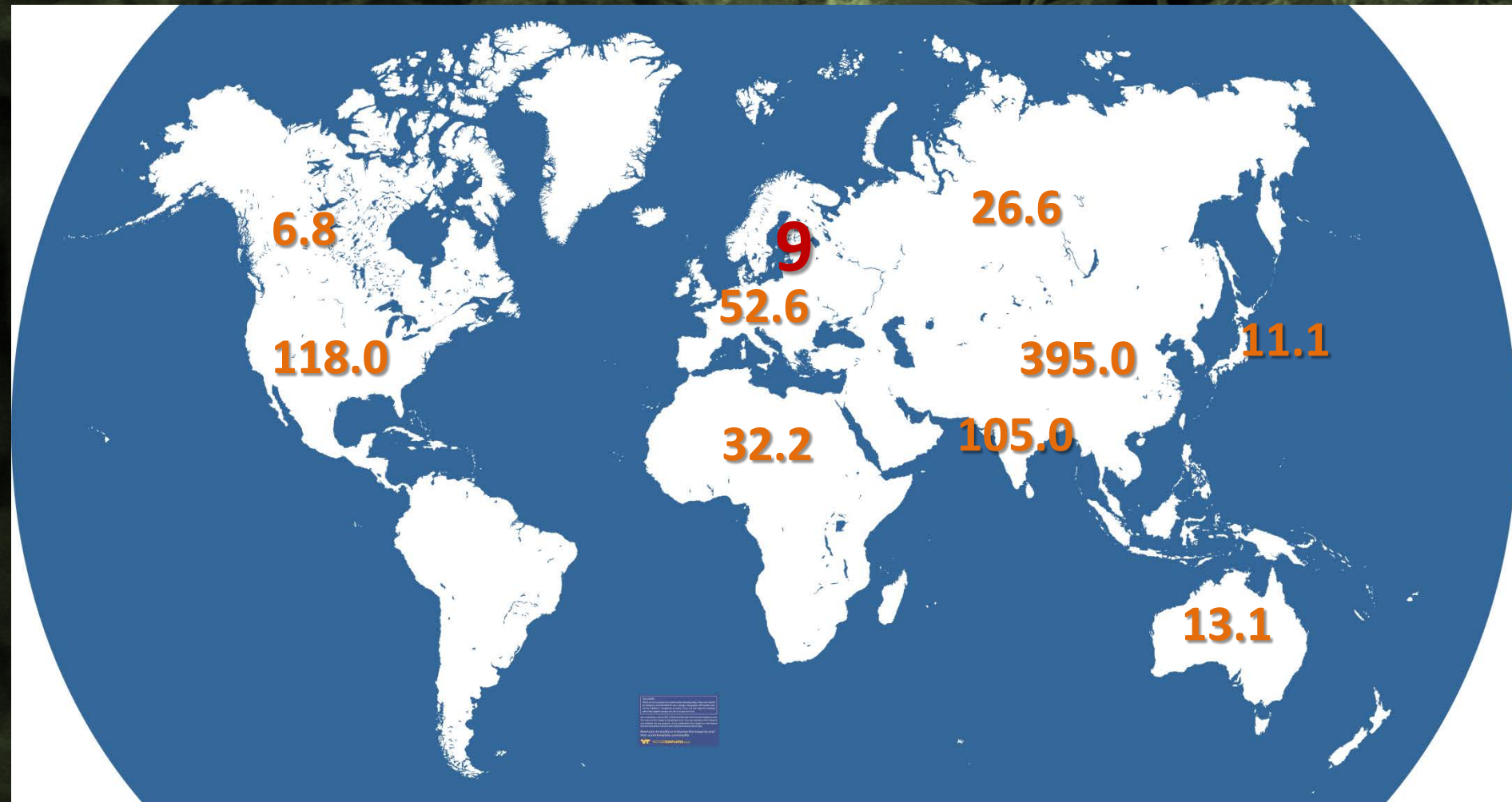
elektrijaamade tuhk 7-8 Mt



õlitööstus (poolkoks/TSK)

1.5 Mt

# Põlevkivituhk... palju seda siis ikka

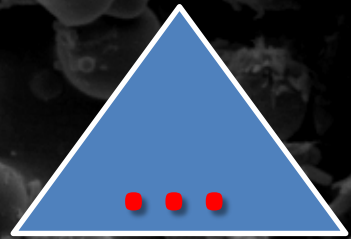


2 µm

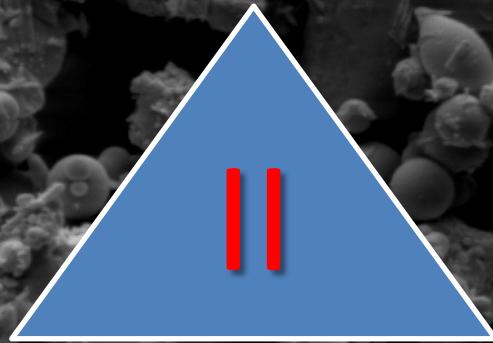
tahked jäätmed (tuhk/FGD) miljonit tonni/aastas



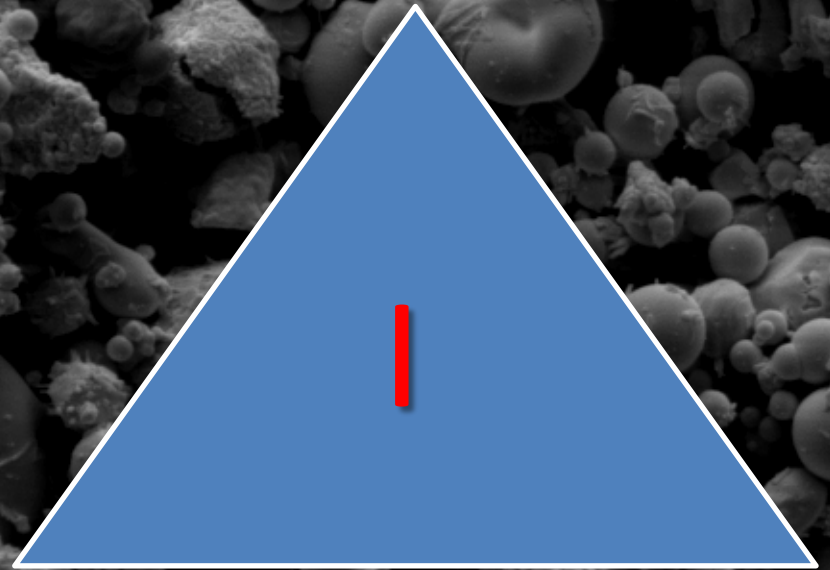
olemegi esimese viie seas!



Jaapan 0.09 / 0.08



Austraalia 0.60 / 0.27



Eesti ~6 / 0.25

tonni aastas  
inimese kohta tekkib/kasutatakse

# Eesti tuha taaskasutus(võimalused)

lihtne

keeruline

kaevanduste  
tagasitäitmine

pinnaste  
stabiliseerimine

täitepinnased

teedehitus

reaktiiv/passiiv-  
barjäärid

põllumajandus

jäätmete  
stabiliseerimine

ehitusmaterjalid -  
gaasbetoonplokid

betoonsegud

geopolümeerid

metallid

aktiveeritud süsi

adsorbendid

klaas/keramika

tseoliidid

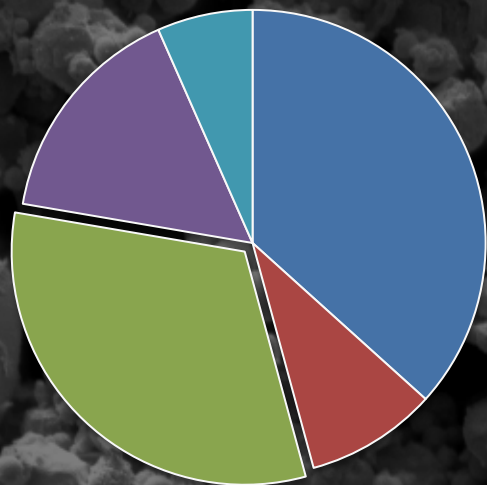
tsemendid

ksenosfäärulid



# Eesti põlevkivi(tuha) omapära....

## Elektrijaamade tuhavoog

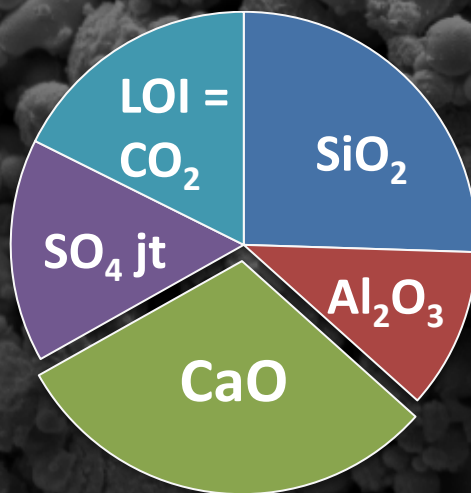


$Al/Si = 0.28$

$SiO_2 + Al_2O_3 = 44-46\%$

CaO 30-40%

## Enefit280 TSK

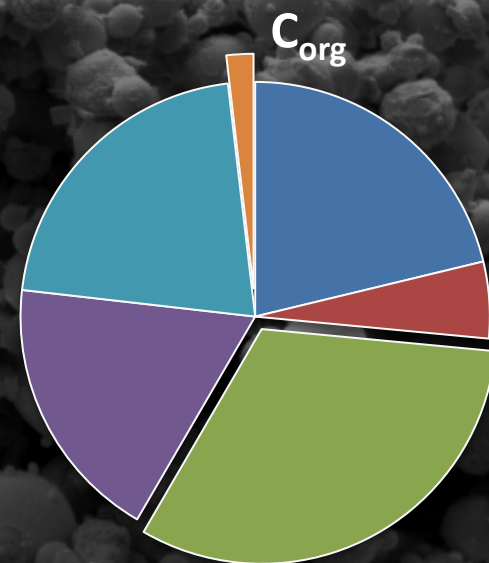


$Al/Si = 0.49$

$SiO_2 + Al_2O_3 = 35-37\%$

CaO ~30-32%

## Petroter TSK



$Al/Si = 0.28$

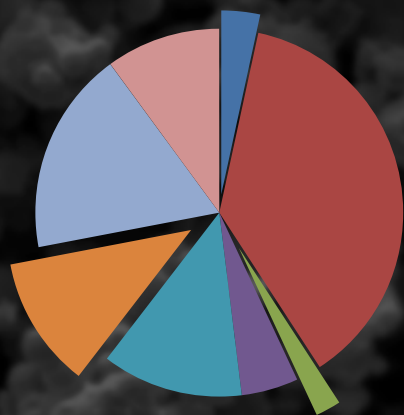
$SiO_2 + Al_2O_3 = 25-30\%$

CaO 32-37%

# Eesti põlevkivi(tuha) omapära....

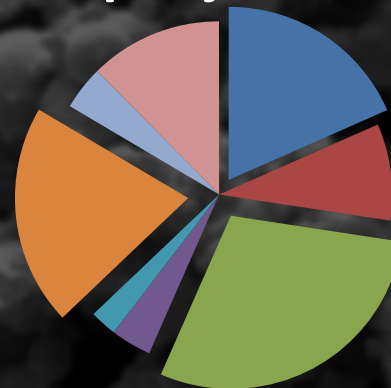
## Õlitööstuse TSK

### Petroter

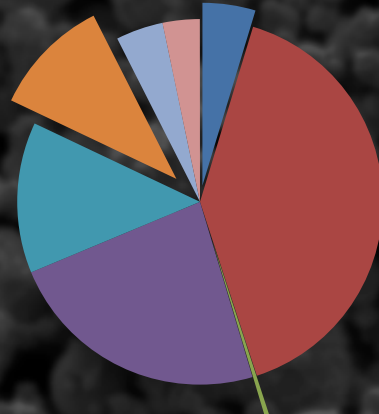


## Elektrijaamade KK tuhk

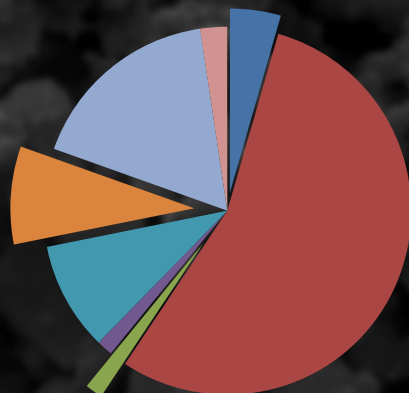
### põhjatuhk



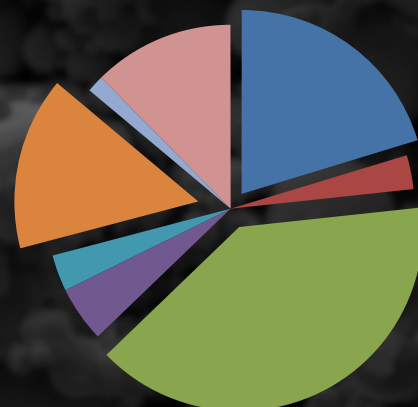
### Tuhaplatoo- setted



### Enefit280



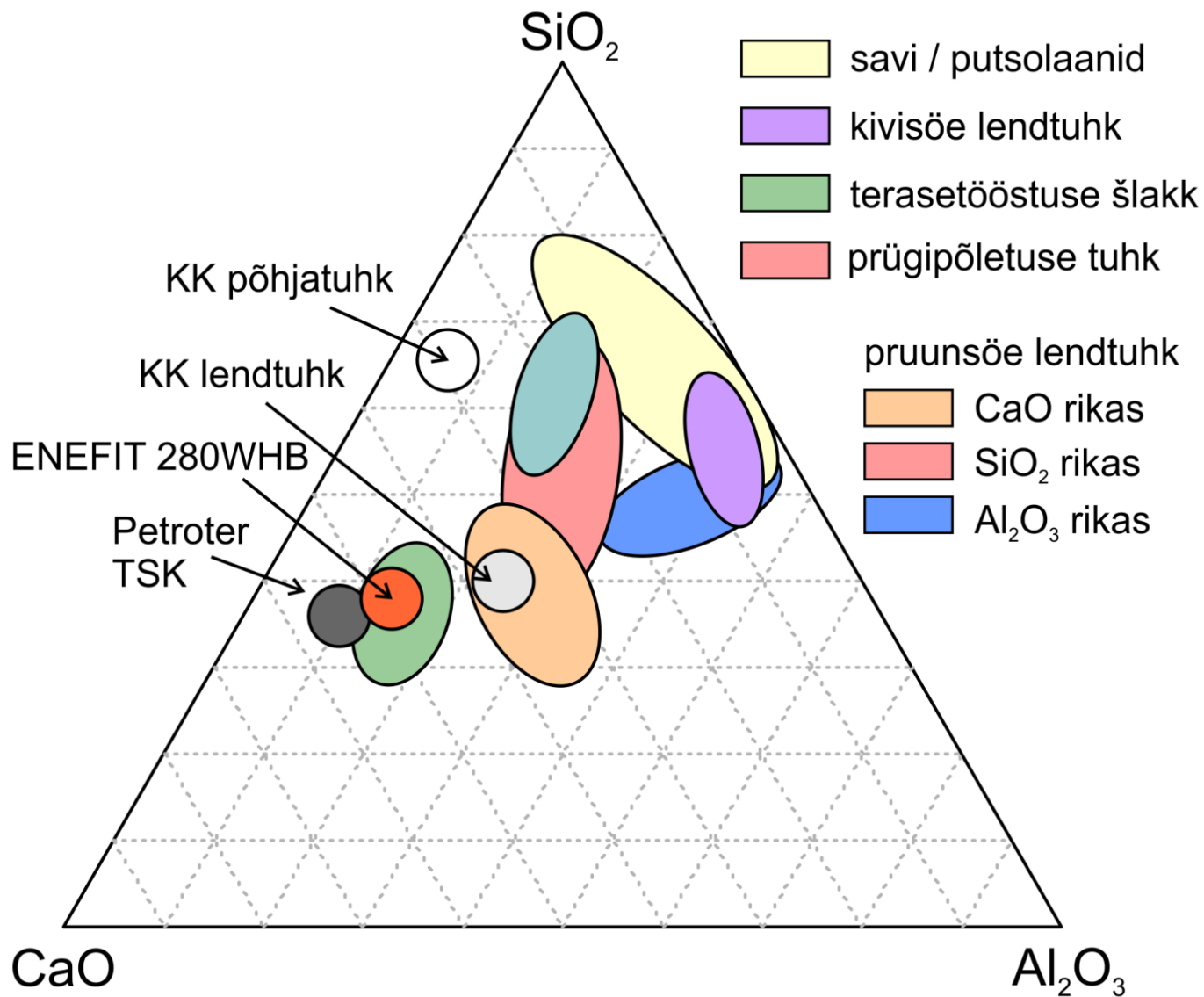
### lendtuhk



- C2S β
- karbonaadid
- lubi + Ca(OH)<sub>2</sub>
- Sulfaat/Sulfiid
- kvarts
- Ca-silikaadid
- K-Mg silikaadid
- muud

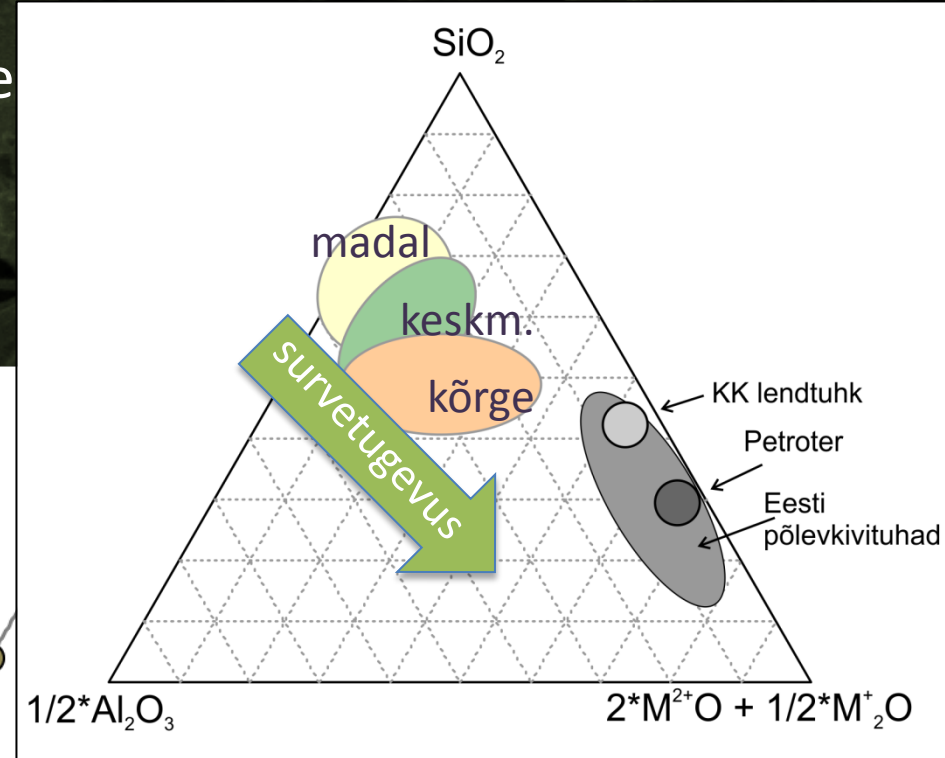
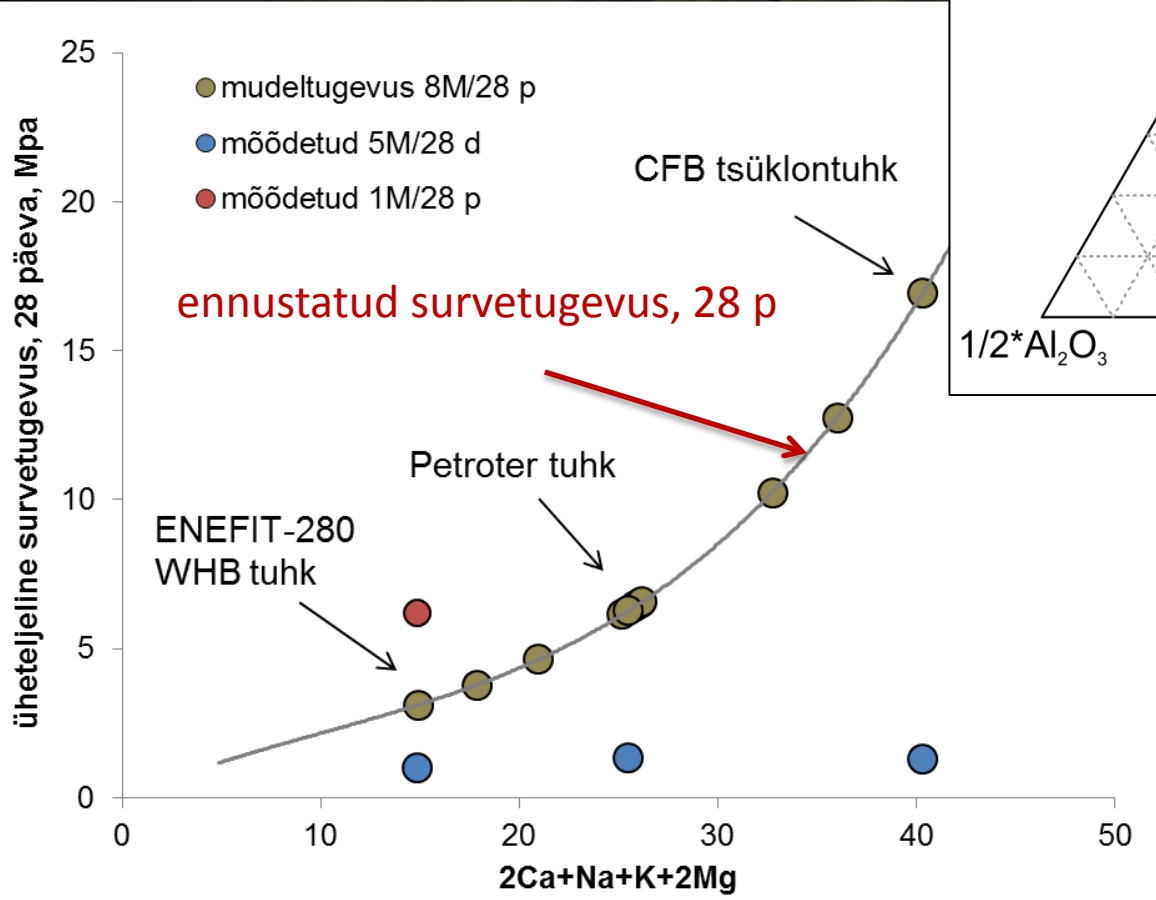


# Põlevkivituhkade koostis võrdluses ...



# koostis = kasutatavus

... kõrge leelis- ja leelismuldmetallide sisaldus, mis peaks soodustama Al-Si polümeriseerumist tuhkade leelisaktivatsioonil

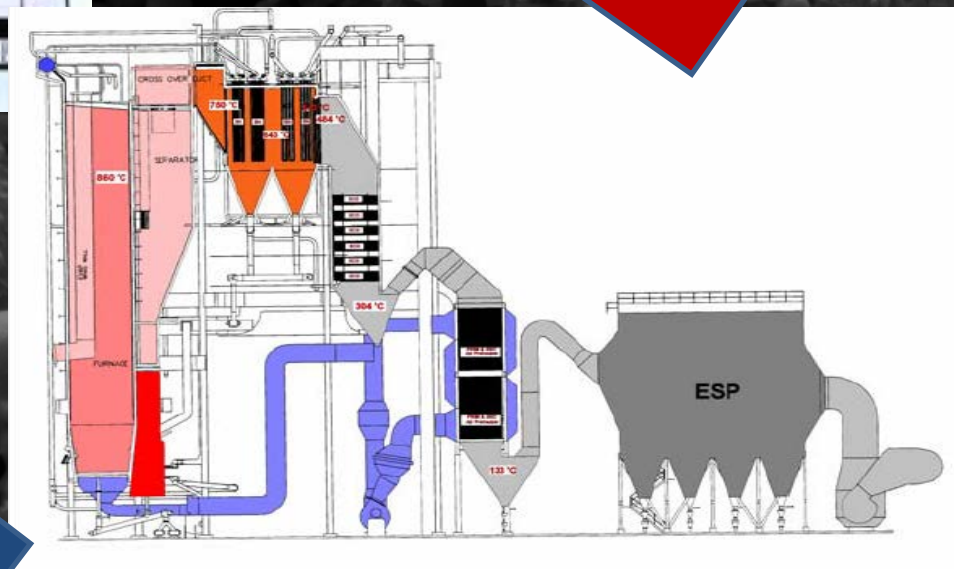
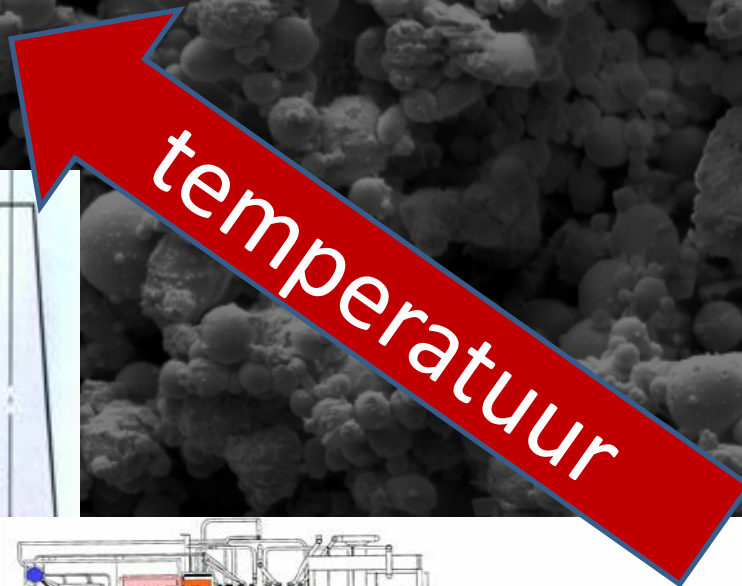
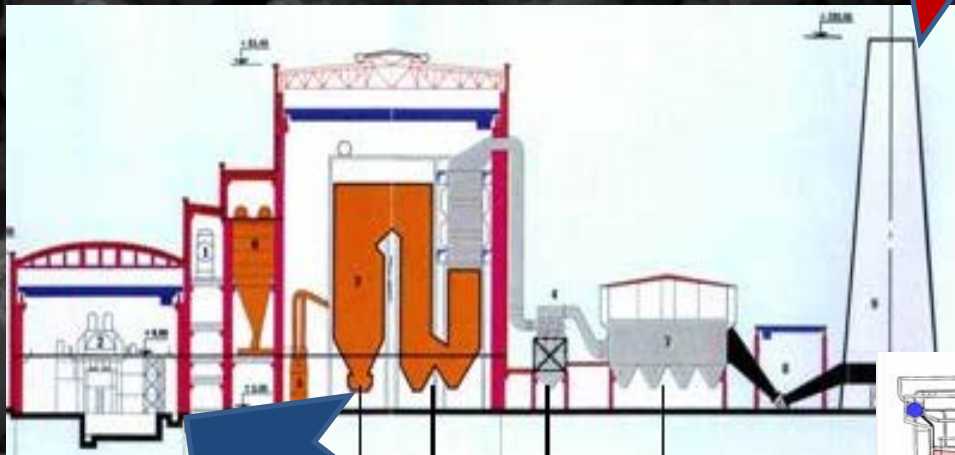


... ennustatud survetugevused on ülehinnatud, sest tuhkades ei ole lahustuvaid Al/Si ühendeid, et seda leelis-potentsiaali realiseerida!



# Põlevkivituhkade omadused... muutustes

TP 1250-1400 °C



KK/TSK (<) 720-800 °C

# Eesti tuha taaskasutuse perspektiiv

lihtne

keeruline

kaevanduste tagasitaitmine

põllumajandus

metallid

pinnaste stabiliseerimine

jäätmete stabiliseerimine

aktiveeritud süsi

täitepinnased

ehitusmaterjalid -  
gaasbetoonplokid

adsorbendid

teedehitus

betoonsegud

klaas/keramika

reaktiiv/passiiv-  
barjäärid

geopolümeerid

tseoliidid

tsemendid

ksenosfäärulid



# „Eesti Tuhatööstus AS ...“

Eesti põlevkivitööstustes tekkiva tuhah  
mahud ja omadused ei võimalda (va  
tagasitöötamise korral) taaskasutada enam  
kui 10-15% tuhamassist

7-9 Mt  
tuhka/a

~7.5 Mt  
liiva/a

2  $\mu\text{m}$





tuha (suuremahuline) ladustamine on  
paratamatu

... kuidas teha seda  
keskkonnasäästlikult ja  
-kestlikult ?



# mida on vaja tagada tuha ladestamisel?

# tuhamassi tsementeerumine

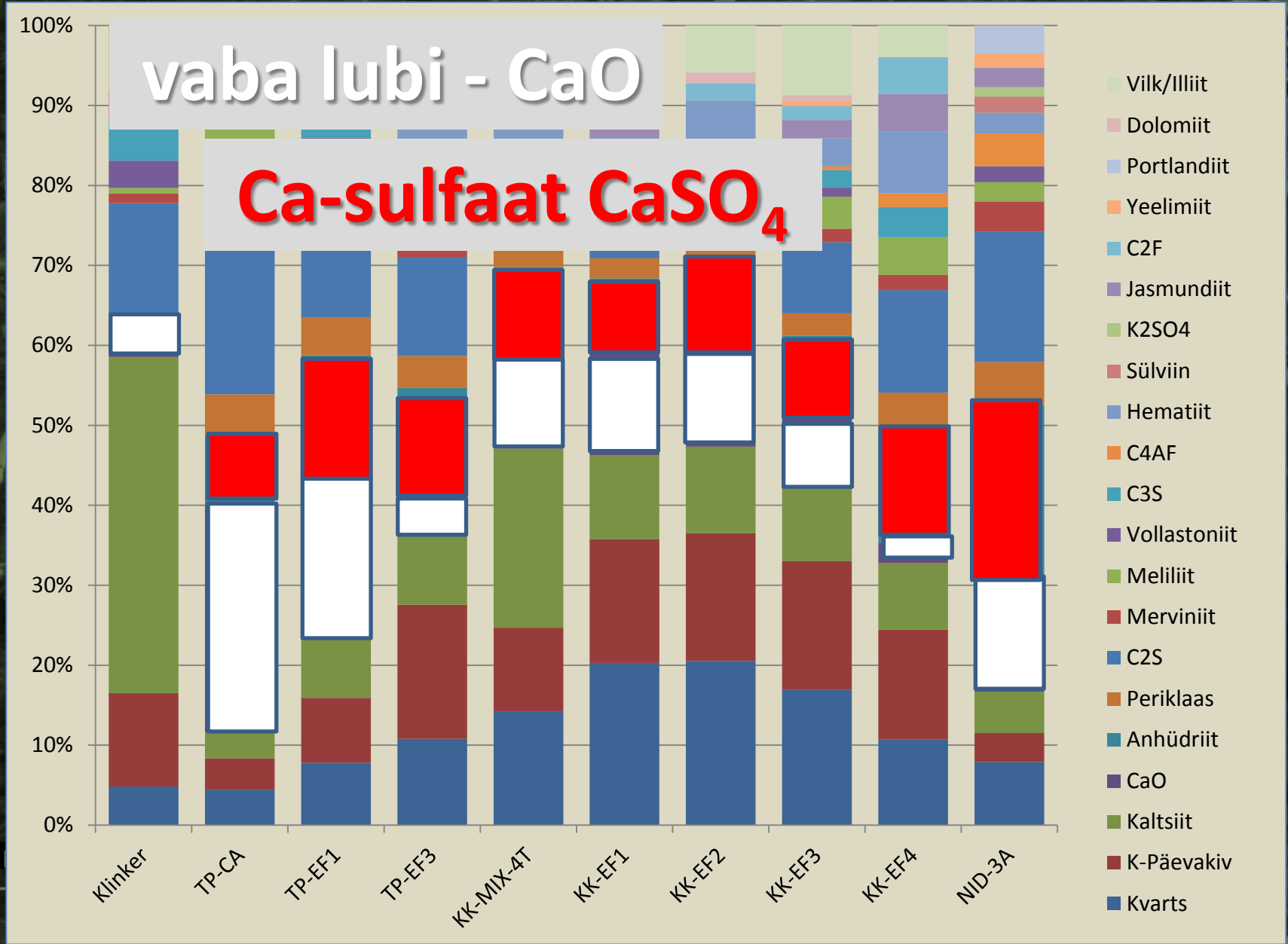
# pikaajaline keemiline/mehaaniline stabiilsus

# madal veejuhtivus

20  $\mu\text{m}^*$



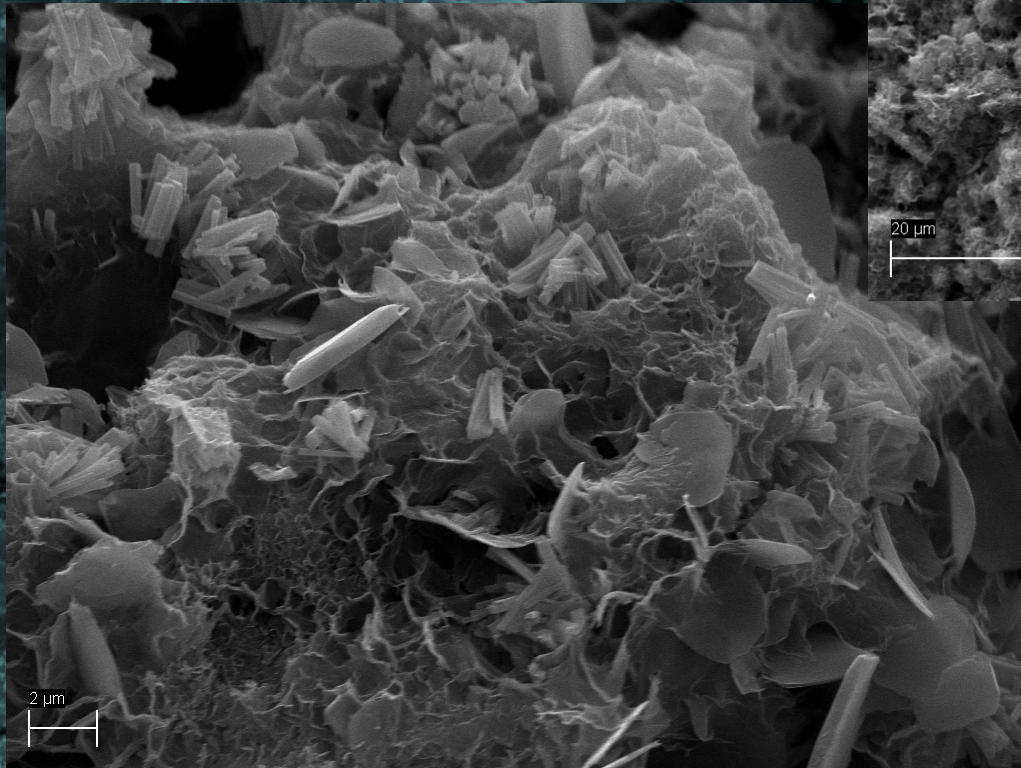
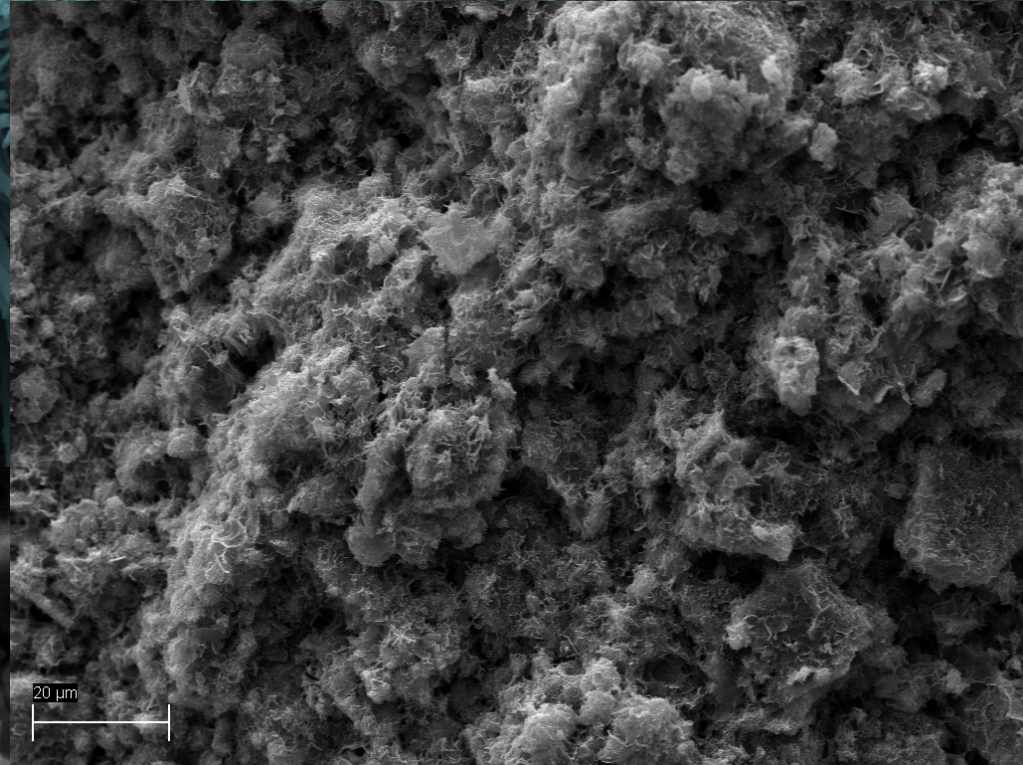
# Eesti põlevkivituhk... hüdrauline lubi(mört)





# esmased tsementeerumisreaktsioonid...

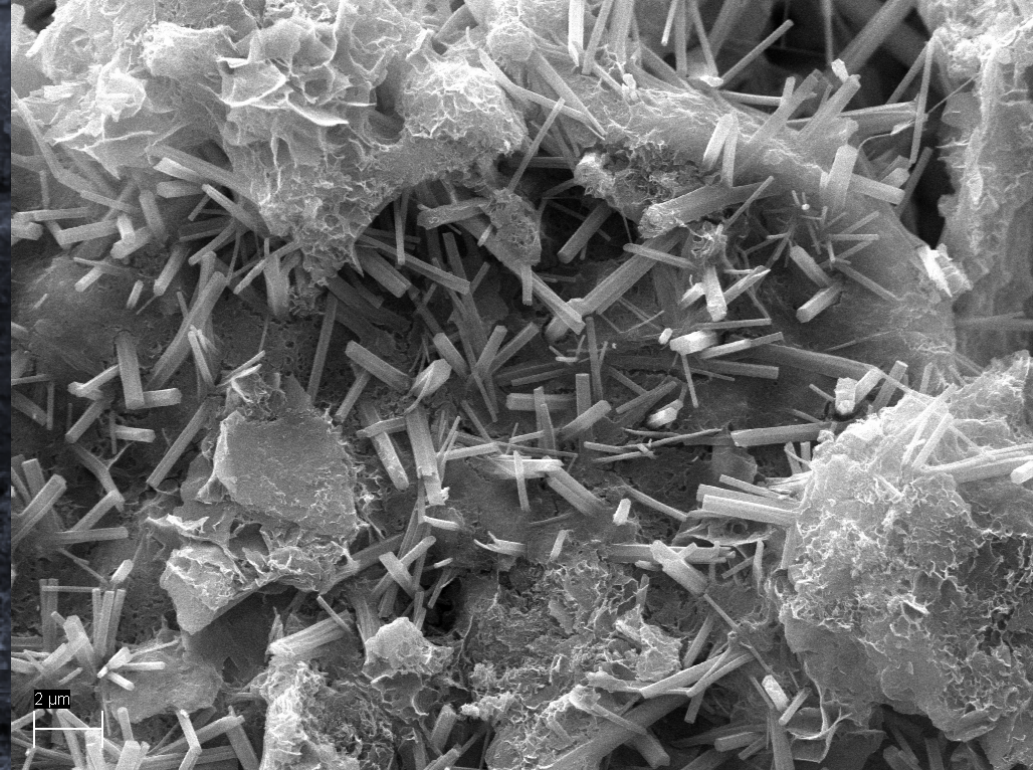
portlandiit/kaltsiit





# esmased tsementeerumisreaktsioonid...

ettringiit





... aga kuidas ladestada nii, et kõik see  
teooria töötaks?

?

3  $\mu\text{m}^*$

