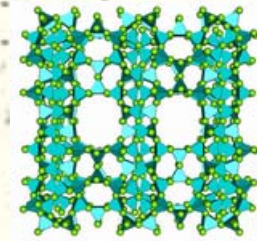
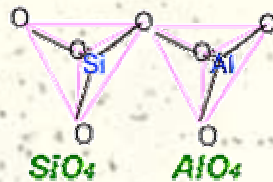


Alkalicky aktivované materiály geopolymery



Doc. RNDr. František Škvára DrSc

Ústav skla a keramiky
Vysoká škola chemicko-technologická
v Praze

Obsah

- # Alkalická aktivace aluminosilikátových látek
(historie, principy)
- # Pojetí geopolymery
- # Geopolymerní látky
- # Mikrostruktura geopolymery
- # Geopolymery na bázi metakaolinu a popílků
- # Perspektivy

Několik slov úvodem...

- # Složité reakce ve vodném prostředí při vyšším pH jsou základem procesů tuhnutí a tvrdnutí kaší, malt a betonů z anorganických pojiv, především portlandského cementu

Alit, belit + H_2O hydrosilikátová fáze (C-S-H fáze)+ $Ca(OH)_2$
a další reakce.

Alumosilikátové látky (struska, popílky, pucolány, metakaolin a jiné latentně hydraulické látky) reagují s $Ca(OH)_2$ na hydrosilikátové resp. hydroaluminátové pojivové fáze.

Základ směsných portlandských cementů.

- # Aktivace latentně hydraulických látek ionty Ca^{2+} je možná i CaO resp. $CaSO_4$
- # Analogická (i když jiná) situace je u alkalických kovů Na, K

Působení alkalií -Na,K

Negativní aspekty

Poruchy při výrobě cementu

Vytváření nežádoucích fází $KC_{12}S_{23}$, NC_8A_3

„Alkali-silica“ reakce v betonu

Pozitivní aspekty

Urychlení hydratace

Vytváření nových hydratačních fází

Počátky geopolymérů



Союз Советских
Социалистических
Республик

Государственный комитет
Совета Министров СССР
по делам изобретений
и открытий

О П И С А Н И Е
ИЗОБРЕТЕНИЯ
К АВТОРСКОМУ СВИДЕТЕЛЬСТВУ

(11) 448894.

(61) Зависимое от авт. свидетельства —

(22) Заявлено 19.07.58 (21) 604360/29-38
Priority
с присоединением заявки —

(51) М. Кл. С 04b 19/00

(32) Приоритет —

Опубликовано 15.11.74 Бюллетень № 42

(53) УДК 666.946.7:
624.138(088.8)

Дата опубликования описания 18.11.74
after 14 years from application

(72) Автор
изобретения В.Д. ГЛУХОВСКИЙ,
V.D. Gluchovskij

(71) Заявитель —

(54) ВЯЖУЩЕЕ
Binder

Prof. V.D. Gluchovskij
1958



gruntosilikaty...gruntocementy
...soilcement...geocement

Stavba z „gruntosilikátových“ bloků
asi 1958

Popsány princípy alkalické aktivace
kaolinitických látek, popílků a strusek

Další výzkum na Ukrajině: prof. Pavel Krivenko, prof. Myroslav Sanycky
Kongresy od roku 1978

Aktivity Ústavu skla a keramiky VŠCHT v Praze v oblasti AA materiálů

- # Výzkum alkalické aktivace od 1973
- # Studium alkalické aktivace portlandských cementů, slínku, vysokopecních strusek i kaolinitických látek
- # Dlouholetý výzkum a vývoj alkalicky aktivovaných bezsádrovcových cementů
- # Alkalická aktivace odpadních materiálů
- # V současné době studium procesů alkalické aktivace popílků

Naše motto:

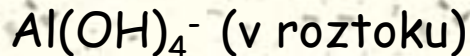
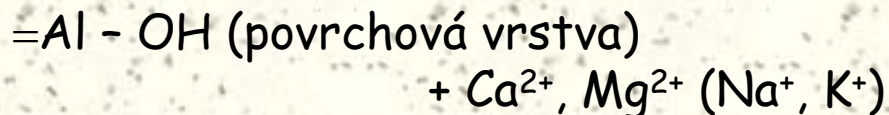
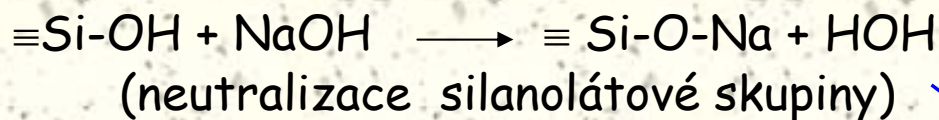
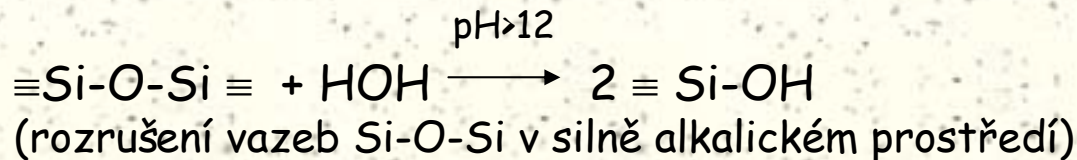
Strýc František...

...Podoben středověkému alchymistovi pachtil se za přeludem, padal a zase se zvedal, jenže na konci jeho cesty nezářil kámen mudrců, nýbrž universální cement.

Cement vyrobený z bezcenného svinstva nepatrnými náklady, ale výsledek skvost. ...

Zdeněk Jírotka: Saturnin

Mechanismus alkalické aktivace aluminosilikátových látek



Fáze typu
 $(\text{Na}, \text{K}_n\{-(\text{Si}-\text{O})_z-\text{Al}-\text{O}\}_n \cdot w\text{H}_2\text{O})$
+
C-S-H, C-A-H
fáze
+
případně vznik další H_2O
v důsledku polykondenzace

Produkt alkalické aktivace:
podle charakteru surovin a podmínek alkalické aktivace
(amorfni, částečně amorfni nebo krystalické produkty)

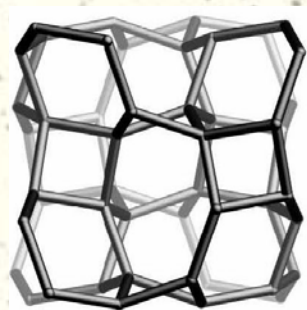
Převážně mechanismus „přes roztok“

Fáze typu $(\text{Na}, \text{K}_n\{-(\text{Si}-\text{O})_z-\text{Al}-\text{O}\}_n \cdot w\text{H}_2\text{O})$

Koncentrace směsi při alkalické aktivaci

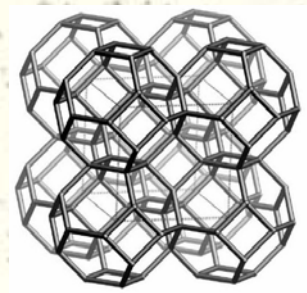
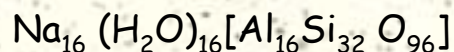
$W > 1-10$
(zředěná suspenze)
hydrotermální
podmínky

$W < 1$ (hustá suspenze, kaše)

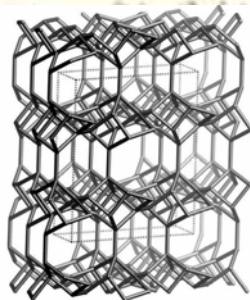
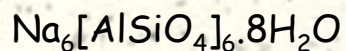


Krystalické zeolity

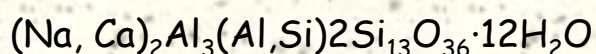
analcim



sodalit



heulandit

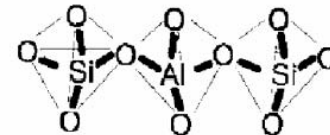


Amorfní produkty

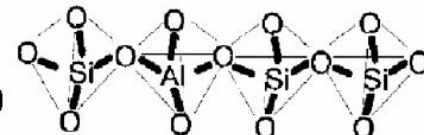
Poly(sialate)
Si:Al=1 (-Si-O-Al-O-)



Poly(sialate-siloxo)
Si:Al=2 (-Si-O-Al-O-Si-O-)



Poly(sialate-disiloxo)
Si:Al=3 (-Si-O-Al-O-Si-O-Si-O-)

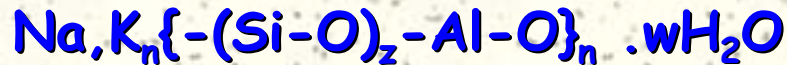


Terminologie Davidovits 1988

Pojem geopolymery

Davidovits 1976-1979: „ Geopolymer je látka, která vzniká anorganickou polykondenzací tzv. geopolymerační“
(... v důsledku alkalické aktivace aluminosilikátových látek..., náš dodatek).

Vzniká trojrozměrná aluminosilikátová síť empirického vzorce



M je K, Na či Ca

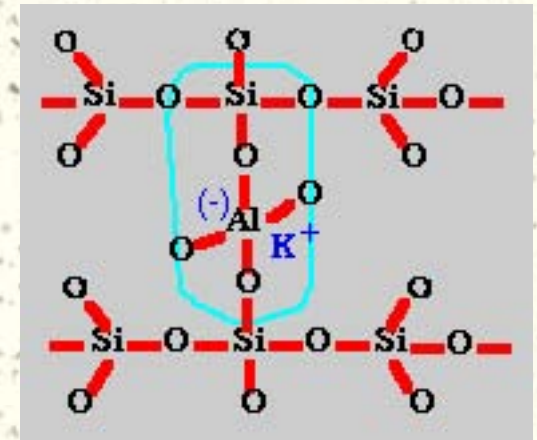
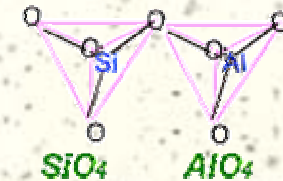
n je stupeň polykondenzace

z je 1,2,3 nebo více než 3.

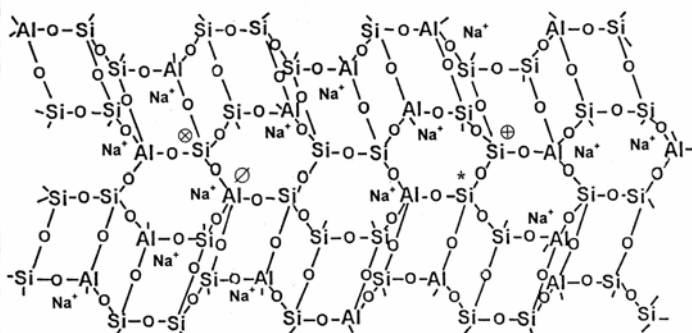
Síťovité útvary jsou složeny z SiO_4 a AlO_4 tetraedrů spojené O můstky.

Vytvářejí se řetězce či kruhy spojené Si-O-Al můstky.

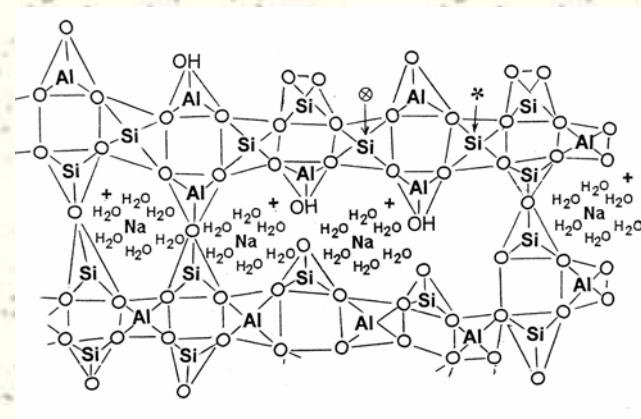
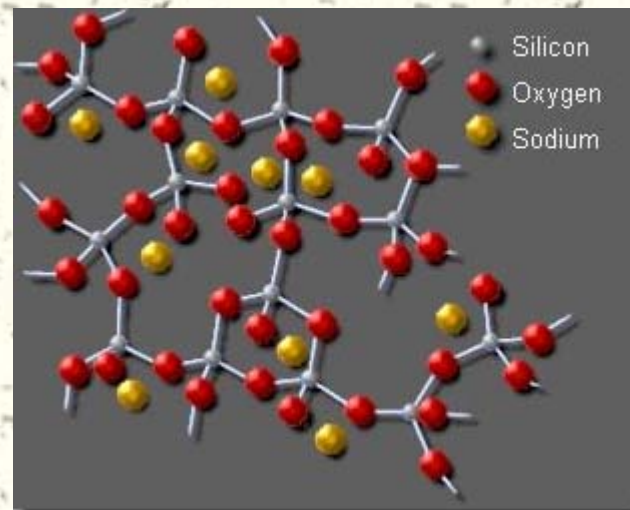
Pozitivní ionty (Na^+ , K^+ , Ca^{2+}) musí vyrovnávat negativní náboj na Al, který je přítomen v koordinaci 4.



Pojetí geopolymérů



Struktura geopolyméru podle Davidovitse
(monolitický polymer neporézní materiál)



Současný pohled na strukturu geopolyméru,
(náhodné uspořádání)

souhlasí s našimi výsledky

Skelná struktura

- Struktury geopolyméru a skla jsou velmi podobné (NMR)
- Si, Al, Fe, P sklotvorné prvky; Na, K, Ca, Mg modifikující prvky, O můstky
- Náhodné uspořádání 3D
- Není přítomna voda
- Není prakticky porézní

Geopolymer

- Nemá jedolitou strukturu typu polysialato-siloxo,
- Náhodné uspořádání 3D
- Obsahuje vodu v pórech a v gelu
- Porézní struktura
- Voda hraje roli jen jako nosič alkalického aktivátoru a jako „reologická“ voda
- Krystalické a amorfnní hydráty přítomny jen výjimečně jen za přítomnosti strusky či látek obsahujících Ca

Vztah ke struktuře hydratovaného portlandského cementu

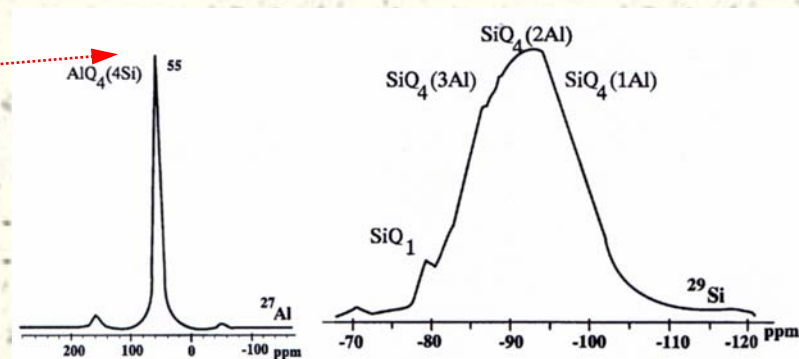
- Krystalické i amorfnní hydráty
- Voda je „konzumována“ v PC na hydráty
- Voda v pórech
- Porézní struktura (póry od nm do mm)

Co je tedy geopolymery?

(Davidovits 1999, 2005)

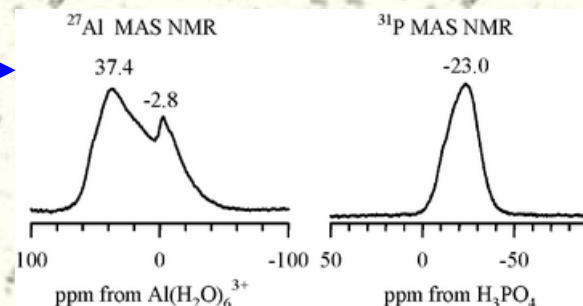
..." ^{27}Al NMR spektra musí mít pík při 55 ppm
Al smí být jen a pouze v koordinaci 4 ...
Jinak to nesmí být nazýváno geopolymery,
nýbrž jen pouze alkalicky aktivované látky, ...

Tato striktně prosazovaná definice
vyhovuje jen pro látky vzniklé
alkalickou aktivací čistého metakaolinu



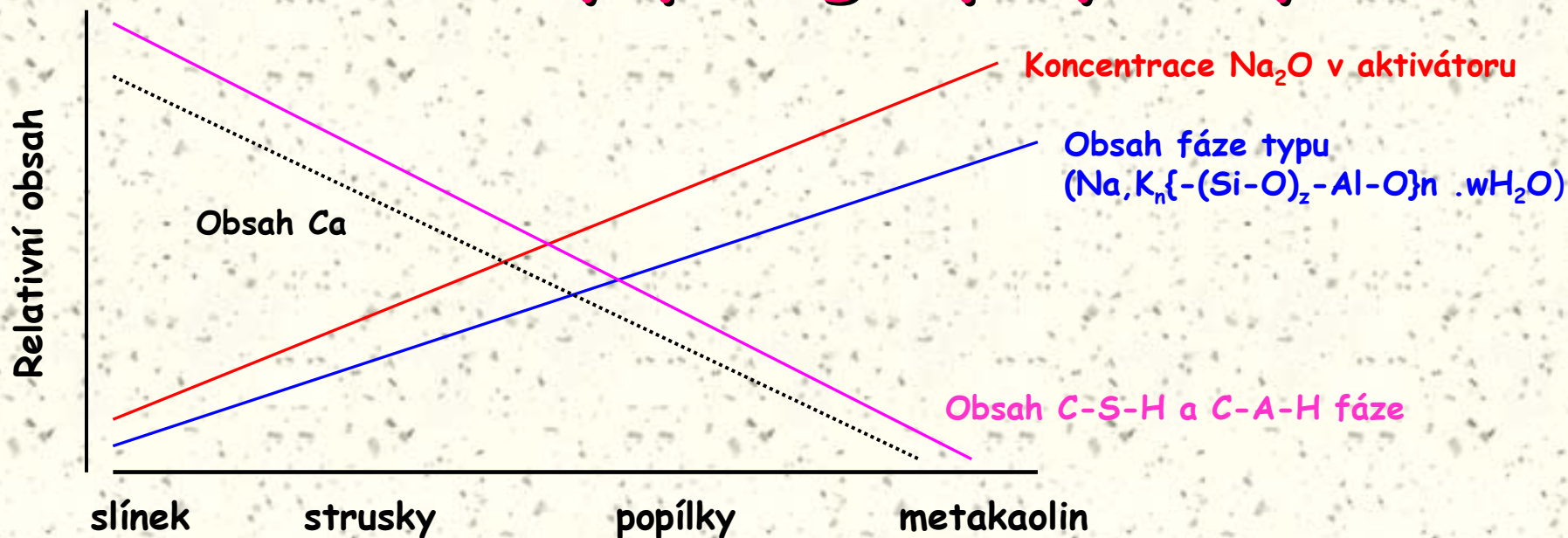
Při analýze a klasifikaci látek vzniklých alkalickou aktivací – geopolymery
vzniká řada otázek :

- Jsou geopolymery látky vzniklé i z jiných surovin než je čistý metakaolin?
- Jsou látky obsahující Al v koordinaci 6 např. ze zbytků mullitu také geopolymery?
- Jsou látky obsahující i fázi C-S-H také označitelné jako geopolymery?
- Jsou geopolymery látky vznikající jen při 20°C nebo i při hydrotermální syntéze či při vyšší teplotě?
- Jsou látky obsahující vedle atomů Al také atomy B a P rovněž geopolymery?



Je nutná vědecká diskuze.

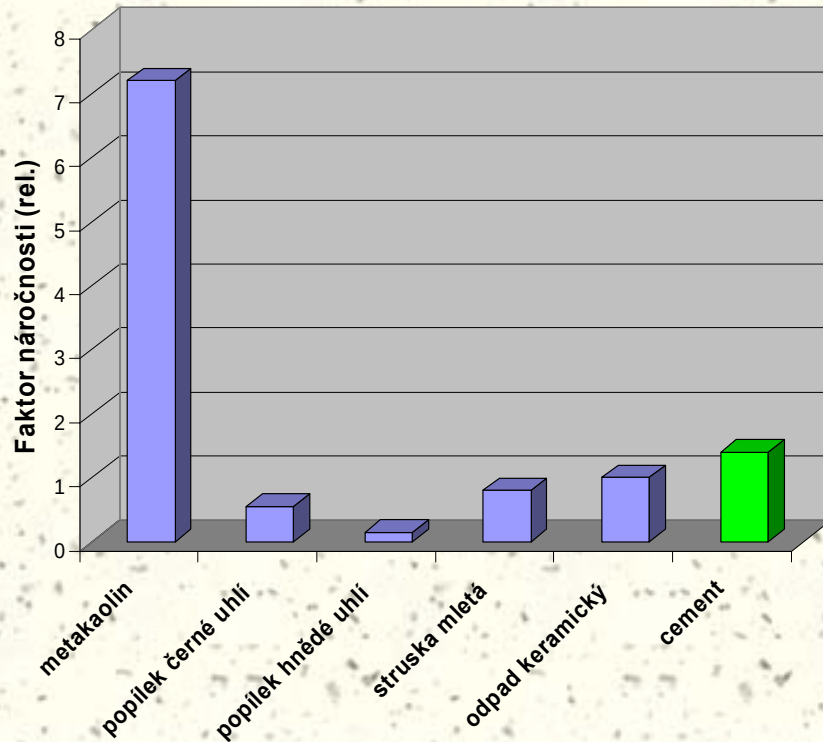
Suroviny pro geopolymery



Od slínku k metakaolinu nutný vyšší obsah Na₂O v alkalickém aktivátoru
Nutnost silnější aktivace (od uhličitanu ke směsím hydroxidu a křemičitanu)

Koexistence CSH fáze a fází typu (Na,K)_n{-(Si-O)_z-Al-O}_n · wH₂O

Suroviny pro geopolymery



Systémová analýza surovin (ekonomická, energetická, ekologická hlediska)...**nejméně vhodný je metakaolin (faktor náročnosti 7)**

Nejvíce je vhodný popílek resp. strusky, dále odpady z keramického průmyslu
(Weil, Dombrowski, Buchwald: Studie surovin pro geopolymery, Weimar 2006)

Pozn. V ČR odpadá ročně 10 mil.t popílků, asi jen 1 mil.t je využíváno (pórobeton, cement, umělé kamenivo, přísada do betonu, silniční stavitelství)

Alkalicky aktivované materiály či geopolymery? Tot' otázka?

Co je společné alkalicky aktivovaným materiálům ?

Přítomnost fáze $\text{Na}, \text{K}_n\{-(\text{Si}-\text{O})_2-\text{Al}-\text{O}\}_n \cdot n\text{H}_2\text{O}$

Jak tuto fázi nazvat?

Fáze **N-S-A-H** či **K-S-A-H** (podle cementářských zvyklostí)

Nebo **fáze zeolitu podobná** (Gluchovskij)

(analogie s „fází tobermoritu podobné „tobermorite like“, dnes C-S-H fáze)

Pokud opustíme striktní definici geopolymery podle Davidovitse (vázané na čistý metakaolin) dostáváme se k velmi rozsáhlé nové skupině anorganických pojiv se značným ekologickým a energetickým potenciálem.

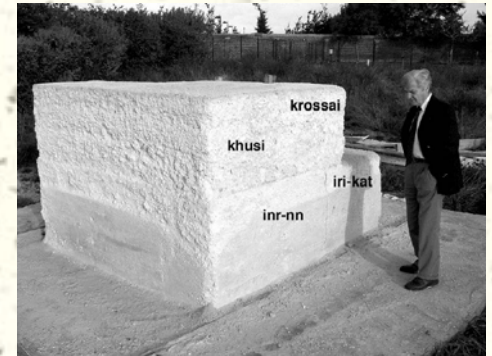
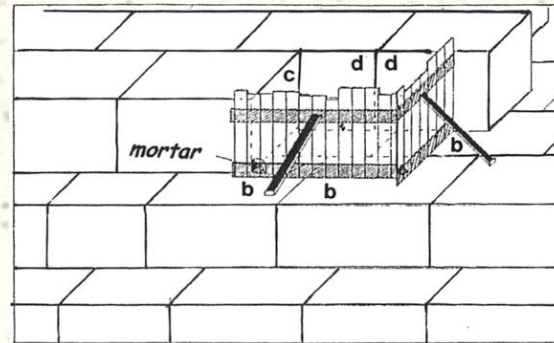
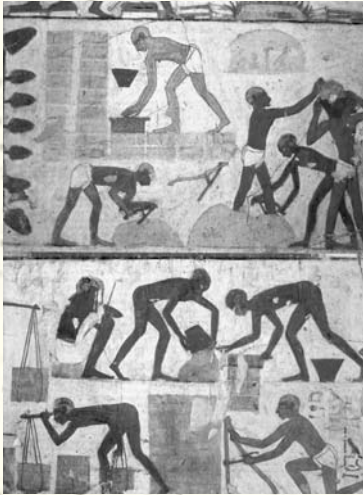
Pak bychom mohli tyto materiály definovat podle surovin např.:

geopolymerní materiál na bázi popílků
geopolymerní materiál na bázi metakaolinu atd.

Nebo bychom mohli použít zcela jiné označení:
polymersilikát, inorganic polymer concrete

Pojiva ve starověkých pyramidách – geopolymery?

Hypotéza prof. Davidovitse ... materiál egyptských pyramid ...geopolymerní beton



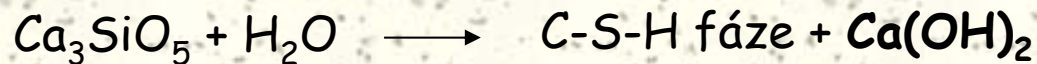
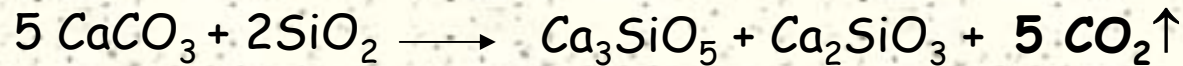
Současný vědecký názor: pro potvrzení či vyvrácení této hypotézy jsou nutné další vědecké výsledky

Stabilita těchto (geopolymerních??) poživ cca 6000 let

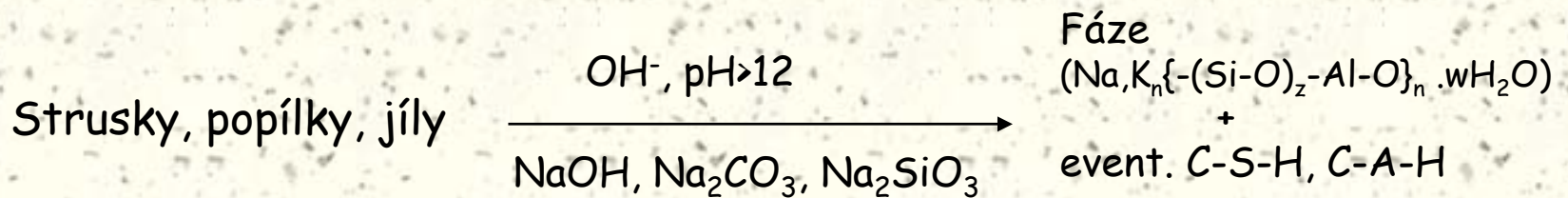
Stabilita poživ na bázi C-S-H fáze známa 2000 let (římské stavby)

PC vs. AA materiály

Portlandský cement



Alkalická aktivace



Proces vzniku materiálů alkalickou aktivací je teoreticky možný bez emisí CO_2 a bez vývoje Ca(OH)_2

Alkalická aktivace PC geopolymerní PC

Pyrament™ alkalicky aktivovaný směsný PC (USA, Francie)

Standardní portlandský cement (s vyšším měrným povrchem)
+ popílek + metakaolin + mletá struska
+ K_2CO_3 (Na_2CO_3)

Velmi vysoké počáteční pevnosti, 2-4 hod. 10-25 MPa beton

Průmyslové aplikace: Speciální práce, opravy poškozeného betonu

Alkalická aktivace slínku PC geopolymerní cement

Bezsádrovcový portlandský cement (BS cement)

mletý slínek PC(příp. struska) s vyšším měrným povrchem
+ anionaktivní tenzid (např. ligninsulfonan)
+hydrolyzovatelná alkalická sůl (na př. Na_2CO_3)
(přítomnost sádrovce je nežádoucí)

Kaše, malty, betony zpracovatelné při nízkém w 0.20 - 0.27

Pevnosti přes 100 MPa

Rychletuhnoucí a tvrdnoucí vysokopevnostní cement

Žárovzdorný cement, vysoká odolnost vůči agresivnímu prostředí,
tuhne při záporných teplotách

Průmyslové aplikace:

Česká republika BS cement... speciální práce, žáruvzdorný cement

Finsko F-cement

Diplomové práce VŠCHT v Praze 1973-1996

Václav Ševčík:PhD téze (1996), Tomáš Slamečka :PhD téze (2000),

Kateřina Moresová : PhD téze (2002), ÚSK VŠCHT v Praze

Geopolymer jako produkt alkalické aktivace strusek

Mletá struska (evtl. + 1-7% slínek) + alkalický aktivátor

Strusky: vysokopeční, granulované $(\text{CaO}+\text{MgO})/(\text{SiO}_2+\text{Al}_2\text{O}_3)\dots 0.6-1.05$
strusky z výroby fosforu, strusky z výroby Pb, Ni, Cu

Aktivátor: roztoky Na_2CO_3 , Na silikát ($\text{SiO}_2/\text{Na}_2\text{O} \dots 1,2,2-3$)
(vodní sklo + NaOH)

Pevnost v tlaku 30-100 MPa (28 dní) podle typu aktivátoru

Hydrotermální podmínky ...pevnost v tlaku až 150-180 MPa

Vysoká odolnost vůči agresivnímu prostředí

Průmyslové aplikace:

Ukrajina, Finsko, Česká republika, USA, Francie a další země

Speciální práce, fixace těžkých kovů a radioaktivních odpadů
experimentální stavby (domy, vlnolamy, kanalizace atd.)

Geopolymer jako produkt alkalické aktivace popílků

Popílký (převážně F-typ, méně C-typ) + alkalický aktivátor

Aktivátor:

roztoky Na,KOH ; Na, K křemičitanu, vodní skla

Mleté/nemleté popílký

Optimální přísada hydraulicky aktivní látký (struska, slínek)
(zdroj Ca iontů)

Pevnosti v tlaku 20-60 MPa, za přítomnosti látek obsahující Ca až 160 MPa

Průmyslové aplikace: Speciální odolné produkty (BRD, USA ZeoTech)

Diplomové práce VŠCHT v Praze 1996-2006
Ali Allahverdi: PhD téze (2002),
Martina Minaříková: PhD téze (2005)

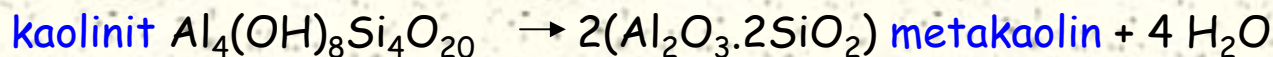
Geopolymer jako produkt alkalické aktivace metakaolinu

Metakaolin + alkalický aktivátor

Aktivátor:

roztoky Na, K OH , Na, K křemičitanu, vodní skla

Surovina: dehydratované kaolinitické látky vypálené na teplotu 600-700°C



Pevnosti v tlaku 10-80 MPa

Průmyslové aplikace: Aplikace ve stadiu projektů, prototypů a úvah

Geopolymer na bázi kapalného prekurzoru

Geopolymerní prekurzor Rudal (vodní sklo se zvýšeným obsahem Al)

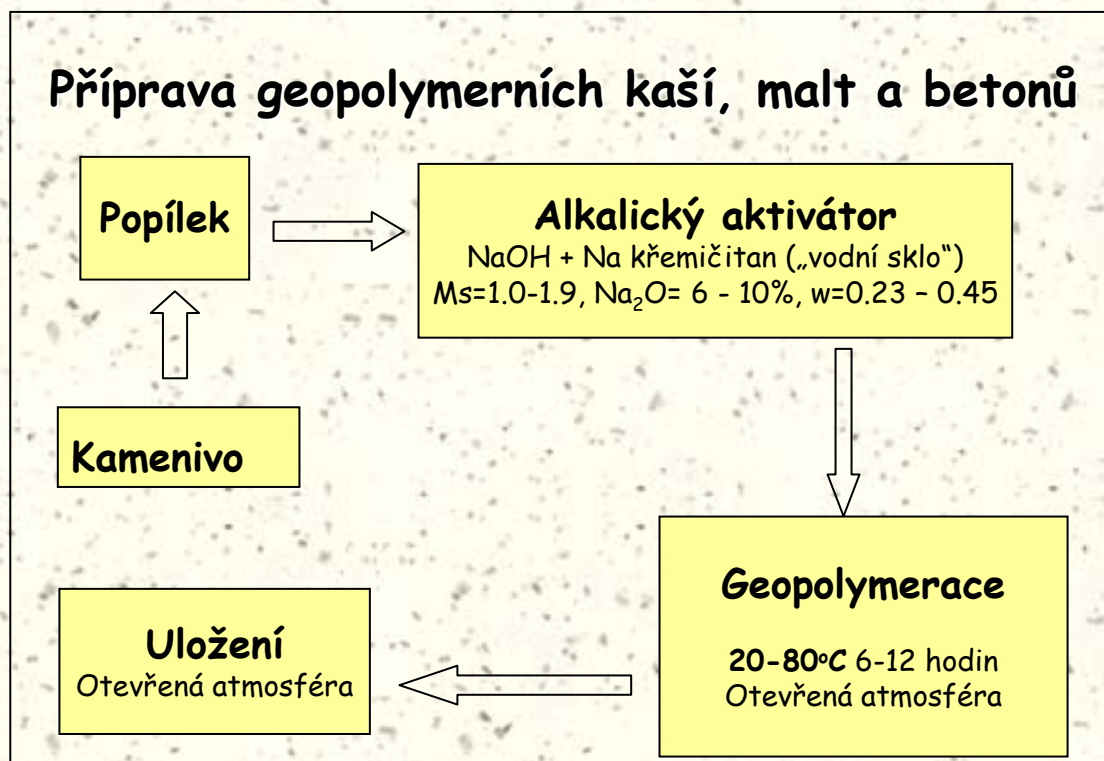
Průmyslové aplikace: Slévárenské formovací směsi f.Sandteam ČR, řada sléváren

Geopolymerní prekurzory

f.Cordi Geopolymére (Davidovits) cena 379-399 €/kg (110 tisíc Kč/tuna !!)

Průmyslové aplikace: Zkušební aplikace, prototypy, projekty, úvahy

Způsob přípravy geopolymerních materiálů



Faktory ovlivňující vlastnosti geopolymerních materiálů

- Charakter výchozí suroviny
 - $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ a $\Sigma \text{Na}_2\text{O}$ v aktivátoru
 - Poměr $\text{SiO}_2:\text{Al}_2\text{O}_3:\text{CaO}$ (MgO) v surovině
 - Složení kameniva
- Způsob přípravy (teplota, hydrotermální podmínky)

Nutná experimentální optimalizace podmínek přípravy

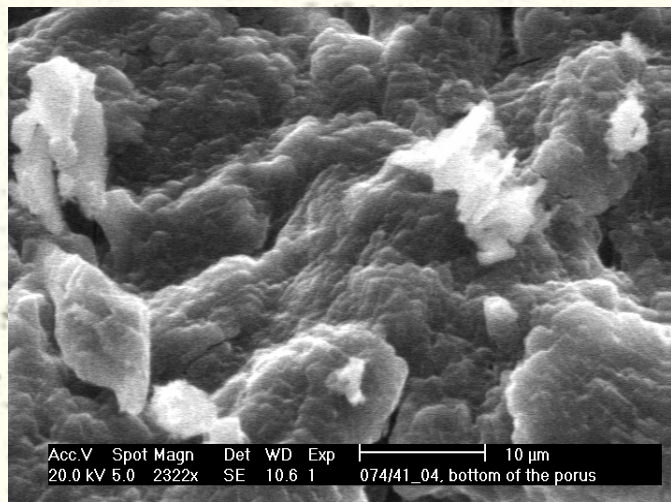
Mechanické vlastnosti geopolymérů

- # Pevnosti v tlaku rostou i v časovém období 360 - 520 dnů (vývoj pevností sledován již 9 let)
- # Jiný poměr pevnosti v tlaku a v prostém tahu
- # Smrštění minimální
- # Další mechanické vlastnosti ve stadiu výzkumu
- # Mikromechanické vlastnosti (ve stadiu výzkumu)

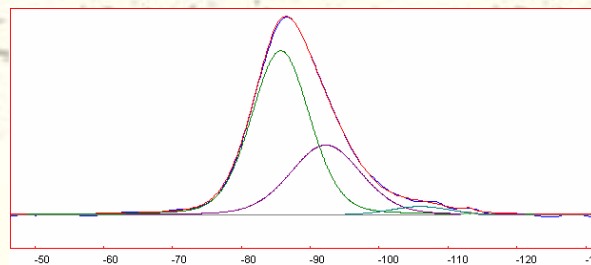
Mikrostruktura geopolymerů

- # amorfní sklovitá mikrostruktura
- # reakční produkty: látky podobné zeolitům
zeolitický prekurzor $M_n\{-(Si-O)_Z-Al-O\}_N \cdot wH_2O$
2D-3D anorganický polymer obsahující H_2O
- # chybí typické hydratační produkty PC: $Ca(OH)_2$, ettringit
- # interpretace složení produktů je obtížná (nutno použít kombinace metod: IČ spektrometrie, RTG difrakce, SEM s bodovou analýzou, především ^{29}Si , ^{27}Al , ^{23}Na NMR v pevné fázi)

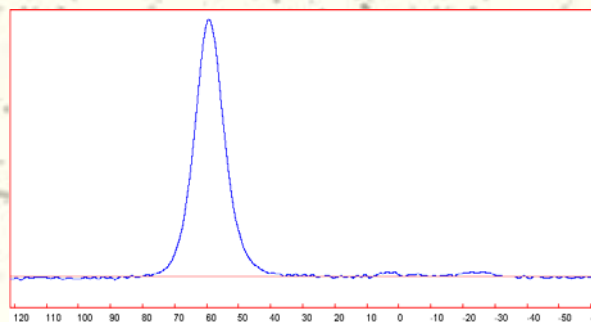
Mikrostruktura geopolymery na bázi metakaolinu



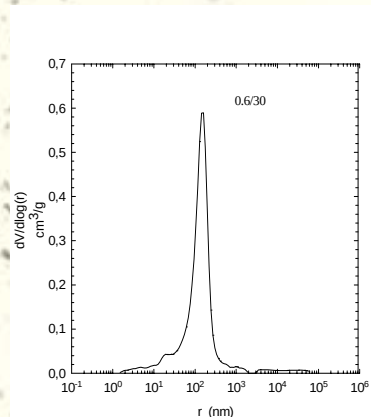
SEM lomové plochy



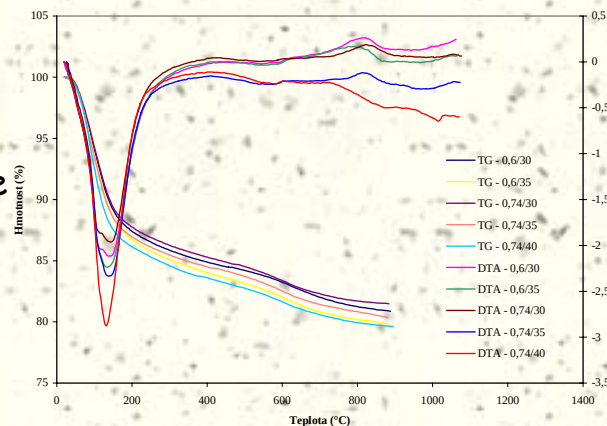
NMR ^{29}Si



NMR ^{27}Al



Hg-porozimetrie

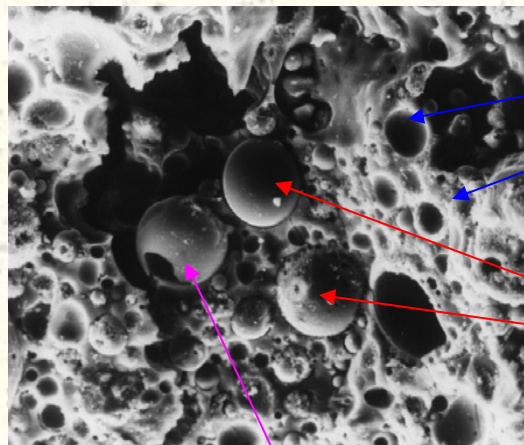
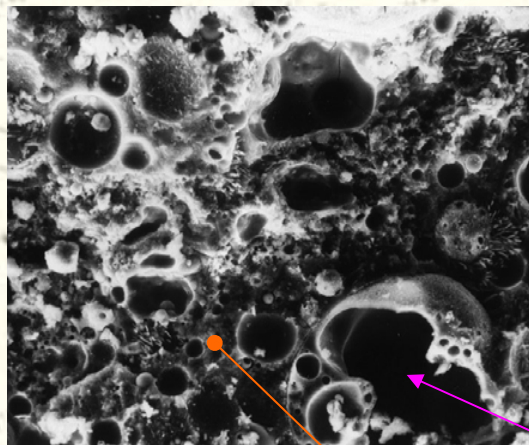


Termická analýza

Amorfní porézní materiál obsahující H_2O , s Al v koordinaci 4

I.Perná: PhD téze 2004, VŠCHT v Praze, české suroviny

Mikrostruktura geopolymu na bázi popílku



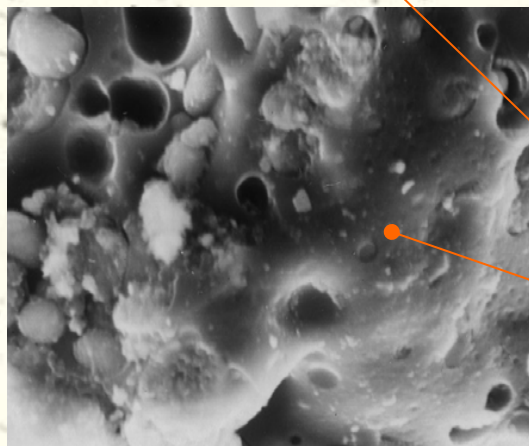
**Makropóry
(zavlečený vzduch)**

**Částice popílku
(nezreagovaná)
Duté(!!)**

Zbytky popílkových částic

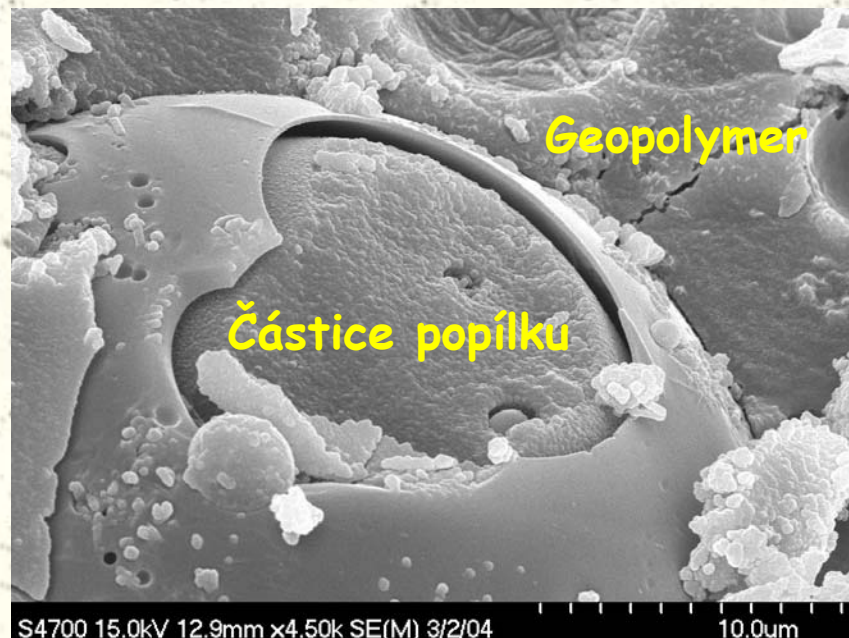
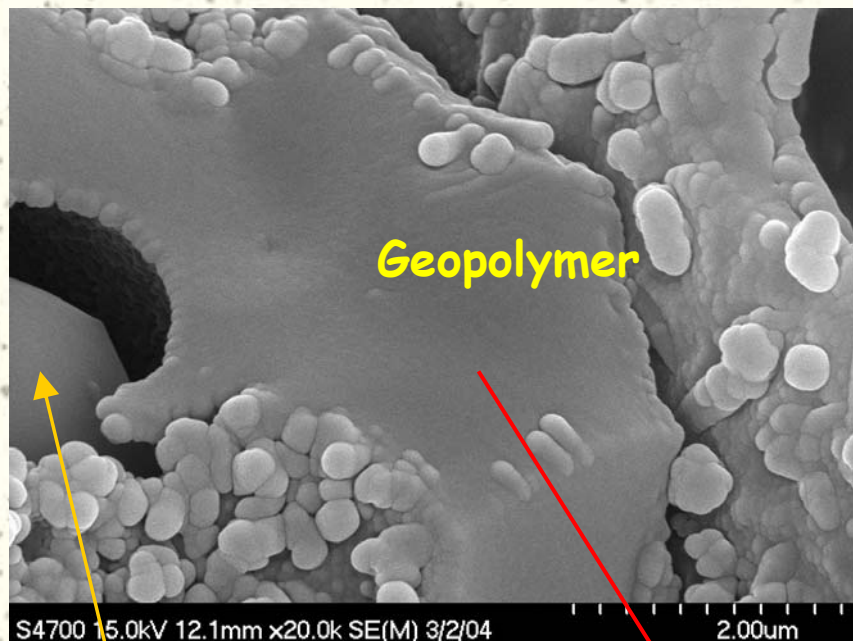
**Pórovitost...
zavlečený vzduch + zbytky popílku
+ vnitřní pórovitost popílku + pórovitost geopolymu**

Geopolymer ...Na Aluminosilikát (ED Analýza)

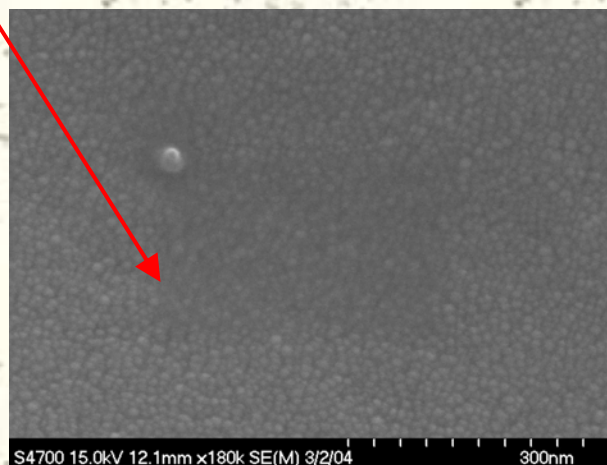


Detail

Mikrostruktura geopolymery na bázi popílku

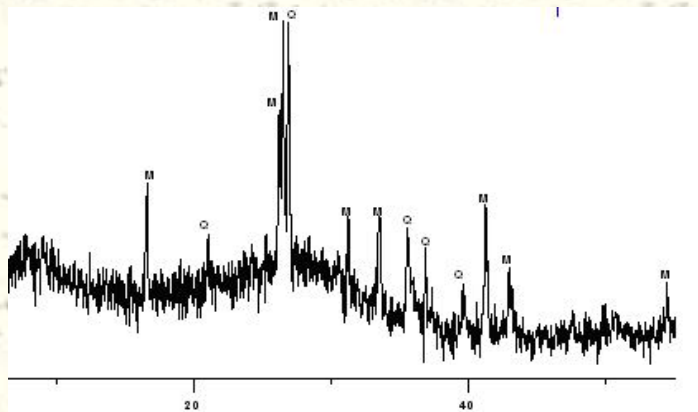


Zbytek popílkové částice

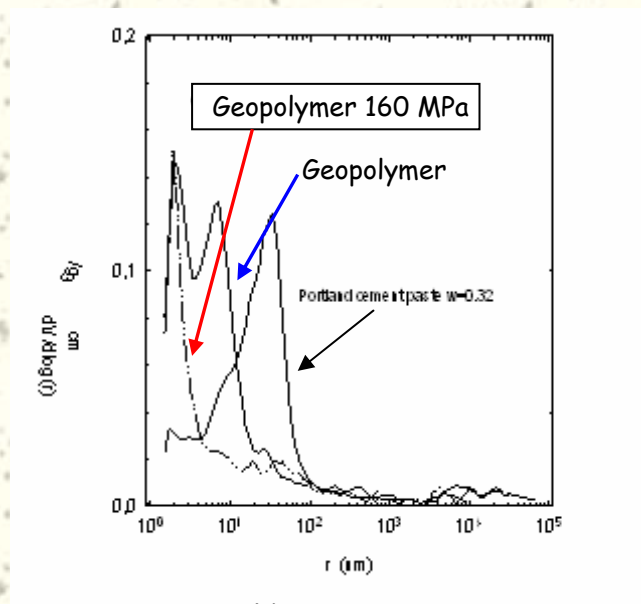
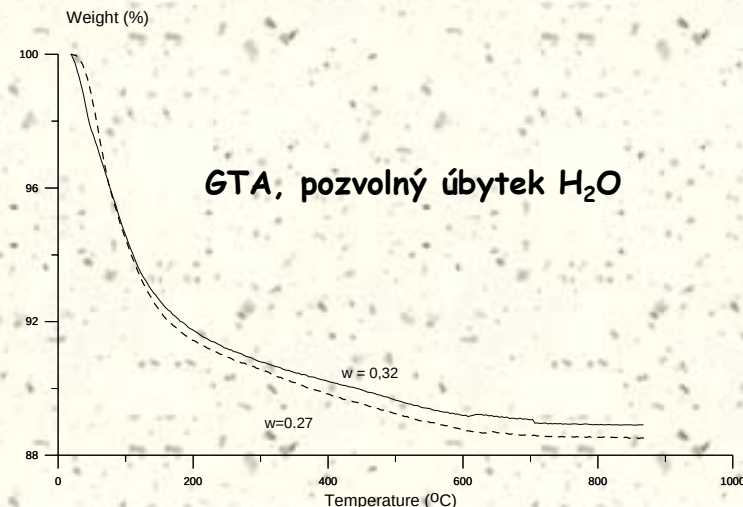


Detail struktury
geopolymeru

Mikrostruktura geopolymu na bázi popílku



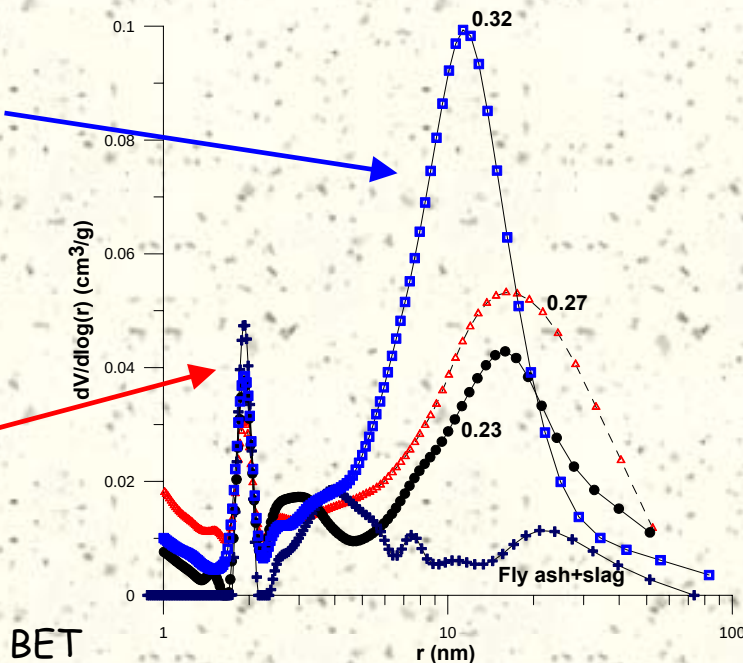
Rtg.difrakce, amorfní produkt
zbytky krystalických fází z popílku



Hg porozimetrie

Kapilární
pórovitost
geopolymeru

Vnitřní pórovitost
geopolymeru

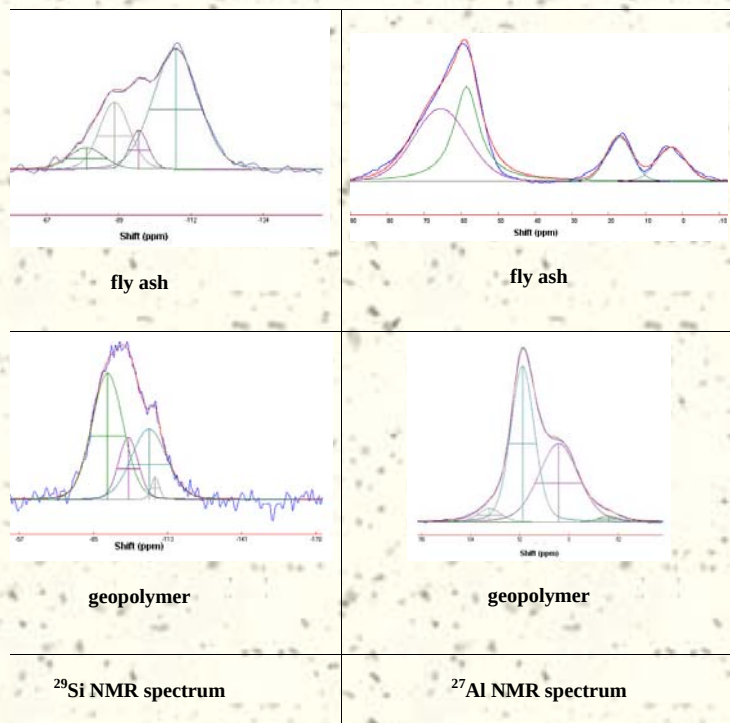


Mikrostruktura geopolymery na bázi popílku

Popílek (CZ)

Spektrum ^{29}Si : Hlavní koordinace $\text{SiQ}^4(0\text{Al})$ tetraedrická $[\text{SiO}_4]^{4-}$, méně zastoupená koordinace $\text{SiQ}^4(2-3\text{Al})$, mullit

Spektrum ^{27}Al : Koordinace $\text{AlQ}^4(4\text{Si})$, $\text{AlQ}^2(2\text{Si})$ a $\text{AlQ}^3(3\text{Si})$

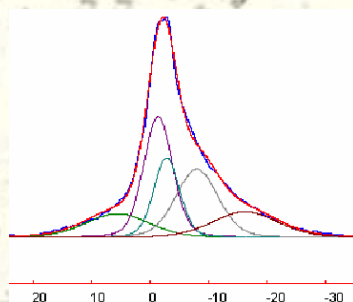


Geopolymer NMR spektra odlišná.

Koordinace $\text{Si}(0\text{Al})$ je výrazně minoritní, hlavní koordinace je $\text{AlQ}^4(4\text{Si})$ a $\text{SiQ}^4(2-3\text{Al})$.

Ve spektru Al jsou zřetelné zbytky mullitické fáze z nezreagovaného popílku (koordinace Al 6).

Průnik Al do sítě tetraedrů $[\text{SiO}_4]^{4-}$

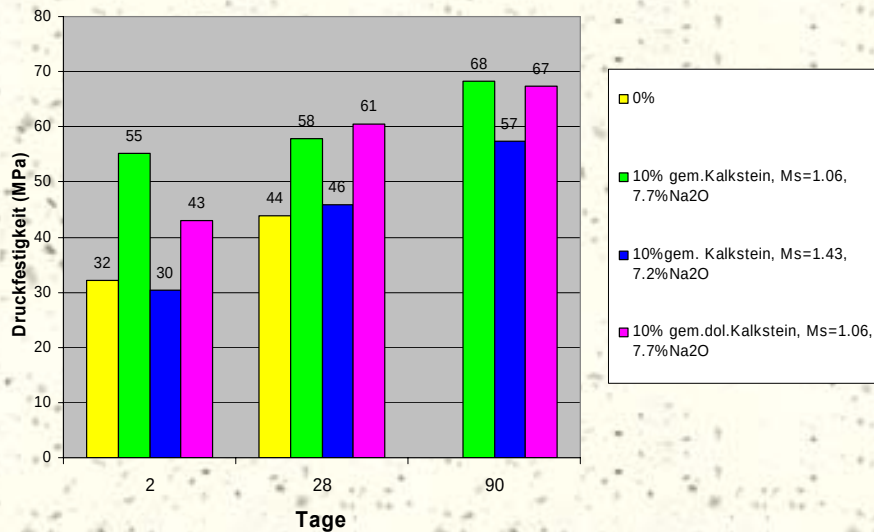


^{23}Na NMR spektrum geopolymer

Na ve formě $\{\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_n\}^+$

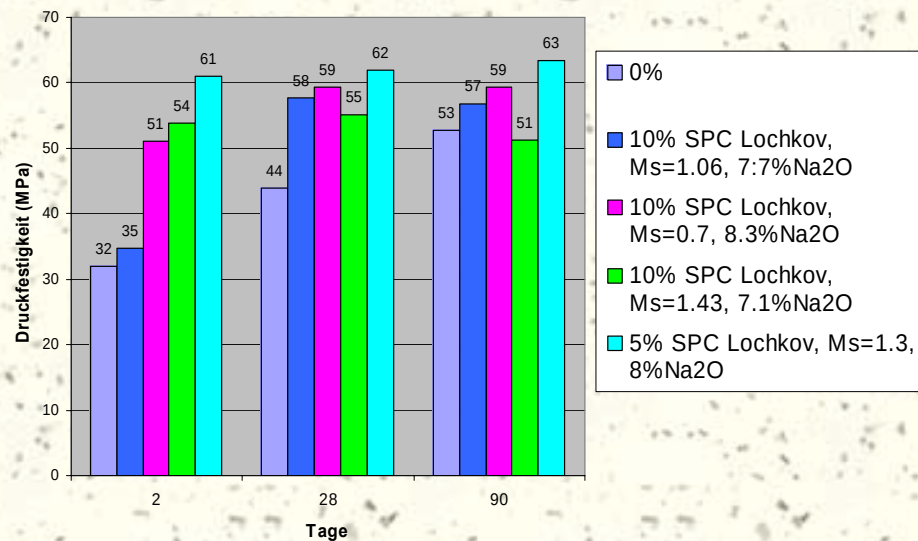
Geopolymer na bázi popílků + látky obsahující Ca

AAFa + gem. Kalkstein (Mörtel, Sand 1:1.5, w = 0.32) 12 St. 70°C



Vápenec

AAFa + SPC Lochkov (Mörtel 1:1.5, w = 0.32)
12 St. 70°C

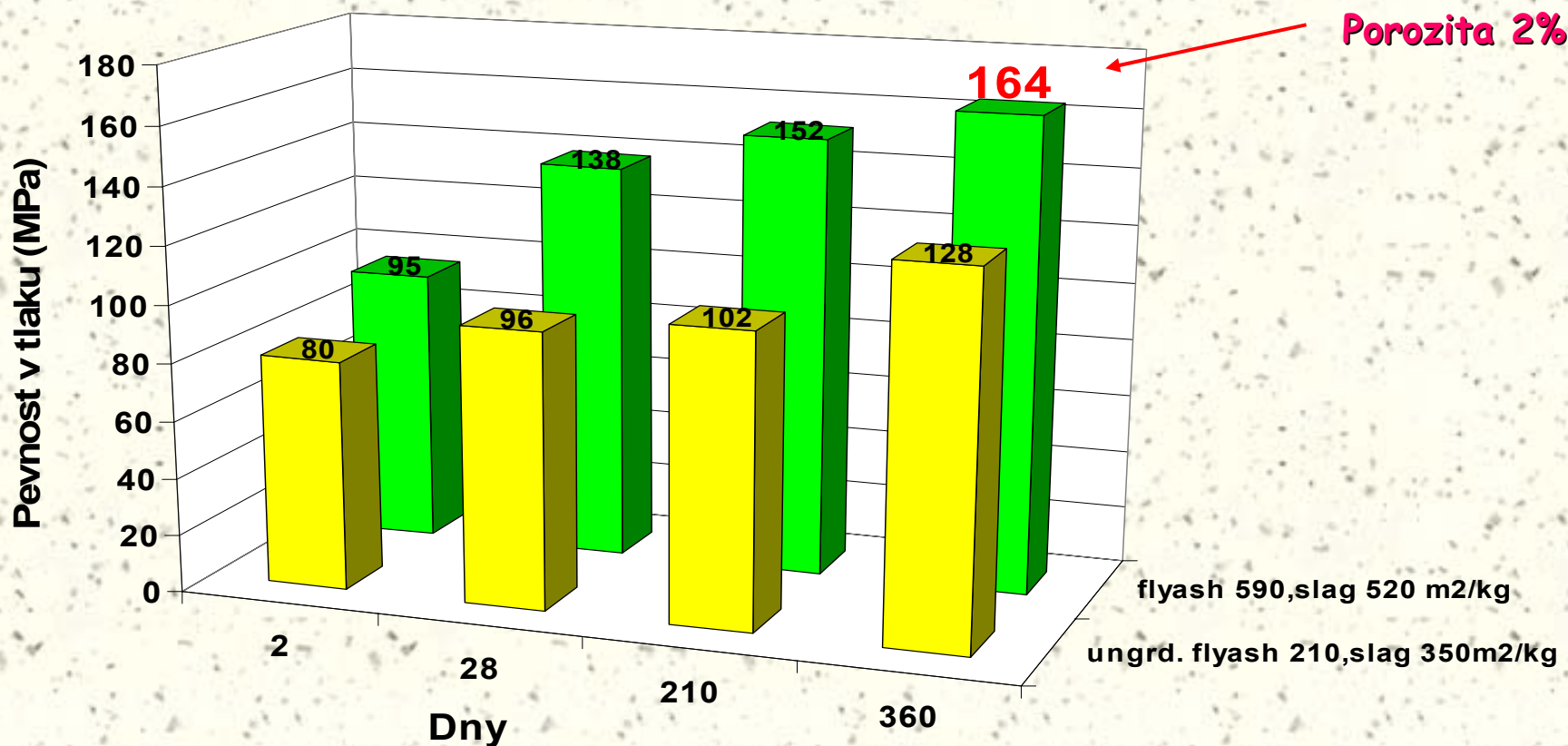


SPC

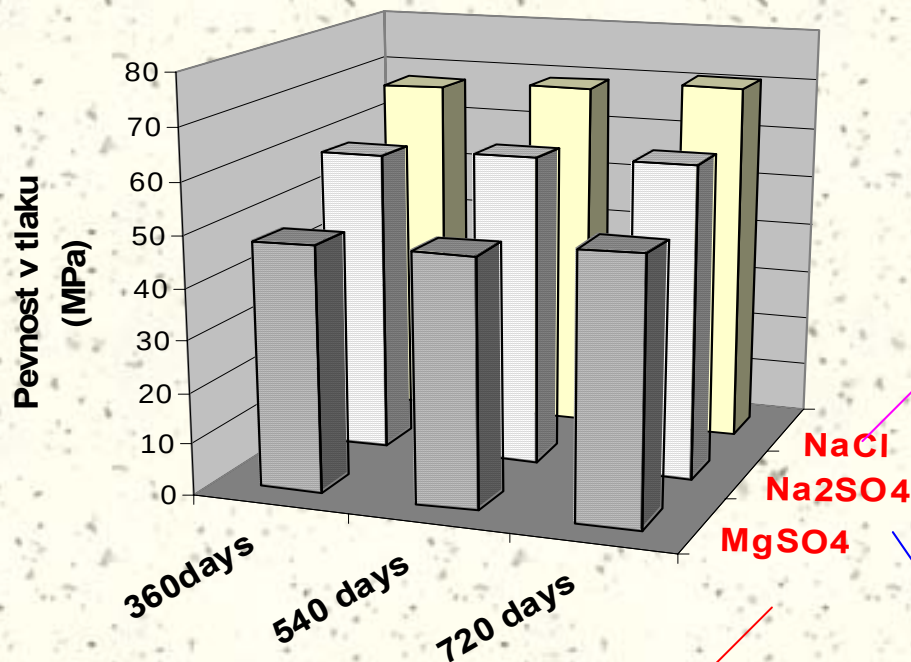
Perspektivní je směs popílku s sádrovcem - produkty odsiřovacích procesů

Geopolymer na bázi popílku a strusky

Popílek:struska = 0.5, hydrotermální podmínky (80°C) + x dní



Koroze geopolymeru na bázi popílku



Roztok NaCl (164g/dm^3)



Roztok Na₂SO₄ (44g/dm^3)

600 dnů expozice
žádné sekundární
produkty

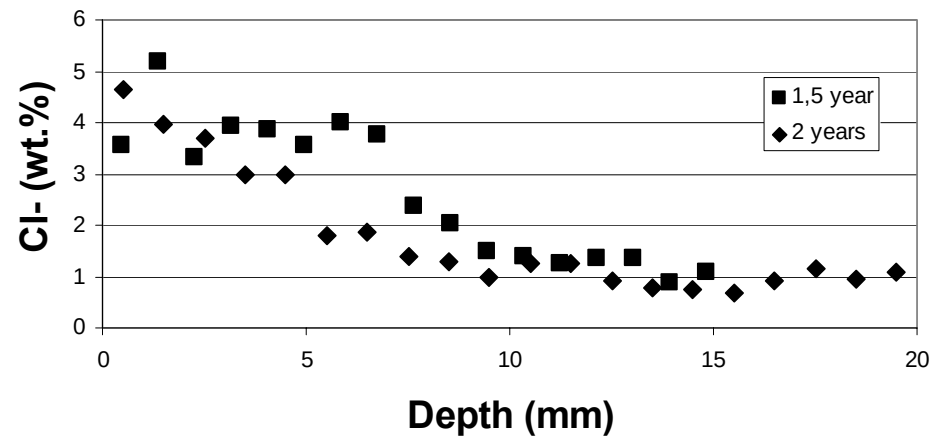
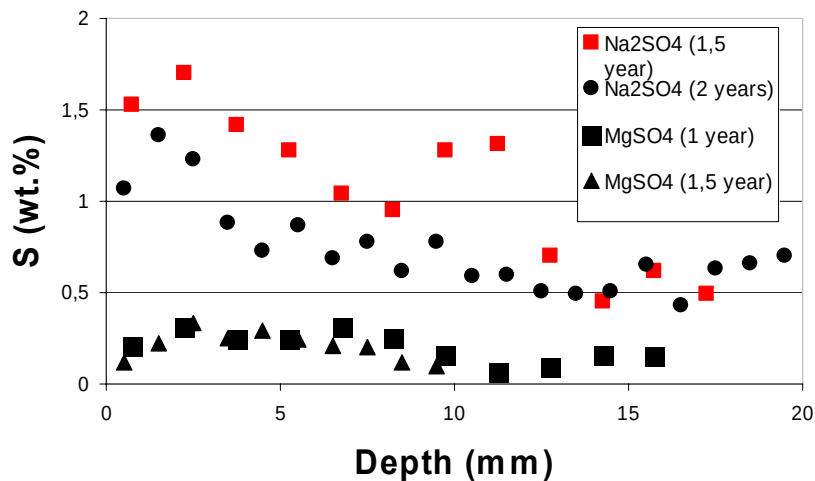


Roztok MgSO₄ (5g/dm^3)

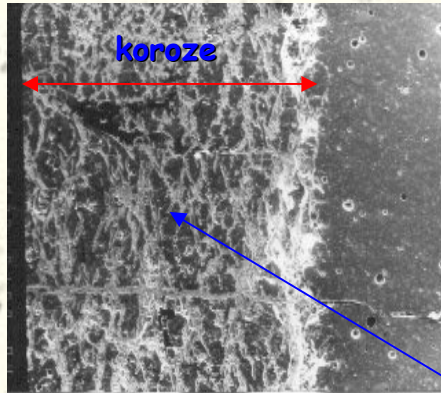
Koroze geopolymery na bázi popílku

Průnik iontů Cl^- a SO_4^{2-} do hmoty geopolymery

Bodová analýza (el.mikrosonda)

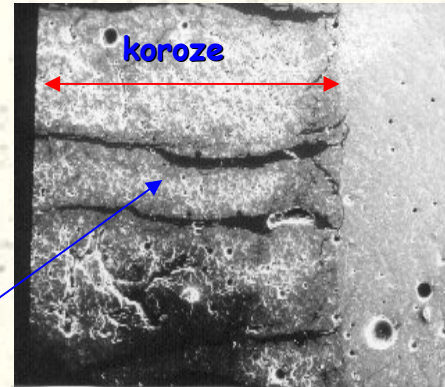


Kyselinová koroze geopolymery na bázi popílků



3 měsíce v H_2SO_4 , pH= 1

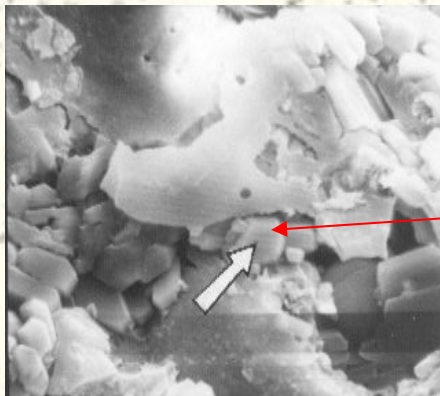
— 100 μm



3 měsíce v HNO_3 , pH= 1

— 100 μm

Povrchové rozpouštění Al, Ca
zbytek... vrstva obohacená Si



Vytváření sádrovce
v korozní vrstvě

— 10 μm

Mechanismus kyselinové koroze geopolymery
je analogický korozi Si, Al skel

Fixace těžkých kovů

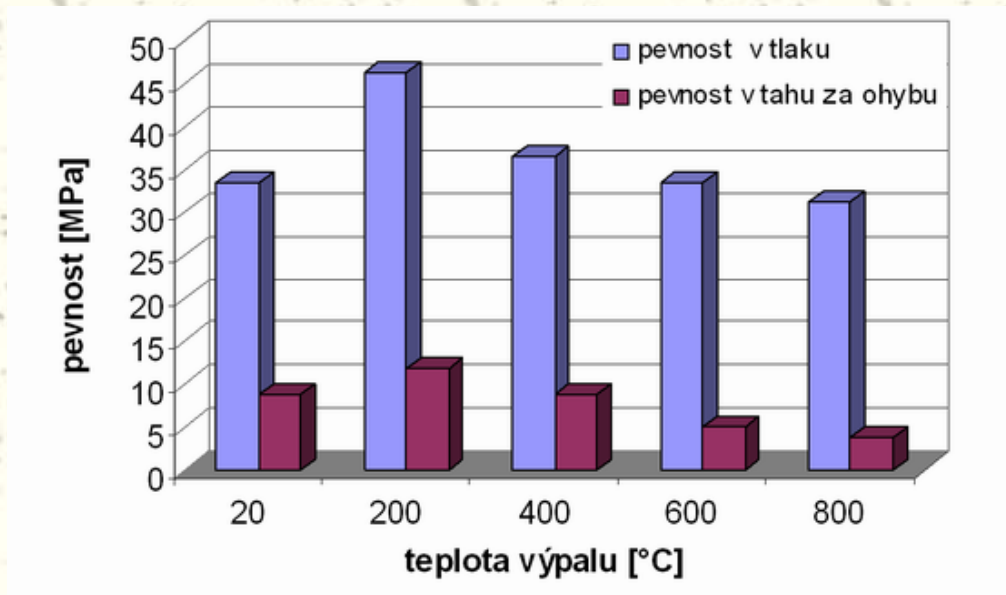
Geopolymerní matrice (struska, popílek, metakaolin) představují účinnou matici pro fixaci anorganických odpadů, zejména těžkých kovů, případně radioaktivních odpadů.

Velmi účinná je fixace těžkých kovů Me^+ a Me^{2+} .

Obtížná je fixace prvků v anionické formě jako je AsO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , $Cr_2O_7^{2-}$ a další..

Těžké kovy na rozdíl od PC neovlivňují průběh solidifikace.
(některé těžké kovy zcela blokují hydrataci PC (Zn))

Vysokoteplotní vlastnosti geopolymery na bázi popílků

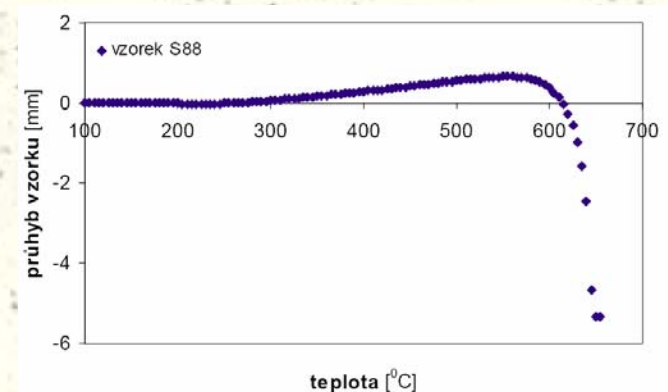
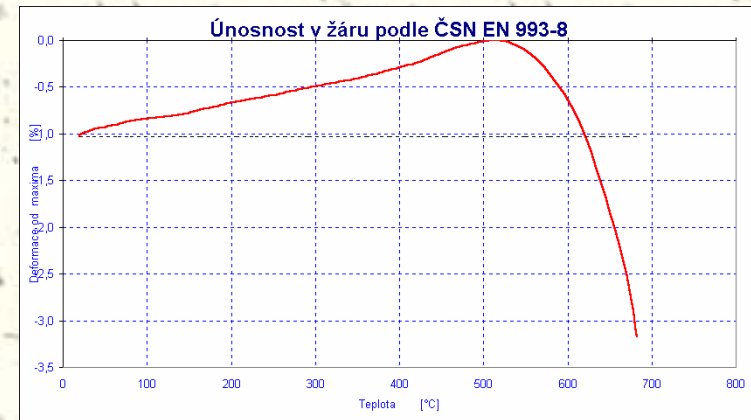


Vysoké zbytkové pevnosti geopolymery po výpalu

Portlandský cement:

Dehydratace C-S-H fáze, Ca(OH)_2 , rozpad

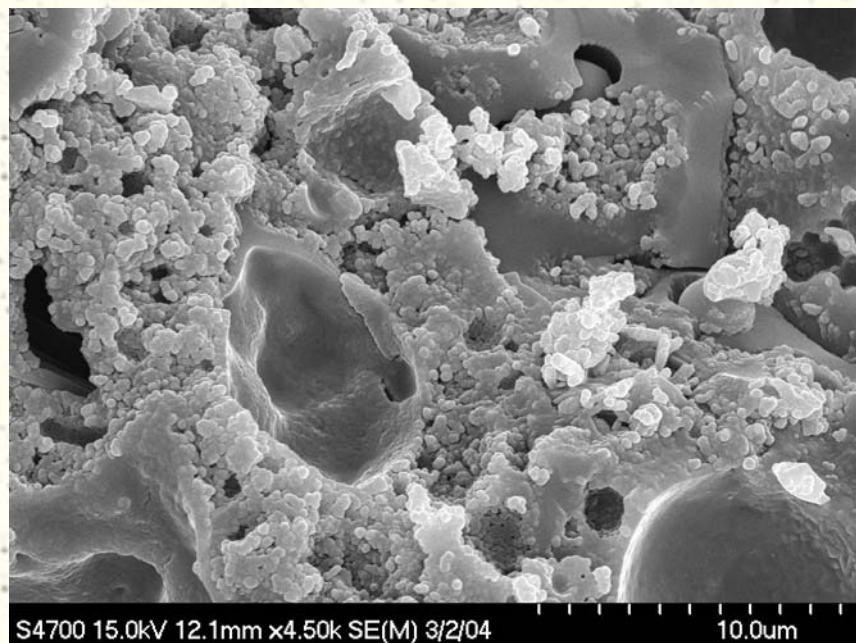
$$T_{0.5} = 630^\circ\text{C}$$



Deformace geopolymerního betonu

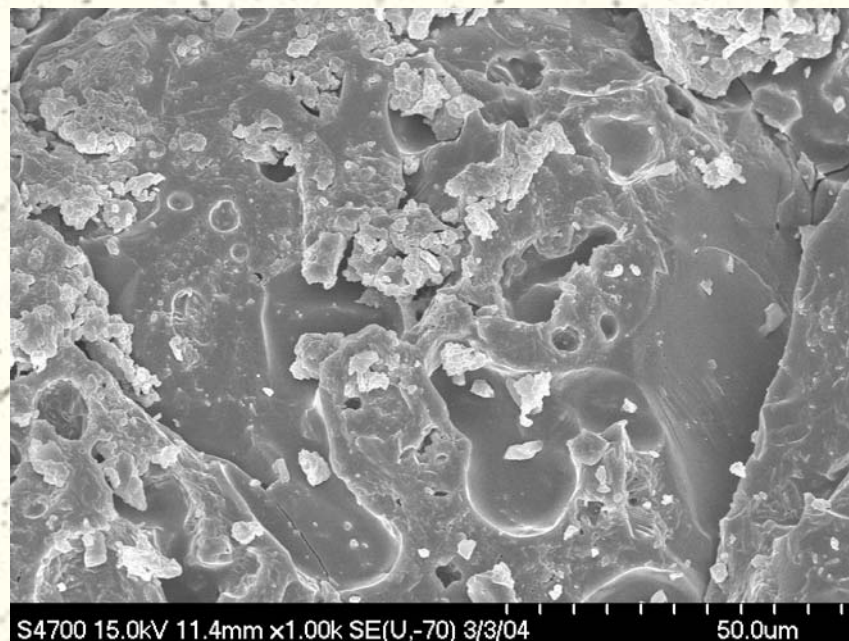
T.Jílek : Diplomová práce 2004, VŠCHT v Praze
R.Žyla: Diplomová práce 2006, VŠB, VŠCHT

Vysokoteplotní vlastnosti geopolymery na bázi popílku

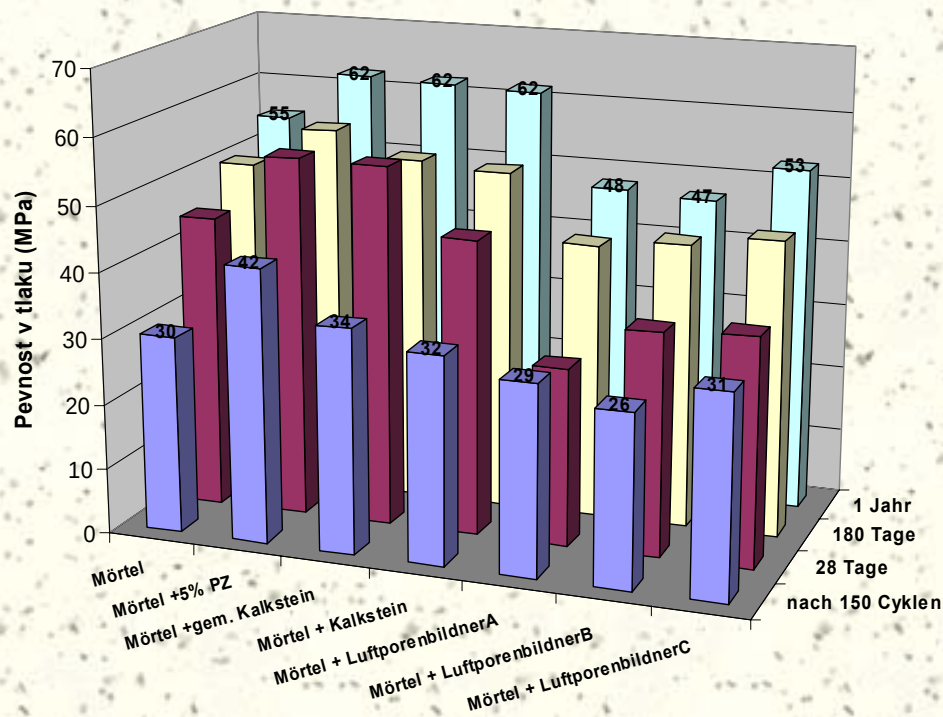


300 °C

1000 °C (přítomnost taveniny)



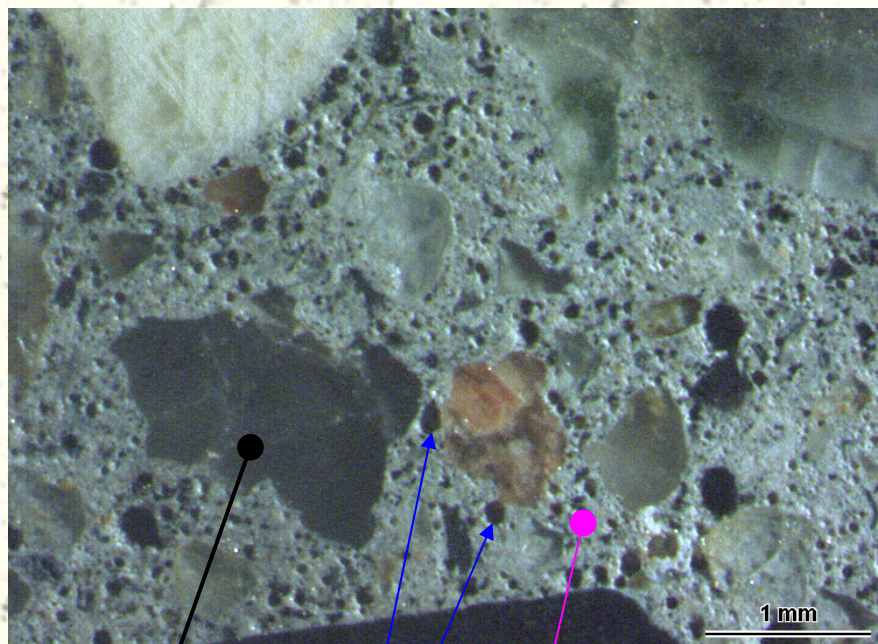
Mrazuvzdornost geopolymery na bázi popílku



Po 150 cyklech (malta)



Mikrostruktura geopolymerného betonu na bázi popíľku

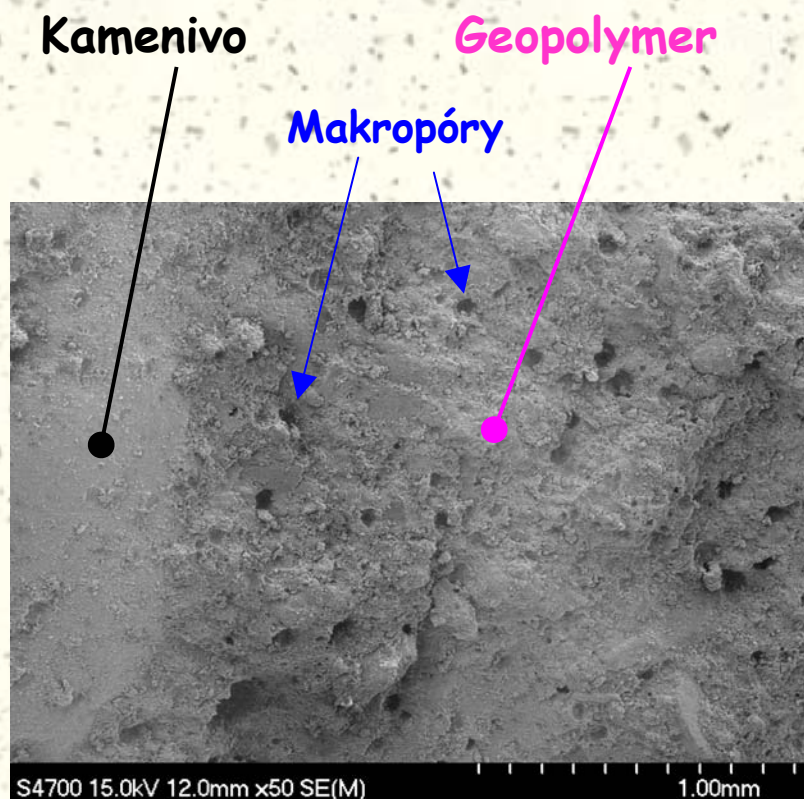


Kamenivo

Makropóry

Geopolymer

(Opt. Mikr.)



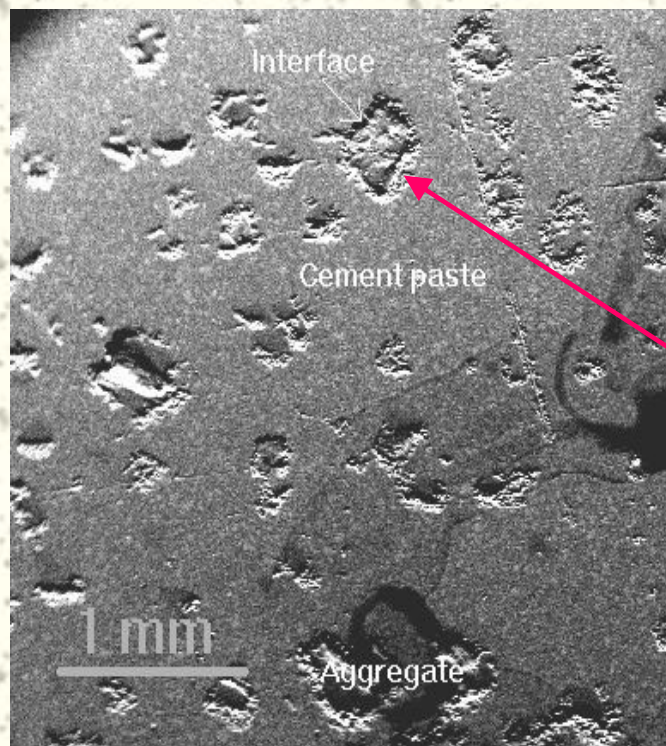
Kamenivo

Makropóry

Geopolymer

(SEM)

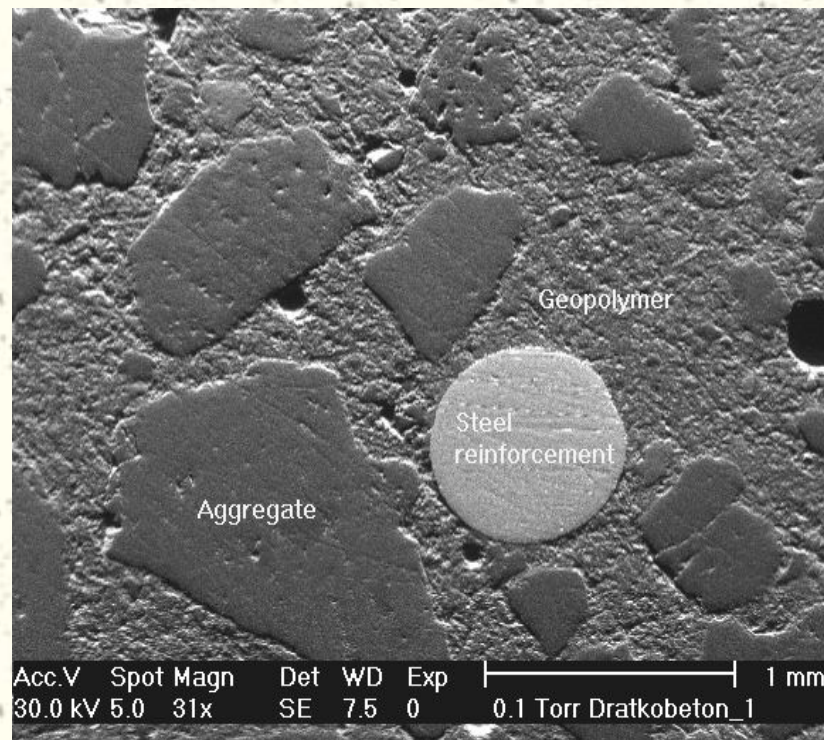
Mikrostruktura rozhraní



Přechodová
vrstva,
měkčí
než fáze C-S-H

Beton z PC, nábrus, SEM

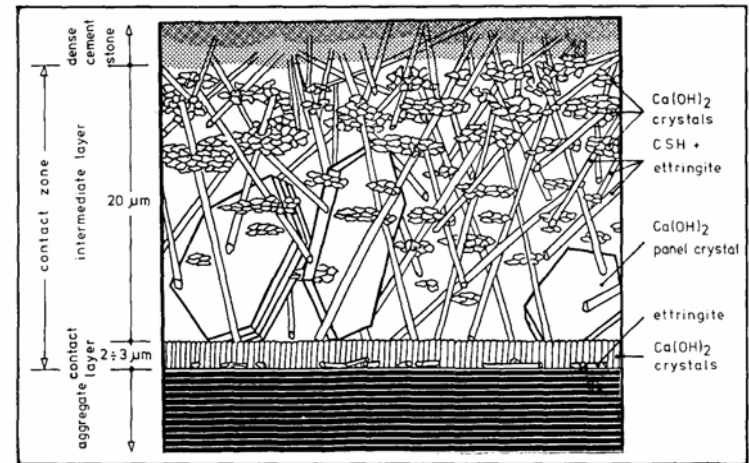
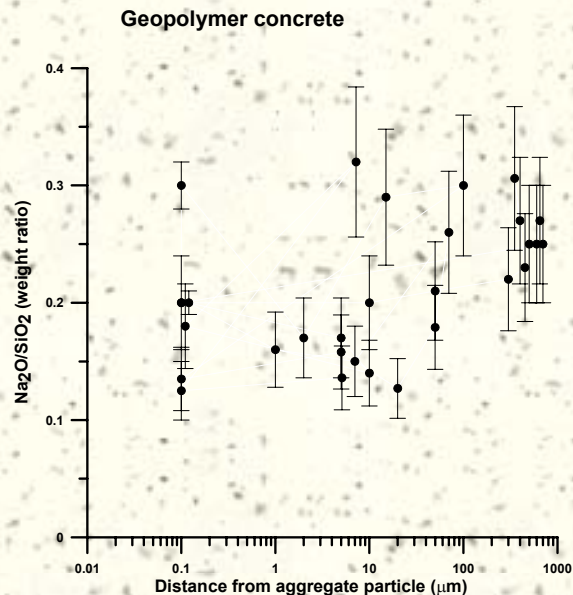
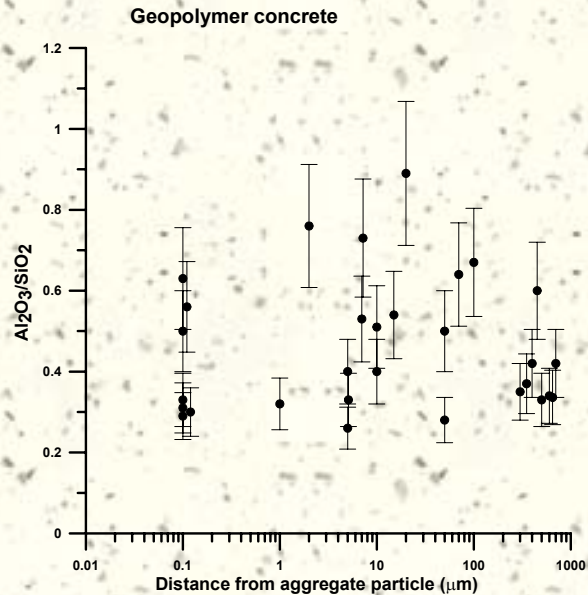
Na nábrusu je zřetelný charakter přechodové vrstvy mezi zatvrdlým cementem a kamenivem



Geopolymerní beton, nábrus, SEM, BSE

Přechodová vrstva mezi geopolymerem a kamenivem není vizuálně zřetelná

Mikrostruktura rozhraní



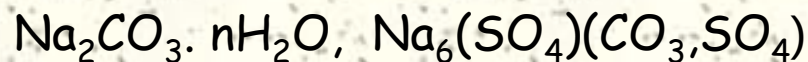
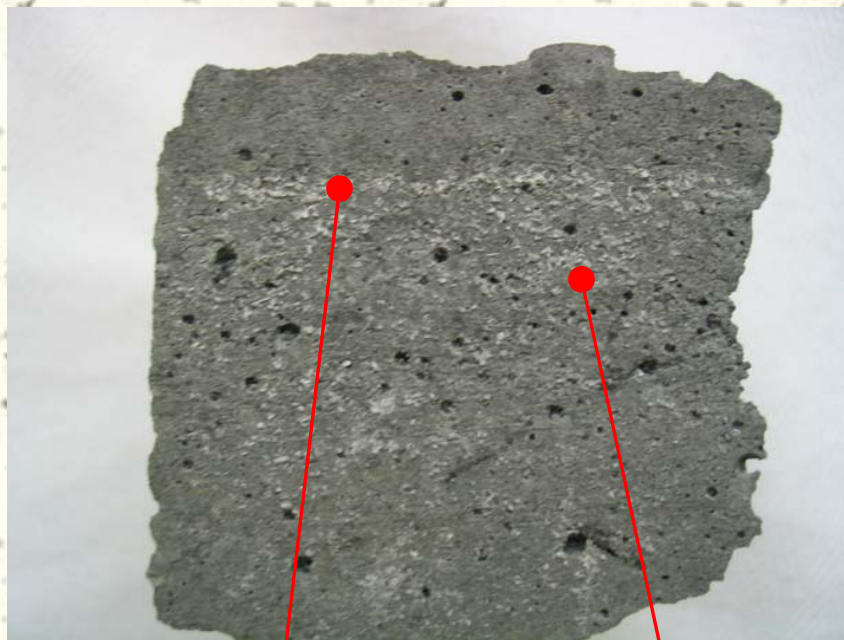
Rozhraní kamenivo - zatvrdlý PC

Existence přechodové vrstvy obsahující ettringit, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, C-S-H s jiným složením než je ve hmotě zatvrdlého cementu

Rozhraní kamenivo - geopolymer

Prakticky stejné složení ve hmotě geopolymery i v těsné blízkosti kameniva

Výkvěty



Existuje tendence k tvorbě výkvětů u geopolymérů bez ohledu na suroviny, nejsou známy detailně podmínky pro jejich tvorbu.

V rámci intenzivního výzkumu jsou hledány způsoby pro zabránění výkvětů.

T.Vojta : Diplomová práce 2006, VŠCHT v Praze

L.Alberovská: Bakalářská práce 2007, VŠCHT v Praze

Perspektivy alkalicky aktivovaných pojiv - geopolymerů

- # Nové materiály („Chemically bonded ceramics“, „Cold ceramics“)
- # Recyklace anorganických odpadů (silný ekologický podtext)
- # Možnost snížení emisí CO_2 při výrobě anorganických pojiv
- # Fixace toxických a radioaktivních odpadů
- # Využití surovin obsahující Al, Si (velmi široký sortiment)
- # Kompozitní materiály

Další postup

V další části výzkumu a vývoje geopolymerních hmot je zapotřebí získat více informací v oblasti:

- # mechanismu geopolymerní reakce, reaktivity surovin, optimálních podmínek pro geopolymerní reakci
- # materiálových vlastností geopolymerních pojiv
- # vlastností a technologie stavebních hmot (zejména betonu, betonu s výztuží) na bázi geopolymerních pojiv
- # dlouhodobých vlastností stavebních hmot na bázi geopolymerních pojiv (zejména betonů) v reálných podmínkách středoevropského klimatu
- # vyluhovatelnosti geopolymerních (testy zdravotní způsobilosti podle EU předpisů pro nové materiály, možné problémy při užití odpadů jako surovin)
- # podmínek pro tvorbu výkvětů
- # alkalicko-křemičité reakce v betonu na bázi geopolymerních pojiv (existuje tato reakce v geopolymerních materiálech?)

Odkaz

Text celého příspěvku je na stránkách
Ústavu skla a keramiky VŠCHT v Praze:

<http://www.vscht.cz/sil/pojiva/Geo07.pdf>

**Ve dnech 21. - 22. června 2007
se uskuteční mezinárodní konference**

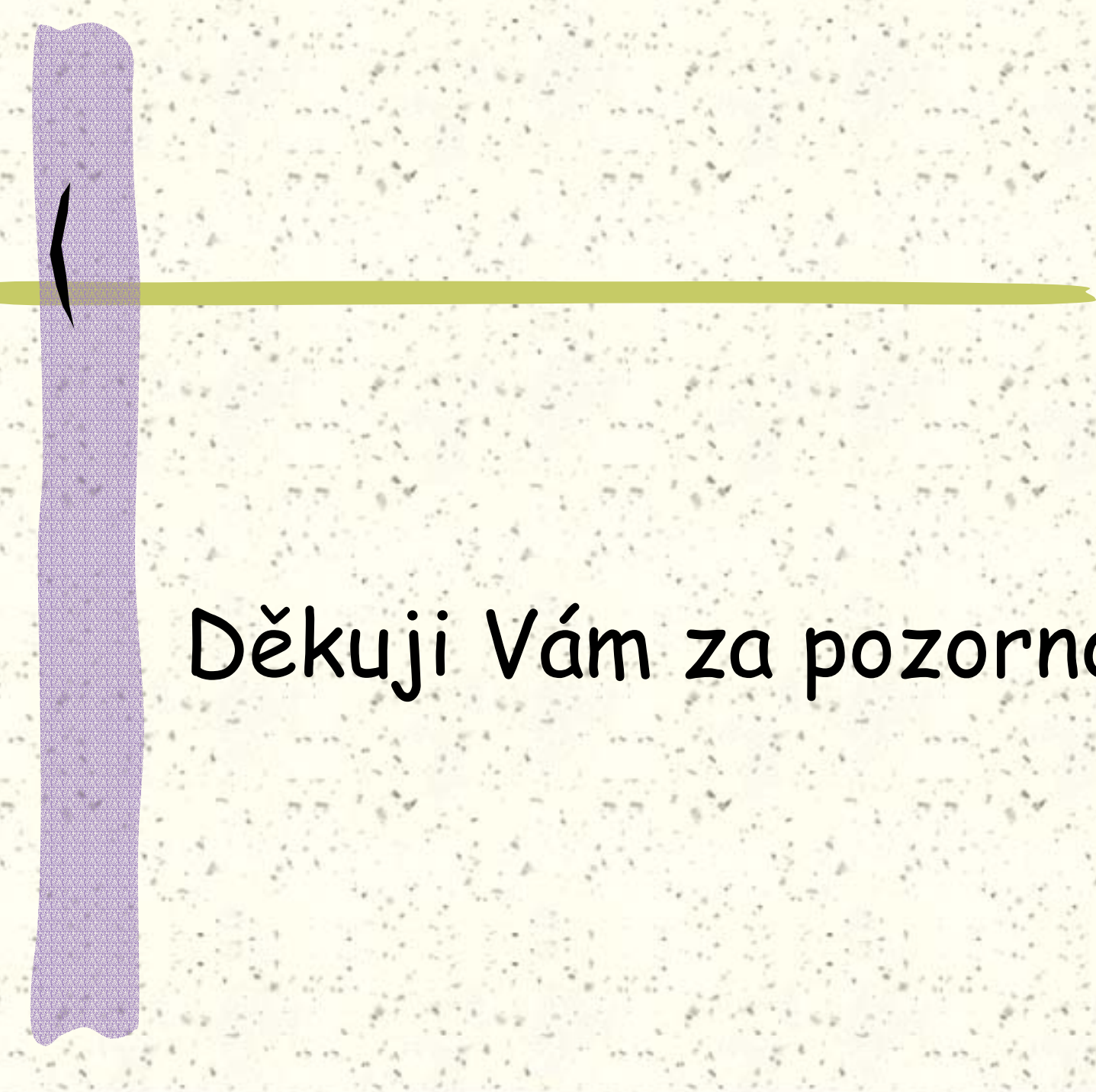
„Alkalicky aktivované materiály - výzkum, výroba a využití“

v Karolinu, Universita Karlova v Praze, Ovocný trh 5, Praha 1.

<http://www.konference.claypolymers.com>

Konference je součástí projektu, který je spolufinancován Evropskou unií





Děkuji Vám za pozornost