

B E T O N
U N I V E R S I T Y

CHRYSO
SAINT-GOBAIN

Beton šetrný k životnímu prostředí – Nové výzvy pro výrobce přísad do betonu

Ing. Hana Šáchová, Ph.D.

Ing. Antonín Jančařík

CHRYSO Chemie, s.r.o.

Beton šetrný k životnímu prostředí

■ Proč je beton udržitelný stavební materiál

- Na jeho výrobu se používají lokálně dostupné zdroje surovin
- Při správné optimalizaci receptury lze použít ve větší míře i méně „výkonné složky betonu“ než bylo v minulosti běžné (*zelené suroviny*)
 - Cement se sníženým obsahem slínku
 - Kamenivo z přírodních zdrojů s horšími vlastnostmi (granulometrie, znečištění)
 - Recyklované kamenivo – betonový, cihelný nebo směsný recyklát
 - Příměsi - kamenné odprachy apod.
- Již při výrobě, dobývání nebo použití jednotlivých zelených surovin se zohledňuje udržitelnost a šetrnost k životnímu prostředí

■ Proč je „zelený beton“ výzva

- Při použití zelených surovin – bez přijetí dalších opatření - dochází zpravidla ke zhoršení vlastností čerstvého a ztvrdlého betonu
- Výrazně větší technologická náročnost výroby betonu z důvodu nerovnoměrné kvality zdrojů (kamenivo)
 - Náročnost vzrůstá úměrně objemu zastoupení zelených surovin v konkrétní receptuře

Použití přísad do betonu šetrného k životnímu prostředí

Výzvy pro výrobce přísad do betonu

■ **Vím, s jakým materiálem pracuji a kde je problém**

- Zkušební postupy / aplikace umožňující identifikovat problematické vlastnosti zelených surovin a vybrat řešení na míru
 - Technologická podpora přímo u výrobců betonu
 - např. Chryso® Clear test pro stanovení relativního obsahu problematických jílu v kamenivu

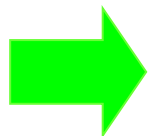
■ **Vím, jak problém vyřešit**

- Přísady cíleně vyvinuté pro zelené suroviny – produktové řady (Quad, Enviromix, Equalis)
- ✓ Zlepšení zpracovatelnosti betonové směsi (zajištění požadované konzistence v čase, nižší lepivost, větší robustnost vůči kolísání kvality složek betonu)
- ✓ Snížení vodního součinitele jako základního nástroje pro zvýšení pevností za pomoci přísad s posíleným vodoredukujícím účinkem
- ✓ Posílení nárůstu pevností betonu za pomoci přísad speciálně vyvinutých pro směsné cementy
- U velkých stavebních projektů přísady na míru

Důležitost poměru v/c

- Voda v betonu slouží ke dvěma účelům:
 - **Reaguje s cementem** → teoreticky pouze asi **24% až 28%** vody z celkového množství vody je potřeba pro chemickou reakci s cementem (tj. v/c poměr od 0.24 do 0.28), ale.....
 -potřebujeme vodu navíc k:
 - **Zajištění zpracovatelnosti betonu** (« = voda navíc »)
 - Nutno vzít v úvahu **nasákavost kameniva** (voda vsáknutá do kameniva se na zlepšení zpracovatelnosti nepodílí)

Efektivní vodní součinitel: Celkový obsah vody bez započtení vody vsáknuté do kameniva

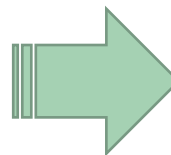


PŘÍMÝ DOPAD NA ZPRACOVATELNOST ČERSTVÉHO BETONU

PŘÍMÝ DOPAD NA PEVNOSTI A TRVANLIVOST BETONU

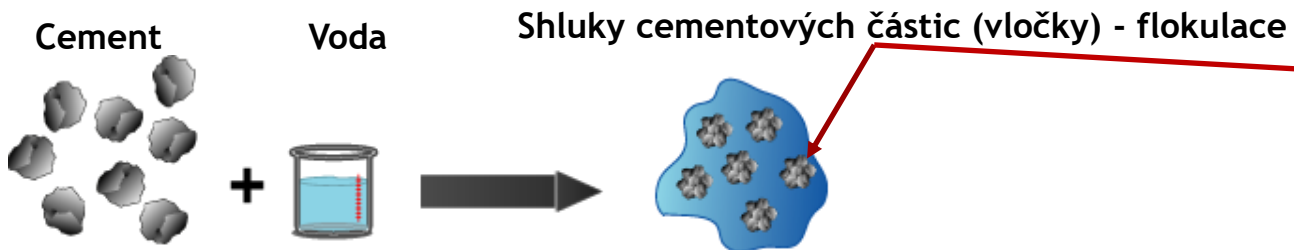
Čím vyšší vodní součinitel, tím nižší pevnost a trvanlivost betonu

Čím nižší vodní součinitel, tím horší zpracovatelnost čerstvého betonu (čerpání, ukládání, hutnění)

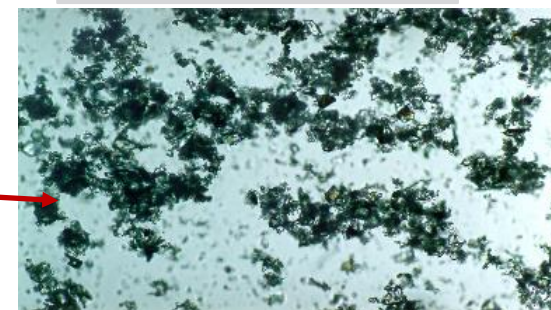


Použití přísad pomáhající snížit obsah vody v betonu při zachování nebo zlepšení zpracovatelnosti betonu

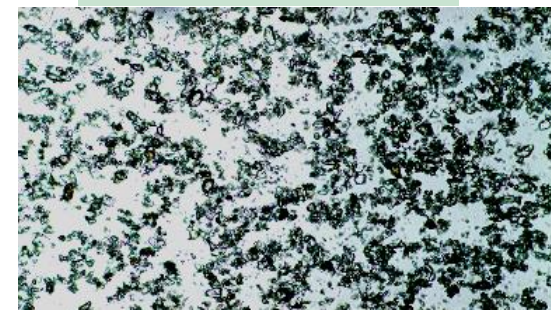
Na jakém základním principu fungují (super)plastifikátory?



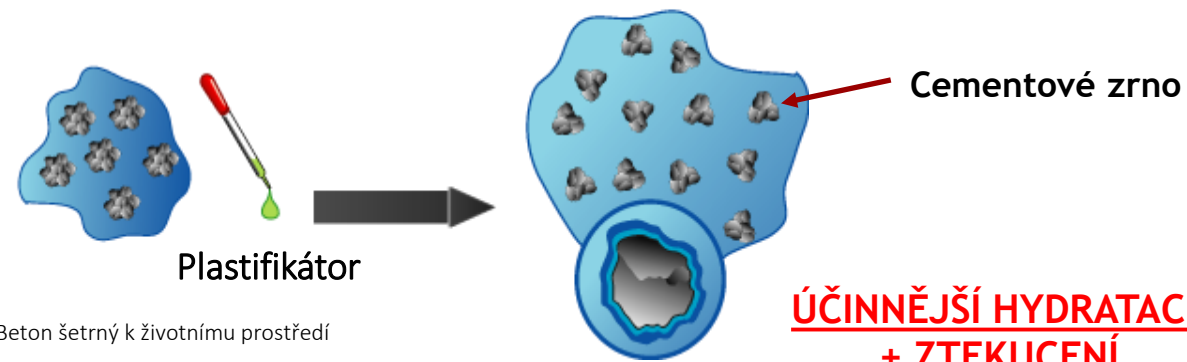
bez plastifikátoru



+ plastifikátor



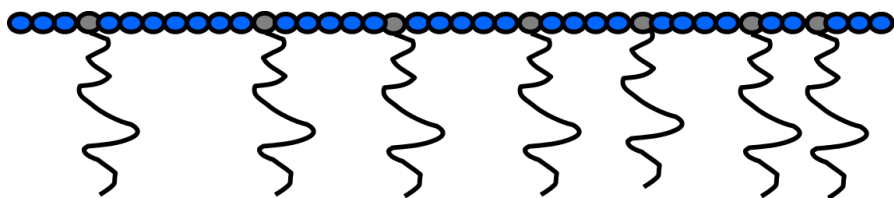
rozbití shluků cementových částic - deflokulace/dispergace
vedoucí k uvolnění vody uzavřené uvnitř shluků




Beton šetrný k životnímu prostředí

SUPERPLASTIFIKÁTORY NA BÁZI POLYKARBOXYLÁTÉTERŮ (PCE)

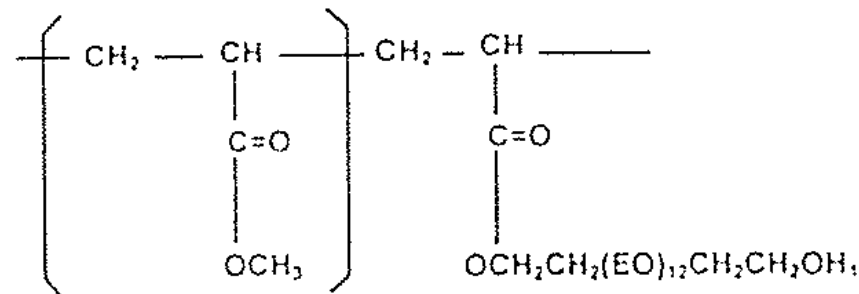
- **Nejefektivnější chemická báze superplastifikačních přísad pro docílení požadovaného vodoredukujícího účinku**
- **Vysoká variabilita struktury molekuly PCE \Rightarrow vysoká variabilita v účinku (intenzita, doba působení)**



 Aktivní jednotka-COOH (má náboj) - ADSORPCE

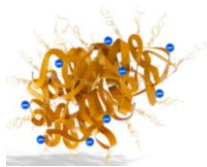


„naroubovaný“ postranní řetězec, adsorpčně neaktivní jednotka, ale způsobuje stericke odpuzování zrn cementu



Základní mechanismus dispergace zrn cementu za pomoci PCE

1. Prostřednictvím hlavního řetězce se molekula **ADSORBUJE** na povrch hydratujícího cementu
2. Elektroneutrální postranní PEO řetězce se rozvinou do prostoru a brání cementovým částicím se shlukovat = **STÉRIKÉ BRÁNĚNÍ**
3. S postupující hydratací jsou povrchově vázané molekuly **POHLCOVÁNY** hydratačními produkty a již **NEDISPERGUJÍ**



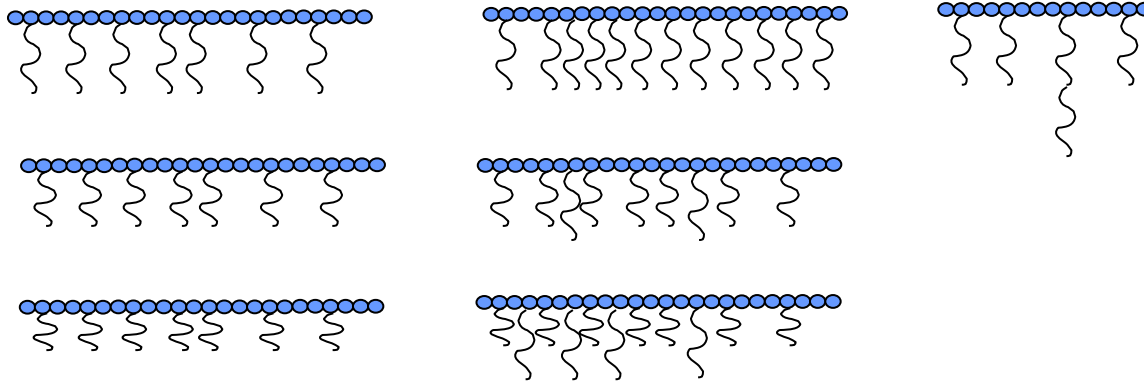
Velká variabilita struktury molekuly PCE



Chryso navrhuje a vyrábí vlastní polykarboxylátové báze

- 2 různé způsoby syntézy PCE bází

⇒ dostatečný výběr vhodných neomerních bází pro cílené formulování přísad do betonu pro lokální trh se stabilně vysokou kvalitou



Modifikování struktury hlavního řetězce

- REGULACE RYCHLOSTI A VELIKOSTI ADSORPCE NA ZRNA CEMENTU



PCE pro prefabrikaci

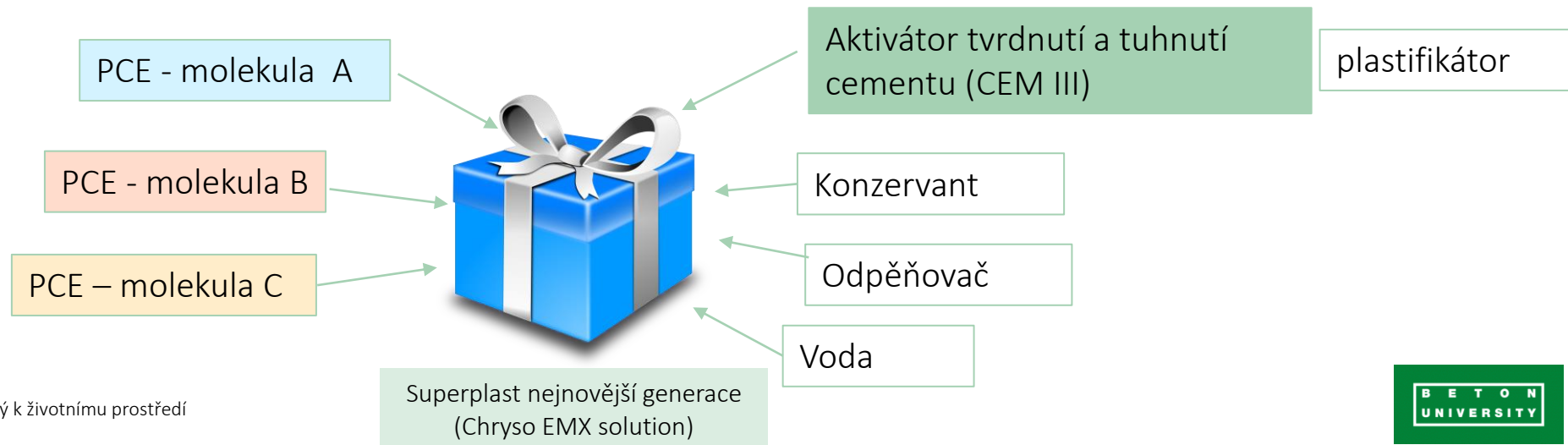
PCE pro transportní beton

PCE se speciálním účinkem

SUPERPLASTIFIKÁTORY PRO BETON ŠETRNÝ K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ

Nyní: ve formulaci superplastifikátoru je několik druhů různých PCE molekul

- ✓ Samotné nebo v kombinaci s dalšími surovinami ovlivňujícími požadovaným způsobem zpracovatelnost nebo tuhnutí a tvrdnutí, optimalizovaná cena/výkon
- ✓ Doplnkové složky: odpěňovače, konzervant
- ✓ Voda - koncentrace aktivního podílu (sušina): obvykle 20 – 35 %



Beton s problematickým kamenivem

- Problematické kamenivo přírodního původu
- Recyklované kamenivo

1. KROK: Rychlá diagnostika i mimo laboratoř

VÍM, KDE JE PROBLÉM

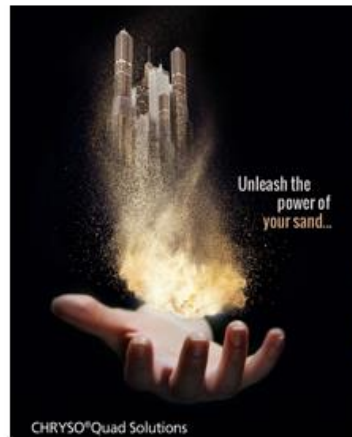
2. KROK: Na základě výsledků analýzy volím k tomu určený produkt

ZNÁM PŘÍSLUŠNÉ ŘEŠENÍ

(produktová řada Chryso®Quad)

Kombinace vhodných molekul PCE a dalších složek, kterými dokáží nežádoucí efekty kameniva eliminovat

Beton šetrný k životnímu prostředí



Problematické kamenivo

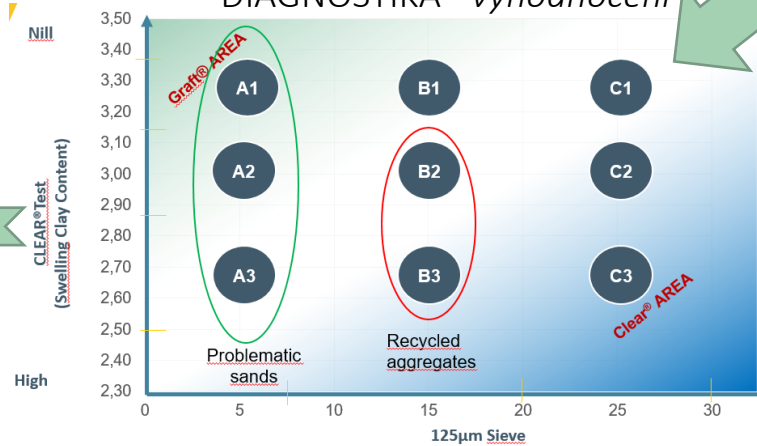
vysoký obsah jemných částic
vysoká nasákavost

nehodný tvarový index
nehodná granulometrie

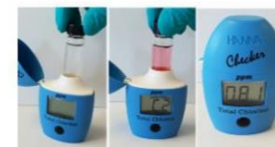
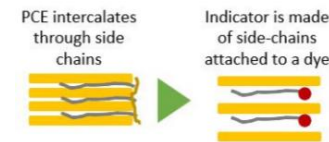
nízký obsah jemných částic
drcené a prané kamenivo

obsah rozpínavých jílu

DIAGNOSTIKA - vyhodnocení



Chryso®Clear Test





Beton s problematickým kamenivem – technologická podpora

- Obtížné kamenivo přírodního původu
- Recyklované kamenivo

Lze kvalitu recyklátu vylepšit odstraněním nebo částečným snížením jemných podílů pod 0,125 mm?

Cíl: Zajištění co největší možné rovnoměrnosti kvality surovin pro výrobu betonu – požadavek na dodavatele

Použití korektivního kameniva

Částečná náhrada je lepší než žádná z pohledu udržitelnosti.

Způsob: Nalezení ideálního poměru mezi jednotlivými kamenivy – optimalizace křivky zrnitosti

Chryso®Clear test cihelného recyklátu

Analýza znečištění vzorku cihelného recyklátu 0-4 mm v závislosti na velikosti zrna		
CT10 = 3,5 (čistý bez jíly) – horní limitní hodnota		
CT 10: 3,5 → 0... vzrůstající kontaminace nežádoucími jíly		
SÍTO (mm)	Zůstatek NA SÍTĚ (%)	CT 10
4	0,0	x
2	19,9	3,41
1	21,0	3,35
0,5	19,1	3,25
0,25	18,9	3,09
0,125	8,0	2,48
0,063	8,6	1,36
dno	4,5	1,17
SUMA	100 %	
Výpočet váženého průměru CT 10	$= \sum \text{zůstatek}_{\text{SÍTO}} * 0,01 * \text{CT}10_{\text{SÍTO}}$	= 2,95
CT 10	Stanoveno na celé frakci 0-4 mm	2,96





Hydratace směsných cementů

Pevnost v tlaku

– Pevnost cementu s **vápencem (limestone)** srovnatelná s **60 hm.% portlandského cementu**
→ inertní příměs

– Po 3 dnech nárůst pevnosti **struskového cementu (slag)** → latentně – hydraulická příměs

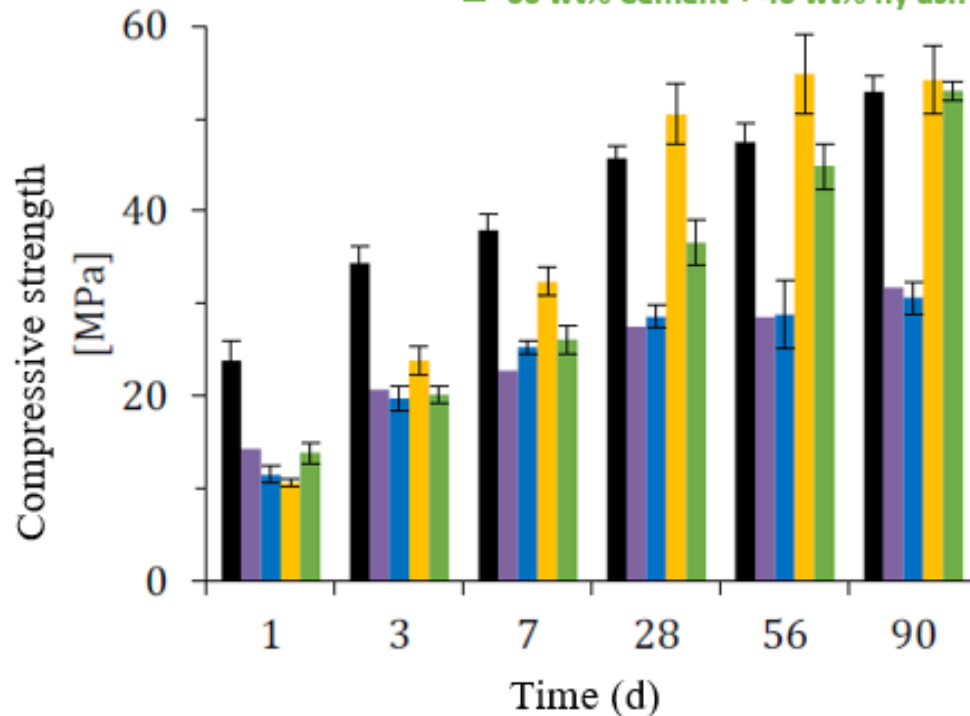
– Po 28 dnech nárůst pevností **popílkového cementu (fly ash)** → pucolánová příměs

Z dlouhodobého hlediska popílkové a strukové cementy mají srovnatelné pevnosti v tlaku jako 100 %hm. CEM I

→ Nutnost zvýšit pevnosti v tlaku směsných cementů – zejména krátkodobé pevnosti

→ Vliv příměsí (směsného cementu) na vývoj pevností závisí na granulometrii (mleci aditiva) a obsahu reaktivních složek v příměsích

- 100 wt% Cement
- 60 %m Cement
- 60 wt% Cement + 40 wt% limestone
- 60 wt% Cement + 40 wt% slag
- 60 wt% Cement + 40 wt% fly ash



[REIVER Rachel, thesis, IMT Mines Alès, 2021]



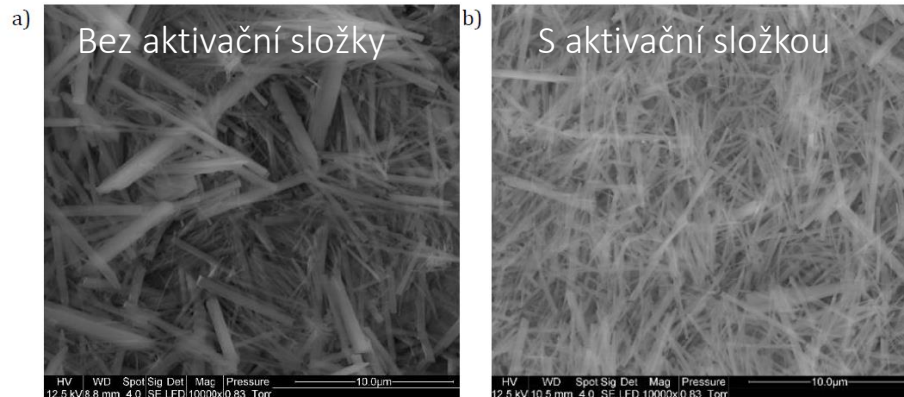
Obecně betony s nízkou uhlíkovou stopou

- Betony pro prefabrikaci s požadavkem na rychlé odformování při eliminaci proteplování
- Betony pro prefabrikaci s požadavkem na rychlé odformování při přechodu na cement se sníženým obsahem slínku
- Transportní betony s cementem se sníženým obsahem slínku

ŘEŠENÍ

- PCE superplastifikátory obsahující navíc složky, které pomáhají zvýšit počáteční pevnosti
- PCE s vysokým vodoredukujícím účinkem, podporujících nukleaci – množství a rychlost růstu hydratačních produktů (C-S-H fází)
- Doplnkové složky aktivující hydratační proces směsných cementů (zakomponované ve formulaci přísady)
- Přísady urychlující tvrdnutí speciálně vyvinuté pro směsné cementy
- Kombinace obou druhů přísad – zejména pro náročné požadavky na odformování v prefabrikaci, kdy se neuvažuje s proteplováním

Aktivační složky v přísadách ovlivňují cíleně mikrostrukturu hydratačních produktů a napomáhají zvýšit počáteční pevnosti





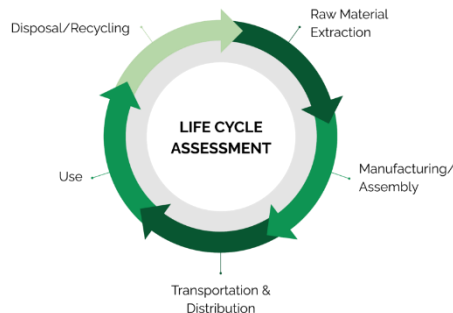
CIRCULAR
ECONOMY

ZÁVĚR

BETON ŠETRNÝ K ŽIVOTNÍMU PROSTŘEDÍ



- Nároky na zvládnutí technologie betonu budou narůstat s omezením slínkového faktoru, nedostupností kvalitního kameniva a využíváním recyklovaného kameniva, a to již při běžných požadavcích na pevnosti a dobu zpracovatelnosti betonu
- **Zvládnout zvýšené nároky při výrobě a zpracování betonu šetrného k životnímu prostředí L Z E:**
 - Za pomoci intenzivní (ideálně lokální) spolupráce mezi dodavateli složek pro výrobu betonu a výrobcem betonu
 - Za pomoci vhodné diagnostiky (VÍM, KDE JE PROBLÉM)
 - Za pomoci cíleně formulovaných přísad do betonu (MÁM K NĚMU ŘEŠENÍ)
- **Motivovat:** Za pomoci objektivní nástrojů, které budou uplatnitelné např. při zadávání veřejných zakázek



Děkuji za pozornost!

www.chryso.cz