

Bez cementový beton s pojivem z úletového popílku

Rostislav Šulc, Pavel Svoboda

CTU in Prague, Faculty of Civil Engineering, Department of Construction Technology, Thákurova 7, 166 29 Praha 6 - Dejvice

Úvod

V rámci společného programu Katedry technologie staveb FSv ČVUT a Ústavu skla a keramiky VŠCHT v Praze, je prováděn výzkum využití odpadních materiálů na základě geopolymerní reakce a alkalické aktivace některých odpadních materiálů. Spolupráce probíhá od roku 2003, s cílem využití úletových popílků z velkých topenišť v ČR.

Na základě alkalické aktivace je úletový popílek využíván jako pojivo pro reálné betonové směsi. Cílem tohoto výzkumu je aplikace získaných výsledků výzkumu do praktického užití ve stavební praxi. V betonových směsích tak aktivovaný popílek plně nahrazuje tradiční cementové pojivo.

Oproti klasickému cementovému betonu však vykazují jisté odlišnosti a nedostatky. Největším problémem pro použití POPbetonu se ukázaly dlouhé doby při náběhu pevnosti. Bylo tedy nutné urychlit průběh alkalické aktivace za laboratorních teplot (20°C). Jako vhodná cesta se ukázaly některé příměsi, vhodná předchozí úprava popílku a optimální postup přípravy betonové směsi.

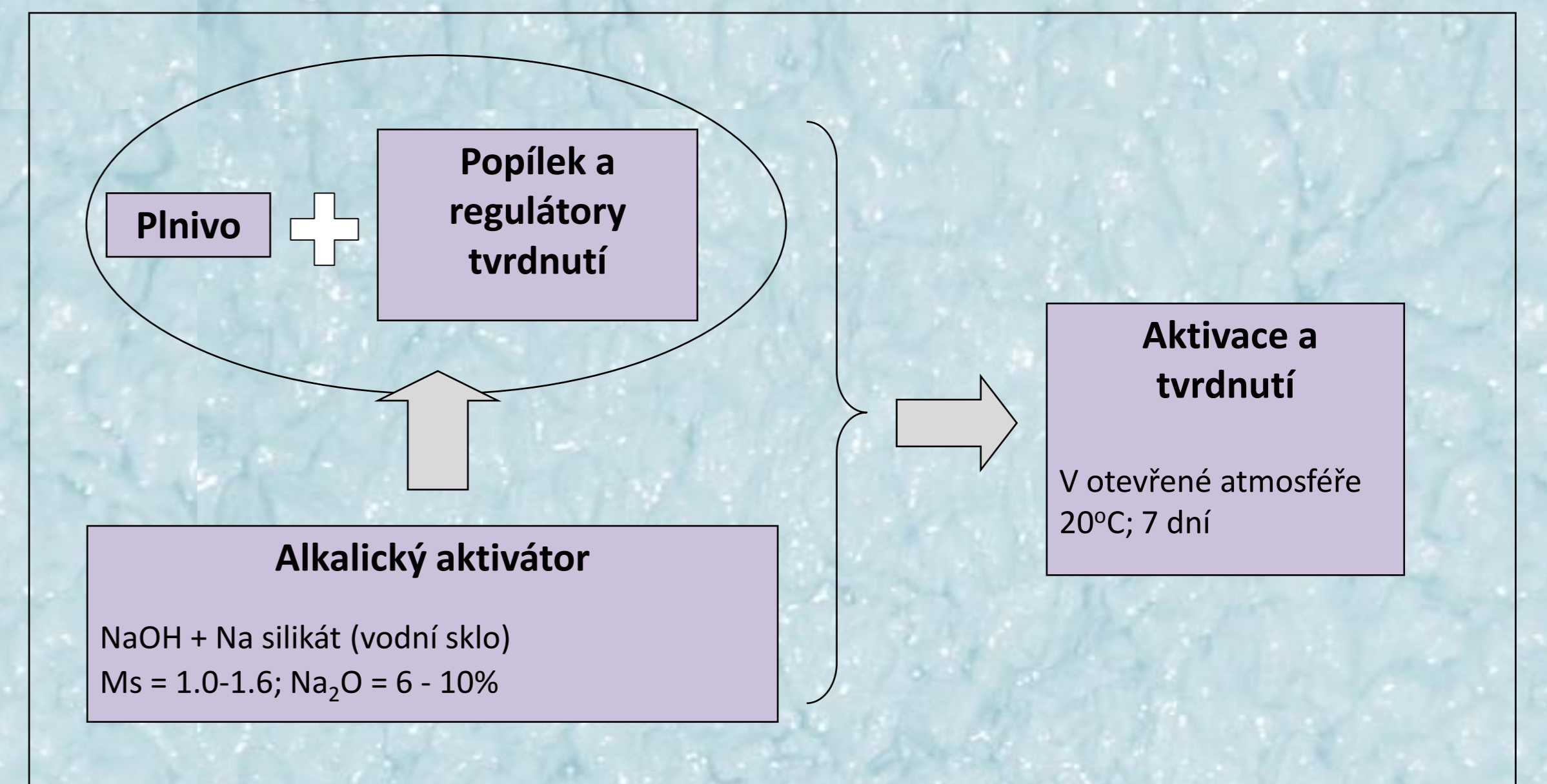
Pomocí vhodných technologických postupů při přípravě, vhodných příměsí a přísad bylo dosaženo optimální složení směsi. Vlastnosti tohoto nového typu betonu bylo potřeba prověřit při přípravě velkého množství záměsí a na větších betonových celcích. Ve spolupráci s firmou CEMEX Malešice s.r.o. byly zhotoveny dva pokusné větší celky k měření objemových změn POPbetonu. Výsledky tohoto pokusu jsou součástí příspěvku.

Postup přípravy

POPbeton, vzniká alkalickou aktivací úletového popílku. Popílek je aktivován v silně zásaditém prostředí roztoku hydroxidu sodného nebo draselného a sodného (nebo draselného) vodního skla. To jsou tzv. aktivátory reakce. Takto připravenou směs je dále možné ošetřit temperováním po dobu nejlépe 12-24 hodin při teplotě 60-80°C. Takováto náročnost přípravy POPbetonu vedla k hledání způsobu aktivace úletového popílku bez nutnosti temperování. Vzhledem k dlouhému procesu tvrdnutí v otevřené atmosféře jsou dále přidávány tzv. regulátory tvrdnutí a další příměsi příznivě ovlivňující počáteční fázi tvrdnutí. Smícháním s plnivem vzniká betonová směs nazývaná právě POPbeton. Schéma výroby POPbetonu ukazuje obrázek vpravo.

V dosavadním výzkumu výroby bezcementového betonu s pojivem z alkalicky aktivovaného úletového popílku byl vždy používán popílek z teplárny Opatovice a kamenivo z lokality Dobříň a Sýkořice. Pro tyto vstupní materiály byly provedeny četné zkoušky, které ukázaly optimální množství a poměr jak aktivátorů, tak množství popílku, záměsové vody i množství vody v roztoku aktivátorů.

Pro výrobu větších těles v laboratoři firmy CEMEX Malešice s.r.o. bylo nutné použít vstupní materiály, kterými disponuje společnost CEMEX Malešice s.r.o. Jako pojivo byl tedy alternativně použit popílek z lokality Ledvice a kamenivo z lokality Zlosyň. Dále bylo nutné podle křivky zrnitosti přizpůsobit složení kameniva. Dále bylo potřeba ověřit výrobu s plnivem složeným ze čtyř frakcí místo obvyklých tří. Takto připravená směs mohla být bez dalších úprav připravena v provozu laboratoře pro betonové směsi firmy CEMEX Malešice s.r.o.



Složení popílku Opatovice

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MgO	TiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅	suma
52,28%	34,14%	0,34%	6,36%	1,91%	1,79%	0,89%	1,63%	0,10%	0,13%	99,57%

Složení popílku Ledvice

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Na ₂ O	Fe ₂ O ₃	CaO	K ₂ O	MgO	TiO ₂	SO ₃	P ₂ O ₅	suma
52,85%	31,84%	0,36%	7,34%	2,12%	1,69%	1,14%	1,51%	0,41%	0,21%	99,47%

Složení vodního skla

SiO ₂	Na ₂ O	H ₂ O	suma
25,73%	8,64%	65,50%	99,87%

Složení NaOH

NaOH	suma
100%	100%

Složení sérií

Série	popílek	lokality	kamenivo			
207	Opatovice	Sýkořice	0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm	
233	Ledvice	Sýkořice	0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm	
234	Ledvice	Zlosyň	0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm	11-22 mm
235	Ledvice	Zlosyň	0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm	
236	Ledvice	Zlosyň	0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm	11-22 mm
237	Ledvice	Zlosyň	0-4 mm	4-8 mm	8-16 mm	11-22 mm

Jako porovnávací etalon byla zvolena S207, v sérii S233 byly v laboratoři ověřeny vlastnosti popílku z lokality Ledvice, v sérii S234 byly v laboratoři ověřeny vlastnosti popílku z lokality Ledvice společně s kamenivem používaným pro výrobu cementového betonu společností CEMEX Malešice s.r.o., v sérii S235 byly v laboratoři ověřeny vlastnosti popílku z lokality Ledvice společně s kamenivem používaným pro výrobu cementového betonu společností CEMEX Malešice s.r.o., pouze ovšem se třemi frakcemi používanými pro transportbeton. Série S236 a S237 byly připraveny v areálu CEMEX Malešice s.r.o.

Regulátory tuhnutí:

- Al(OH)₃
- Pálené vápno CL-90 G

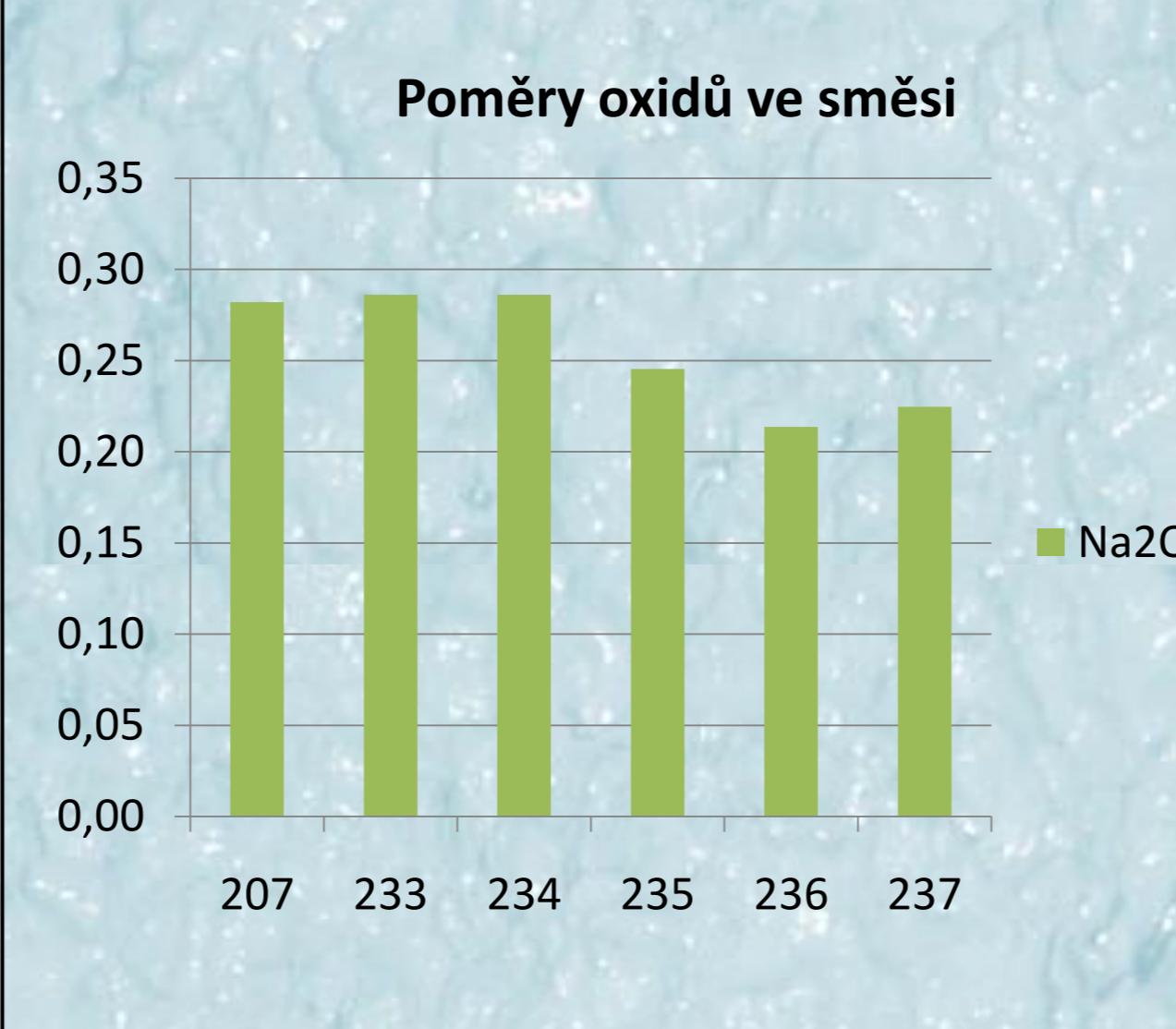
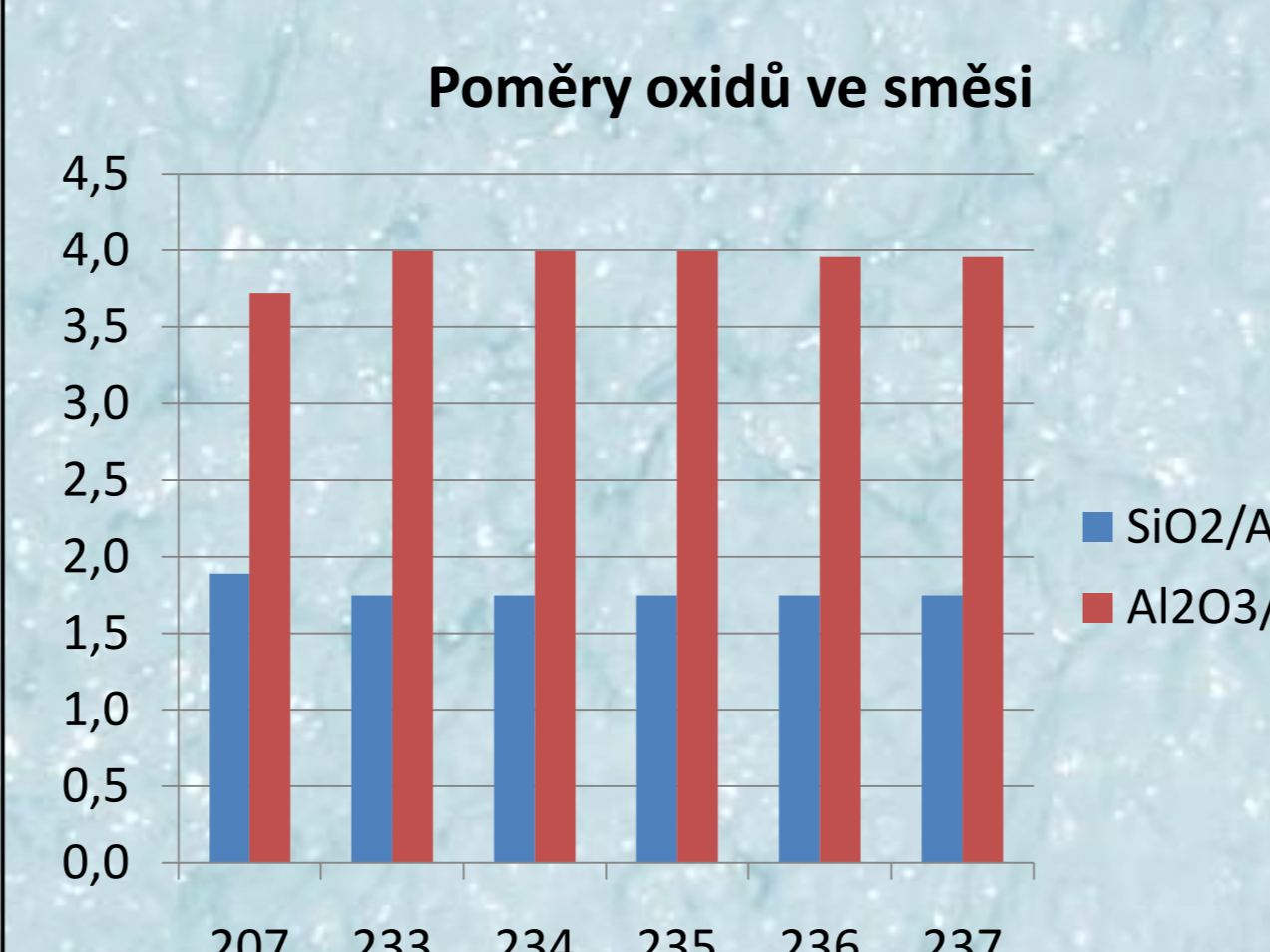
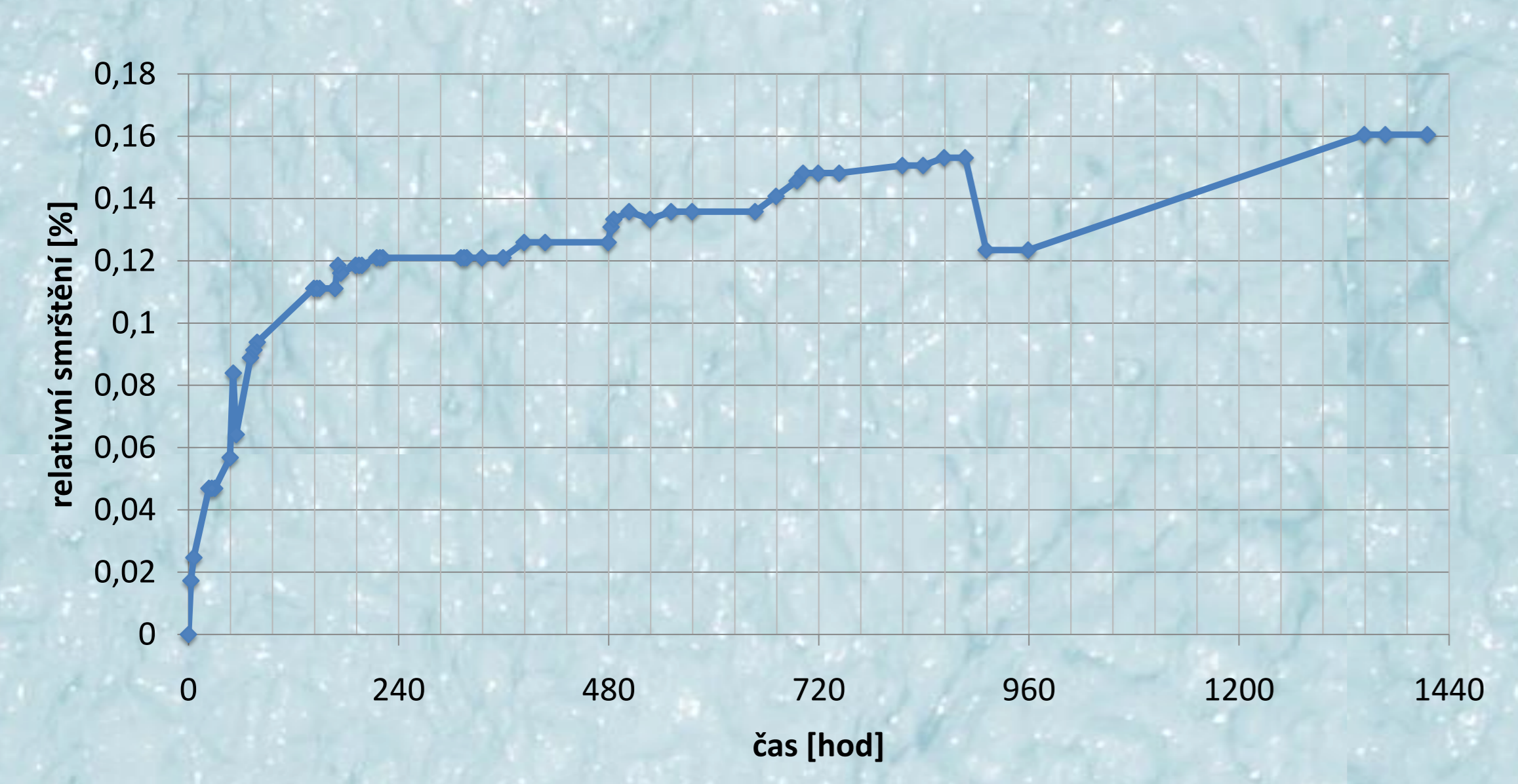
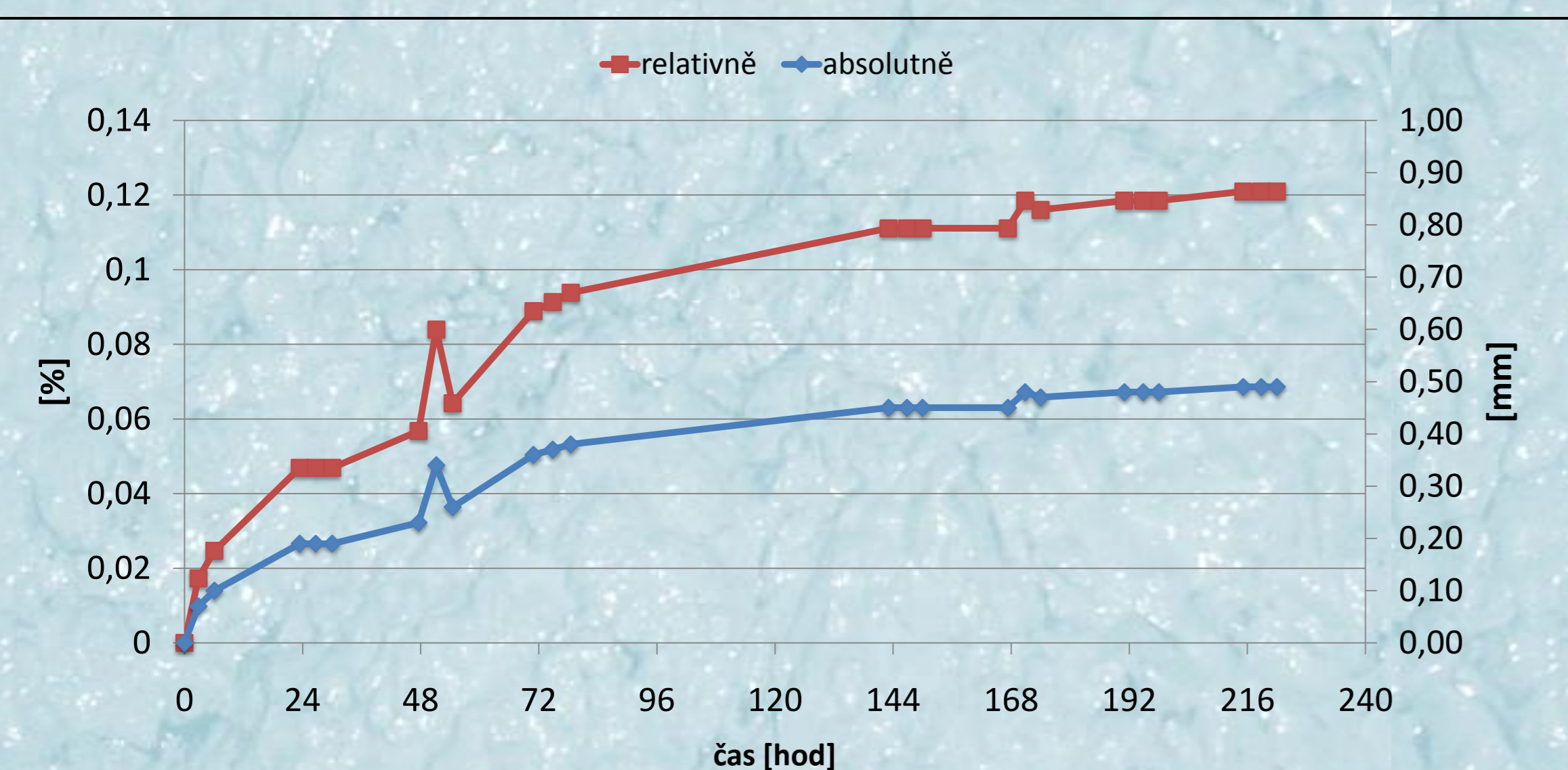
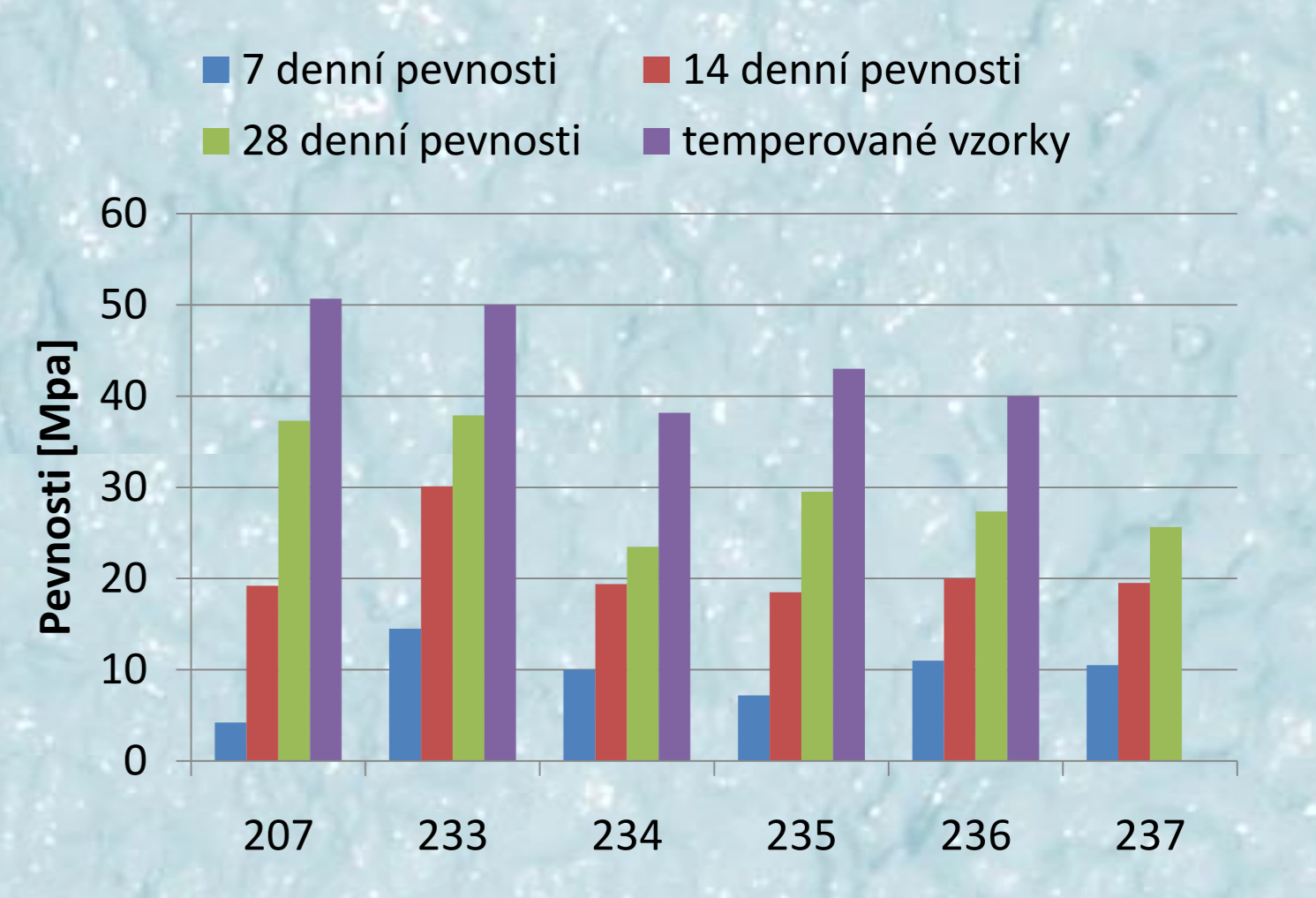
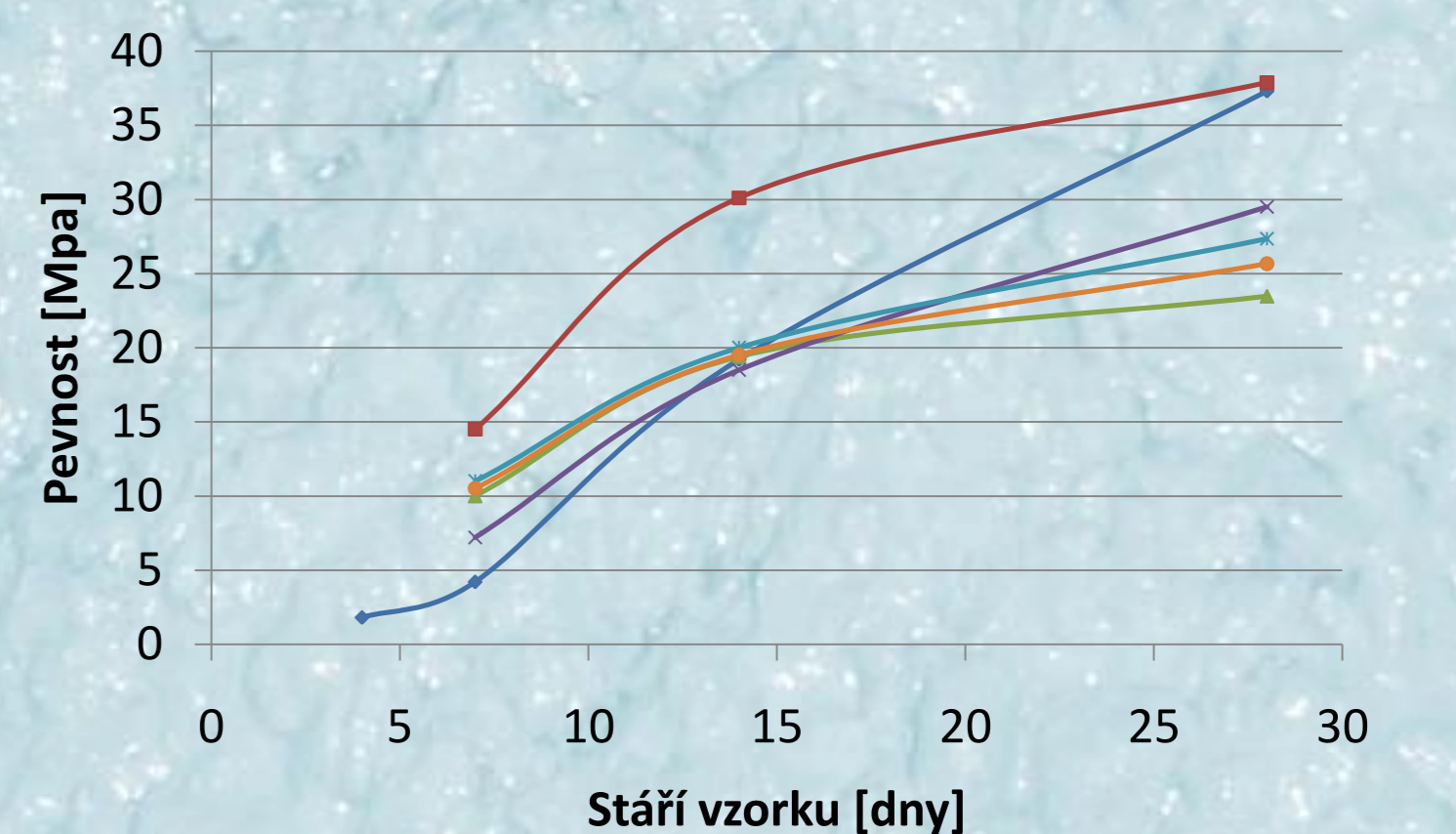
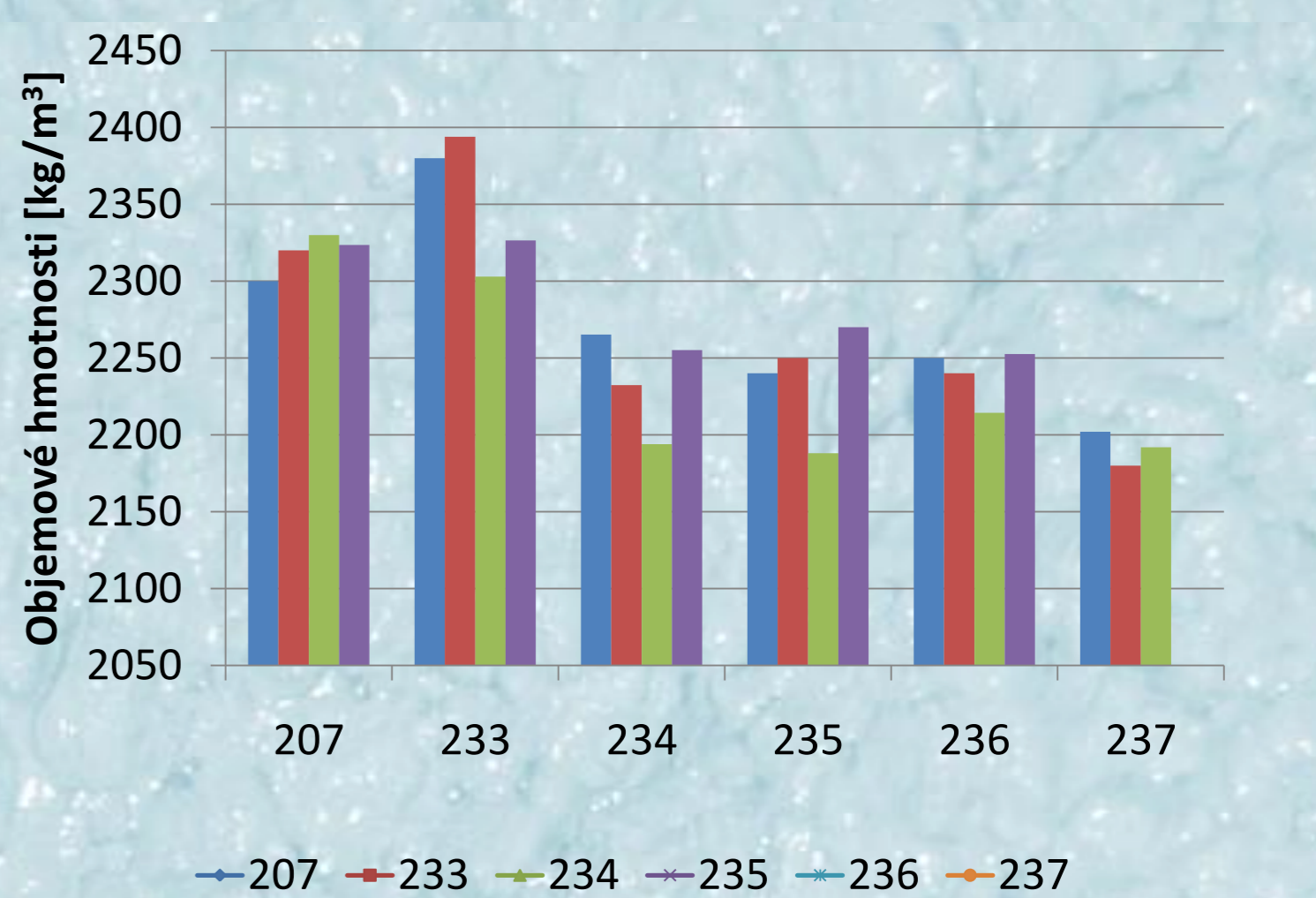
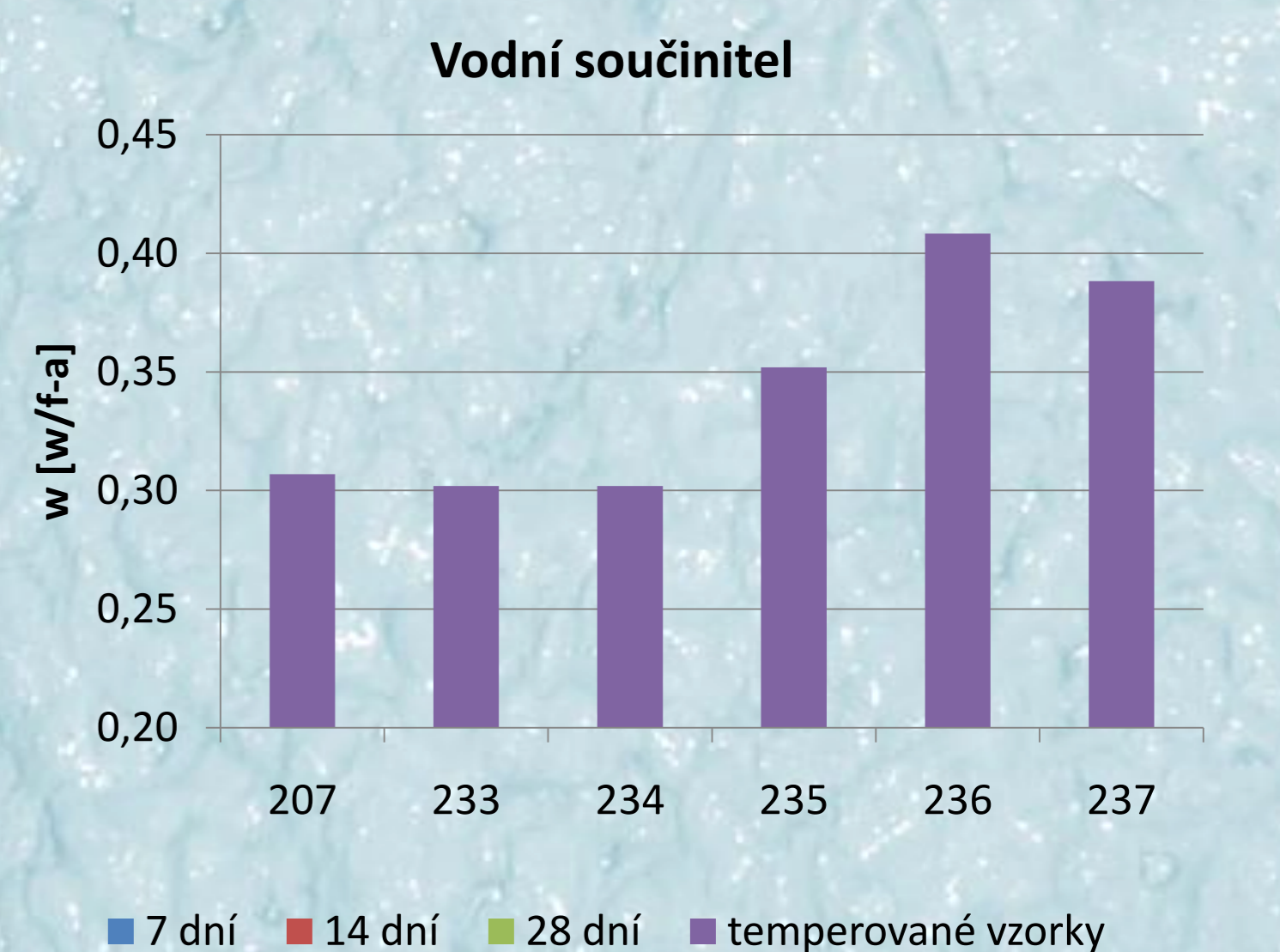
Výsledky

Zásadní veličinou ovlivňující výsledné pevnostní charakteristiky, objemové hmotnosti a další fyzikálně mechanické vlastnosti je množství vody ve směsi. V S235 bylo použito vyšší množství vody vzhledem k jinému typu kameniva. V S236 bylo použito kamenivo přímo ze skládky kameniva v betonárce CEMEX Malešice s.r.o. V případě S237 bylo též použito kamenivo ze skládky, tentokrát však suché a byla dodávána záměsová voda.

Výsledné pevnosti a objemové hmotnosti byly měřeny po 7, 14 a 28 dnech. Kontrolně byly zhotoveny vzorky, které byly po uložení do forem temperovány na 80°C po dobu 24 hodin. Podle dosavadních zjištění lze říci, že po 28 dnech je dosaženo cca. 60-80% konečné pevnosti POPbetonu.

Z hlediska průběhu chemických reakcí jsou rozhodujícím faktorem množství jednotlivých oxidů ve směsi. Proměnnou složkou byl při zachování stejných dávek aktivátoru tedy pouze popílek.

Poměr Na₂O/H₂O ukazuje, jak silným roztokem je popílek aktivován. Tato veličina je velice závislá na množství vody v kamenivu, čím silnější je roztok NaOH, tím se dají očekávat větší pevnosti.



Poděkování

Tento příspěvek vznikl v rámci grantu GAČR 103/08/1639 „Mikrostruktura anorganických alumosilikátových polymerů“.

Na řešení tohoto úkolu v dalších fázích spolupracují:

Pavel Svoboda, Josef Doležal, Rostislav Šulc, Tomáš Strnad, Jaroslav Jeništa, Pavel Houser, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra technologie staveb. [1]

František Škvára, Lenka Myšková, Lucie Alberovská, VŠCHT v Praze, Ústav skla a keramiky. [2]

Zdeněk Bittnar, Vít Šmilauer, Jiří Němeček, Lubomír Kopecký, Tomáš Koudelka, ČVUT v Praze, Fakulta stavební, Katedra mechaniky. [3]

Miroslav Vokáč, ČVUT Praha Kloknerův ústav

[1] ČVUT v Praze, Fakulta stavební, K122 - Katedra technologie staveb, Thákurova 7, 199 29 Praha 6 - Dejvice, tel.: (+420) 224 354 591,

fax: (+420) 224 354 592, e-mail: pavel.svoboda@fsv.cvut.cz

[2] ICT Prague, Department of Glass and Ceramics, CZ-166 28 Prague 6 - Dejvice, Technická 5, Czech Republic, frantisek.skvara@vscht.cz

[3] ČVUT v Praze, Fakulta stavební, K124 - Katedra mechaniky, Thákurova 7, 199 29 Praha 6 - Dejvice, tel.: (+420) 224 353 869, fax: (+420) 224 310 775, e-mail: bittnar@fsv.cvut.cz



V sérii S237 byl na pokusném vzorku zkoumán pomocí indikátorových hodinek průběh sednutí a přetvoření POPbetonu.

Po 10 dnech bylo pohyb na indikátorových hodinkách u zastaven a těleso se již nepřetvářelo. Dá se tedy říci, že relativní změna výšky v důsledku změny objemu byla 0,12%.