

**Považská cementáreň a.s. , ul. Janka Kráľa, 01863 Ladce**

# **Možnosti náhrady slinku v cementoch VPT – CEM III/C**

**Ľubomír Ježo**

**Apríl 2013**

# Riešenie znižovania CO<sub>2</sub>

## Alternatívne palivá

## Použitie alternatívnych surovín

- ü **granulovaná vysokopecná troska (VPT),**
- ü vhodný vápenec (VAP),
- ü elektrárenské popolčky (POP), ale aj puzolánové materiály,
- ü kremičitý úlet (SiU)
- ü negranulovaná – (vzduchom chladená) vysokopecná troska, oceliarská troska,
- ü vápenaté odpady a pod.

# Ciele práce

Cieľom tejto práce je praktické overenie vlastností laboratórne pripravených cementov na báze portlandského slinku, VPT, a SiU a pokus o kvantifikáciu aktivačného efektu týchto zložiek v oblasti fyzikálnej (vývoj PVT) sledovanie aktivácie VPT a hľadanie nutného minima slinku v cemente, ktoré je potrebné pre bežný cement tr. 32,5.

## Charakteristické sledované parametre sú :

- ü Štandardné pevnosti v tlaku PVT-7, PVT-28 so spodnou hranicou **32,5 MPa**
- ü Dlhodobé pevnosti (po 90 a 180 dňoch uloženia)
- ü Vicatové charakteristiky – PT, DT, interval tuhnutia IT
- ü Index rastu dlhodobých pevností, **IRDP v %** ( tzv. relat. pevnosť)

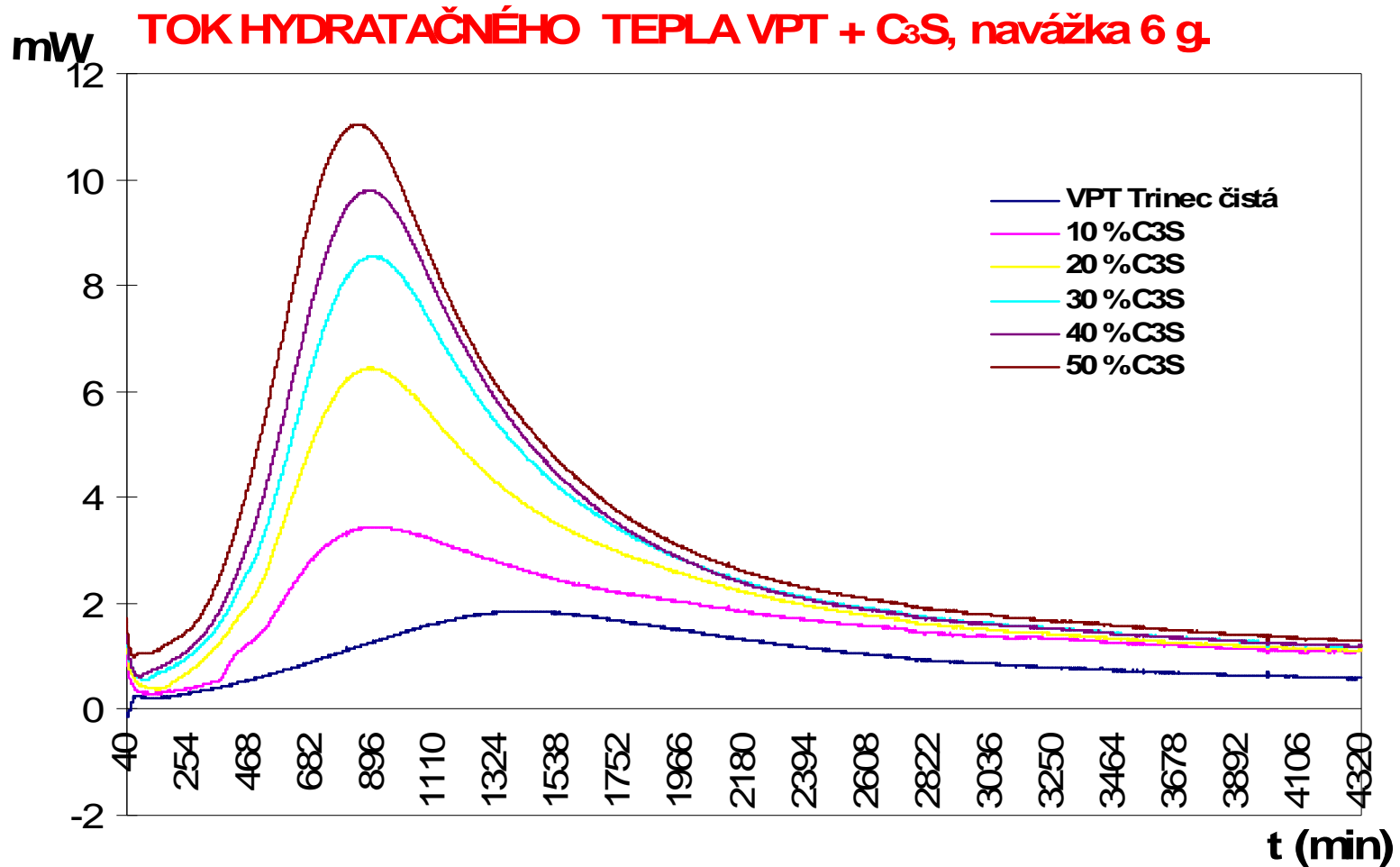
# Postup a metóda prác

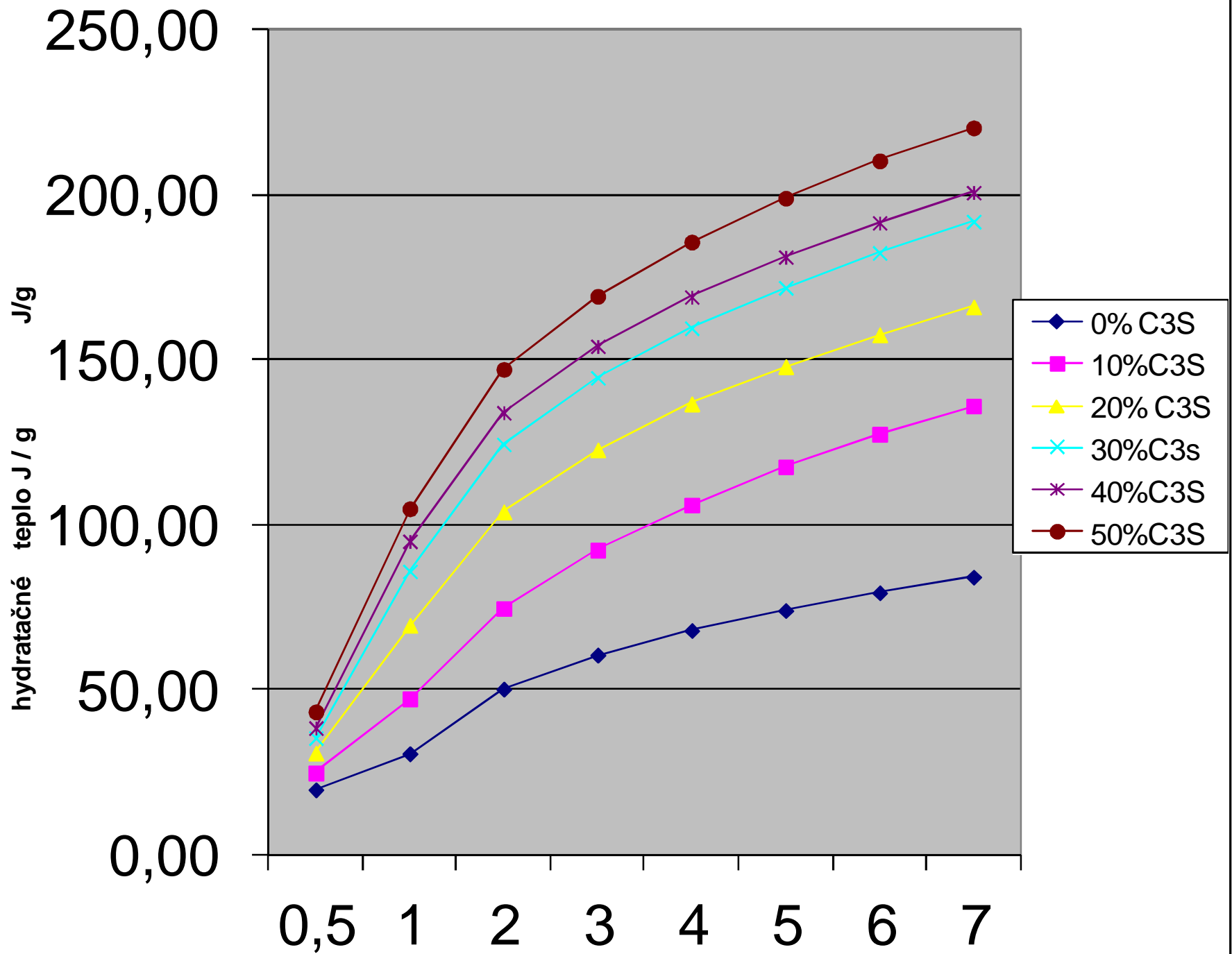
- Na základe riadeného – konštantného prídavku vyššieuvedených zložiek :

slinku a SiU v množstve 5, 10 a 15 % k jemnezomletej VPT z Trineckých železáren s MP = 450m<sup>2</sup>/kg

sa následne sledovali vybrané vlastnosti cementu tak normové, ako i ďalšie informatívne .

# Energetické krivky v hlavnej etape hydratácie u čistej VPT a s prídavkom 10 – 50 % C<sub>3</sub>S ,navážka 6 g



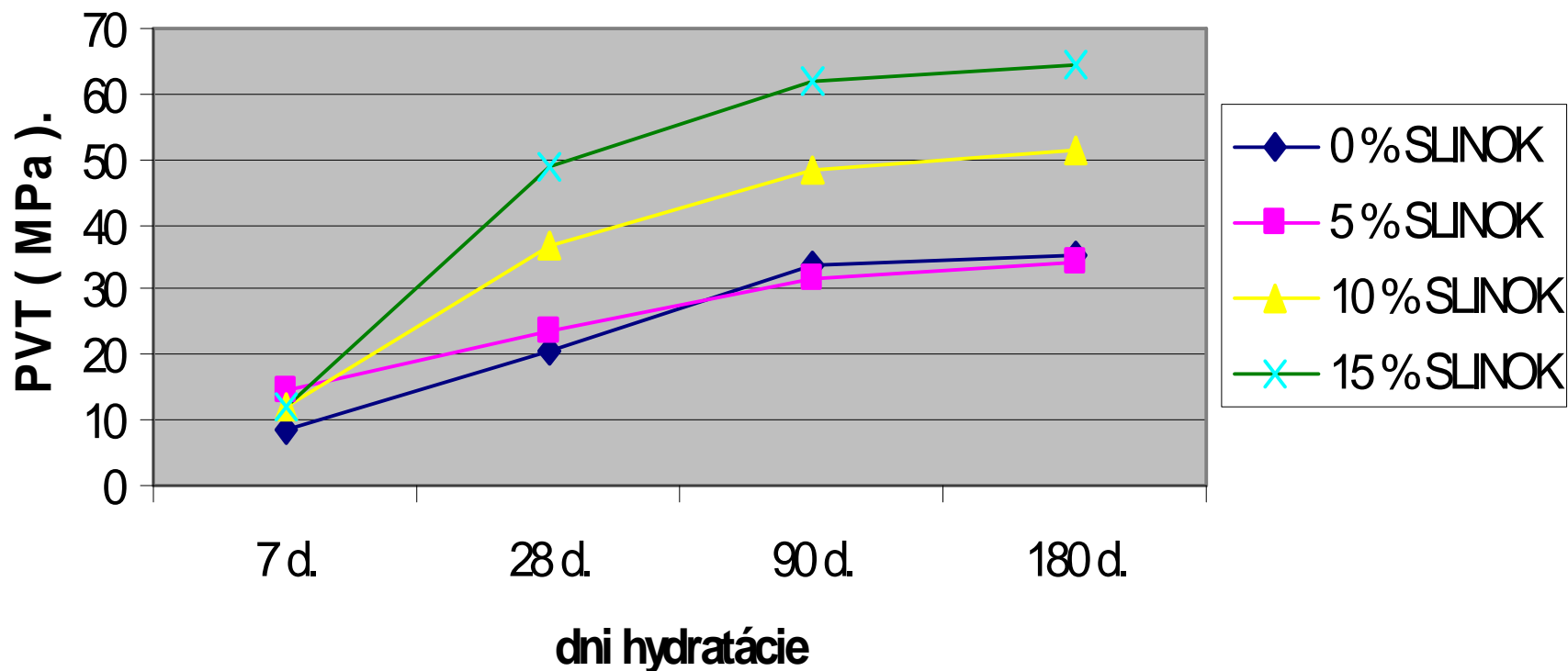


## Vývoj hydratačného tepla (J/g) v dňoch prídavkom 0 – 50 % C<sub>3</sub>S k VPT

dni hydratácie	% C <sub>3</sub> S	0	10	20	30	40	50
	0,5	19,68	24,79	30,78	35,34	38,43	43,34
	1	30,62	47,26	69,54	85,89	95,02	104,93
	2	50,19	74,68	103,95	124,48	134,08	147,23
	3	60,55	92,43	122,77	144,69	154,21	169,42
	4	67,98	106,09	136,75	159,69	169,16	185,86
	5	74,05	117,63	148,07	171,96	181,29	199,16
	6	79,44	127,54	157,70	182,57	191,66	210,51
	7	84,22	136,10	166,17	192,03	200,88	220,51

# Cementy s vysokým obsahom VPT a nízkym slinkovým faktorom, CEM III/C

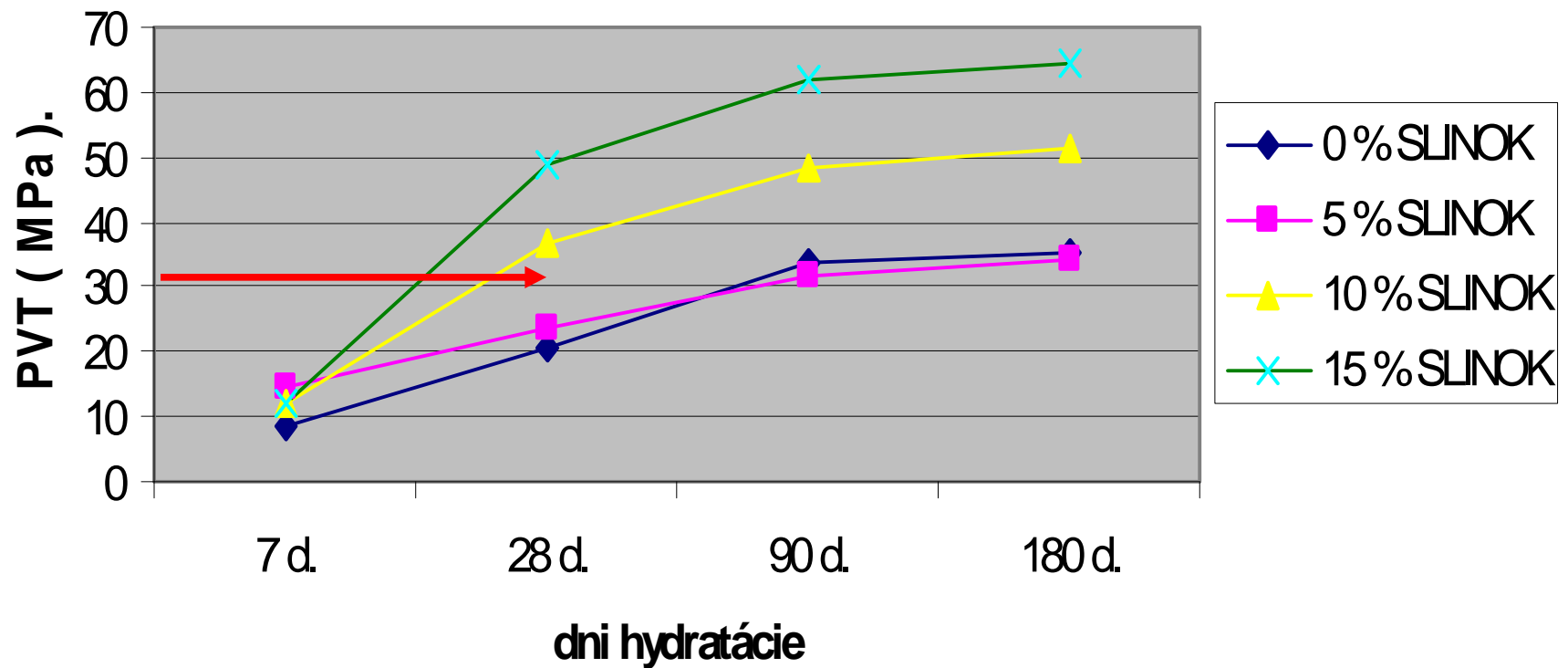
## Vývoj PVT v cemente CEM III/C





# Cementy s vysokým obsahom VPT a nízkym slinkovým faktorom, CEM III/C.

## Vývoj PVT v cemente CEM III/C



**Zmesnosť**

PVT v dňoch 7, 28, 180 dňoch tvrdnutia cementov

<b>V P T</b>	<b>Slin ok</b>	<b>Prir. Sadr</b>	<b>SiU</b>	<b>MP</b>	<b>PVT<sub>7</sub></b>	<b>PVT<sub>28</sub></b>	<b>PVT<sub>90</sub></b>	<b>PVT<sub>180</sub></b>	<b>IRDP</b>		<b>NK</b>	<b>PT</b>	<b>KT</b>	<b>IT</b>
<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>%</b>	<b>m2/kg</b>	<b>MPa</b>	<b>MPa</b>	<b>MPa</b>	<b>MPa</b>	<b>%</b>		<b>%</b>	<b>min.</b>	<b>min.</b>	
100	0	-	-	450	8,8	20,5	29,5	33,7	164,4		29,6	415	1470	1055
95	0	-	5	628	8,0	26,0	39,5	46,3	178		28,6	400	800	400
95	5	-	-	462	14,5	23,7	28,4	31,8	134,2		30,6	445	615	170
95	4,66	0,33	-	475	13,0	23,3	27,7	30,9	132,6		29,8	240	385	145
90	5	-	5	621	13,9	20,5	25,2	27,5	134,1		26,4	350	375	25
90	4,66	0,33	5	624	13,3	18,0	21,3	23,0	127,8		27,6	305	480	175
90	10	-	-	457	12,2	37,0	46,2	48,3	130,5		31,4	545	1130	585
90	9,33	0,66	-	470	14,1	33,6	42,2	45,3	134,8		31,6	320	375	55
85	15	-	-	440	12,1	48,8	57,9	61,8	126,6		31,4	415	480	65
85	14	1	-	421	13,3	45,6	54,9	56,9	124,8		30,4	310	415	105
85	10	-	5	602	11,2	41,5	49,3	52,6	126,7		29,6	375	560	185
85	9,33	0,66	5	570	16,9	32,9	39,0	41,8	127,0		28,2	280	345	65
85	5	-	10	715	13,5	18,5	23,3	24,9	134,6		28,2	405	445	40
85	4,67	0,33	10	730	12,4	18,9	22,5	23,5	124,3		27,6	350	475	125

## Záver - efektivita využitia slinku v cemente

- Cementy s nižším slinkovým faktorom sú významne lacnejšie než doteraz vyrábané a predávané p-cementy (t.j. posun zmesnosti v prospech zvýšenia obsahu lacnejšej VPT na úkor drahšieho a energeticky náročnejšieho slinku), i keď vyžadujú určité zjemnenie mletia. Avšak z výrobných nákladov bežných p-cementov tvoria až cca 70 % náklady na výrobu slinku a len cca 30 % náklady na jeho zomletie na cement .

V tejto súvislosti sa jasne pozitívne prejavili zmesové cementy vo významne vyššom technickom ukazovateli, ktorým je dosiahnutá pevnosť cementu v príslušnom období v MPa/1 % slinku v danom cemente, ktorý možno nazvať „ZMESOVO-SLINKOVÝ FAKTOR PEVNOSTI „ cementu, či spojiva obecné ( $ZSF_{PVT}$ , skrátene  $F_p$ )

- $ZSF_{PVT} = PVT_{cementu} / OBSAH\ SLINKU_{v\ cemente} = F_p$

Tento technický ukazovateľ má významnú vypovedaciu schopnosť pri určovaní efektivity využitia slinku v cemente ( a tým aj efektívneho využitia slinkového faktora a jeho pevnostného potenciálu), keď sledujeme dosiahnutú PVT cementu v dlhodobejšom horizonte 28 dní až 1 rok, vzhľadom na použité množstvo slinku v tomto cemente.

# Porovnanie PVT a $ZSF_{PVT}$ (skrátene $F_P$ ) vo vysokopecnom cemente CEM / C (sadrovec je nazapočítaný zámerne)

Zmesnosť				PVT v dňoch / $ZSF_{PVT}$ v 2, 7, 28, 180 a 365 dňoch										
Slinok	V A P	P O P	V P T		PVT <sub>2</sub>	F <sub>P2</sub>	PVT <sub>7</sub>	F <sub>P7</sub>	PVT <sub>28</sub>	F <sub>P28</sub>	PVT 180	F <sub>P180</sub>	PVT <sub>1R.</sub>	F <sub>P1R.</sub>
%	%	%	%		MPa	MPa/ 1%	MPa	MPa/ 1%	MPa	MPa/ 1%	MPa	MPa/ 1%	MPa	MPa/ 1%
10	-	-	90		-	-	12,2	1,22	37,0	3,70	48,3	4,83	-	-
15	-	-	85		-	-	12,1	0,81	48,8	3,25	61,8	4,12	-	-
														-
100					42,2	0,42	62,1	0,62	72	0,72	81	0,81		-

Ďakujem za pozornosť