

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE MATERIÁLŮ

FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE

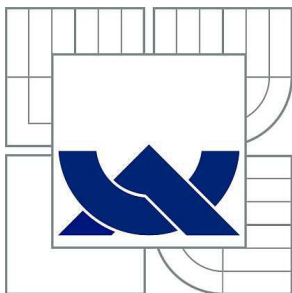
SAMONIVELAČNÍ PODLAHY NA BÁZI DRUHOTNÝCH SUROVIN

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

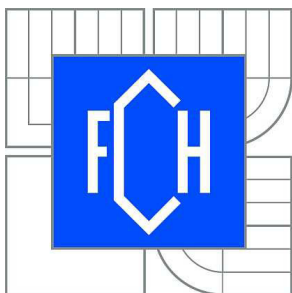
AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAELA DARAKEVOVÁ

BRNO 2013



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA CHEMICKÁ
ÚSTAV CHEMIE MATERIÁLŮ
FACULTY OF CHEMISTRY
INSTITUTE OF MATERIALS SCIENCE

SAMONIVELAČNÍ PODLAHY NA BÁZI DRUHOTNÝCH SUROVIN

SELF-LEVELING FLOORS BASED ON SECONDARY RAW MATERIALS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

MICHAELA DARAKEVOVÁ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. TOMÁŠ OPRAVIL, Ph.D.

BRNO 2013



Vysoké učení technické v Brně
Fakulta chemická
Purkyňova 464/118, 61200 Brno 12

Zadání bakalářské práce

Číslo bakalářské práce:	FCH-BAK0747/2012	Akademický rok: 2012/2013
Ústav:	Ústav chemie materiálů	
Student(ka):	Michaela Darakevová	
Studijní program:	Chemie a chemické technologie (B2801)	
Studijní obor:	Chemie, technologie a vlastnosti materiálů (2808R016)	
Vedoucí práce	Ing. Tomáš Opravil, Ph.D.	
Konzultanti:		

Název bakalářské práce:

Samonivelační podlahy na bázi druhotných surovin

Zadání bakalářské práce:

Literární rešerše.

Svoz vybraných druhotných surovin z energetického a metalurgického průmyslu.

Analýza přivezených surovin, návrhy kompozic samonivelačních směsí na bázi klasických pojivových systémů nebo alkalicky aktivovaných či jiných.

Příprava a testování vzorků podlah, vyhodnocení výsledků, sepsání závěrečné práce.

Termín odevzdání bakalářské práce: 10.5.2013

Bakalářská práce se odevzdává ve třech exemplářích na sekretariát ústavu a v elektronické formě vedoucímu bakalářské práce. Toto zadání je přílohou bakalářské práce.

Michaela Darakevová
Student(ka)

Ing. Tomáš Opravil, Ph.D.
Vedoucí práce

prof. RNDr. Josef Jančář, CSc.
Ředitel ústavu

V Brně, dne 31.1.2013

prof. Ing. Jaromír Havlica, DrSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Práce se zabývá využitím druhotných surovin v samonivelačních podlahových systémech, kdy jako druhotné suroviny zde vystupují především klasické popílky, kotelní struska (škvára) a energosádrovec z odsíření spalin. Práce hledá možnosti, jak v co možná největší míře nahradit klasické suroviny používané v samonivelačních podlahových systémech vedlejšími energetickými produkty. Cílem této práce je určení optimálního množství a poměru druhotných surovin v samonivelačních podlahových směsích tak, aby byly zachovány nebo zlepšeny standardní vlastnosti těchto směsí uváděné v normách. Práce je dělena do několika bodů, v prvním bodě bylo nejprve hledáno vhodné směsné pojivo, kde byl jako kamenivo použit normový písek. V dalších bodech byl pak písek nahrazován druhotnými surovinami. Dále byly testovány přísady na ovlivnění rychlosti tuhnutí, či pro nástup prvotních pevností.

ABSTRACT

The work deals with the use of secondary raw materials in the self-leveling floor systems when used as a secondary raw material perform here especially classic ash, boiler slag and gypsum from flue gas. Work is looking for ways in as much as possible to replace conventional materials used in self-leveling flooring systems, secondary energy products. The aim of this work is to determine the optimal amount and ratio of secondary raw materials in self-leveling flooring compounds so that they are maintained or improved standard properties of these compounds reported in the standards. The work is divided into several points, the first point was first sought appropriate composite binder, where it was used as aggregates reach a standard sand. At other points the sand was then replaced by secondary materials. Were also tested ingredients to influence the rate of cooling, or for the onset of the initial strength.

KLÍČOVÁ SLOVA

samonivelační podlahy, cement, energosádrovec, klasický popílek, kotelní struska

KEYWORDS

self-leveling floors, cement, gypsum, classic ash, boiler slag

Darakevová, M. *Samonivelační podlahy na bázi druhotných surovin*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2013. 70 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Tomáš Opravil, Ph.D.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracovala samostatně a všechny použité literární zdroje jsem správně a úplně citovala. Bakalářská práce je z hlediska obsahu majetkem Fakulty chemické VUT v Brně a může být využita ke komerčním účelům jen se souhlasem vedoucího diplomové práce a děkana FCH VUT.

.....
podpis studenta

PODĚKOVÁNÍ

Chtěla bych tímto poděkovat svému vedoucímu Ing. Tomáši Opravilovi, Ph.D. za trpělivost, ochotu, připomínky a odborné rady při konzultacích, paní Šprtové za technickou pomoc. Dále bych ráda poděkovala projektu Centra materiálového výzkumu na FCH VUT v Brně, CZ.1.05/2.1.00/01.0012 za jehož podpory tato bakalářská práce vznikla.

1	Úvod.....	5
2	Cíl práce	6
3	Teoretická část.....	7
3.1	Samonivelační podlahy a potěry.....	7
3.1.1	Potěry na bázi síranu vápenatého (anhydritové potěry).....	7
3.1.2	Na bázi cementu.....	8
3.1.3	Výhody potěrů.....	8
3.2	Potěry dle způsobu uložení	8
3.2.1	Samonivelační potěr sdružený	9
3.2.1.1	Podklad pod sdružený samonivelační potěr	9
3.2.2	Samonivelační podlahy s potěrem na separační vrstvě	9
3.2.2.1	Podklad pod potěr na oddělovací vrstvě.....	10
3.2.3	Samonivelační potěr plovoucí s podlahovým vytápěním.....	10
3.2.3.1	Podklad pod plovoucí potěr.....	11
3.3	Nivelace	11
3.3.1	Příprava podkladu k nivelaci	11
3.3.1.1	Návrh tloušťky potěrové vrstvy	12
3.3.2	Aplikace	12
3.3.3	Zatížitelnost, zrání a ošetřování	14
3.3.3.1	Ochrana čerstvého potěru	14
3.3.3.2	Zatížitelnost zrajícího potěru	14
3.3.3.3	Vysychání potěru	14
3.3.4	Povrchové vady a jejich odstraňování.....	15
3.3.5	Rozdělení podlah dle pevnostních tříd	15
3.4	Hlavní složky potěrů.....	16
3.4.1	Cement.....	16
3.4.1.1	Klasifikace cementu.....	16
3.4.1.2	Portlandský cement.....	16
3.4.2	Hlinitanový cement	17
3.4.2.1	Složení	17
3.4.3	Voda.....	18
3.4.4	Kamenivo.....	18
3.4.5	Oxid křemičitý	18
3.5	Druhotné suroviny	19
3.5.1	Vysokoteplotní popílký	19

3.5.2	Fluidní popílký	20
3.5.3	Energosádrovec	20
3.5.3.1	Vznik energosádrovce	21
3.5.4	Chemosádrovec	22
3.6	Urychlovače tuhnutí	22
3.7	Plastifikátory	22
4	Experimentální část	23
4.1	Použité chemikálie a suroviny	23
4.2	Příprava zkušebních vzorků	23
4.3	Příprava testovacích směsí	24
4.4	Metody	25
4.4.1	Rentgenová difrakční analýza	25
4.4.2	Skenovací elektronová mikroskopie (SEM)	26
4.4.3	Stanovení objemové hmotnosti	27
4.4.4	Sítová analýza	27
4.4.5	Stanovení tvrdosti	27
4.4.6	Analýza velikosti částic pomocí dynamického rozptylu světla	28
4.4.7	Stanovení počátku a konce tuhnutí dle Vicata	28
4.4.8	Stanovení kinematické viskozity pomocí výtokového pohárku	29
4.4.9	Stanovení pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu	30
4.5	Analýza vstupních surovin	31
4.5.1	Laserová analýza vstupních surovin	31
4.5.2	Světelná mikroskopie vstupních surovin	31
5	Výsledky a diskuze	32
5.1	Vliv přídavku hlinitanového cementu do pojivové části suchých samonivelačních podlah	32
5.2	Vliv přídavku uhličitanu litného na vlastnosti samonivelačních podlah	34
5.3	Vliv náhrady popílku za písek na vlastnosti samonivelačních podlah	38
5.4	Vliv hemihydrátu síranu vápenatého a množství popílku ve vybraných kompozicích	41
5.5	Možnosti použití kombinace klasického vysokoteplotního popílku a kotelní strusky v samonivelačních systémech jako kameniva	44
5.6	Vliv množství hemihydrátu síranu vápenatého na vlastnosti směsí pouze na bázi pojivo - popílek 46	
5.7	Vliv poměru hlinitanového a portlandského cementu na vlastnosti samonivelačních podlah 48	
6	Závěr	54
7	Seznam použité literatury	55
8	Přílohy	60

1 Úvod

Samonivelační podlahové stěrky patří dnes mezi nejmodernější produkty v oboru průmyslu stavební chemie. Mezi hlavní producenty suchých podlahových směsí se řadí společnosti, jako jsou Cemix, Cemex, Sakret, Fortemix a další. Oblíbenost těchto materiálů mezi uživateli je způsobena nejen jednoduchostí a rychlostí jejich aplikace, ale také četností druhů hmot pro ruční i strojní zpracování. Samonivelační směsi nabízejí mnoho předností, zdravotní nevyjímaje. Práce se samonivelačními potěry je značně jednodušší a podstatně méně namáhavá oproti práci s klasickými betonovými podlahami, zároveň přináší výraznou časovou úsporu při zpracování. Časová úspora netkví pouze v aplikaci směsi, ale také v dalších stádiích pokládky podlah např. zatížitelnost, pochůznost. Zahájení finálních úprav, jako je například pokládka linolea, koberce, obkladaček či parket, je možné již několik hodin po aplikaci. Vývoj a zaručení vysoké technické kvality není v žádném případě jednoduchou záležitostí, a proto se v dnešní době vývoj samonivelačních směsí dostává do popředí mnoha výzkumů.

Samonivelační směsi mají i přes zřejmé výhody mnoho neznámých a jelikož požadavky uživatelů samonivelačních směsí jsou stále náročnější, musí být vlastnosti těchto směsí neustále zkoumány, vylepšovány a případné závady odstraňovány.

Mezi hlavní požadavky na samonivelační směsi patří samozřejmě kvalita a od ní odvozená cena, a protože ta není zanedbatelná, je v zájmu výrobců ji co nejvíce snížit.

Cílem této bakalářské práce bude nalezení optimálního složení suchých směsí pro samonivelační podlahy na bázi druhotných surovin, nahrazení finančně náročnějších surovin surovinami druhotnými, tudíž levnějšími a snížení doby zrání potěru, což znamená urychlení pochůznosti a zatížitelnosti potěru v co nejkratším čase od jeho aplikace.

Abychom mohli určit optimální nahrazení hlavních surovin samonivelačních směsí surovinami druhotnými, bude nezbytné provést analýzu, zkoušky reologie, tvrdosti, pevnosti v tlaku a pevnosti v tahu za ohybu komerční směsi a následně se snažit, co nejvíce se přiblížit získaným výsledkům, avšak s cenově výhodnějšími materiály.

2 Cíl práce

Cílem této bakalářské práce je navrhnout a vhodnými metodami otestovat složení samonivelačních podlah s vysokým obsahem druhotných surovin (klasických vysokoteplotních popílků, tepelně upraveného energosádrovce, kotelní strusky - škváry). Zjistit vliv množství přídavku práškového superplastifikátoru na dobu tuhnutí. Dále otestovat různá množství pojivového podílu v suché směsi a to s přídavky 30 % a 40 % hmot. směsného pojiva. Vyzkoušet a laboratorně prověřit vliv variability složek pojivové fáze na výsledné vlastnosti konečné samonivelační podlahy. Vzniklé směsi budou podrobeny několika zkouškám a testům, a to jednak na čerstvě zamísené směsi především testům reologickým, stanovením počátku a konce tuhnutí a u vyztužených směsí budou sledovány jejich mechanické vlastnosti, jako je pevnost tahu ohybem, pevnost v tlaku, tvrdost apod.

3 Teoretická část

3.1 Samonivelační podlahy a potěry

Samonivelační podlahy jsou vhodné zejména při výstavbě bytů, obytných domů, zimních zahrad, kancelářských a průmyslových prostor, ale i do škol nebo ubytovacích komplexů. Kde se tento druh podlah prokázal jako nevhodný, jsou jediné vlhké prostory – jako například prádelny, garáže, sprchy apod. Samonivelační podlaha je po vylití rovná. Samonivelační lité podlahy se vyznačují vysokou úrovní rovinatosti, z tohoto důvodu není potřeba provádět dilataci do 250 m² souvislé plochy.[1]

Lité potěry jsou pro podlahovou vrstvu průmyslově vyráběny jako směs, jež je složena z pojiva, kamenitých složek různé zrnitosti.[2]

Samonivelační podlahy se používají k vytvoření litých, bezspárových podlah, vykazující vysoce kvalitní povrchy a velmi dobré fyzikálně – mechanické parametry (pevnost v tlaku, oděruvzdornost, smrštivost).

Materiál je vodotěsný, hygienicky nezávadný, stálý vůči zvýšeným mechanickým a chemickým vlivům jako jsou voda, soli, louhy, roztoky kyselin, čtená rozpouštědla a pohonné hmoty, mastnoty, oleje a čisticí prostředky. Používá se především ve výrobních, skladovacích a prodejních halách, na překladových rampách, v průmyslových zařízeních, v prostorách se zvýšeným pohybem chodců, vysokozdvizných vozíků a vozidel.[3, 4]

3.1.1 Potěry na bázi síranu vápenatého (anhydritové potěry)

Anhydrit (síran vápenatý) je buď přírodní, který se na výrobu litých podlah prakticky nepoužívá anebo anhydrit umělý. Umělý anhydrit se ještě rozděluje na syntetický a termický. Anhydritové lité podlahy se vyrábějí, jak ze syntetického anhydritu, tak z termického anhydritu.[5]

V závislosti na realizačních podmínkách (teplota, vlhkost vzduchu apod.) je podlaha pochůzná po 1-2 dnech. Před mechanickým poškozením je zapotřebí povrch chránit alespoň 48 hodin. Potěr vykazuje minimální objemové změny, většinou tedy není třeba provádět dilatační řezy.

Anhydritové podlahy jsou určeny pro vyrovnávání podkladní podlahové vrstvy zejména do obytných, občanských, komerčních i průmyslových objektů. Jsou velmi vhodné pro systémy podlahového vytápění (velmi dobrá rovinatost, vyplňují spolehlivě dutiny, ve standardních mírách bez nutnosti dilatací apod.).[6]

Tabulka 1

Parametry anhydritových potěrů [7]

Samonivelační potěr		Zrnitost mm	Aplikační tloušťka mm*)	Závazné technické parametry							
				Pevnost v tlaku (MPa)	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)	Součinitel tepelné vodivosti (W/mK)	Reakce na oheň	Uvolňování nebezpečných látek			
20	jemný 110j	0-2	15-75	min. 20	min. 4,0	min. 1,25 **)	A 1	CA			
	110	0-4	25-75								
25	jemný 090j	0-2	15-75	min. 25,0	min. 6,0						
	090	0-4	25-75								
*) aplikační tloušťka závisí na typu uložení potěru a stlačitelnosti podkladu											
**) tabulková hodnota dle ČSN EN 12524: 2001											

3.1.2 Na bázi cementu

Cementové lité potěry jsou vhodné i pro podlahy ve vlhkých prostorách a nacházejí uplatnění především při rekonstrukcích podlah v oblastech postižených povodněmi. Voda totiž nenaruší strukturu materiálu a podlaha vyschne bez poškození.[8]

Cementový potěr je stavební díl, zhotovovaný na nosnou podložní vrstvu, nebo na tepelně či zvukově izolační vrstvu. Lze jej používat přímo bez další úpravy nebo s povrchovou úpravou. Jsou to tedy cementové potěry podlahové krytiny zhotovované z cementové malty nebo z jemnozrnného betonu.

Zvláštní druh představují potěry, zhotovené z cementové malty s přidavkem příměsí a ztekucujících přísad, které jsou v čerstvém stavu čerpatelné. To umožňuje při ukládání vysokou produktivitu (až 15 m³/h), ovšem při respektování dalších podmínek.[9]

Tabulka 2

Parametry cementového potěru [7]

Cementový potěr		Zrnitost mm	Aplikační tloušťka mm	Závazné technické parametry							
				Pevnost v tlaku (MPa)	Pevnost v tlaku (MPa)	Součinitel tepelné vodivosti (W/mK)	Reakce na oheň	Uvolňování nebezpečných látek			
20	jemný (010 j)	0-1,2	5-15	min. 21,5	min. 4,0	1,1 až 1,65	A 1	CT			
	(010)	0-4	10-50								
	hrubý (010 h)	0-8	30-100								
25	jemný (020 j)	0-0,7	3-10	min. 25,0	min. 5,0						
	(020)	0-4	15-50								
30	(030)	0-4	10-50	min. 30,0	min. 6,0						
	hrubý (030 h)	0-8	30-100								

3.1.3 Výhody potěrů

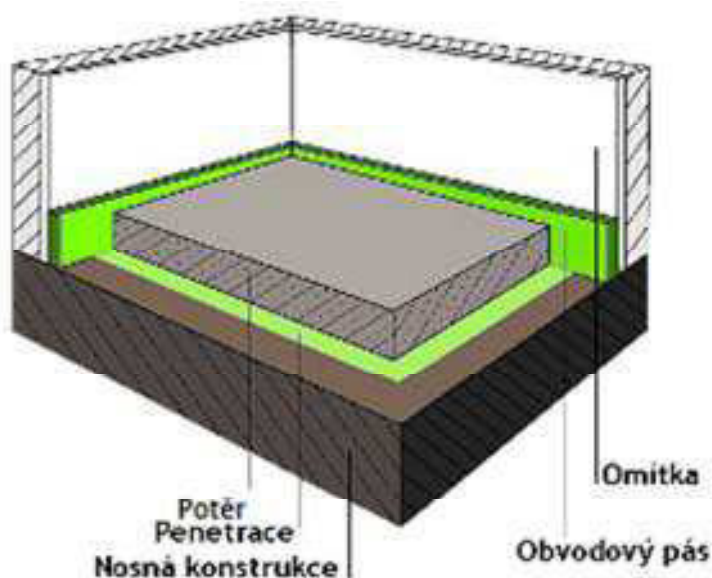
- Aplikace potěru bez vzniku dutin
- Vysoká plošná rovinnost
- Rychlé a racionální zpracování bez velké námahy
- Lze nalít až 1200 m² za den
- Vytvoření dokonale rovného povrchu
- Povrch pochozí zpravidla již za 24 hodin
- Vysoká objemová stálost
- Nízké náklady
- Z důvodu velmi dobré pevnosti v tahu za ohybu není nutné pokládat armaturu
- Ideální tepelná vodivost pro vytápěné podlahy
- 100% obklopení topného média a tím dokonale zajištěn přenos tepla
- Úspora pracovních sil a času
- Nevznikají žádné zbytky namíchané směsi [10]

3.2 Potěry dle způsobu uložení

Typ konstrukce podlahové stěrky by měl být zvolen v závislosti na typu základní desky, na potřebě začlenit akustickou nebo tepelnou izolaci a finální povrchové úpravě podlahy.[11]

3.2.1 Samonivelační potěr sdružený

Tyto typy potěrů jsou vhodné pro vysoce namáhaná místa podlahové konstrukce. Umožňují přímé celoplošné spojení s nosným podkladem (podkladní vrstvou). Všechny síly působící na potěry jsou rozloženy přímo na potěr/podkladní vrstvu. Abychom předešli tvorbě defektů a zajistili dokonalé spojení s podkladním betonem, musí být podklad ošetřen penetračním nátěrem.[12]



Obrázek 1

Potěr sdružený [13]

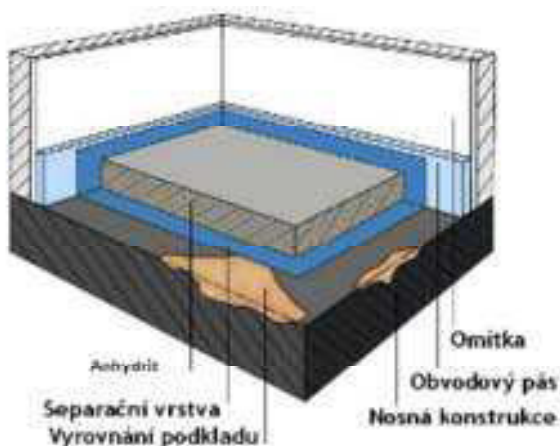
3.2.1.1 Podklad pod sdružený samonivelační potěr

Tento podklad musí být soudržný, zbavený prachu, mastnot, uvolněných částic a nesmí být promrzlý. Před nanášením potěru na savý podklad (starý beton, lehký beton) se podklad dostatečně napenetruje podlahovou penetrací. Na hladké nesavé podklady se aplikuje vhodný spojovací můstek.[14]

3.2.2 Samonivelační podlahy s potěrem na separační vrstvě

Oddělení anhydritu od podkladní vrstvy pomocí separační PVC folie. Pro dokonalou nepropustnost se jednotlivé pásy folie slepují lepicí páskou.

Anhydritový potěr je v tomto případě od podkladu oddělen separační vrstvou a od svislých konstrukcí dilatačním pásem. Využívá se zejména při sanaci stávajících podlah. Tento typ potěru je vhodný pro anhydritové podlahy bez požadavku na tepelnou izolaci a kročejovou neprůzvučnost pro podklady, u kterých nelze zajistit dostatečnou přídržnost.[14]



Obrázek 2

Potěr na oddělovací vrstvě [13]

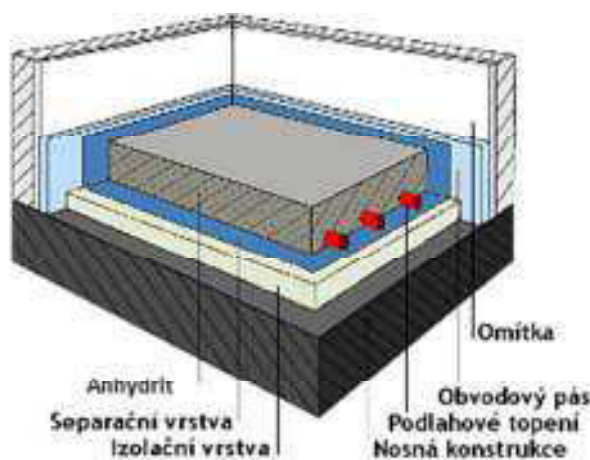
3.2.2.1 Podklad pod potěr na oddělovací vrstvě

U potěrů na oddělovací vrstvě neexistuje mezi samonivelačním potěrem (min. tloušťka 30 mm) a podkladem žádná vzájemná spojitost. Potěrová vrstva a podkladní vrstva se mohou nezávisle od sebe pohybovat. Potěry na oddělovací vrstvě jsou vhodné zejména na dřevěné podlahy nebo podklady s vadnou (nedostatečnou) vrchní vrstvou. Oddělovací vrstva (fólie, papír) se musí položit bez záhybů. Oddělovací vrstva je položena až k hornímu okraji okrajové pásky. Překrytí oddělovací vrstvy je spojeno nahřívacím přístrojem či lepicí páskou.[12]

3.2.3 Samonivelační potěr plovoucí s podlahovým vytápěním

Trubky podlahového vytápění jsou uloženy buď v potěrové desce (mokré pokládání) nebo pod potěrovou desku a oddělovací vrstvou (suché pokládání). Na základě lepšího tepelného průchodu a kratší doby vyhřívacího procesu je dávana přednost mokrému pokládání.

Trubky podlahového topení se fixují k tepelné izolaci oddělené separační vrstvou různými způsoby (instalační lišty, přichytné desky) nebo se kotví k nosné rohoži položené na separační vrstvě, případně se ukládají do fixační šablony, která je položena na tepelné izolaci nebo je přímo zhotovena z tepelně-izolačního materiálu.[7]



Obrázek 3

Potěr s plovoucí s podlahovým vytápěním [13]

3.2.3.1 Podklad pod plovoucí potěr

Podklad před pokládkou izolačních materiálů musí být rovinný, bez prohlubní a vyvýšenin, které by zhoršovaly izolační vlastnosti materiálů nebo přinášely nebezpečí průhybů případně praskání izolačních desek. Izolační desky musí být položeny těsně k sobě a musí být zasunuty pod fólii okrajové dilatační pásy.

3.3 Nivelace

Tato kapitola je věnována přípravám podkladu a následné aplikaci, neboli nivelaci, samonivelačních podlah. Postup prací při pokládání samonivelační podlahy má jasná a předem stanovená pravidla.

3.3.1 Příprava podkladu k nivelaci

Podklad musí být pevný, nosný, tvarově stabilní, rovný, čistý, suchý, zbavený všech separačních vrstev a volných částic.[15]

Rovinnost vrstvy pod nášlapnou vrstvou musí být maximálně:

2 mm/ 2m – při lepení nebo volném kladení plastových, pryžových a textilních podlahovin, lepení mozaikových parket, lepení keramických dlaždic do tenkovrstvých tmelů, pod lité podlahoviny ze syntetických pryskyřic a teraca.

3 mm/ 2m – při kladení dřevěných podlahovin (vlasy) a kladení polymerbetonů

6 mm/ 2m – při kladení pružných izolačních rohoží bez vyrovnávací vrstvy

10 mm/ 2m – při lepení hydroizolací nebo kladení dlaždic do maltového lože

20 mm/ 2m – při kladení pružných izolačních rohoží na vyrovnávací vrstvu (škvára, písek)

Tabulka 3

Minimální pevnost v tlaku [16]

Finální úprava podlahy	Pochůzná (MPa)	Pojízdná (MPa)
Dřevěné podlahoviny (mimo parkety) a dlažby kladené do cementové spojovací malty	4,5	11,5
Mozaikové parkety a keramické dlaždice lepené	11,5	14,7
Plastové, pryžové a textilní podlahoviny	11,5	14,7
Lité podlahoviny ze syntetických pryskyřic	14,7	21,5
Lité podlahoviny, polymerbetony s vedlejším zatížením	21,5	21,5

Tabulka 4

Minimální přídržnost [16]

Finální úprava podlahy	Pochůzná (MPa)	Pojízdná (MPa)
Plastové, pryžové a textilní podlahoviny	0,5	0,6
Mozaikové parkety a keramické dlaždice lepené	0,6	0,6
Lité podlahoviny ze syntetických pryskyřic	1,5	1,5
Připojené cementobetonové potěry	0,6	0,6
Připojené cementobetonové potěry s vedlejším zatížením	1,2	1,2

Maximálně přípustné hodnoty vlhkosti podkladu před kladením nášlapných vrstev:

Cementový potěr nevytápěný: 2,0 % CM, vytápěný 1,8% CM

Anhydridový potěr nevytápěný: 0,5 % CM, vytápěný 0,3% CM

U ostatních druhů podkladů jako např. litého asfaltového potěru nebo potěrů na bázi syntetických pryskyřic nutno dbát pokynů a doporučení výrobce. Totéž platí i pro potěry rychlovazné.[16]

3.3.1.1 Návrh tloušťky potěrové vrstvy

Tloušťka samonivelačních anhydridových potěrů se navrhuje podle typu a pevnostní třídy potěru, v závislosti na provozním zatížení a u plovoucích potěrů též v závislosti na stlačitelnosti a tloušťce izolační vrstvy. Nejmenší návrhové tloušťky plovoucích potěrů předepisuje ČSN 74 4505/2008.[7]

Tabulka 5

Návrhy potěrových vrstev [7]

Příklady objektů	Provozní zatížení	Minimální návrhová tloušťka potěru			
		110/110j CA-F4-C20		090/090j CA-F6-C25	
		Stlačitelnost podkladních vrstev		Stlačitelnost podkladních vrstev	
		≤ 3mm	≤ 5 mm	≤ 3 mm	≤ 5 mm
Byty a hotelové pokoje	Plošné: ≤ 2,0 kNm ⁻²	≥ 35	≥ 40	≥ 30	≥ 35
		Stlačitelnost podkladních vrstev		Stlačitelnost podkladních vrstev	
		≤ 3mm	≤ 10 mm	≤ 3 mm	≤ 10 mm
Kanceláře, nemocniční pokoje	Plošné: ≤ 2,0 kNm ⁻²	≥ 35	≥ 40	≥ 30	≥ 35
Nemocniční a hotelové chodby, restaurace	Plošné: ≤ 3,0 kNm ⁻²	≥ 50	≥ 55	≥ 40	≥ 45
	Bodové: ≤ 2,0 kN				
Školní třídy, čekárny, garáže s vozidly do 2,5 t	Plošné: ≤ 4,0 kNm ⁻²	≥ 60	≥ 65	≥ 45	≥ 50
	Bodové: ≤ 3,0 kN				
Shromažďovací místnost: divadla, taneční sály, knihovny, obch. domy	Plošné: ≤ 5,0 kNm ⁻²	≥ 65	≥ 70	≥ 50	≥ 55
	Bodové: ≤ 4,0 kN				
Dílny a sklady s lehkým provozem	Plošné: ≤ 7,0 kNm ⁻²	≥ 80	≥ 85	≥ 65	≥ 70
	Bodové: ≤ 6,0 kN				

3.3.2 Aplikace

Samonivelační potěry lze zpracovávat v rozmezí teplot 5 °C až 30 °C, což platí pro zpracováváný materiál, podklad i okolní prostředí. Předepsané teplotní podmínky je nutné dodržovat také následujících 7 dnů od aplikace. Při nižších teplotách hrozí zpomalení pevnostních nárůstů resp. při minusových teplotách úplná degradace materiálu. Vyšší teploty během aplikace mají za následek zkrácení doby zpracovatelnosti, ztrátu záměsové vody a nutnost zmenšení plošného pracovního záběru.[7]

Vlastní podlaha se na připravený podklad provádí naléváním směsi pryskyřic a plniv. Předepsaná spotřeba se dodržuje roztíracími mechanizmy (zubaté stěrky, speciální hrábě), rovnoměrnosti

a celistvosti plochy včetně odvzdušnění bublinek se dosáhne pomocí ježatého válečku. Případné vrchní úpravy jsou prováděny ručně, válečkem nebo stříkáním (finální úpravy povrchu).[17]



Obrázek 4

Ukázka roztěru samonivelační podlahy raklí [16]

Potěr se nanáší v pracovní ploše rovnoměrně, s ústím hadice co nejblíže k povrchové hladině. Nedoporučuje se pokládání hadice na podklad a rozhrnování potěru z jednoho místa. Při aplikaci na separační vrstvu, tvořenou překrytými, vzájemně nespojenými pásy folie se postupuje tak, aby potěr nezatékal pod horní folii tzn. že se s aplikací postupuje proti směru pokládky pásů. Po dosažení potřebné tloušťky potěrové vrstvy se odstraní nivelační značky a potěr se pomocí pěchovací tyče homogenizuje, zarovná a odvzdušní. Úprava se provádí nejprve v jednom směru, kdy se potěr vyrovnává krátkými vibračními pohyby v celé tloušťce a následně v kolmém směru, kdy se jemně zarovná vibrací pouze v horní polovině své tloušťky.[14, 18]



Obrázek 5

Postup prací při pokládání samonivelačních podlah [16]

3.3.3 Zatížitelnost, zrání a ošetřování

3.3.3.1 Ochrana čerstvého potěru

Čerstvě aplikovaný potěr je nutno chránit v prvních 48 hodinách před působením sálavého tepla z topidel a slunečního svitu. Taktéž je nutno zabránit průvanu a nadměrným otřesům objektu. Tepelně vlhkostní podmínky během zrání potěru nesmí vést ke vzniku rosného bodu a odkapávání zkondenzované vlhkosti na povrch potěrové vrstvy.[14]

3.3.3.2 Zatížitelnost zrajícího potěru

Ve většině případů lze počítat s možností částečného zatížení potěru po cca 4–5 dnech. Toto zatížení je myšleno například ve formě lehkých stavebních prací, ovšem bez přímého bodového zatížení. Rozhodně není možné potěr využívat v plném rozsahu, tak jako by byl plně vyzrálý a vyschlý. Zde je nutné opět zmínit fakt, že i plně vyzrálá podlahová konstrukce má své projektem definované maximální možné zatížení, proto je vždy dobré zvážit, co a kde bude na podlahu složeno. Například 1 paleta sádkartonových desek o tloušťce 15 mm má váhu přesahující 1 tunu, což ve výsledku představuje zatížení cca 4,5 kN/m². Takové zatížení je projektováno velmi výjimečně, přesto je velmi často možno vidět takto složený materiál na relativně nezralém potěru. Následkem může být vznik prasklin či jiné znehodnocení realizovaného potěru.[14]

3.3.3.3 Vysychání potěru

Vysychání lité podlahy závisí především na teplotě, vlhkosti a rychlosti proudění vzduchu, jakož i na tloušťce lité podlahy. Čím je vlhkost vzduchu nižší, tím vyšší je rychlost proudění vzduchu a teplota a tím rychleji vysychá litá podlaha, až je dosaženo stavu, kdy lze pokládat podlahovou krytinu. Musí být zajištěno nerušené vysychání podlahy.

Litá podlaha může vyschnout pouze v případě, kdy je vlhký vzduch neustále nahrazován čerstvým, suchým vzduchem. V optimálním případě by litá podlaha měla vysychat při otevřených oknech a dveřích, aby vznikl průvan. Tím je dosaženo rychlejší výměny vzduchu, tzn. odvodu vlhkého vzduchu z místnosti a jeho náhrada čerstvým venkovním vzduchem.[19, 20, 21]

Při zajištění průměrných klimatických podmínek prostředí (20°C a 50% relativní vlhkost) vysychá potěrová vrstva do tloušťky 4 cm přibližně rychlostí 1cm za týden. Při větších tloušťkách se rychlost vysychání zpomaluje a každý další 1cm tloušťky prodlužuje vysychání o 2 týdny.



Obrázek 6

Vysychání samonivelačního potěru v běžných podmínkách [19]

3.3.4 Povrchové vady a jejich odstraňování

K nejčastějším povrchovým vadám patří nerovnosti, způsobené překročením doby zpracovatelnosti (otevřeného času) potěru, kdy jsou vzájemně napojovány čerstvě aplikované a již tuhnoucí zóny potěru (chybějící pracovní dilatace ve dveřních prostupech, nadměrný plošný záběr). Vzniklé přelivy a stopy po pěstovací tyči mohou vytvářet nadměrné povrchové nerovnosti (nad 2 mm/2 m), které se musí odstranit lokálním přebroušením.[22, 23]

3.3.5 Rozdělení podlah dle pevnostních tříd

Pevnost v tlaku pro cementové potěrové materiály a potěrové materiály ze síranu vápenatého je stanovena dle normy prEN 13892 – 2 a označována jako "C" (podle Compresion) pevnostních tříd v N/ mm² dle tabulky č. 6.[24]

Tabulka 6

Pevnostní třídy potěrových materiálů dle normy ČSN EN 13813 [24]

Třída	C5	C7	C12	C16	C20	C25	C30	C35	C40	C50	C60	C70	C80
Pevnost v tlaku v N/mm ²	5	7	12	16	20	25	30	35	40	50	60	70	80

Pevnost v tahu za ohybu pro cementové potěrové materiály a potěrové materiály ze síranu vápenatého je stanovena dle normy prEN 13892 – 2 a označována jako "F" (podle Flexural) pevnostních tříd v N/ mm² dle tabulky č. 7.[24]

Tabulka 7

Třídy potěrového materiálu podle pevnosti v tahu za ohybu dle normy ČSN EN 13813 [24]

Třída	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F10	F15	F20	F30	F40	F50
Pevnost v tahu za ohybu v N/mm ²	1	2	3	4	5	6	7	10	15	20	30	40	50

3.4 Hlavní složky potěrů

3.4.1 Cement

Cement plní funkci pojiva. Smícháním s vodou vzniká cementový tmel, který postupně tuhne, tvrdne a mění se v cementový kámen. Tento proces probíhá na vzduchu i pod vodou. Po zatvrdnutí si cement zachovává svoji pevnost a stálost, a to nejen ve vyschlém stavu, ale i při dlouhodobé expozici ve vodě (cement je výrazně hydraulickým pojivem).[22] Jedná se o portlandský i hlinitanový cement.

3.4.1.1 Klasifikace cementu

Cementy značené CEM se rozdělují do 5 hlavních skupin označených římskou číslicí I až V. Tato číslice udává druh cementu a uvádí se za značkou CEM.

Tabulka 8

Základní druhy cementu podle ČSN EN 197-1 [25]

Druh cementu	Slovní označení druhu
CEM I	Portlandský cement
CEM II	Portlandský cement směsný
CEM III	Vysokopecní cement
CEM IV	Pucolánový cement
CEM V	Směsný cement

Za druhotným označením vyznačeným římskou číslicí musí být uvedena hodnota normalizované pevnostní třídy.

Nejnižší normalizovanou třídou je 32,5 (původní národní dodatek zavádějící třídu 22, je již zrušen). Následuje třída 42,5 a třída 52,5, která je nejvyšší normalizovanou třídou. Třída cementu je dána pevností v tlaku po 28 dnech, zkoušenou na zlomcích trámečků z cementové malty podle ČSN EN 196-1.

Má-li cement vysoké počáteční pevnosti, připojuje se za označení třídy ještě písmeno R (rychlovazný cement).[25]

3.4.1.2 Portlandský cement

V pojmu portlandský cement je zahrnuta řada druhů s modifikovaným složením. Společnou charakteristikou je:

- Výrobní postup, záležející ve výpalu směsi surovin do slinutí; tím vzniká tzv. slínek, ze kterého se jemným mletím získá portlandský cement.
- Mineralogické (fázové) složení, jež vzniklo vysokoteplotními reakcemi v surovinové směsi; produkt je heterogenní hmota obsahující zejména křemičitany, v menší míře hlinitany a železitany vápníku a dále skelnou fázi.
- Chemické složení portlandských cementů vyráběných průmyslově se pohybuje obvykle v těchto mezích: 62-67 % CaO , 18-24 % SiO_2 , 4-8 % Al_2O_3 , 1,5-4,5 % Fe_2O_3 , 0,5-4 % MgO , 0,1-1 % K_2O , 0,1-1 % Na_2O (hmot. %).[25]

3.4.2 Hlinitanový cement

Hlavní účinnou látkou hlinitanového cementu běžného typu je $CaO \cdot Al_2O_3$. Přibližné zastoupení hlavních složek je 40 hmot. % CaO , 45 % Al_2O_3 , 5 % SiO_2 , 10 % Fe_2O_3 . Výchozími surovinami jsou vápenec (nebo vápno, zvláště pro elektrické pece) a bauxit, jež se mísí v poměru zhruba 1:1.

Nejčastěji se hlinitanový cement vyrábí tavením v plamenné nebo elektrické obloukové peci. Pro tento účel stačí pouhé rozdrcení surovin bez jemného mletí. Tavicí teploty leží okolo 1600 °C. Produkt se má na rozdíl od portlandského cementu ochlazovat pomalu, aby vzniklo žádané mineralogické složení.[26]

Největší rozdíl mezi hlinitanovým a portlandským cementem, když nebereme v potaz složení, je takový, že u hlinitanového cementu se uvolňuje více hydratačního tepla, čehož se dá dále využít.

3.4.2.1 Složení

Portlandský slínek, jedna ze dvou hlavních složek portlandského cementu, je produktem výpalu surovinové moučky, obsahující vhodný poměr čtyř hlavních oxidů - CaO , SiO_2 , Al_2O_3 a Fe_2O_3 .

Druhá složka je síran vápenatý ve formě sádrovce ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$), hemihydrát ($CaSO_4 \cdot \frac{1}{2}H_2O$), anhydritu ($CaSO_4$) nebo jejich směsi.

Poměr obsahu CaO , SiO_2 a Al_2O_3 v surovinové moučce je volen tak, aby složení výsledné směsi po výpalu spadalo do oblasti ternárního fázového diagramu ohraničené fázemi C_3S , C_2S a C_3A , protože pouze v této oblasti mohou tyto fáze koexistovat. Pro zjednodušení lze předpokládat, že Al_2O_3 a Fe_2O_3 hrají v systému podobnou roli.[27]

3.4.3 Voda

Množství vody se dávkuje tak, aby byl dosažen pokud možno co nejnížší w/c, to znamená v praxi konzistenci tuhou až plastickou.[9]

Voda plní v čerstvém betonu dvě funkce:

- a) hydratační
- b) reologickou

Hydratační funkci plní voda tím, že se podílí na hydrataci cementu, tj. na chemických a fyzikálních pochodech, při kterých beton tuhne a tvrdne.

Reologickou funkcí vody rozumíme její podíl na tvorbě tvárného čerstvého betonu, specifikovaného stupněm konzistence.

Technologicky se voda rozděluje na záměsovou (dávkovanou při výrobě čerstvého betonu) a na ošetřovací (voda dodávaná po ztuhnutí betonu min. po určitou dobu požadovaného udržení betonu ve vlhkém stavu).[25]

3.4.4 Kamenivo

Kamenivem nazýváme inertní, mrtvý, tj. neaktivní, sypký materiál přírodní i umělý, používaný jako složka betonové směsi. Kamenivo dělíme podle původu, velikosti zrn a úpravy.[28]

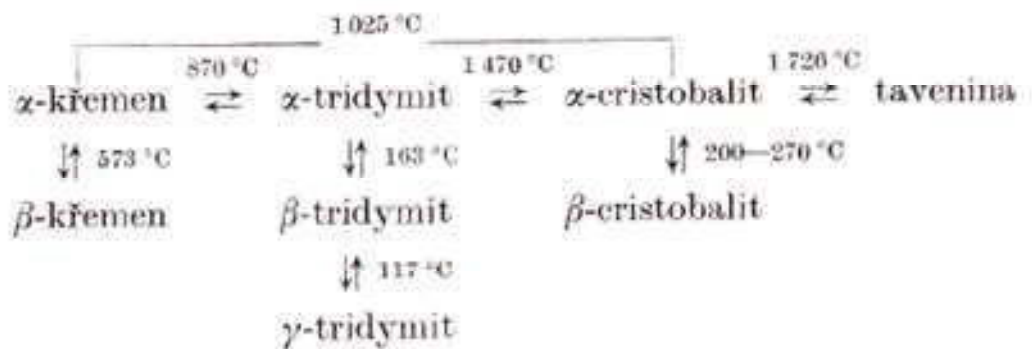
Maximální zrno kameniva se volí co největší, dle potřebné tloušťky potěru. Podíl odplavitelných látek smí být do 3 hm. %. Při potěrech do tloušťky 40 mm je max. zrno 8 mm, nad 40 mm ne větší než 16 mm.[9]

3.4.5 Oxid křemičitý

Oxid křemičitý je v přírodě velmi rozšířen, a to i v čistých formách, takže se v technologii silikátů používá výhradně jako přírodní surovina. Pouze pro zcela speciální účely se volí produkty rozkladu organických sloučenin křemíku nebo gely odpadající z chemických výrob.

Nejčistší přírodní formou jsou křišťály a žilné křemeny. Praním v kyselinách se u těchto surovin dosahuje až obsahu $SiO_2 > 99,95\%$. Běžnějšími surovinami jsou písky, pískovec a křemence o různém obsahu nečistot. U všech těchto přírodních surovin jde o SiO_2 ve formě nízkoteplotní stabilní modifikace β -křemene. Ojediněle se v přírodě nachází i tridymit a cristobalit. Důležitou surovinou je rozsivková zemina (křemelina), tvořená pórovitými skelety rozsivek (diatomaceae) o velikosti asi 10 μm . Vysoká pórovitost je předurčuje k výrobě tepelně izolačních materiálů. V některých oblastech se jako křemičitá surovina běžně používá pazourek (flint), který je směsí chalcedonu s křemenem.

Oxid křemičitý je znám v různých polymorfních modifikacích; jejich vzájemné přeměny jsou doprovázeny objemovými změnami, jež se mohou projevovat nepříznivě jak v samotné technologii, tak i ve vlastnostech výrobků.



Obrázek 7

Modifikační přeměny [26]

Přeměny naznačené vodorovnými šipkami jsou poměrně pomalé a náležejí k typu tzv. přeměn rekonstrukčních, při nichž nastává přerušení vazeb v sekundární koordinační sféře a úplná změna uspořádání tetraedrů SiO_4 .

Přeměny naznačené ve vertikálním směru náležejí k typu přeměn displacivních, při nichž vznikají pouze strukturní změny menšího rozsahu, jež nevyžadují přerušení vazeb nebo změnu koordinačních čísel. Probíhají velmi rychle.[26]

3.5 Druhotné suroviny

Druhotné suroviny jsou na rozdíl od přírodních surovin produkty lidské činnosti. Vznikají v energetice, hutnictví a sklářském průmyslu, ale i v jiných odvětvích. Tato práce se zaměřuje především na produkty energetického průmyslu, jako jsou energosádovec, vysokoteplotní klasické popílký a kotelní struska (škvára).

3.5.1 Vysokoteplotní popílký

Hlavními fázemi vysokoteplotních popílků jsou amorfní SiO_2 , křemen, obě vysokoteplotní modifikace – cristobalit i tridymit a mullit. Z toho vyplývá, že vysokoteplotní popílký vykazují výhradně puconalitu.[29]

Popílký z "klasického" způsobu spalování paliva při teplotách cca 1400 °C až 1600 °C se vyznačují obsahem hlavně β – křemene a mullitu ($3\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2$). Rovněž obsahují sklovitou fázi, jejíž množství je zpravidla větší než 50 %, která zásadním způsobem ovlivňuje reaktivitu popílků s CaO nebo cementem jak za normální, tak za zvýšené teploty. Mullit se zúčastňuje reakce pouze ve velmi malé míře a výhradně za hydrotermálních podmínek.

Popílek sám o sobě není hydraulický. Je-li však mísen s hydroxidem vápenatým, reaguje a vytváří stejné produkty jako při reakci cementu s vodou. Tato reakce se liší dle typu a druhu popílků a je označována jako puconalita. V popílků, který byl skladován delší dobu ve vlhku, může být puconánový účinek porušen.

Mineralogicky má asi 90 % popílků amorfní podobu, zbytek je pak podoby krystalické. Chemické složení se u jednotlivých popílků značně liší, závisí na druhu a kvalitě uhlí a na podmínkách spalování. Vhodné chemické a mineralogické složení popílků a jeho jemnost dávají možnost využít jeho puconánových a latentně hydraulických vlastností ve výrobě pojivových materiálů. Nejlépe se uplatňují popílký, jejichž jemnost je přibližně shodná s jemností cementu.[30]

Energosádrovec je využitelný jako surovina pro následující výroby:

- Cement
- Sádrokartonové a sádrovláknité desky
- Samonivelační podlahové směsi na bázi sádrovce
- Anhydritové podlahové směsi
- Podlahové směsi na bázi alfa sádry
- Sádrové omítky
- Pórobeton
- Sádrové tvárnice
- Speciální hnojiva s obsahem síry [31]

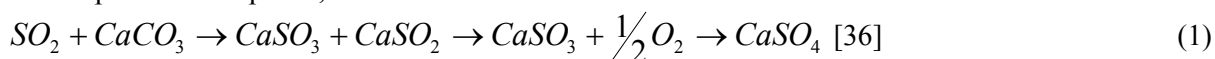
Energosádrovec vyráběný pomocí čistého vápence se vyznačuje vysokou čistotou, malým obsahem inertních látek jako hlína, živec, písek nebo uhlíčan, ale také určitým malým podílem látek z výrobního procesu, jako kalciumsulfit, chlorid a létavý popílek. Hlavní rozdíl oproti přírodnímu sádrovci spočívá ve fyzikálních vlastnostech – velikost zrna, tvorba typu krystalů a technicky důležitá sypká hmotnost. Tyto vlastnosti se odvíjí od jednotlivých odsiřovacích procesů a provozů.

Energosádrovec odpadá z běžného odsiřovacího procesu mokrým způsobem jako vlhký, jemnozrnný prášek s obsahem povrchové vlhkosti 8 až 12 %. Tím se podstatně odlišuje od dosud běžně používaného přírodního sádrovce, který je dodáván jako suchý, drcený materiál. Přírodní sádrovec používaný v ČR je velmi atypický, jeho stav je dán velkým znečištěním vlastního ložiska hlínou.[35]

3.5.3.1 Vznik energosádrovce

Energosádrovec vzniká dvěma způsoby, a to buď mokrou nebo suchou desulfatací při odsiřování spalin.

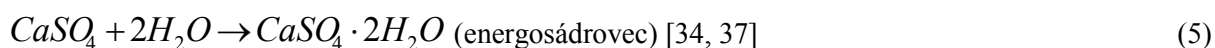
Suchá desulfatace – při fluidním spalování (spalování práškového tuhého paliva) z teploty okolo 900 °C přivádíme vápenec, dochází k chemické reakci:



Vzniklý anhydrit zůstává v popelu, obsahuje hlinito – křemičitou amorfni fázi a rezidua vápna, které se chovají jako pucolány, což vede ke vzniku ettringitu do sedmi dnů hydratace, který málo expanduje.

Mokrá desulfatace – natěžený vápenec o vysoké čistotě 98 % se podrtí na kladivo – odrazovém drtiči, dále pak pomele v kulovém mlýně na maximální velikost zrna 0,09 mm. Následně se smíchá s 25 % vody, následkem čehož vznikne suspenze, která se vstříkuje do horní části absorberu, kde dochází k chemické reakci s oxidy síry. Protiproudně působí kouřové plyny o teplotě 180 °C. Suspenze poté vstupuje do reprodukčního výměníku, dojde ke vzniku $CaSO_3 \cdot H_2O$, který se okyslí postupem výměníku níž na $CaSO_4 \cdot H_2O$. [36]

Chemické reakce popisující vznik energosádrovce:



Pro průmyslové využití se může energosádrovec vyskytovat buď ve stavu, v jakém odpadá, to je jako vlhký, jemný prášek s obsahem vody kolem 10 %. Tento materiál je špatně manipulovatelný, špatně tekoucí ze zásobníků, prakticky netransportovatelný ve šnekových dopravnících nebo elevátorech. V upraveném stavu, to je suchém, se může vyskytovat jako suchý, jemný prášek dobře tekoucí a silně prášící, nebo jako suchý, kusovitý materiál, který se prakticky chová jako drcený přírodní sádrovec.

Energosádrovec jako surovina je průmyslově využíván hlavně při výrobě sádry a při výrobě cementu. Další uplatnění je při výrobě omítkových směsí a stabilizátorů. Méně čisté, případně průmyslově nevyužité energosádrovce jsou ukládány.

Hlavní uplatnění energosádrovce v cementářském průmyslu je jako regulátor tuhnutí, v některých případech pak jako přídavek do surovinové směsi na vázání většího množství alkálií, což slouží k úpravě síranového modulu.[33]

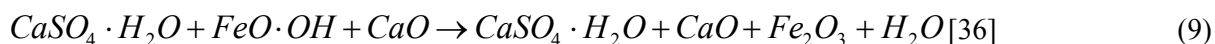
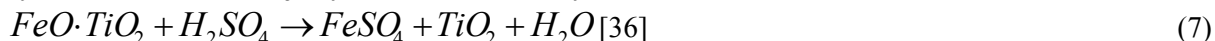
3.5.4 Chemosádrovec

Chemosádrovce vznikají jako odpad v chemickém, potravinářském a sklářském průmyslu. Většinou se jedná o suroviny chemicky velmi čisté, s obsahem sádrovce a anhydritu nad 90 %. Základní složkou chemického sádrovce je dihydrát síranu vápenatého, popř. hemihydrát nebo anhydrit.[38]

Chemosádrovec vzniká v chemických provozech, kde se vyskytují odpadní vody s obsahem SO_4^{2-} , které je nutno desulfatovat vápencem ve vodném prostředí



Dále pak vzniká v provozech výroby kyseliny citronové, kde jsou opět síranové vody, ze kterých se vyrábí sádrovec vhodný na výrobu sádrových tvarovek. Další příklad průmyslu, ze kterého lze vyrobit chemosádrovec je výroba titanové běloby:



3.6 Urychlovače tuhnutí

Jsou to anorganické nebo organické látky, které se přidávají v malém množství k cementu nebo betonu.

Z anorganických látek jsou to především chloridy, dusičnany, boritany, fosforečnany a uhličitany, jehož zástupce uhličitán litný je v této práci zkoumán. Vliv urychlovačů hydratace (tuhnutí) může být způsobena katalytickým působením, jehož výsledkem je rychlejší hydrolýza alitu nebo vznik ettringitu, snížení hodnoty pH kapalně fáze, zvýšení iontové síly atd.[28]

3.7 Plastifikátory

Plastifikátory jsou přírodní nebo umělé přísady, které se do směsí přidávají, aby se zlepšila zpracovatelnost směsi s menším vodním součinitelem a vytvořil se tak hutnější a pevnější beton. Plastifikátory usnadňují rovnoměrné rozložení vody na cementových částicích a vytvářejí na nich blánu (film), která přijímá vodu a způsobuje rozbíjení cementové kaše.[28]

V této práci je použit plastifikátor na bázi fenolformaldehydové pryskyřice, a to Melment F10.

4 Experimentální část

V experimentální části této práce jsou popsány metody a přístroje, které byly využity pro hodnocení vstupních surovin, ale také výsledných vzorků. Dále jsou zde popsány používané suroviny a chemikálie pro jejich přípravu.

4.1 Použité chemikálie a suroviny

Portlandský cement – CEM I 52,5 N (cementárna Mokrá)

Hlinitanový cement Secar 71

Uhličitán litný

Jemný písek

Melment F10 – práškový superplastifikátor na bázi melaminformaldehydové pryskyřice

Hemihydrát síranu vápenatého – šedá stavební sádra

Hemihydrát síranu vápenatého – připravený z energosádrovce z elektrárny Mělník

Klasické popílky Počerady 5B, ET, EME AGLO

Kotelní struska přesítovaná pod 0,4 mm

4.2 Příprava zkušebních vzorků

Jako zkušební vzorky, pro stanovení pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku, byly použity trámečky o rozměrech 20×20×100 mm (obr. 11). Připravené směsi byly vloženy do vymazaných ocelových forem (obr. 13). Směsi byly ponechány tvrdnutí při laboratorní teplotě a vlhkosti, následně po 24 hodinách byly trámečky odformovány.

Jako zkušební vzorky pro stanovení tvrdosti jednotlivých podlah byla použita plastová víčka o průměru 11,4 cm. Vzorky byly vždy po 24 hodinách vyjmuty a uschovány.



Obrázek 9

Ilustrační foto zkušebních koleček podlah



Obrázek 10

Ocelová forma 20×20×100 mm

4.3 Příprava testovacích směsí

V experimentální části bylo testováno několik druhů samonivelačních podlah. Nejprve byla do misky nasypána konkrétní směs a pak přilévána voda do požadované konzistence. Každá směs byla následně asi 20 sekund míchána. Vzniklá směs byla vlita do ocelových a plastových forem, vznikly tak trámečky o rozměrech 20×20×100 mm a kolečka s průměrem 11,4 cm.



Obrázek 11

Ilustrační foto zkušebních trámečků



Obrázek 12

Ilustrační foto zatvrdlé samonivelační podlahy

4.4 Metody

4.4.1 Rentgenová difrakční analýza

Princip analytického využití práškové difrakční rentgenografie lze shrnout do následujících bodů:

- Každá krystalická látka (fáze) poskytuje charakteristický práškový rentgenogram.
- Ve směsi difraktuje každá fáze nezávisle a výsledný rentgenogram je superpozicí rentgenogramů jednotlivých fází.
- Intenzita difrakčních linií každé fáze je úměrná množství této fáze ve směsi.[39]

Při dopadu monochromatického rentgenového záření na jemně rozpráškovaný krystalický vzorek v kapiláře dojde k difrakci pouze na rovinách, které splňují tzv. Braggovu podmínku:

$$n \cdot \lambda = 2d \cdot \sin \theta, \quad (10)$$

n ...celé číslo

λ ...je vlnová délka rentgenového záření

d ...vzdálenost dvou sousedních rovin v krystalu

θ ...úhel difrakce rentgenového záření.

Sledovanou závislostí je intenzita rentgenového záření, dopadajícího na senzor, na úhlu difrakce. Výsledné spektrum se porovnává s databází krystalických minerálů a vyhodnocuje. Rentgenovou difrakční analýzou je možné analyzovat pouze krystalické látky.[40]



Obrázek 13

Rentgenový difraktometr [41]

4.4.2 Skenovací elektronová mikroskopie (SEM)

Skenovací elektronový mikroskop (SEM) je přístroj určený k pozorování povrchů nejrozličnějších objektů. Je ho možné do jisté míry považovat za analogii světelného mikroskopu v dopadajícím světle, na rozdíl od něho je výsledný obraz tvořen pomocí sekundárního signálu - odražených nebo sekundárních elektronů. Díky tomu je zobrazení v SEM považováno za nepřímou metodu. Velkou předností SEM v porovnání se světelným mikroskopem je jeho velká hloubka ostroty, v důsledku které lze z dvojrozměrných fotografií ze SEM nalézt jistý trojrozměrný aspekt.[42]



Obrázek 14

Skenovací elektronový mikroskop [43]

4.4.3 Stanovení objemové hmotnosti

Objemová hmotnost zatvrdlé samonivelační směsi byla stanovena výpočtem z hmotnosti zatvrdlé samonivelační směsi (trámečku) vztažené na daný objem. Výpočet byl proveden dle vztahu:

$$\rho = \frac{m}{V},$$

kde ρ je objemová hmotnost (kg/m^3), m je hmotnost zkušebního trámečku (kg) a V je objem zkušebního tělesa (m^3).[44]

4.4.4 Sítová analýza

Analýza nabízí rozdělení částic na základě jejich velikosti. Rozdělení se provádí za pomoci několika sít poskládaných na sobě, na nichž, za neustálého vibrování, zrna propadávají skrz různě velká oka na základě gravitace.[45]



Obrázek 15
Sítový třídící [46]



Obrázek 16
Automatický mikrotvrdoměr [47]

4.4.5 Stanovení tvrdosti

Tvrdost lze definovat jako odolnost materiálu (povrchu materiálu v měřeném místě) proti lokální deformaci vyvozené konkrétním zatěžovacím tělesem (vnikající těleso – indenter) přesného geometrického tvaru působením přesně definovaného zatížení. Mírou tvrdosti je konkrétní velikost trvalé plastické deformace. Nejpoužívanější, tj. statické zkoušky tvrdosti jsou charakteristické tím, že vnikající těleso tvrdoměru je vtlačováno do povrchu zkušební vzorku monotónně se zvyšující silou do dosažení předepsaného zatížení, které je pak udržováno na konstantní úrovni po určitou stanovenou dobu. Nejčastějšími metodami měření tvrdosti jsou statické metody podle Brinella, Rockwella, Vickerse a Knoopu.

V průběhu zkoušky vznikne na povrchu tělesa trvalý vtisk v důsledku rozvoje plastických deformací v okolí vnikajícího tělesa. Po odlehčení se geometrie vtisku proměňuje a jeho velikost je mírou odporu materiálu proti vnikání cizího tělesa. Hodnota tvrdosti se vypočte jako velikost trvalé deformace (plochy nebo hloubky vtisku) v relaci k působící zátěžné síle. Vnikající těleso přitom nesmí

podléhat plastickým deformacím a musí proto vykazovat co nejvyšší tvrdost, modul a mez pružnosti.[48]

4.4.6 Analýza velikosti částic pomocí dynamického rozptylu světla

Laserová analýza velikosti částic slouží k měření velikosti částic práškových vzorků v rozmezí od 0,1 do 3 000 μm . Tato metoda umožňuje měření a srovnání výsledků suchého a mokrého způsobu měření, s širokou možností prezentace výsledků.[49]

Princip určení velikosti částic na základě laserové difrakce je znázorněn na obrázku č. 17. Vlivem přítomných částic, které jsou analyzovány, dochází k ohybu (difrakci) laserového paprsku pod úhlem, který je nepřímě úměrný jejich velikosti. Se zmenšující se velikostí částice, vzrůstá difrakční úhel logaritmicky, zatímco intenzita záření klesá v závislosti na objemu částice. Velké částice tedy způsobují ohyb laserového paprsku pod malým úhlem, a proto paprsek dopadající na detektor má velkou intenzitu, zatímco malé částice způsobují difrakci laserového paprsku pod velkým úhlem, ale paprsek dopadající na detektor má nízkou intenzitu. Naměřený průběh difrakce laserového paprsku je následně použit k výpočtu distribuce velikosti částic.[50]



Obrázek 17

Laserový analyzátor částic [51]

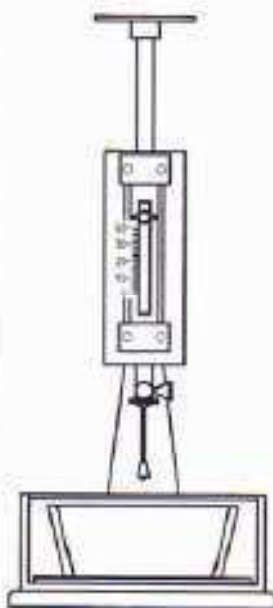
4.4.7 Stanovení počátku a konce tuhnutí dle Vicata

Vicatův prstenec, do něhož se ukládá kaše pojiva, musí být z tvrzené pryže. Prstenec musí mít kuželový tvar. Při výšce $(40 \pm 0,2)$ mm musí mít průměr (70 ± 5) mm nahoře a (80 ± 5) mm dole. Musí být dostatečně tuhý. Umisťuje se na základové skleněné destičce, která musí mít tloušťku nejméně 2,5 mm a musí být větší než prstenec.[52]

Stanovení počátku a konce doby tuhnutí bylo provedeno na ručním Vicatově přístroji. Počátek tuhnutí byl sledován svislým vnikáním ocelové jehly do samonivelační směsi po dobu 18 minut. Následně byl Vicatův prstenec otočen a na druhé straně zkoušené směsi byla provedena zkouška konce doby tuhnutí, a to vpichem jehlou s nástavcem.



Obrázek 19
Vicatův přístroj



Obrázek 18
Vicatův prstenec

4.4.8 Stanovení kinematické viskozity pomocí výtokového pohárku

Výtokové pohárky jsou jednoduchá zařízení sloužící ke stanovení viskozity kapalných vzorků. Výtokové pohárky mají definovanou geometrii s daným objemem. Během měření zkoušená kapalina protéká gravitačním působením přes soustředný otvor v pohárku a přitom se měří doba tečení, ze které se počítá kinematická viskozita, ν . Metoda je omezena na materiály, u kterých lze spolehlivě určit okamžik přerušení tečení z otvoru výtokového pohárku.[53]

V této zkoušce byl použit výtokový pohárek dle ČSN EN ISO 2431 s průměrem výtokové trysky 4 mm. Pro výpočet kinematické viskozity se 4 mm kapilárou je použita rovnice $\nu = 1,37 \times t - (200/t)$.



Obrázek 20
Výtokový pohárek

4.4.9 Stanovení pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu

Připravené zkušební tramečky byly testovány na přístroji DESTEST 3310 od společnosti Beton Systém. Pro stanovení pevnosti v tahu za ohybu byla použita lamačka BS-10 a pro stanovení pevnosti v tlaku byl použit lis BS-300. Pevnost byla měřena po 1, 7 a 28 dnech zrání.

Pro výpočet hodnoty pevnosti v Pascalech ($1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/mm}^2$) se použije vztah:

$$\sigma = 0,4 \cdot F \text{ [MPa]},$$

kde σ je tlaková pevnost materiálu a F je síla nutná k porušení tramečky.[54]



Obrázek 21

Zařízení DESTEST 3310

Tabulka 9

Technické parametry lisu BS-300 a lamačky BS-10 [54]

	BS-300	BS-10
Jmenovitá zatěžovací síla [kN]	300	10
Minimální zatěžovací síla [kN]	6	0,2
Rychlost zatěžování [Ns-1]	0,3÷99,9k	5÷99,9k
Přesnost měření * [%]	± 1	± 1
Výška pracovního prostoru [mm]	55	55
Zdvih tlakového válce [mm]	55	55
* od 5 % do 100 % jmenovité lisovací síly		

4.5 Analýza vstupních surovin

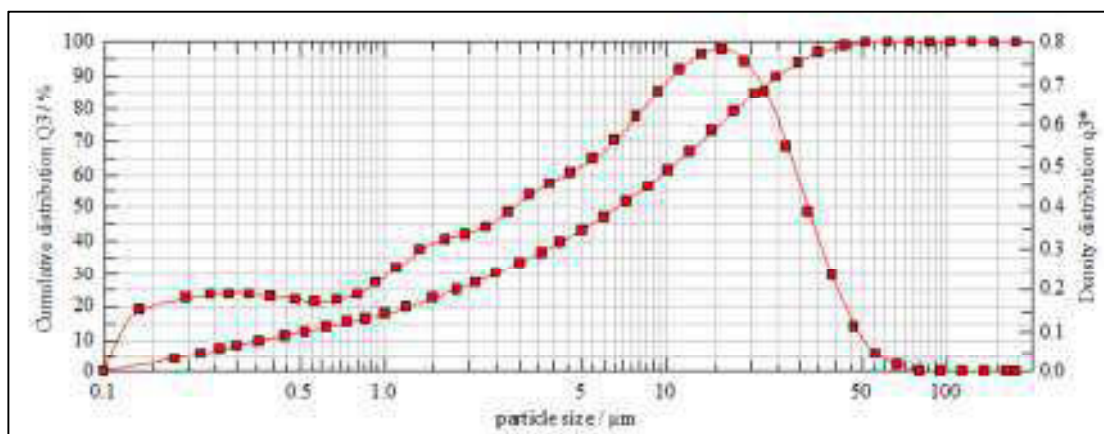
4.5.1 Laserová analýza vstupních surovin

Velikost částic byla získána za využití laserové difrakce na přístroji SYMPATEC HELOS KR.

Tabulka 10

Velikost částic vstupních surovin

	Cement I	Secar 71	Struska	Popílek			Melment F10	Hemihydrát síranu vápenatého (B)	Uhlíkatý litný	Hemihydrát síranu vápenatého (A)	Písek
				ET	EME AGLO	Počerady 5B					
x_{50}	6,84	3,84	128,92	28,72	39,33	41,79	138,47	32,90	3,89	4,52	197,94
x_{90}	25,11	12,76	325,04	115,24	181,52	178,95	270,26	88,11	7,22	12,16	338,2



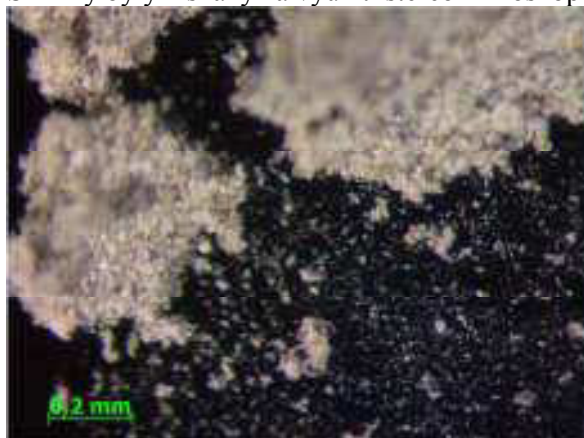
Obrázek 22

Cement 52,5 N (Mokrá)- ukázka grafického záznamu analýzy (distribuce částic)

Veškeré analýzy vstupních surovin jsou zařazeny v sekci přílohy.

4.5.2 Světelná mikroskopie vstupních surovin

Snímky byly získány za využití stereomikroskopu STEMI 2000 – C Zeiss.



Obrázek 23

CEM I 52,5 N (Mokrá) – Zeiss STEMI 2000-C

Veškeré fotografie vstupních surovin jsou zařazeny v sekci přílohy.

5 Výsledky a diskuze

V následující kapitole jsou shrnuty výsledky získané v průběhu vytváření vhodných pojivových kombinací pro samonivelační podlahy. V případě prvních testů bylo jako kameniva použito normového písku. Také se testovalo kolik pojiva je nutné do směsi přidat, aby splňovala normové požadavky. Byly testovány přídatky 30 % a 40 % hmot. směsného pojiva v suché samonivelační směsi. Každé pojivo bylo dále složeno z několika složek, jejichž variacemi se tato práce rovněž zabývá. V následujících statích je dále popsáno, do jaké míry lze nahradit stávající kamenivo kamenivem alternativním (energetickým produktem). Jednotlivé experimenty jsou popsány v příslušných kapitolách.

5.1 Vliv přídatku hlinitanového cementu do pojivové části suchých samonivelačních podlah

Tato kapitola studuje vliv přídatku hlinitanového cementu na vlastnosti použitého pojiva v podlahové směsi. Pojiva byla studována v přídatcích 30 % a 40 % hmot. v testovaných suchých směsích. Po namíchání byly u vzorků sledovány pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. U nejlepších vzorků byl pak stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata, reologické vlastnosti pomocí výtokového pohárku a tvrdost povrchu vpichem hranolu. Složení testovaných směsí je uvedeno v tabulkách č. 11 a č. 12. Výsledky jsou shrnuty v tabulkách č. 13 a č. 14 a na obrázcích č. 24 a č. 25.

Tabulka 11

Složení vzorků se 40 % pojiva

experiment č.		48.	49.	50.	51.	52.
CEM I 52,5 N	% hmot.	30	80	90	93	95
Secar 71		70	20	10	7	5
Jemný písek		150	150	150	150	150
Melment F10		1	1	1	1	1
Voda	ml	90	89	73	90	98

Tabulka 12

Složení vzorků se 30 % pojiva

experiment č.		53.	54.	55.	56.	57.
CEM I 52,5 N	% hmot.	30	80	90	95	93
Secar 71		70	20	10	5	7
Jemný písek		233	233	233	233	233
Melment F10		1	1	1	1	1
Voda	ml	130	134	113	122	114

Tabulka 13

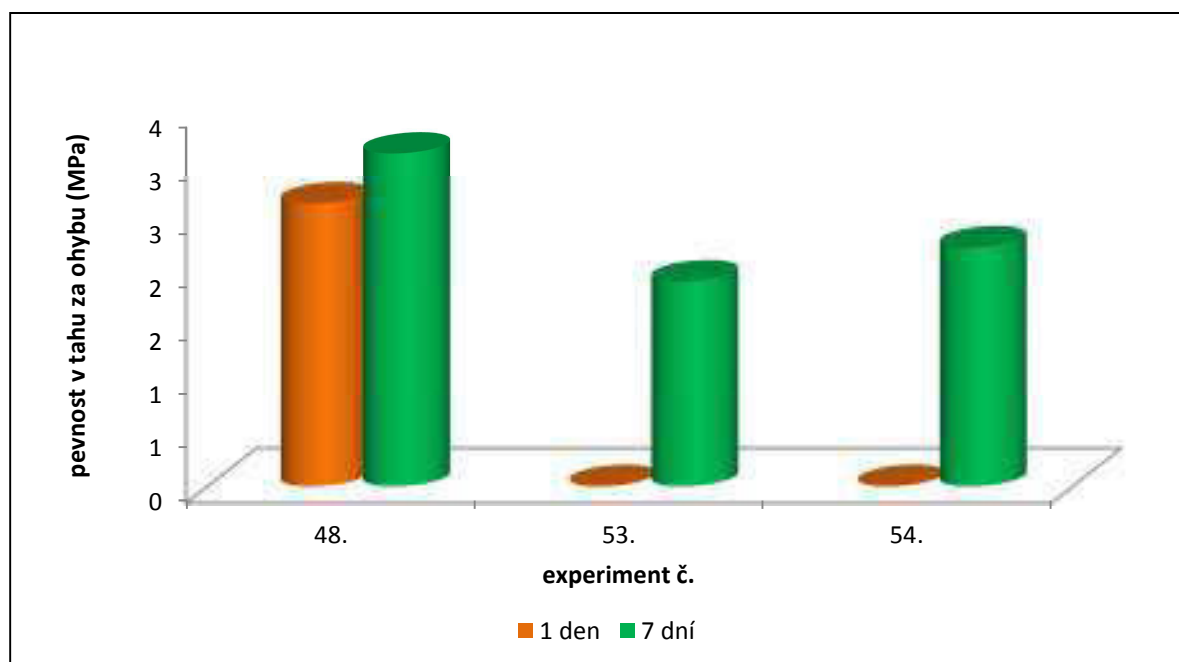
Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky se 30 % směsného pojiva

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
48.	2,64	2,64	F3	10,64	11,50	C12	1702,25	22,17
49.	0,00	0,00	-	0,00	6,95	C7	1750,50	2,22
50.	0,00	0,00	-	0,00	11,11	C7	1877,25	9,88
51.	0,00	0,00	-	0,00	4,61	C5	1617,75	0,37
52.	0,00	0,00	-	2,89	3,92	-	1457,50	7,52

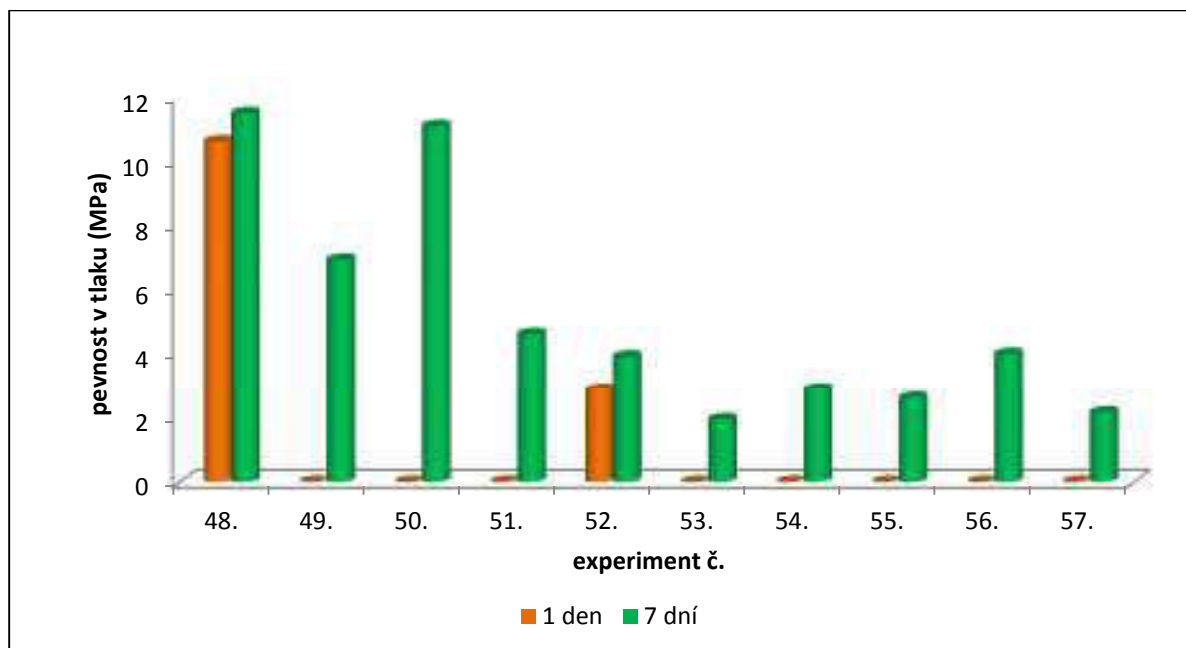
Tabulka 14

Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky se 40 % směsného pojiva

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
53.	0,00	1,93	F2	0,00	1,93	-	1505,75	3,72
54.	0,00	2,24	F2	0,00	2,90	-	1473,25	0,05
55.	0,00	0,00	-	0,00	2,60	-	1524,00	5,13
56.	0,00	0,00	-	0,00	4,00	-	1382,25	5,88
57.	0,00	0,00	-	0,00	2,14	-	1425,00	3,10

**Obrázek 24**

Vývoj pevností v tahu za ohybu u vzorků 48. - 57. v časové závislosti



Obrázek 25

Vývoj pevností v tlaku u vzorků 48. - 57. v časové závislosti

Cílem experimentu bylo dokázat vhodný poměr přídavku hlinitanového cementu do samonivelačních suchých směsí.

Všechny směsi byly připravovány tak, aby po přídavku vody měly stejnou konzistenci. Zpracování směsí bylo lehké a rychlé. Reologie výsledných směsí byla závislá na množství přidané vody. Pevnost v tahu za ohybu pro vzorky 48. -57. se pohybuje od 1,93 MPa do 2,64 MPa, přičemž nejvyšší hodnoty dosáhla směs č. 48 po 1 i 7 dnech. Pevnost v tlaku se pohybovala od 1,93 MPa do 11,5 MPa, přičemž nejlepších výsledků dosahovala opět směs č. 48. Tato směs dosáhla pevnosti v tahu za ohybu 2,64 MPa a pevnosti v tlaku 11,5 MPa, což dle normy ČSN EN 13813 (viz tabulky č. 6 a č. 7) odpovídá třídě F2 a C12. Tato směs měla dobré reologické vlastnosti, proto u ní byl stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata. Počátek tuhnutí nastal po 6 minutách (3 mm), konec tuhnutí po 45 minutách. Dále měla být u této směsi provedena zkouška tvrdosti, ale testovací kolečko i testovací trámeček se drolily při větší mechanické námaze, proto nebyla tvrdost této samonivelační podlahy určena.

Celkově byly pevnosti v tlaku pro tyto směsi naměřeny většinou až po 7 dnech, což znamená, že kromě směsi č. 48 a č. 52 není žádná z těchto směsí pochůzná po 1 dni, a tudíž by nebyly vhodným kandidátem na samonivelační podlahu.

5.2 Vliv přídavku uhličitanu litného na vlastnosti samonivelačních podlah

Tato kapitola studuje vliv přídavku uhličitanu litného, který je zde přidáván jako urychlovač tuhnutí, na vlastnosti podlahové směsi. Pojiva byla studována v přídavcích 30 % a 40 % hmot. v testovaných suchých směsích a uhličitan litný v přídavcích 0,1; 0,3; 0,5; 0,7; 1;2 a 5 % hmot. vztaženo na hmotnost pojiva. Po namíchání byly u vzorků sledovány pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. U nejlepších vzorků byl pak stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata, reologické vlastnosti pomocí výtokového pohárku a tvrdost povrchu vpichem hranolu. Složení testovaných směsí je uvedeno v tabulkách č. 15 a č. 16. Výsledky jsou shrnuty v tabulkách č. 17 a č. 18 a na obrázcích č. 26, č. 27, č. 28 a č. 29.

Tabulka 15

Složení vzorků se 40 % pojiva a přídavkem uhličitanu litného

experiment č.		66.	67.	68.	69.	59.	60.	61.
CEM I 52,5 N	% hmot.	80	80	80	80	30	30	30
Secar 71		20	20	20	20	70	70	70
Jemný písek		150	150	150	150	150	150	150
Melment F10		1	1	1	1	1	1	1
Li ₂ CO ₃		0,1	0,3	0,5	0,7	1	2	5
Voda	ml	80	80	70	80	88	85	123

Tabulka 16

Složení vzorků se 30 % pojiva a přídavkem uhličitanu litného

experiment č.		70.	71.	72.	73.	63.	64.	65.
CEM I 52,5 N	% hmot.	80	80	80	80	30	30	30
Secar 71		20	20	20	20	70	70	70
Jemný písek		233	233	233	233	233	233	233
Melment F10		1	1	1	1	1	1	1
Li ₂ CO ₃		0,1	0,3	0,5	0,7	1	2	5
Voda	ml	100	100	110	100	127	100	120

Tabulka 17

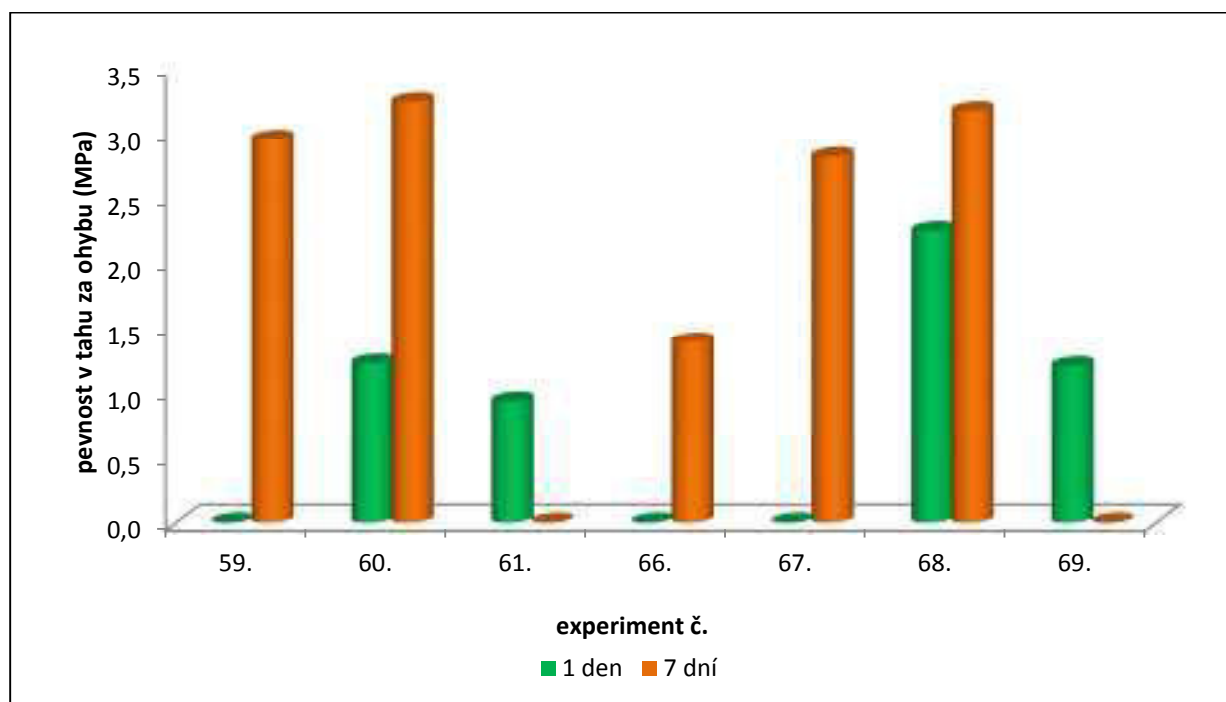
Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky se 40 % směsného pojiva

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
59.	0,00	2,95	F3	4,59	13,78	C12	1648,50	10,62
60.	1,22	3,24	F3	6,91	14,81	C12	1771,85	13,68
61.	0,93	0,00	F1	5,21	7,01	C7	1166,39	4,13
66.	0,00	1,39	F1	1,96	6,54	C7	1857,38	14,90
67.	0,00	2,81	F3	0,00	12,37	C12	1820,83	47,34
68.	2,25	3,17	F3	2,00	15,56	C16	1846,35	48,88
69.	1,20	3,07	F3	2,34	16,56	C16	1804,56	13,93

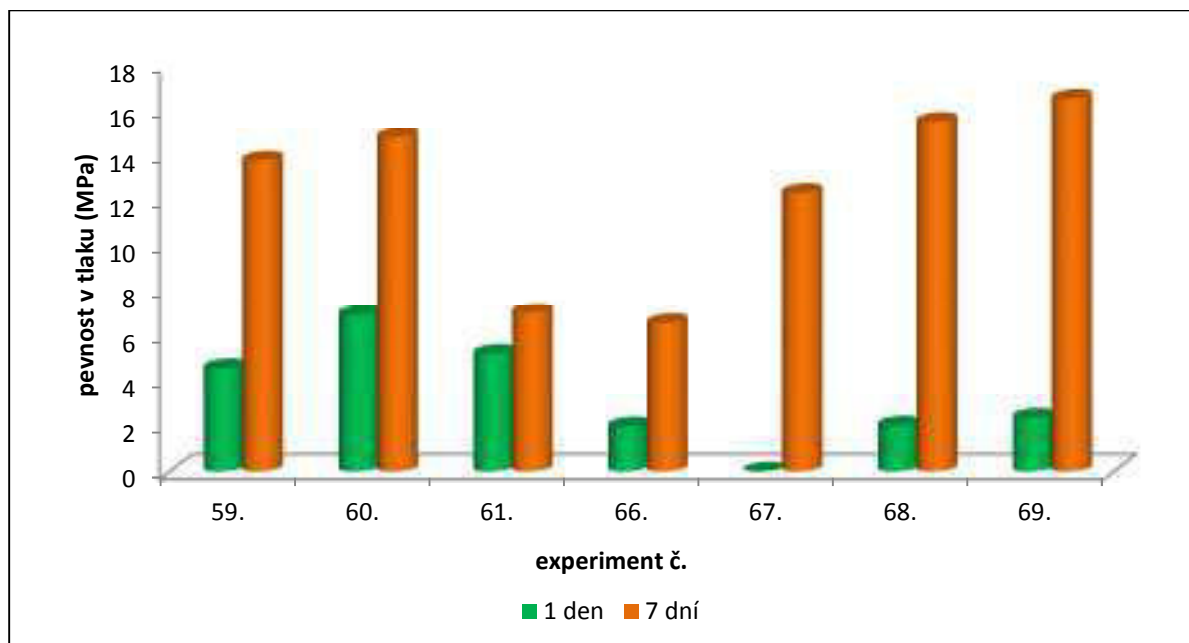
Tabulka 18

Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky se 30 % směsného pojiva

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
63.	0,00	0,00	-	0,00	5,35	C5	1398,81	11,41
64.	2,10	2,39	F2	3,92	10,13	C7	1688,03	7,39
65.	1,73	3,46	F3	5,27	10,90	C7	1519,05	10,89
70.	0,00	0,00	-	0,00	3,84	-	1685,84	18,63
71.	0,00	0,00	-	0,00	8,14	C7	1736,89	11,78
72.	0,00	0,00	-	0,00	7,30	C7	1648,55	16,82
73.	1,71	2,85	F3	2,16	10,91	C7	1766,53	22,13

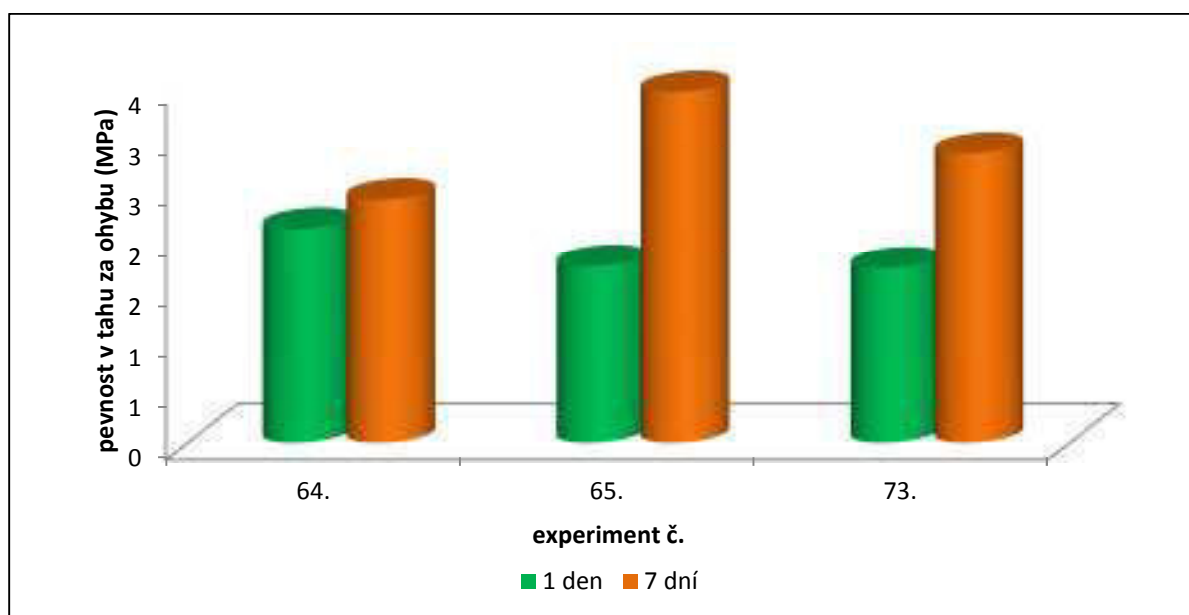
**Obrázek 26**

Vývoj pevností v tahu za ohybu u vzorků 59. - 69. v časové závislosti



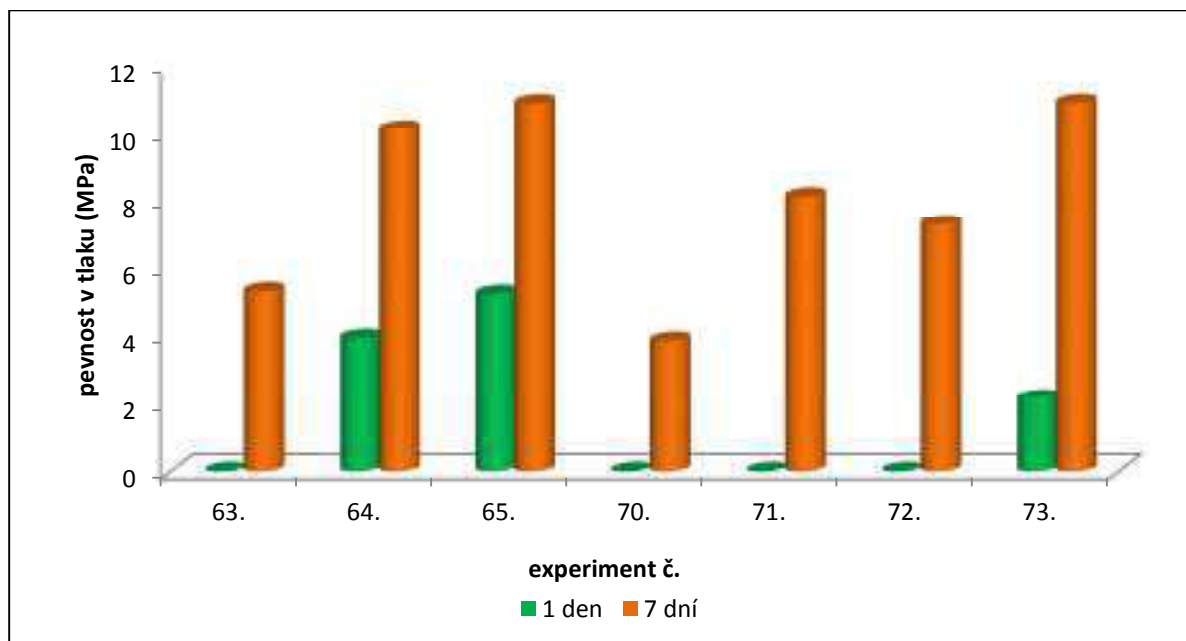
Obrázek 27

Vývoj pevností v tlaku u vzorků 59. - 69. v časové závislosti



Obrázek 28

Vývoj pevností v tahu za ohybu u vzorků 63. - 73. v časové závislosti



Obrázek 29

Vývoj pevností v tlaku u vzorků 63. - 73. v časové závislosti

Cílem experimentu bylo dokázat vhodný poměr přídavku uhličitanu litného do samonivelačních suchých směsí.

Všechny směsi byly připravovány tak, aby po přídavku vody měly stejnou konzistenci. Zpracování směsí bylo lehké a rychlé. Reologie výsledných směsí byla závislá na množství přidané vody. Pevnost v tahu za ohybu pro vzorky 59. - 73. se pohybuje od 1,2 MPa do 3,46 MPa, přičemž nejvyšších hodnot dosáhly směsi č. 60, č. 65, č. 68 po 7 dnech. Pevnost v tlaku se pohybovala od 1,96 MPa do 16,56 MPa, přičemž nejlepších výsledků dosahovaly směsi č. 60, č. 68, č. 69. Tyto směsi dosáhly pevnosti v tahu za ohybu 1,2 – 3,46 MPa a pevnosti v tlaku 2,00 – 16,56 MPa, což dle normy ČSN EN 13813 (viz tabulky č. 6 a č. 7) odpovídá třídám F3 a C7, C12 a C16. Tyto směsi měly dobré reologické vlastnosti, a proto byl u experimentu č. 68 stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata. Počátek tuhnutí nastal po 6 minutách (6 mm), konec tuhnutí po 19 minutách. Dále byla provedena orientační zkouška tvrdosti pro experiment č. 59, jehož tvrdost dosáhla 3,2 stupňů tvrdosti.

Přídavek uhličitanu litného se projevil jako vhodný modifikátor samonivelačních směsí, jelikož pevnosti v tahu za ohybu i v tlaku byly pro tyto směsi naměřeny již po 1 dni, což znamená, že směsi č. 60, č. 65., č. 68 a č. 69 jsou po této době pochůzné, a tudíž by byly vhodným kandidátem na samonivelační podlahu.

5.3 Vliv náhrady popílku za písek na vlastnosti samonivelačních podlah

Tato kapitola studuje vliv náhrady klasického popílku za normový písek na vlastnosti podlahové směsi. Pojiva byla studována v přídavcích 30 % hmot. v testovaných suchých směsích. Po namíchání byly u vzorků sledovány pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. U nejlepších vzorků byl pak stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata, reologické vlastnosti pomocí výtokového pohárku a tvrdost povrchu vpichem hranolu. Složení testovaných směsí je uvedeno v tabulce č. 19. Výsledky jsou shrnuty v tabulce č. 20 a na obrázcích č. 30 a č. 31.

Tabulka 19

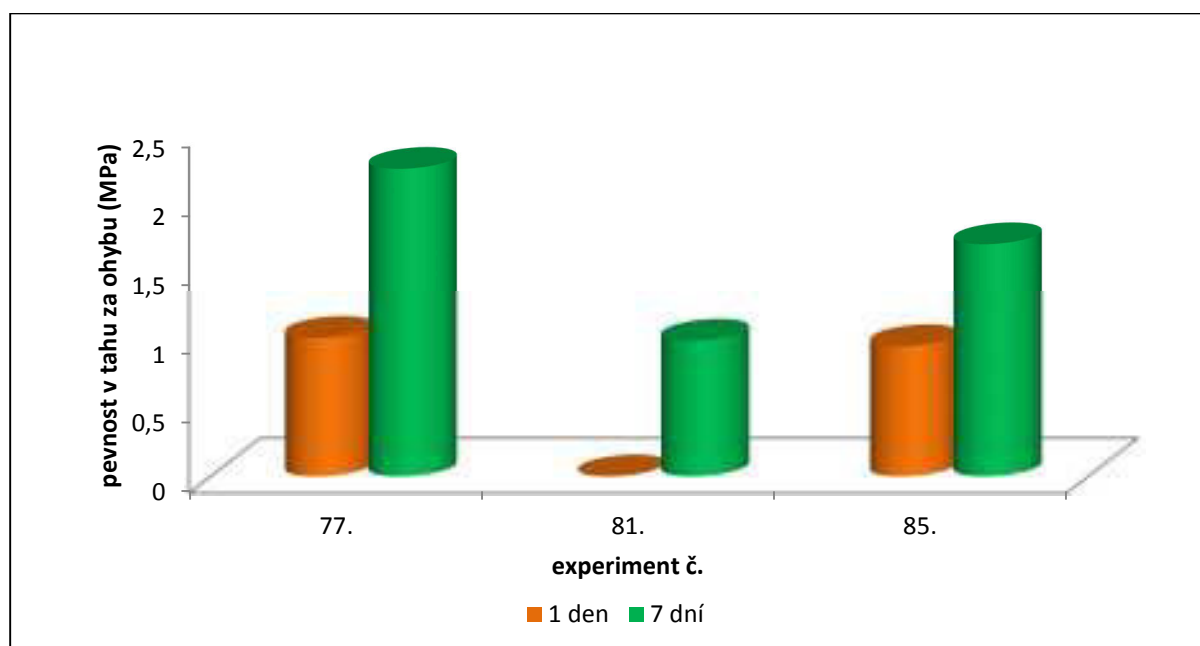
Složení vzorků se 30 % pojiva a s popílky

experiment č.		76.	77.	78.	79.	82.	83.	84.	85.
CEM I 52,5 N	% hmot.	70	70	70	70	70	70	70	70
Secar 71		30	30	30	30	30	30	30	30
Druhotná surovina		233	233	233	233	233	233	233	233
Melment F10		1	2	1	2	1	2	1	2
Voda	ml	155	150	230	250	175	185	145	145
Druhotná surovina		Popílek Počerady 5B		Struska		Popílek ET		Popílek EME AGLO	

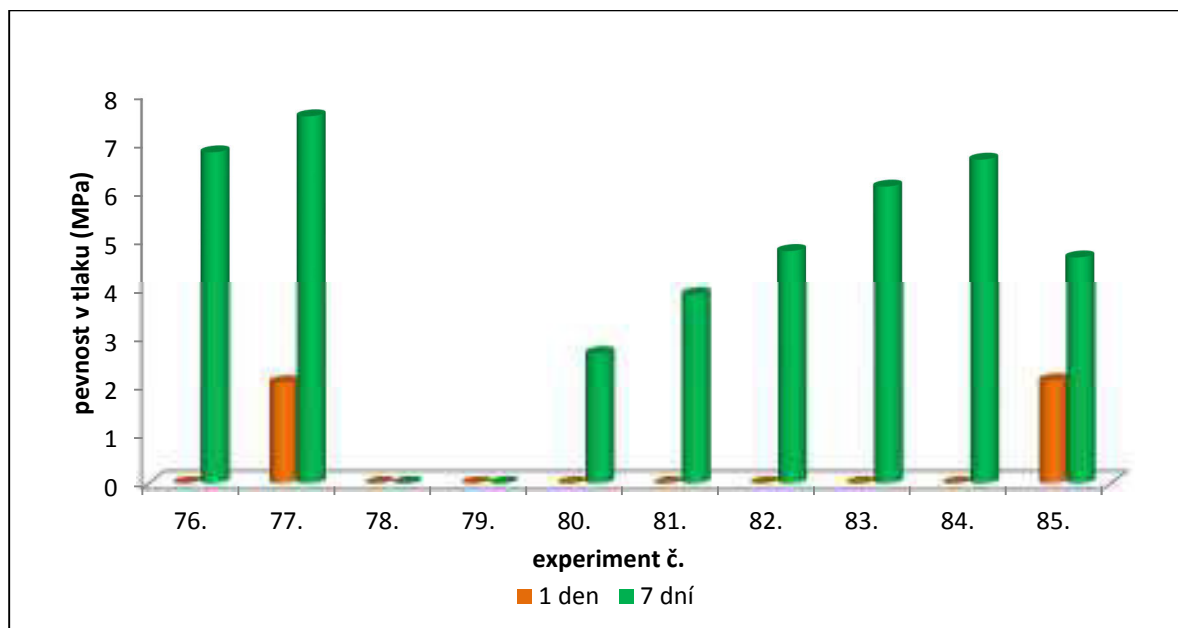
Tabulka 20

Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky s 30 % směsného pojiva a s popílky

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
76.	0,00	0,00	-	0,00	6,80	C5	1405,50	23,86
77.	1	2,23	F2	2,1	7,54	C7	1437,25	17,71
78.	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-	1152,50	28,92
79.	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-	1012,25	7,07
82.	0,00	0,00	-	0,00	4,76	C5	1303,25	39,82
83.	0,00	0,00	-	0,00	6,07	C5	1148,25	14,04
84.	0,00	0,00	-	0,00	6,65	C7	1324,00	34,54
85.	0,94	1,68	F2	2,14	4,63	C5	1308,75	20,60

**Obrázek 30**

Vývoj pevností v tahu za ohybu u vzorků 76. - 85. v časové závislosti



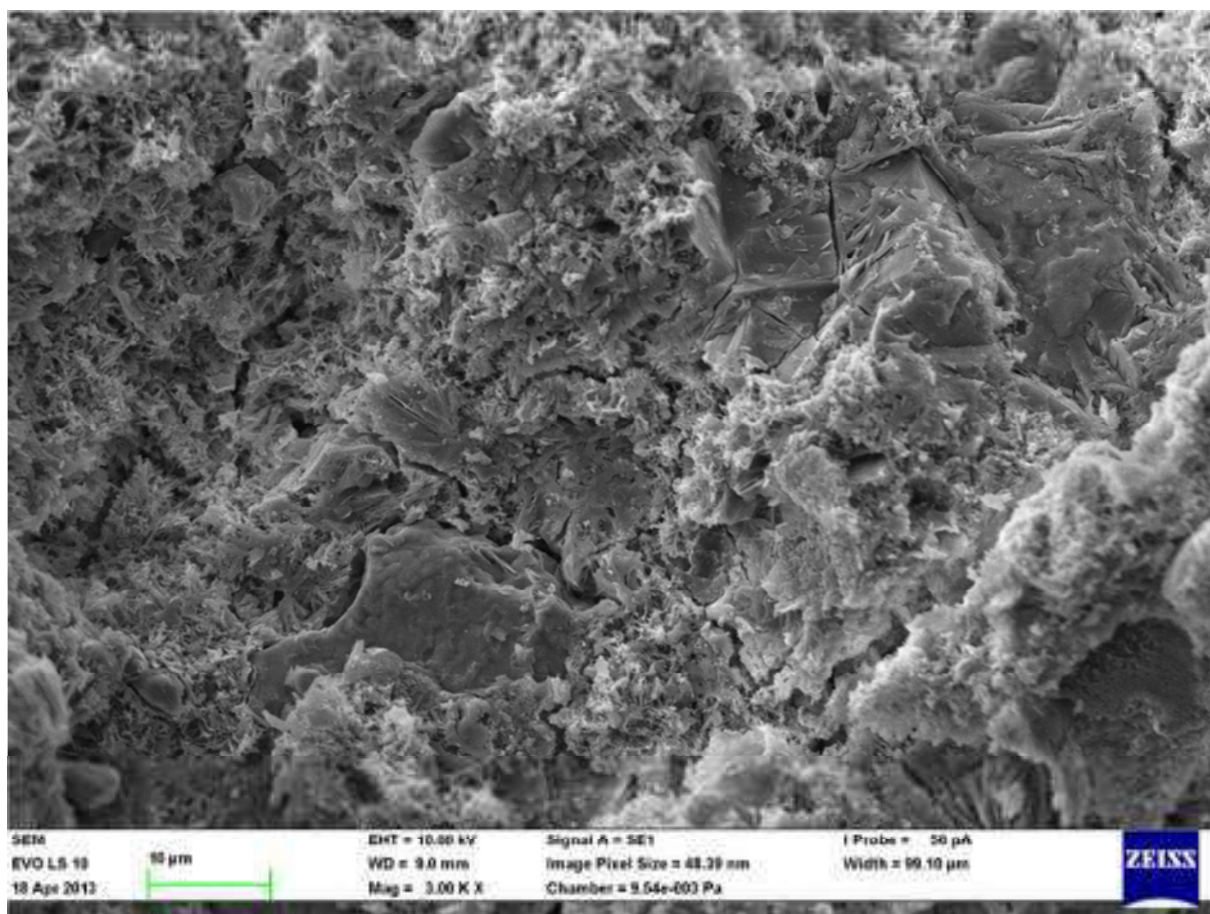
Obrázek 31

Vývoj pevností v tlaku u vzorků 76. - 85. v časové závislosti

Cílem experimentu bylo dokázat vhodný typ klasického popílku jako náhrady na normový písek na vlastnosti samonivelačních směsí.

Všechny směsi byly připravovány tak, aby po přidavku vody měly stejnou konzistenci. Zpracování směsí bylo lehké a rychlé. Reologie výsledných směsí byla závislá na množství přidané vody. Pevnost v tahu za ohybu pro vzorky 76. - 85. se pohybuje od 0,94 MPa do 2,23 MPa, přičemž nejvyšší hodnoty dosáhla směs č. 77 po 7 dnech. Pevnost v tlaku se pohybovala od 2,1 MPa do 7,54 MPa, přičemž nejlepších výsledků dosahovala opět směs č. 77. Tato směs dosáhla pevnosti v tahu za ohybu 2,23 MPa a pevnosti v tlaku 7,54 MPa, což dle normy ČSN EN 13813 (viz tabulky č. 6 a č. 7) odpovídá třídě F2 a C7. Tato série směsí měla dobré reologické vlastnosti, proto byl u experimentu č. 84 stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata. Počátek tuhnutí nastal po 6 minutách (3 mm), konec tuhnutí po 18 minutách. Dále měla být u nejlepší směsi provedena zkouška tvrdosti, ale testovací kolečko i testovací trámeček se drolily při větší mechanické námaze, proto nebyla tvrdost této samonivelační podlahy určena.

Celkově byly pevnosti v tlaku pro tyto směsi naměřeny většinou až po 7 dnech, což znamená, že kromě směsí č. 77 a č. 85 není žádná z těchto směsí pochůzná po 1 dni, a tudíž by nebyly vhodným kandidátem na samonivelační podlahu. Jako nejlepší typ klasického popílku pro náhradu za normový písek zde vystupuje klasický popílek Počerady 5B.



Obrázek 32

Záznam SEM analýzy zvětšení 3000× pro matrici experimentu č. 77

5.4 Vliv hemihydrátu síranu vápenatého a množství popílku ve vybraných kompozicích

Tato kapitola studuje vliv přídavku hemihydrátu síranu vápenatého. K testům byl použit hemihydrát komerčně dodávaný jako stavební sádra šedá (A) a hemihydrát připravený sušením energosádrovce na teplotu 110°C (B). Pojiva byla studována v přídavcích 30 % hmot. v testovaných suchých směsích a sádra (hemihydrát síranu vápenatého) v přídavcích 0,5; 1; 2 a 5 % hmot. vztaženo na hmotnost pojiva. Po namíchání byly u vzorků sledovány pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. U nejlepších vzorků byl pak stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata, reologické vlastnosti pomocí výtokového pohárku a tvrdost povrchu vpichem hranolu. Složení testovaných směsí je uvedeno v tabulkách č. 21 a č. 22. Výsledky jsou shrnuty v tabulkách č. 23 a č. 24 a na obrázcích č. 32 a č. 33.

Tabulka 21

Složení vzorků s popínkem a hemihydrátem síranu vápenatého (A)

experiment č.		86.	87.	88.	89.
CEM I 52,5 N	% hmot.	70	70	70	70
Secar 71		30	30	30	30
Popílek ET		233	233	233	233
Melment F10		1	1	1	1
Sádra		0,5	1	2	5
Voda	ml	180	220	155	130

Tabulka 22

Složení vzorků s popínkem a hemihydrátem síranu vápenatého (B)

experiment č.		90.	91.	92.	93.
CEM I 52,5 N	% hmot.	70	70	70	70
Secar 71		30	30	30	30
Popílek ET		233	233	233	233
Melment F10		1	1	1	1
Hemihydrát síranu vápenatého		0,5	1	2	5
Voda	ml	180	195	165	155

Tabulka 23

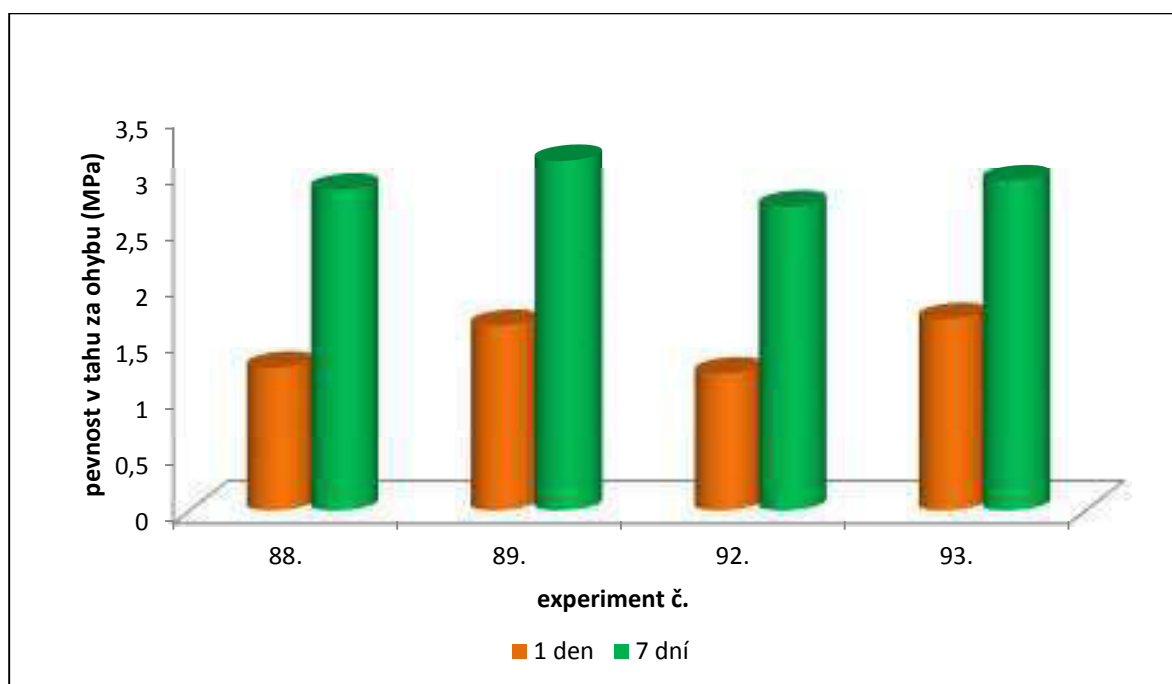
Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky s popínkem a hemihydrátem síranu vápenatého (A)

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
86.	0,00	0,00	-	0,00	3,36	-	1333,75	62,18
87.	0,00	0,00	-	0,00	0,00	-	1141,25	3,93
88.	1,25	2,84	F3	1,3	5,29	C5	1465,25	74,96
89.	1,63	3,11	F3	2,5	6,42	C7	1335,50	93,11

Tabulka 24

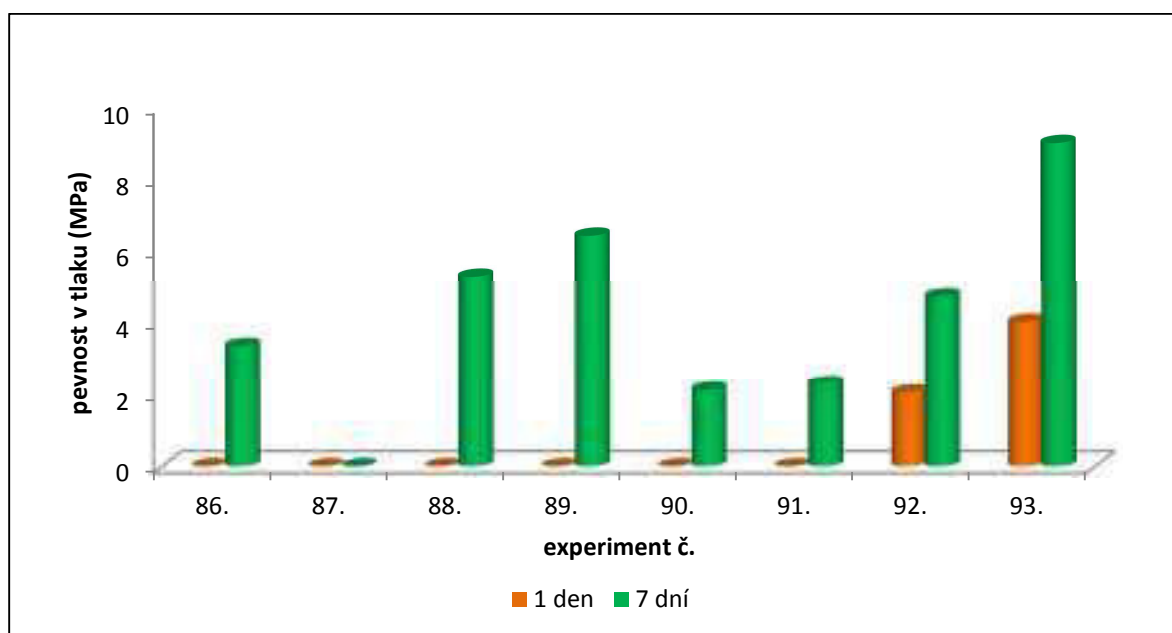
Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky s popínkem a hemihydrátem síranu vápenatého (B)

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
90.	0,00	0,00	-	0,00	2,12	-	1247,25	25,40
91.	0,00	0,00	-	0,00	2,31	-	1295,25	30,59
92.	1,2	2,69	F3	2,04	4,73	C5	1317,75	77,11
93.	1,69	2,92	F3	4,03	9,01	C7	1348,75	96,61



Obrázek 33

Vývoj pevností v tahu za ohybu u vzorků 86. - 93. v časové závislosti



Obrázek 34

Vývoj pevností v tlaku u vzorků 86. - 93. v časové závislosti

Cílem experimentu bylo dokázat vhodné množství hemihydrátu síranu vápenatého (B) a množství vybraných popílků v různých kompozicích tak, aby bylo dosaženo co nejlepších vlastností samonivelačních podlah.

Všechny směsi byly připravovány tak, aby po přidavku vody měly stejnou konzistenci. Zpracování směsi bylo lehké a rychlé. Reologie výsledných směsí byla závislá na množství přidané vody. Pevnost v tahu za ohybu pro vzorky 86. - 93. se pohybuje od 1,2 MPa do 3,1 MPa, přičemž nejvyšší hodnoty dosáhly směsi č. 89 a č. 93 po 7 dnech. Pevnost v tlaku se pohybovala od 2,04 MPa do 9,01 MPa, přičemž nejlepších výsledků dosahovaly opět směsi č. 89 a č. 93. Tyto směsi dosáhly pevnosti v tahu za ohybu pro č. 89 - 3,1 MPa, č. 93 - 2,92 MPa a pevnosti v tlaku pro č. 89 - 6,42 MPa, č. 93 - 9,01 MPa, což dle normy ČSN EN 13813 (viz tabulky č. 6 a č. 7) odpovídá třídám F3 a C7. Tyto směsi měly dobré reologické vlastnosti, proto u č. 89 byl stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata. Počátek tuhnutí nastal po 6 minutách (2 mm), konec tuhnutí po 23 minutách. Dále měla být u této směsi provedena zkouška tvrdosti, ale testovací kolečko i testovací trámeček se drolily při větší mechanické námaze, proto nebyla tvrdost této samonivelační podlahy určena.

Celkově byly pevnosti v tlaku pro tyto směsi naměřeny po 1 i 7 dnech. Kromě směsí č. 88, č. 89, č. 92 a č. 93 není žádná z těchto směsí pochůzná po 1 dni, a tudíž by nebyly vhodným kandidátem na samonivelační podlahu. Jako nejlepší kandidát zde vystupuje č. 93, kde byl použit klasický ET popílek a nejvhodnější poměr přidavku hemihydrátu síranu vápenatého (B).

5.5 Možnosti použití kombinace klasického vysokoteplotního popílku a kotelní strusky v samonivelačních systémech jako kameniva

Tato kapitola se věnuje možnostem náhrady pískové složky směsi alternativní surovinou, kdy jako alternativní suroviny zde byly testovány klasické popílky a kotelní struska. Pojiva byla studována v přídavicích 30 % hmot. v testovaných suchých směsích. Po namíchání byly u vzorků sledovány pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. U nejlepších vzorků byl pak stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata, reologické vlastnosti pomocí výtokového pohárku a tvrdost povrchu vpichem hranolu. Složení testovaných směsí je uvedeno v tabulkách č. 25 a č. 26. Výsledky jsou shrnuty v tabulce č. 27 a na obrázcích č. 34 a č. 35.

Tabulka 25

Složení vzorků s popínkem a pískem

experiment č.		94.	95.	96.	97.	98.	99.
CEM I 52,5 N	% hmot.	70	70	70	70	70	70
Secar 71		30	30	30	30	30	30
Jemný písek		116,5	116,5	116,5	116,5	116,5	116,5
Popílek		116,5	116,5	116,5	116,5	116,5	116,5
Melment F10		1	2	1	2	1	2
Voda	ml	125	200	140	115	130	120
Popílek		ET		EME AGLO		Počerady 5B	

Tabulka 26

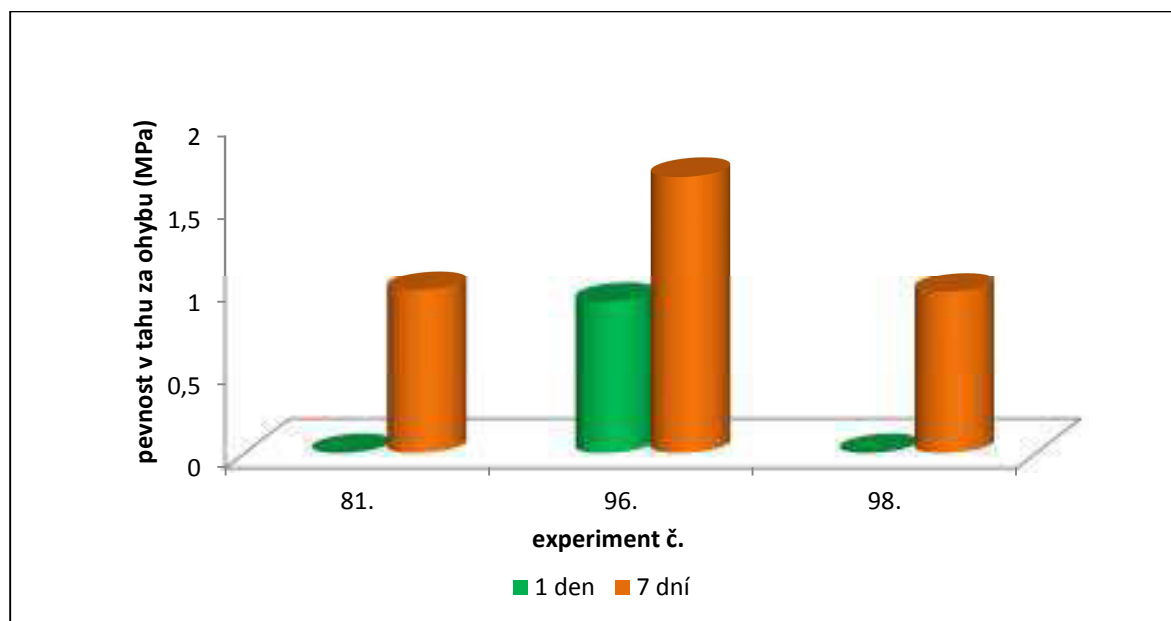
Složení vzorků s náhradou popílku a strusky za normový písek

experiment č.		80.	81.
CEM I 52,5 N	% hmot.	70	70
Secar 71		30	30
Popílek ET		116,5	116,5
Struska		116,5	116,5
Melment F10		1	2
Voda	ml	185	175

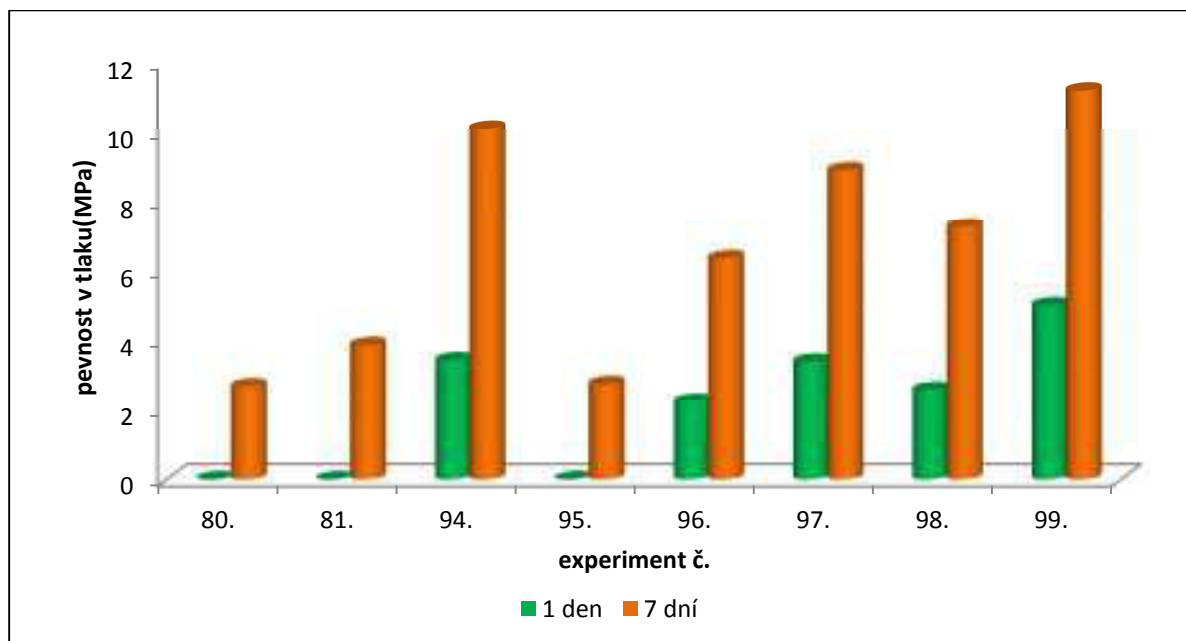
Tabulka 27

Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky 80., 81., 94. – 99.

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
80.	0,00	0,00	-	0,00	2,68	-	1287,00	37,67
81.	0,00	0,98	F1	0,00	3,86	-	1317,50	52,70
94.	0,00	0,00	-	3,43	10,10	C7	1470,75	70,54
95.	0,00	0,00	-	0,00	2,75	-	1232,00	4,29
96.	0,91	1,67	F2	2,24	6,38	C5	1393,50	45,69
97.	0,00	0,00	-	3,39	8,91	C7	1578,00	76,46
98.	0,00	0,97	F1	2,58	7,29	C7	1453,00	45,44
99.	0,00	0,00	-	5,04	11,20	C7	1522,50	29,01

**Obrázek 35**

Vývoj pevností v tahu za ohybu u vzorků 80., 81., 94. - 99. v časové závislosti



Obrázek 36

Vývoj pevností v tlaku u vzorků 80., 81., 94. - 99. v časové závislosti

Cílem experimentu bylo dokázat optimální kombinaci klasického vysokoteplotního popílku a kotelní strusky do samonivelačních směsí.

Všechny směsi byly připravovány tak, aby po přidavku vody měly stejnou konzistenci. Zpracování směsí bylo lehké a rychlé. Reologie výsledných směsí byla závislá na množství přidané vody. Pevnost v tahu za ohybu pro vzorky 80. - 81. a 94. - 99. se pohybuje od 0,91 MPa do 1,67 MPa, přičemž nejvyšší hodnoty dosáhla směs č. 96 po 1 i 7 dnech. Pevnost v tlaku se pohybovala od 2,24 MPa do 11,2 MPa, přičemž nejlepších výsledků dosahovaly směsi č. 96 a č. 99. Směs č. 96 dosáhla pevnosti v tahu za ohybu 1,67 MPa a pevnosti v tlaku 6,38 MPa, což dle normy ČSN EN 13813 (viz tabulky č. 6 a č. 7) odpovídá třídě F2 a C7. Směs č. 99 dosáhla sice vysokých pevností v tlaku (11,2 MPa), ale nedosáhla žádných pevností v tahu za ohybu ani po 7 dnech. Směs č. 96 měla dobré reologické vlastnosti, proto u ní byl stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata. Počátek tuhnutí nastal po 3 minutách (8 mm), konec tuhnutí po 35 minutách. Dále byla provedena orientační zkouška pevnosti u směsi č. 97, jehož tvrdost dosáhla 6 stupňů tvrdosti.

Celkově byly pevnosti v tlaku po 7 dnech pro směsi č. 96 a č. 99 vysoké. Dobrých výsledků bylo zřejmě dosaženo díky přidavku vhodných klasických popílků EME AGLO a Počerady 5B. Tyto dvě směsi by byly jediným vhodným kandidátem z této skupiny experimentů na samonivelační podlahu.

5.6 Vliv množství hemihydrátu síranu vápenatého na vlastnosti směsí pouze na bázi pojivo - popílek

Tato kapitola studuje vliv hemihydrátu síranu vápenatého (B) na vlastnosti podlahových směsí. Pojiva byla studována v přidavcích 30 % hmot. v testovaných suchých směších, kde hemihydrát síranu vápenatého (B) byl přidáván v množství 0,5; 1; 2; 3; 4 a 5 % hmot. vztaženo na hmotnost pojiva. Normový písek byl zde zcela nahrazen klasickým popínkem. Po namíchání byly u vzorků sledovány pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. U nejlepších vzorků byl pak stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata, reologické vlastnosti pomocí výtakového pohárku a tvrdost povrchu vpichem hranolu. Složení testovaných směsí je uvedeno v tabulce č. 28. Výsledky jsou shrnuty v tabulce č. 29 a na obrázcích č. 36 a č. 37.

Tabulka 28

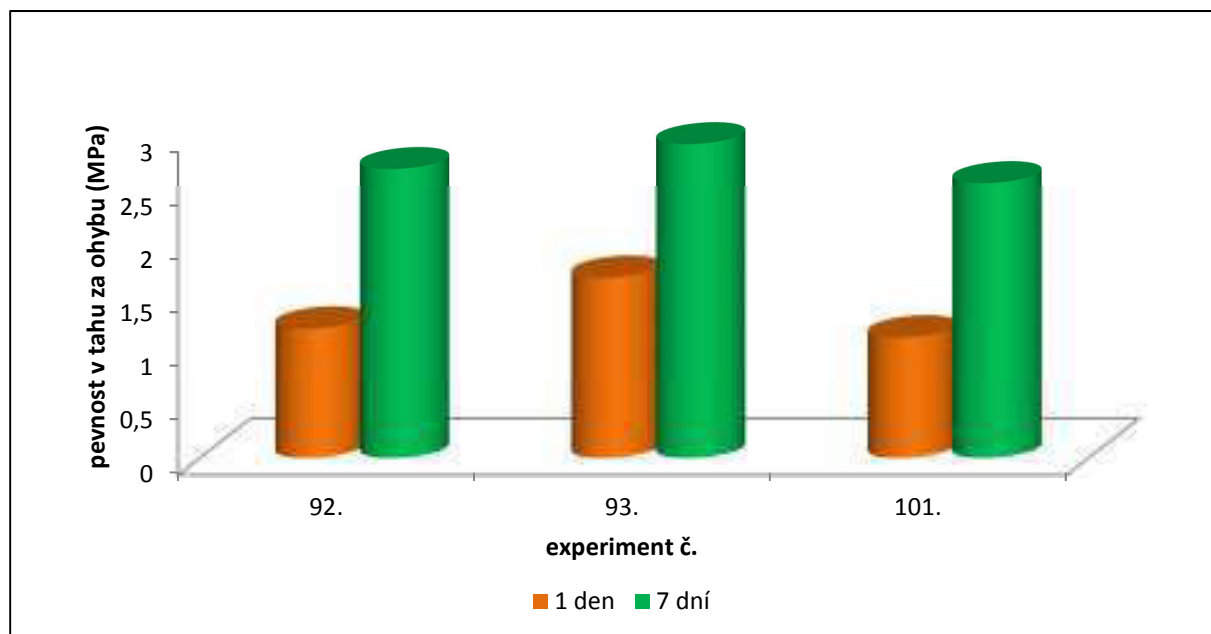
Složení vzorků s popínkem a hemihydrátem síranu vápenatého (B)

experiment č.		90.	91.	92.	100.	101.	93.
CEM I 52,5 N	% hmot.	70	70	70	70	70	70
Secar 71		30	30	30	30	30	30
Popílek ET		233	233	233	233	233	233
Melment F10		1	1	1	1	1	1
Hemihydrát síranu vápenatého		0,5	1	2	3	4	5
Voda	ml	180	195	165	185	175	155

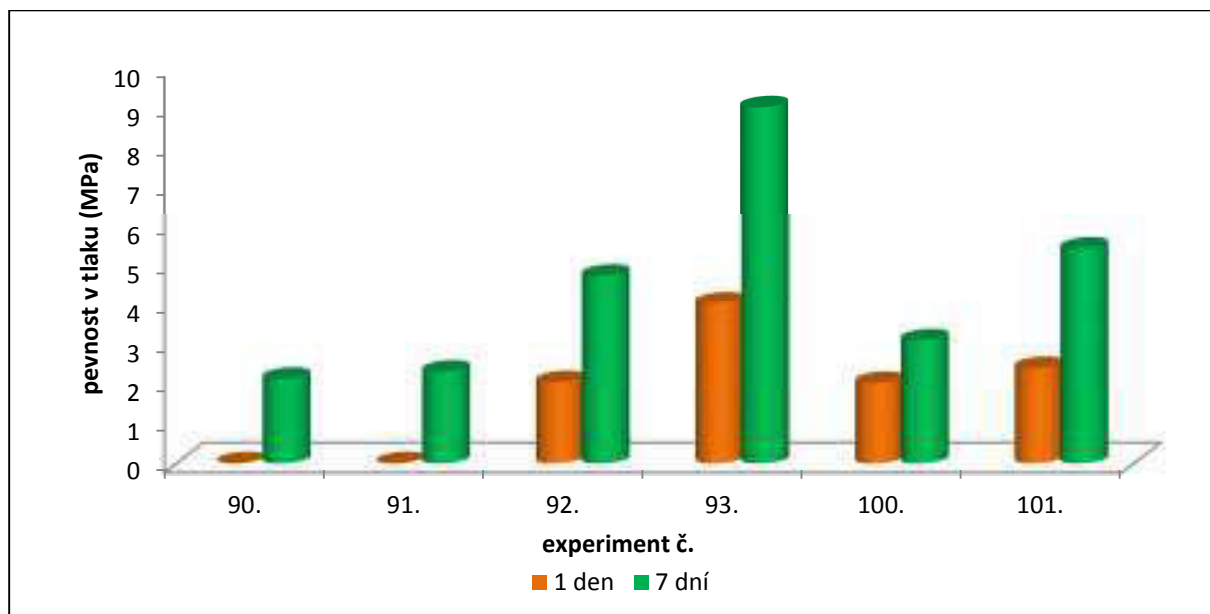
Tabulka 29

Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky s popínkem a hemihydrátem síranu vápenatého (B)

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
90.	0,00	0,00	-	0,00	2,12	-	1247,25	25,40
91.	0,00	0,00	-	0,00	2,30	-	1295,25	30,59
92.	1,2	2,69	F3	2,04	4,73	C5	1317,75	77,11
100.	0,00	0,00	-	2,02	3,08	-	1228,00	35,89
101.	1,12	2,56	F3	2,39	5,41	C5	1371,75	54,60
93.	1,69	2,92	F3	4,03	9,01	C7	1348,75	96,61

**Obrázek 37**

Vývoj pevností v tahu za ohybu u vzorků 92., 93., 101. v časové závislosti



Obrázek 38

Vývoj pevností v tlaku u vzorků 90., 91., 92., 93., 100., 101. v časové závislosti

Cílem experimentu bylo dokázat vhodné množství přídavku hemihydrátu síranu vápenatého (B) na vlastnosti směsi pouze na bázi pojivo - popílek.

Všechny směsi byly připravovány tak, aby po přídavku vody měly stejnou konzistenci. Zpracování směsi bylo lehké a rychlé. Reologie výsledných směsí byla závislá na množství přidané vody. Pevnost v tahu za ohybu pro vzorky 90. - 93. a 100. – 101. se pohybuje od 1,12 MPa do 2,92 MPa, přičemž nejvyšší hodnoty dosáhla směs č. 93 po 1 i 7 dnech. Pevnost v tlaku se pohybovala od 2,92 MPa do 9,01 MPa, přičemž nejlepších výsledků dosahovala opět směs č. 93. Tato směs dosáhla pevnosti v tahu za ohybu 2,92 MPa a pevnosti v tlaku 9,01 MPa, což dle normy ČSN EN 13813 (viz tabulky č. 6 a č. 7) odpovídá třídě F3 a C7. Tato směs měla dobré reologické vlastnosti, proto u ní byl stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata. Počátek tuhnutí nastal po 6 minutách (1 mm), konec tuhnutí po 95 minutách. Dále měla být u této směsi provedena zkouška tvrdosti, ale testovací kolečko i testovací trámeček se drolily při větší mechanické námaze, proto nebyla tvrdost této samonivelační podlahy určena.

Celkově byly pevnosti v tlaku pro tyto směsi nižší i po 7 dnech. Nejlepších vlastností dosáhla směs č. 93 díky optimálnímu přídavku hemihydrátu síranu vápenatého (B), a proto by byla vhodným kandidátem na samonivelační podlahu. Pochůzně po 1 dni jsou také směsi č. 92 a č. 101. Ostatní směsi nejsou pochůzně po 1 dni, a tudíž by nebyly vhodným kandidátem na samonivelační podlahu.

5.7 Vliv poměru hlinitanového a portlandského cementu na vlastnosti samonivelačních podlah

Tato kapitola studuje vliv hemihydrátu síranu vápenatého (B) a různého poměru pojiv na vlastnosti podlahových směsí. Pojiva byla studována v přídavcích 30 % hmot. v testovaných suchých směších, kde hemihydrát síranu vápenatého (B) byl přidáván v množství 2; 3; 4 a 5 % hmot. vztaženo na hmotnost pojiva. Normový písek byl zde zcela nahrazen klasickým popínkem. Po namíchání byly u vzorků sledovány pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku. U nejlepších vzorků byl pak stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata, reologické vlastnosti pomocí výtokového pohárku a tvrdost povrchu vpichem hranolu. Složení testovaných směsí je uvedeno v tabulkách č. 30, č. 31, č. 32 a č. 33. Výsledky jsou shrnuty v tabulkách č. 34, č. 35 a na obrázcích č. 38 a č. 39.

Tabulka 30

Složení vzorků s náhradou popílku EME AGLO za písek, s uhličitánem litným a hemihydrátem síranu vápenatého (B)

experiment č.		106.	107.	108.	109.
CEM I 52,5 N	% hmot.	30	30	30	30
Secar 71		70	70	70	70
Popílek EME AGLO		233	233	233	233
Hemihydrát síranu vápenatého		2	3	4	5
Li ₂ CO ₃		0,5	1	2	5
Melment F10	ml	1	1	1	1
Voda		165	160	170	150

Tabulka 31

Složení vzorků s náhradou popílku Počerady 5B za písek, s uhličitánem litným a hemihydrátem síranu vápenatého (B)

experiment č.		110.	111.	112.	113.
CEM I 52,5 N	% hmot.	30	30	30	30
Secar 71		70	70	70	70
Popílek Počerady 5B		233	233	233	233
Hemihydrát síranu vápenatého		2	3	4	5
Li ₂ CO ₃		0,5	1	2	5
Melment F10	ml	1	1	1	1
Voda		160	140	165	170

Tabulka 32

Složení vzorků s náhradou popílku ET za písek, s uhličitánem litným a hemihydrátem síranu vápenatého (B)

experiment č.		114.	115.	116.	117.
CEM I 52,5 N	% hmot.	30	30	30	30
Secar 71		70	70	70	70
Popílek ET		233	233	233	233
Hemihydrát síranu vápenatého		2	3	4	5
Li ₂ CO ₃		0,5	1	2	5
Melment F10	ml	1	1	1	1
Voda		170	170	175	225

Tabulka 33

Složení vzorků s náhradou popílku EME AGLO za písek, s uhlíčanem litným a hemihydrátem síranu vápenatého (B)

experiment č.		118.	119.	120.	121.
CEM I 52,5 N	% hmot.	70	70	70	70
Secar 71		30	30	30	30
Popílek EME AGLO		233	233	233	233
Hemihydrát síranu vápenatého		2	3	4	5
Li ₂ CO ₃		0,5	1	2	5
Melment F10		1	1	1	1
Voda	ml	170	115	200	135

Tabulka 34

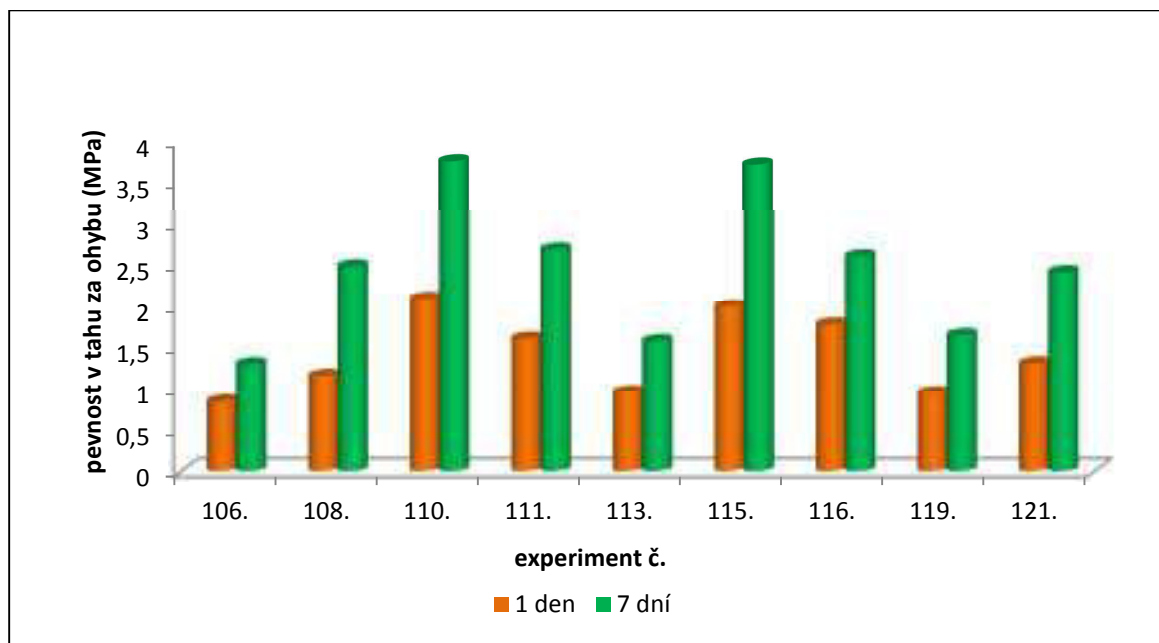
Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky s popílky

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
106.	0,84	1,30	F1	5,53	9,87	C7	1358,25	77,70
107.	0,00	0,00	-	5,69	6,12	C5	1381,25	60,35
108.	1,16	2,49	F2	3,67	5,12	C5	1380,75	59,50
109.	0,00	0,00	-	6,58	9,63	C7	1542,50	79,82
110.	2,10	3,76	F4	4,74	11,47	C12	1371,00	45,28
111.	1,61	2,69	F3	6,18	10,54	C7	1477,50	75,39
112.	0,00	0,00	-	4,07	8,98	C7	1282,50	10,24
113.	0,96	1,58	F2	3,99	5,46	C5	1360,50	19,91
114.	0,00	0,00	-	4,59	7,18	C7	1338,25	74,65
115.	2,00	3,72	F4	4,27	6,26	C5	1353,25	77,82
116.	1,78	2,61	F3	4,06	4,94	C5	1463,00	73,67
117.	0,00	0,00	-	0,00	2,77	-	1257,75	8,30

Tabulka 35

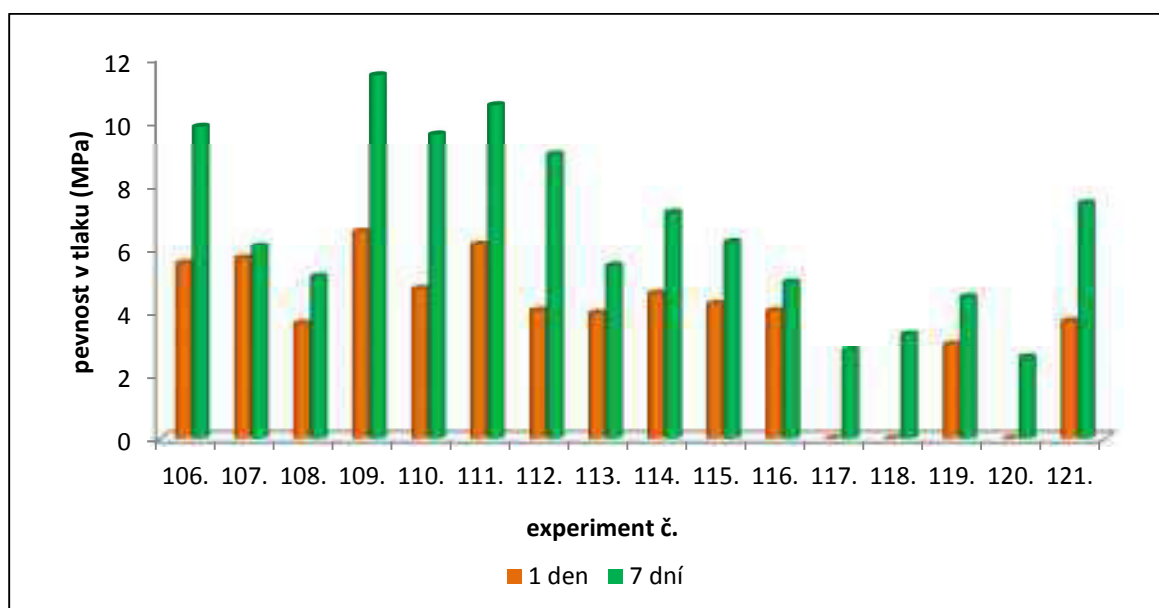
Přehled vývoje pevností v tahu za ohybu a v tlaku, objemové hmotnosti a kinematické viskozity pro vzorky s popílky

experiment č.	Pevnost v tahu za ohybu (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Pevnost v tlaku (MPa)		Třída pevnosti dle normy (N/mm ²)	Objemová hmotnost (kg/m ³)	Kinematická viskozita (mm ² s ⁻¹)
	1 den	7 dní		1 den	7 dní			
118.	0,00	0,00	-	0,00	3,33	-	1475,50	76,39
119.	0,95	1,65	F2	3,01	4,49	C5	1580,00	73,53
120.	0,00	0,00	-	0,00	2,55	-	1314,00	15,95
121.	1,31	2,42	F2	3,74	7,46	C7	1384,75	54,46



Obrázek 39

Vývoj pevností v tahu za ohybu u vzorků 106. - 121. v časové závislosti



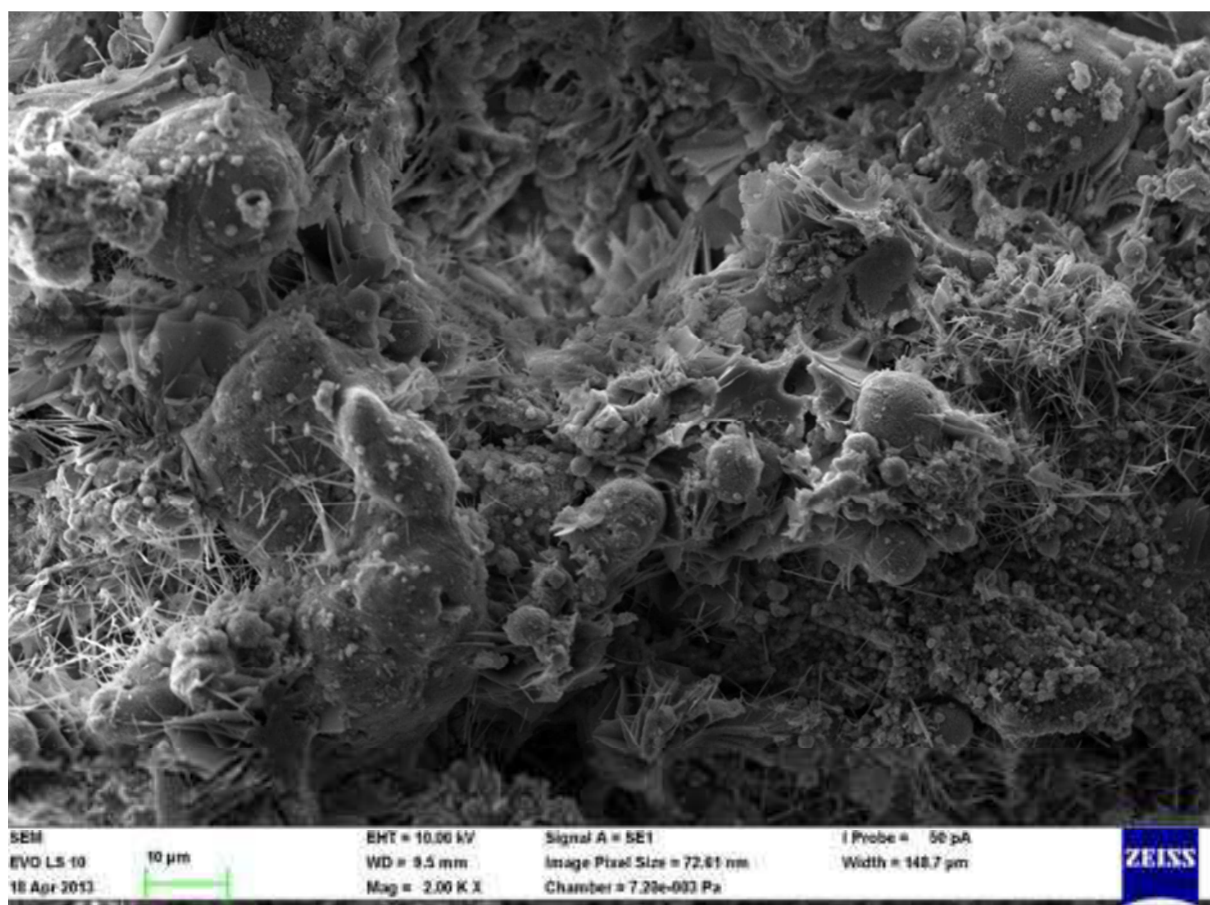
Obrázek 40

Vývoj pevností v tlaku u vzorků 106. - 121. v časové závislosti

Cílem experimentu bylo dokázat vhodný poměr hlinitanového a portlandského cementu do samonivelačních směsí.

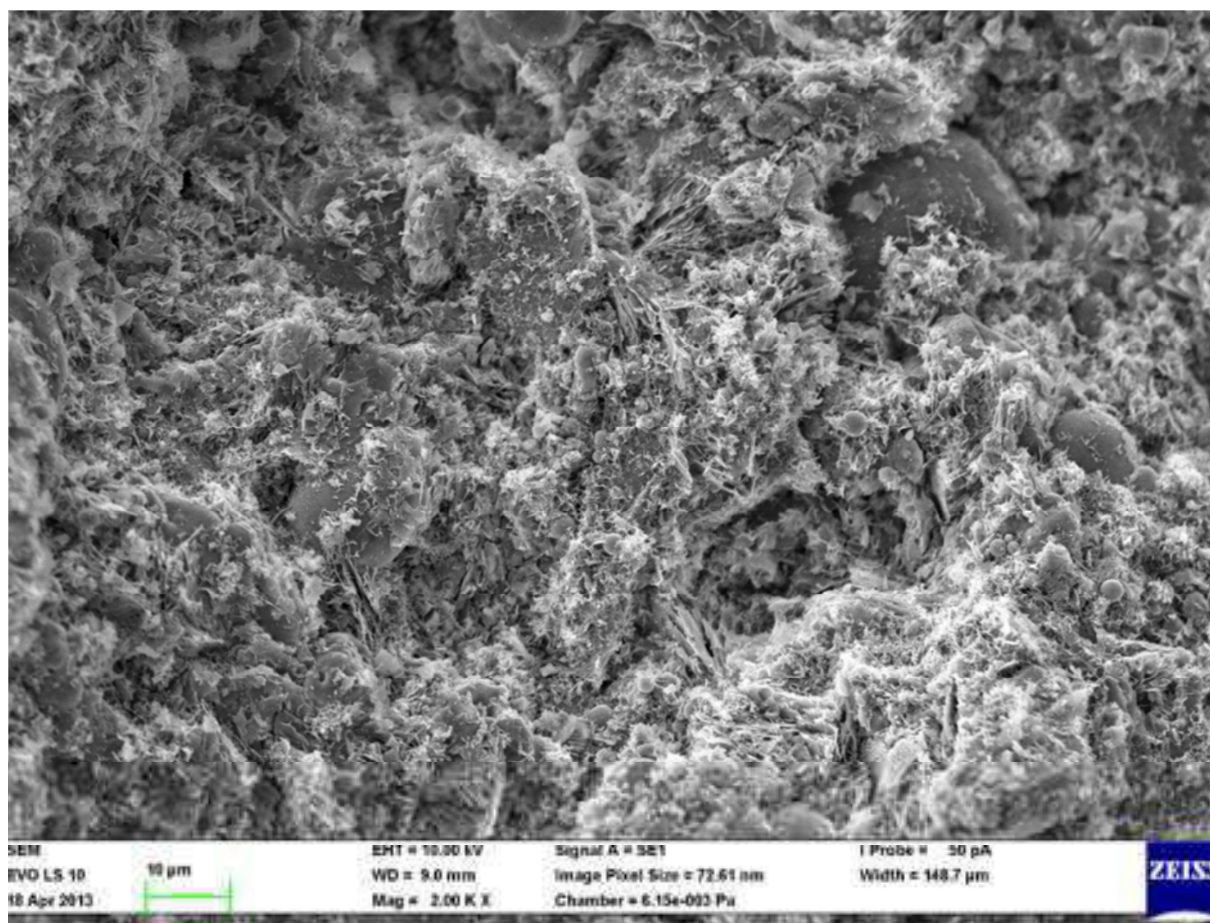
Všechny směsi byly připravovány tak, aby po přidavku vody měly stejnou konzistenci. Zpracování směsí bylo lehké a rychlé. Reologie výsledných směsí byla velice závislá na množství přidané vody. Pevnost v tahu za ohybu pro vzorky 106. -121. se pohybuje od 0,84 MPa do 3,76 MPa, přičemž nejvyšší hodnoty dosáhla směs č. 110 po 1 i 7 dnech. Pevnost v tlaku se pohybovala od 2,55 MPa do 11,47 MPa, přičemž nejlepších výsledků dosahovala opět směs č. 110. Tato směs dosáhla pevnosti v tahu za ohybu 3,76 MPa a pevnosti v tlaku 11,47 MPa, což dle normy ČSN EN 13813 (viz tabulky č. 6 a č. 7) odpovídá třídě F4 a C12. Směs č. 111 měla dobré reologické vlastnosti, proto u ní byl stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata. Počátek tuhnutí nastal po 6 minutách (4 mm), konec tuhnutí po 10 minutách. Dále byla provedena orientační zkouška tvrdosti u této směsi, jejíž tvrdost dosáhla 6,2 stupňů tvrdosti.

Celkově byly pevnosti v tlaku pro směsi s vyšším obsahem hlinitanového cementu vysoké již po 1 dni, což bylo způsobeno právě přidavkem hlinitanového cementu. Jelikož je používání hlinitanového cementu do samonivelačních podlah neekonomické, žádná z těchto není vhodná jako kandidát pro samonivelační podlahy a série těchto experimentů mohou být považovány pouze jako srovnávací. Ze série experimentů s nižším obsahem hlinitanového cementu by mohla být považována za kandidáta na samonivelační podlahy směs č. 121, která dosahovala slušných pevností v tahu za ohybu i v tlaku po 1 i 7 dnech. Důvodem by opět mohl být vhodný přírůstek hemihydrátu síranu vápenatého (B) a použití klasického popílku EME AGLO.



Obrázek 41

Záznam SEM analýzy zvětšení 2000× pro matrici experimentu č. 111



Obrázek 42

Záznam SEM analýzy zvětšení 2000× pro matrici experimentu č. 121

6 Závěr

Tato bakalářská práce se zabývá optimálním využitím druhotných surovin jako příměsí, které ovlivňují vlastnosti samonivelačních podlah. Dalším cílem bylo dosáhnout přibližně stejných nebo lepších vlastností, jako komerčně dodávané samonivelační směsi.

Jemný písek byl ve směsích částečně i zcela nahrazován vysokoteplotními klasickými popílkami či kotelní struskou. Byly zde použity konkrétně tři popílků, a to popílek Počerady 5B, popílek ET - Tušimice a popílek EME AGLO - Mělník. Samonivelační podlahy byly dále upravovány přísádkou hemihydrátu síranu vápenatého komerčně dodávaného jako sádra šedá, hemihydrátu síranu vápenatého připraveného přesušením z energosádrovce při 110 °C, uhličitánem litným a superplastifikátorem na bázi melaminformaldehydové pryskyřice Melmentem F10.

Záměrem bylo vytvořit takovou samonivelační směs, která by měla stejné nebo vyšší hodnoty pevnosti v tahu za ohybu i v tlaku a vyšší rychlost tuhnutí, za účelem pochůznosti v co nejkratším časovém intervalu, což by poskytovalo značné výhody ve stavebnictví, kde je požadavek na čas dominantním faktorem.

Celkem bylo testováno 73 samonivelačních podlah. Pro každý experiment byly získány pevnosti po 1 a 7 dnech v tlaku a v tahu za ohybu, objemová hmotnost a kinematická viskozita. Zkoušky pevností po 28 dnech v tlaku a v tahu za ohybu se obvykle udávají, ale pro tuto práci byly stěžejní pevnosti po 1 a 7 dnech kvůli pochůznosti samonivelačních podlah, proto zde pevnosti po 28 dnech nejsou uvedeny. Pro nejlepší vzorky byl stanoven počátek a konec tuhnutí dle Vicata a tvrdost.

Série experimentů ukazuje, že optimální přísádkou směsného pojiva (hlinitanového a portlandského cementu) je 30 % hmot. Dále optimální přísádkou uhličitánu litného, jako urychlovače tuhnutí, je 5 % hmot. a přísádkou superplastifikátoru F10 je 1 % hmot. Samonivelační směsi s těmito obsahy výše uvedených složek dosahovaly dobrých mechanických vlastností, a proto byly na základě těchto poměrů zkoumány dále i s přísádkou klasických vysokoteplotních popílků a kotelní strusky (škváry).

V sériích experimentů s přísádkou klasického popílku a kotelní strusky jako druhotné suroviny byly vyhodnoceny jako nejlepší experimenty č. 77, č. 93, č. 94, č. 110 a č. 121. Všechny tyto experimenty dosáhly třídy pevnosti v tlaku C7 a třídy v tahu za ohybu F1, popřípadě F2 (viz tabulky č. 6 a č. 7). Jako optimální druhotné suroviny se projevily klasické popílků, kde směsi s jejich přísádkou dosahovaly vysokých pevností. Naopak jako nevhodná druhotná surovina se projevila kotelní struska, kde směsi s jejím přísádkou nedosahovaly žádných pevností, což bylo pravděpodobně způsobeno tvarem jejich částic a poměrně velkou afinitou k vodě.

Dle získaných 1 a 7 denních pevností a ve srovnání s komerčními podlahami, které jsou dostupné na stránkách firem Cemix, Fortemix, Cemex apod. by se dalo říci, že mnou připravené samonivelační podlahy s nejlepšími výsledky by bylo možné využít pro různé aplikace ve stavebnictví, jako například v obytných místnostech, kancelářích, nemocničních pokojích a v chodbách v obytných i administrativních budovách.

V této bakalářské práci jsem dosáhla dobrých a zajímavých výsledků. Do budoucna bych doporučila pokračovat ve výzkumu vlastností samonivelačních podlah, jelikož je to ve stavebnictví stále aktuální téma.

7 Seznam použité literatury

- [1] Liquid Floor Screed or Self Levelling Floor Screed. JCW Floor screeding [online]. 2011 [cit. 2013-03-01]. Dostupné z: <http://www.floorscreeding.co.uk/>
- [2] Sakret cz [online]. 2009 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: http://www.sakret.cz/docs/ke_stazeni/afe.pdf
- [3] Nacko - průmyslové podlahy s.r.o [online]. 2005 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.nacko.cz/product.php?subid1=pro4>
- [4] Restoring an Uneven Concrete Floor With Self Leveling Concrete Overlays. EHow. 2012. Dostupné z: <http://ezinearticles.com/?Restoring-an-Uneven-Concrete-Floor-With-Self-Leveling-Concrete-Overlays&id=6933052>
- [5] Anhydritové podlahy [online]. 2013 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.anhydritovepodlahy.eu/anhydrit>
- [6] Anhydritové podlahy. Profimat [online]. 2001 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <http://www.profimat.cz/nase-sluzby/95/19/anhydritove-podlahy>
- [7] Cemix [online]. 2009 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: http://www.cemix.cz/data/files/pp_podlahy_1.pdf
- [8] Lité podlahy - Borecký [online]. 2010 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://podlahy-borecky.webnode.cz/sluzby/stavby/>
- [9] MAZUROVÁ, Ing. Milada, Ing. František NEDBAL CSC. a Doc. Ing. Karel TRTÍK CSC. Speciální betony. Praha: CZ SVB, 2001, s. 152. ISBN 80-238-2678-6.
- [10] Potěry a podlahové stěrky. Baunit [online]. 2012 [cit. 2013-03-01]. Dostupné z: http://www.baunit.cz/upload/Dokumentace/Technol_predpisy/Podlahove_potery_a_samoni_velacni_sterky_Baunit.pdf
- [11] The Screed Scientist [online]. 2012 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.screedscientist.com/floor-screeding/>
- [12] Lité anhydritové podlahy. Evans [online]. 2012 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <http://www.evans.cz/lite-podlahy>
- [13] Skladby podlah. AnhyPodlahy [online]. 2011 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <http://www.anhypodlahy.cz/technicke-udaje.html>
- [14] Anhydritové podlahy. Cemex [online]. 2013 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: http://www.specialni-produkty.cz/ANHYLEVEL_anhydritove_podlahy.html

- [15] Self Leveling Compounds. *Home Addition Plus*. 2013. Dostupné z: <http://www.homeadditionplus.com/tile-stone-info/Self-Leveling-Compounds.htm>
- [16] Murexin [online]. 2009 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.calameo.com/read/00110231885337a859c75>
- [17] Efisan s.r.o. [online]. 2013 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.efisan.cz/samonivelacni-podlahy/>
- [18] Self-Leveling Overlays. *ConcreteNetwork.com*. 2013. Dostupné z: <http://www.concretenetwork.com/overlays-resurfacing-buyers-guide/self-leveling.html>
- [19] Lité podlahy. Aktion Stav [online]. 2009 [cit. 2013-02-28]. Dostupné z: <http://aktionstav.webnode.cz/produkty/lite-podlahy/>
- [20] Smoothing floors with gypsum underlayments. *Concrete construction*. 1998. Dostupné z: http://www.concreteconstruction.net/images/Smoothing%20Floors%20With%20Gypsum%20Underlayments_tcm45-343594.pdf
- [21] ANDERBERG, Anders a Lars WADSE. Drying and Hydration of Cement Based Self-Leveling Flooring Compounds. *Drying Technology*. roč. 25, č. 12, s. 1995-2003. ISSN 0737-3937. DOI: 10.1080/07373930701728372. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373930701728372>
- [22] Cement and Concrete Composites. Sciencedirect [online]. 1994 [cit. 2013-03-01]. Dostupné z: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0958946594900027>
- [23] How to Repair Cracked Concrete with Self-Leveling Concrete. *EHow*. 2013. Dostupné z: http://www.ehow.com/how_7414650_repair-cracked-concrete-self_leveling-concrete.html
- [24] ČSN EN 13813. *Potěrové materiály a podlahové potěry - Potěrové materiály - Vlastnosti a požadavky*. Praha: Český normalizační institut, 2003.
- [25] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. 1. české vyd. Bratislava: Jaga, 2004. ISBN 80-8076-007-1.
- [26] HLAVÁČ, Jan. *Základy technologie silikátů*. 2. uprav.vyd. Praha: SNTL, 1988.
- [27] AÏTCIN, Pierre-Claude. *Vysokohodnotný beton*. 1. české vyd. Praha: ČKAIT, 2005. *Betonové stavitelství*. ISBN 80-86769-39-9.
- [28] HARMÁČEK, Josef. *Stavební pojiva: Výroba, druhy, vlastnosti a použití poživ*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1961.

- [29] KALIVODA, Karel. Juniorstav 2007: 9. odborná konference doktorského studia = 9th professional Conference of Postgraduate Students : sborník anotací : 24.1.2007. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 2007, 254-261 s. ISBN 978-80-214-3337-3. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/pdf/Sekce_4.1/Kalivoda_Karel_CL.pdf

- [30] INDRA, Bc. Ivo. Kompozitní materiály na bázi alkalicky aktivované vysokopeční strusky s přídavkem elektrárenských popílků. Brno, 2010. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=25657. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.

- [31] SILO Transport [online]. 2013 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.silotransport.cz/popilek>

- [32] VEHOVSKÁ, Ludmila. Fluidní popílek pro přípravu směsného cementu. Juniorstav 2007: 9. odborná konference doktorského studia = 9th professional Conference of Postgraduate Students : sborník anotací : 24.1.2007. Brno: Vysoké učení technické, 2007, s. 294-300. ISSN 978-80-214-3337-3. Dostupné z: http://www.fce.vutbr.cz/veda/JUNIORSTAV2007/pdf/Sekce_4.2/Vehovska_Ludmila_CL.pdf

- [33] ČEZ energetické produkty [online]. 2009 [cit. 2013-02-25]. Dostupné z: <http://www.cezep.cz/zakaznický-modul/prispevek/55869.html>

- [34] HLAVÁČEK, Bc. Jaroslav. Příměsí ovlivňující tuhnutí Portlandského cementu. Brno, 2012. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=53970. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.

- [35] Odpadové fórum 2011: 6. ročník česko-slovenského symposia Výsledky výzkumu a vývoje pro odpadové hospodářství : 13.-15.4.2011, Kouty nad Desnou ; 2. ročník odborné konference Výsledky výzkumu, vývoje a inovací pro obnovitelné zdroje energie : 13.-15.4.2011, Kouty nad Desnou. Praha: CEMC, 2011?. ISSN odpadové fórum. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/>

- [36] HÁJKOVÁ, Bc. Iveta. Příprava vysokohodnotného sádrového pojiva. Brno, 2012. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=48576. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.

- [37] AZIMI, Ghazal a Vladimiro G. PAPANGELAKIS. Mechanism and kinetics of gypsum anhydrite transformation in aqueous electrolyte solutions. DOI: 10.1016/j.hydromet.2011.03.007. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0304386X11000703>

- [38] TOMANCOVÁ, Lenka. Využití odpadu a druhotných materiálů jako alternativních surovin a paliv v cementářské výrobě. Výzkumný ústav stavebních hmot: 12th INTERNATIONAL CONFERENCE Ecology and new building materials and products. Brno, 2008.

- [39] ŠMEJKAL, Zdeněk. *Anorganické experimentální metody I. 1. vyd.* Pardubice: Vysoká škola chemicko-technologická, 1990, s. 96. ISBN 80-85113-32-5.
- [40] SOMMER, Lumír; ŠIMEK, Zdeněk; VOZNICA, Petr. *Základy analytické chemie II.* první. Brno : Vutium, 2000. 347 s. ISBN 80-214-1742-0.
- [41] XRD. Chempoint [online]. 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.materials-research.cz/cz/laboratore/laborator-anorganickych-pojiv/rentgenovy-difraktometr/?preview=3bf4f81fd6d5fe3f694bdc1473e86e1c>
- [42] Elektronová mikroskopie pro biology: Skenovací elektronový mikroskop (SEM). *Parazitologický ústav BC AV ČR* [online]. 2010-2012 [cit. 2012-04-16]. Dostupné z: <http://www.paru.cas.cz/lem/book/Podkap/7.0.html>
- [43] Skenovací elektronový mikroskop. Centrum materiálového výzkumu [online]. 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.materials-research.cz/cz/laboratore/laborator-kovu-a-koroze/skenovaci-elektronovy-mikroskop-jeol/?preview=3bf4f81fd6d5fe3f694bdc1473e86e1c>
- [44] CHROMÁ, RNDr. Markéta. *Studium a modelování karbonatace betonu*. Brno, 2012. Dostupné z: https://www.vutbr.cz/www_base/zav_prace_soubor_verejne.php?file_id=47247. Dizertační práce. Vysoké učení technické v Brně.
- [45] Sítová analýza. Chempoint [online]. 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/sitova-analyza>
- [46] Sítový třídič. Centrum materiálového výzkumu [online]. 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.materials-research.cz/cz/laboratore/laborator-kovu-a-koroze/sitovy-tridic/?preview=3bf4f81fd6d5fe3f694bdc1473e86e1c>
- [47] Automatický mikrotvrdoměr. ChemPoint [online]. 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/tvrdest-mikrotyrdost>
- [48] Tvrdost. ChemPoint [online]. 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.chempoint.cz/tvrdest-mikrotyrdost>
- [49] Laboratoře: Centrum materiálového výzkumu [online]. 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.materials-research.cz/cz/laboratore/>
- [50] Kadlec a kol.: *Procesy potravinářských a biotechnologických výrob*, VŠCHT Praha 2003.
- [51] Laserový analyzátor velikosti částic. Centrum materiálového výzkumu [online]. 2013 [cit. 2013-03-02]. Dostupné z: <http://www.materials-research.cz/cz/laboratore/laborator-anorganickych-pojiv/laserovy-analyzator-velikosti-castic/?preview=3bf4f81fd6d5fe3f694bdc1473e86e1c>

- [52] ČSN EN 13454-2+A1. *Pojiva, kompozitní pojiva a průmyslově vyráběné maltové směsi pro podlahové potěry ze síranu vápenatého - Část 2: Zkušební metody*. Praha: Český normalizační institut, Únor 2008.
- [53] ČSN EN ISO 2431. *Nátěrové hmoty - Stanovení výtokové doby výtokovými pohárky*. Praha: Český normalizační institut, červen 2012.
- [54] Betonsystem [online]. [cit. 2013-03-17]. Zkušební pracoviště DESTTEST 3310. Dostupné z: <http://www.betonsystem.cz/PDF/TL%20DESTTEST%203310.pdf>

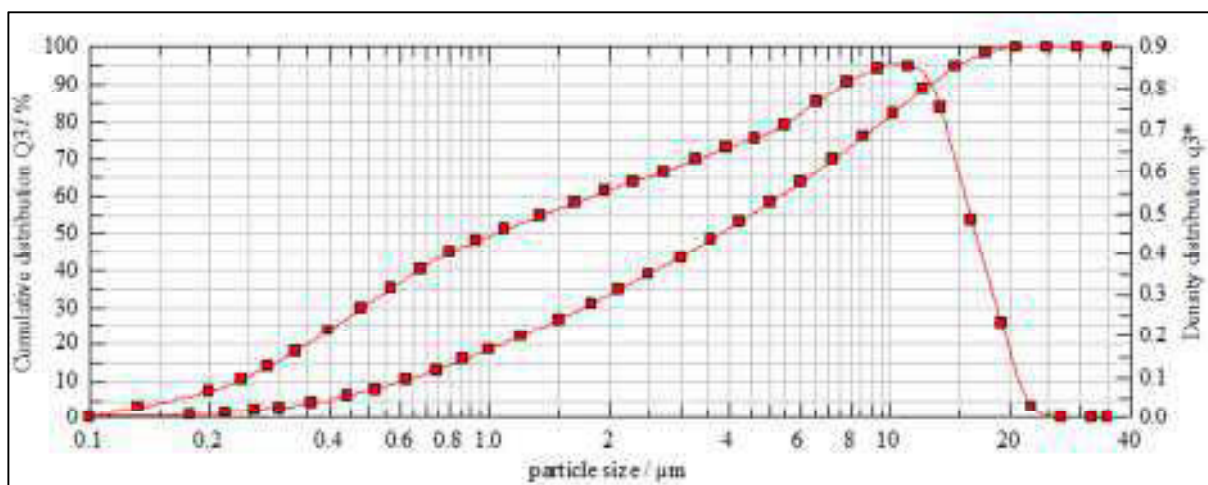
8 Přílohy

Analýza velikosti částic

Tabulka 36

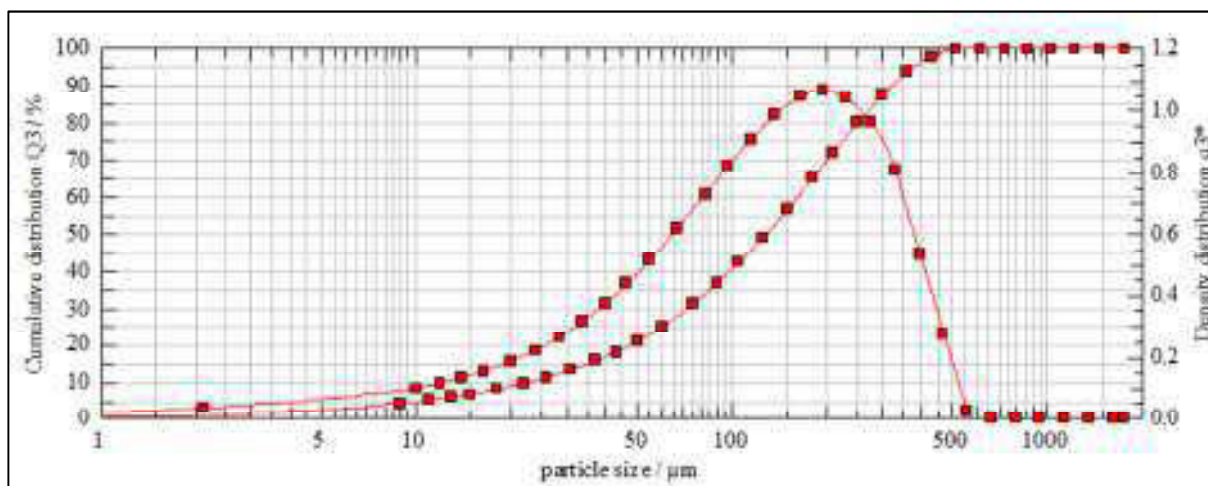
Velikost částic

	Cement I	Secar 71	Struska	Popílek			Melment F10	Hemihydrát síranu vápenatého	Uhličitan litný	Sádra	Písek
				ET	EME AGLO	Počerady 5B					
x_{50}	6,84	3,84	128,92	28,72	39,33	41,79	138,47	32,9	3,89	4,52	197,94
x_{90}	25,11	12,76	325,04	115,24	181,52	178,95	270,26	88,11	7,22	12,16	338,2



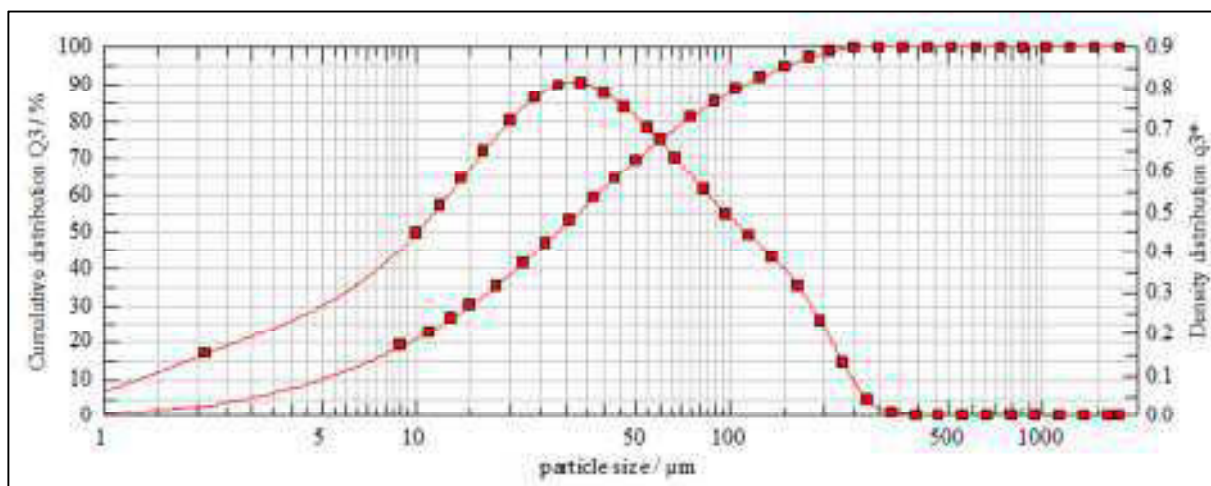
Obrázek 43

Secar 71 - granulometrie



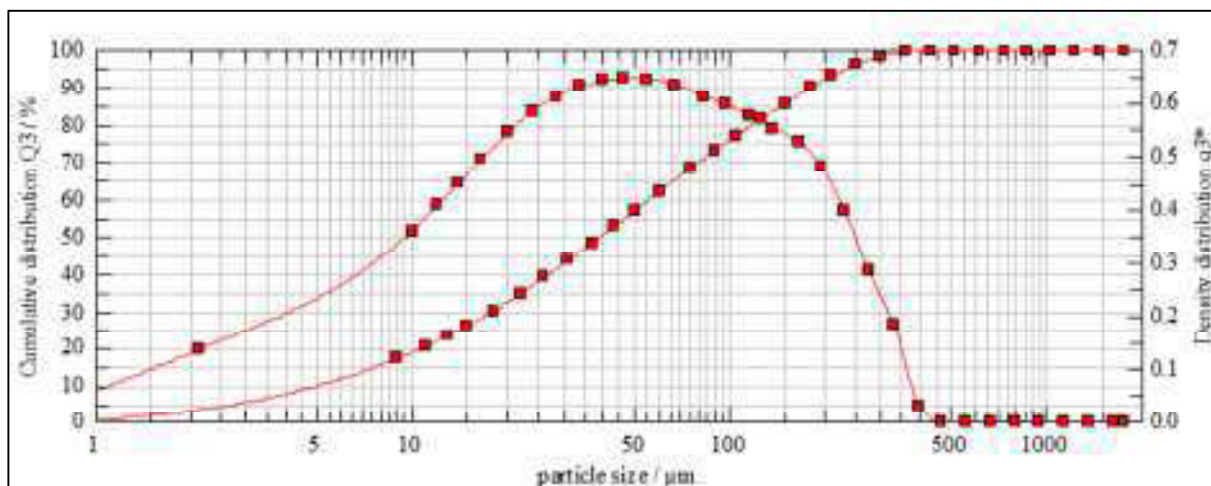
Obrázek 44

Struska - granulometrie



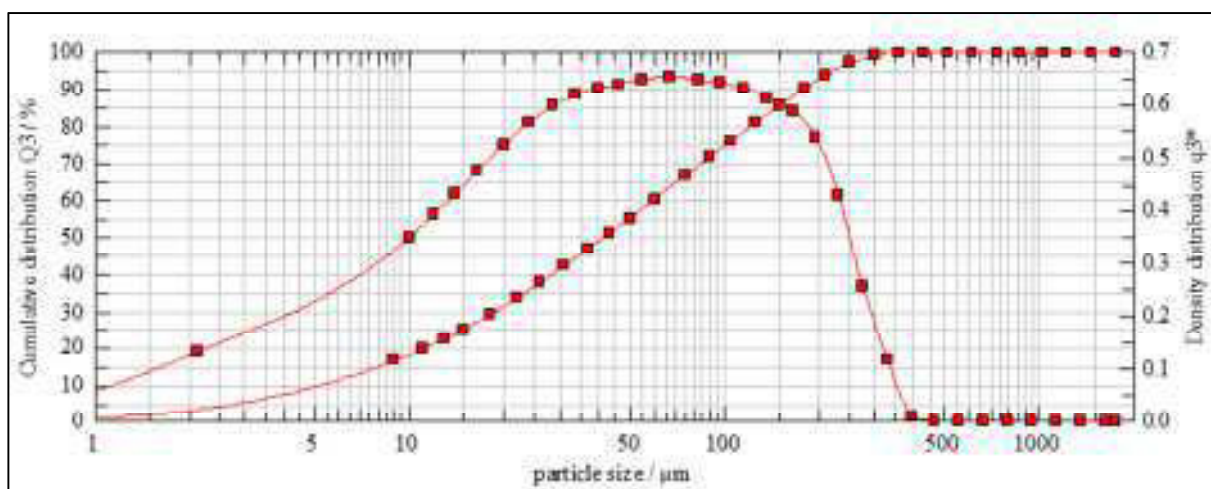
Obrázek 45

Popilek ET - granulometrie



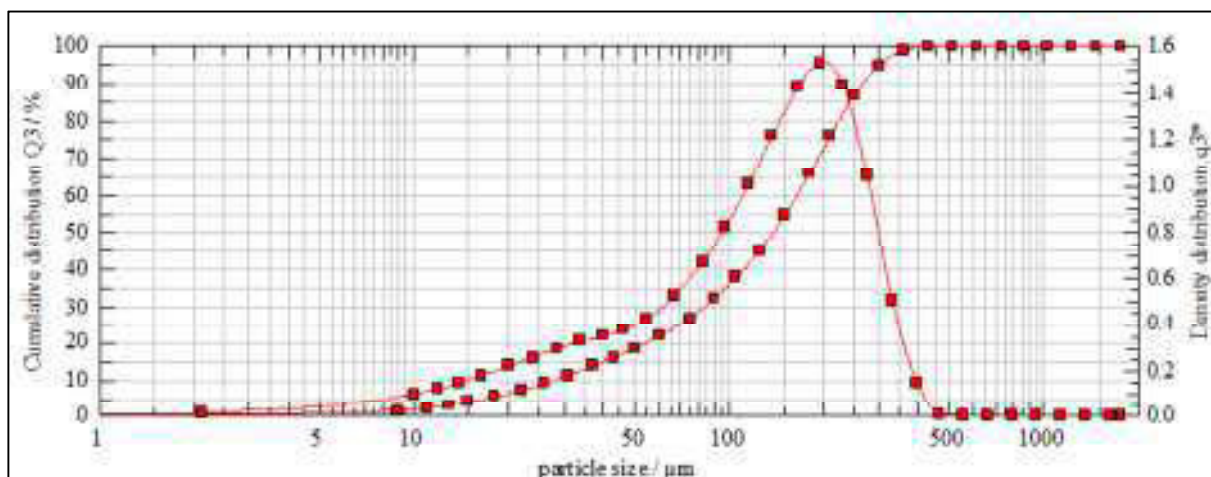
Obrázek 46

Popilek EME AGLO - granulometrie



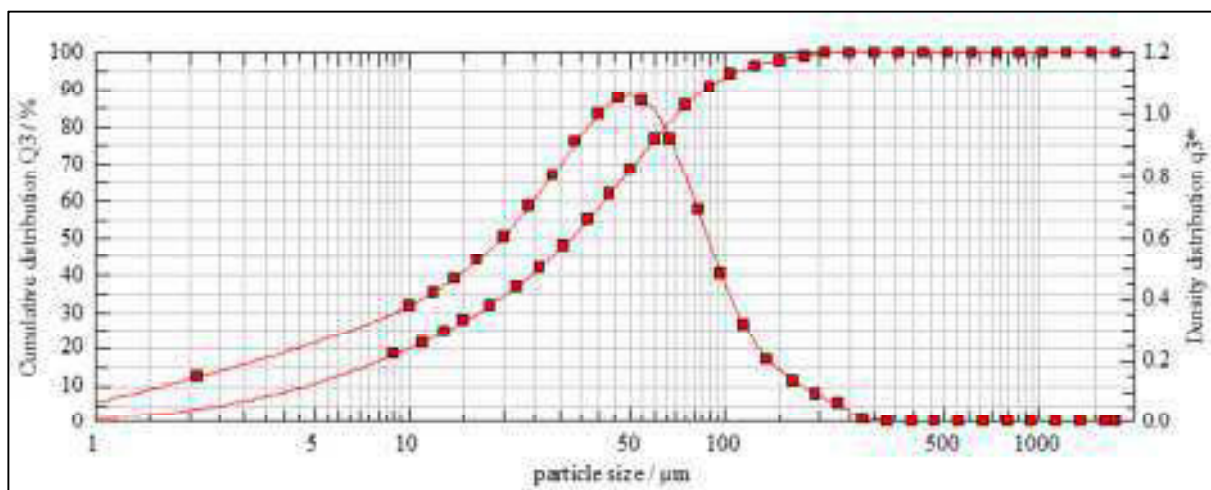
Obrázek 47

Popilek Počerady 5B - granulometrie



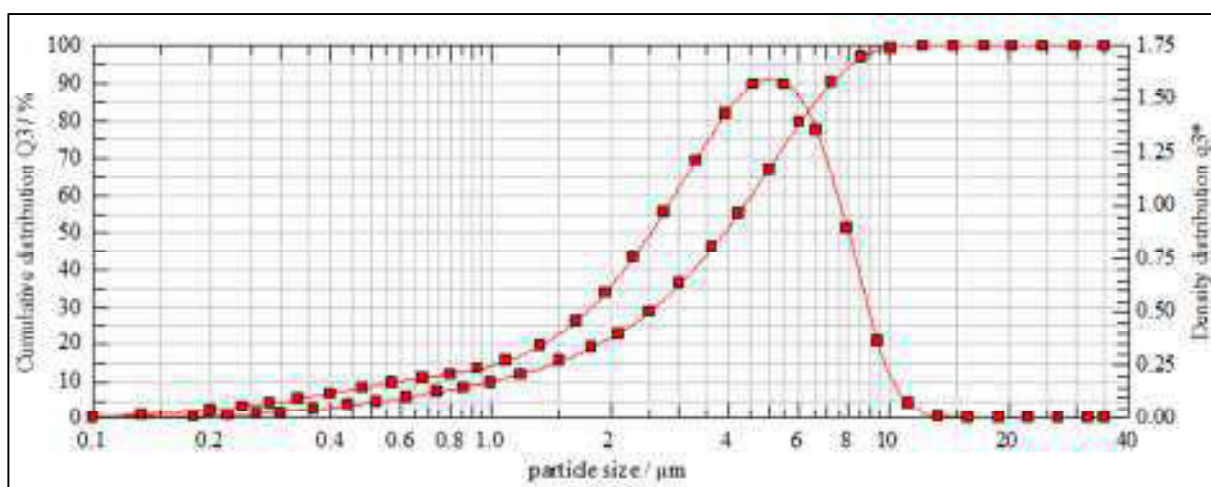
Obrázek 48

Melment F10- granulometrie



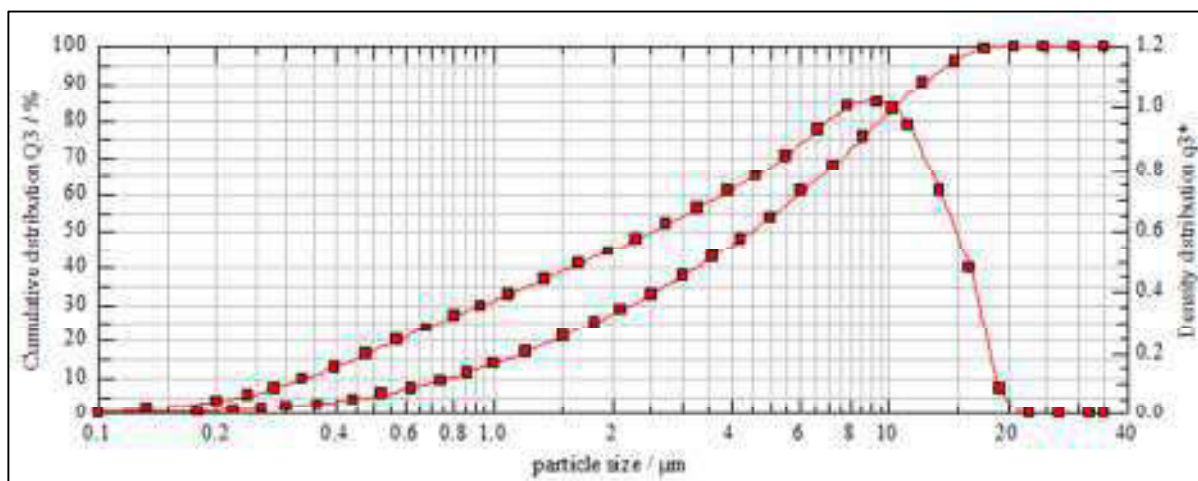
Obrázek 49

Hemihydrát síranu vápenatého - granulometrie



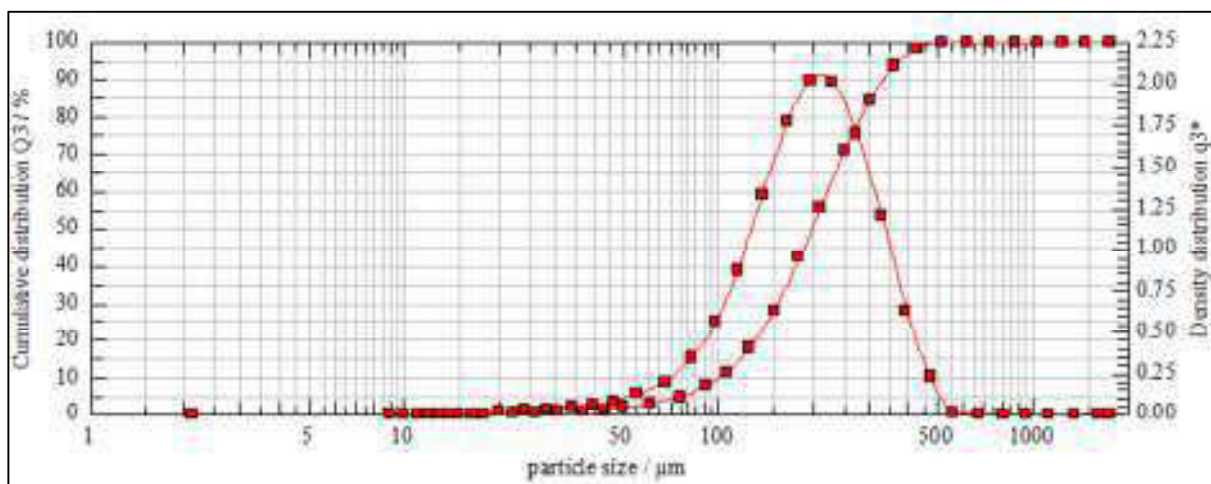
Obrázek 50

Uhlíčan litný - granulometrie



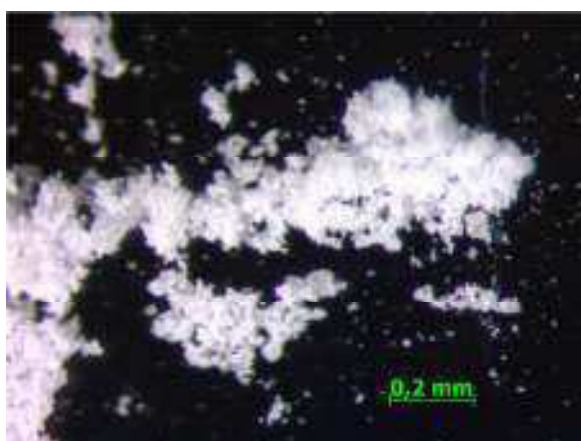
Obrázek 51

Sádra - granulometrie



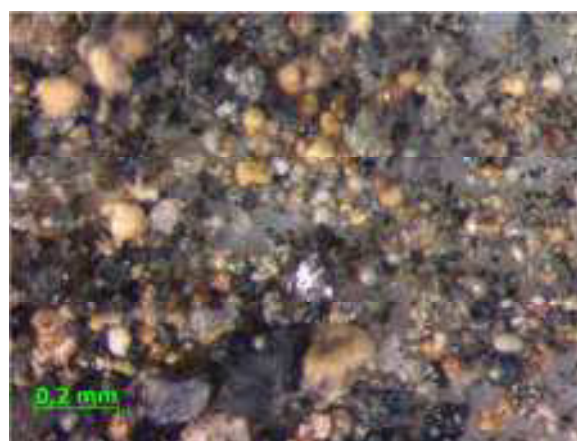
Obrázek 52

Písek - granulometrie



Obrázek 53

Secar 71 – Zeiss STEMI 2000-C

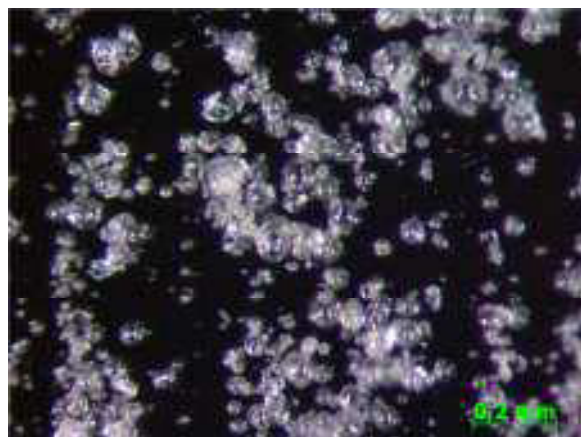


Obrázek 54

Struska – Zeiss STEMI 2000-C



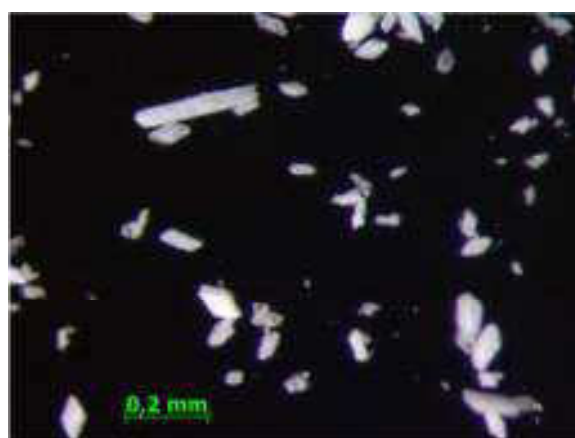
Obrázek 55
Popilek ET – Zeiss STEMI 2000-C



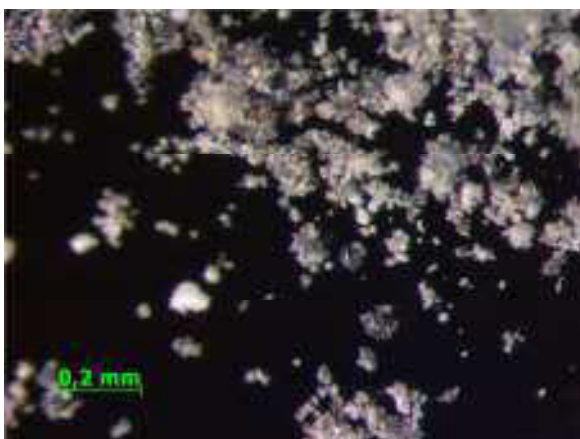
Obrázek 586
Melment F10 – Zeiss STEMI 2000-C



Obrázek 567
Popilek EME AGLO – Zeiss STEMI 2000-C



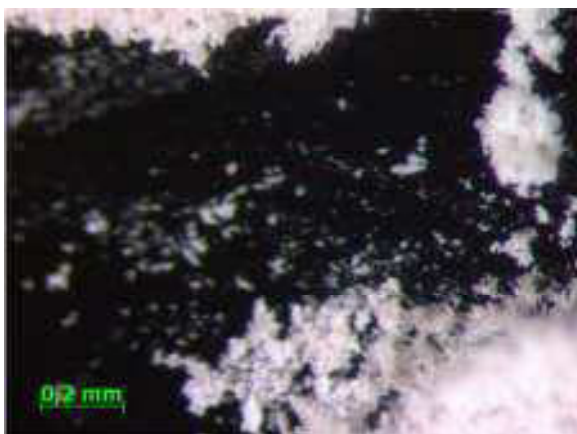
Obrázek 598
Hemihydrát síranu vápenatého – Zeiss STEMI 2000-C



Obrázek 579
Popilek Počerady 5B – Zeiss STEMI 2000-C

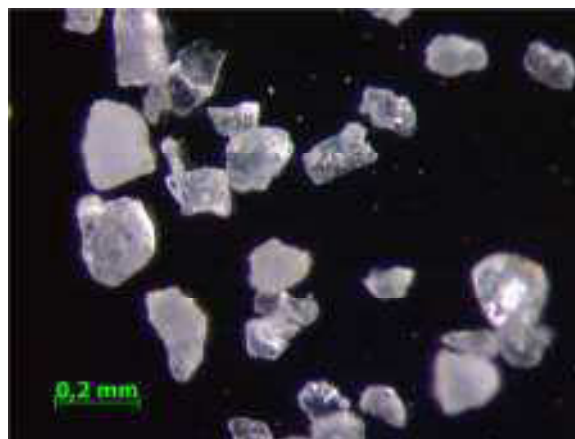


Obrázek 60
Uhlíčitan litný – Zeiss STEMI 2000-C



Obrázek 61

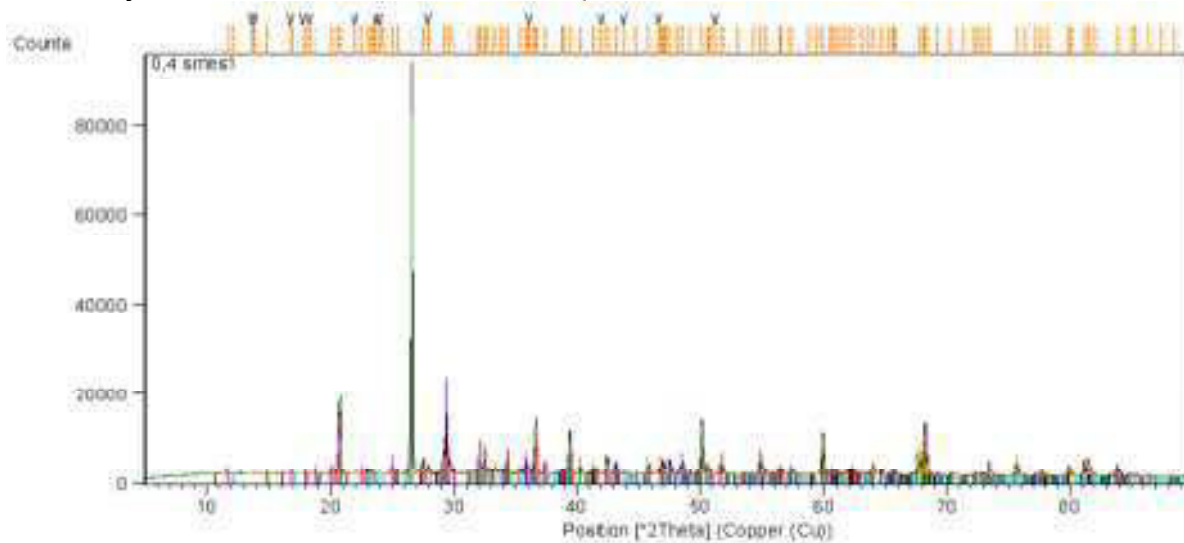
Sádra – Zeiss STEMI 2000-C



Obrázek 62

Písek - Zeiss STEMI 2000-C

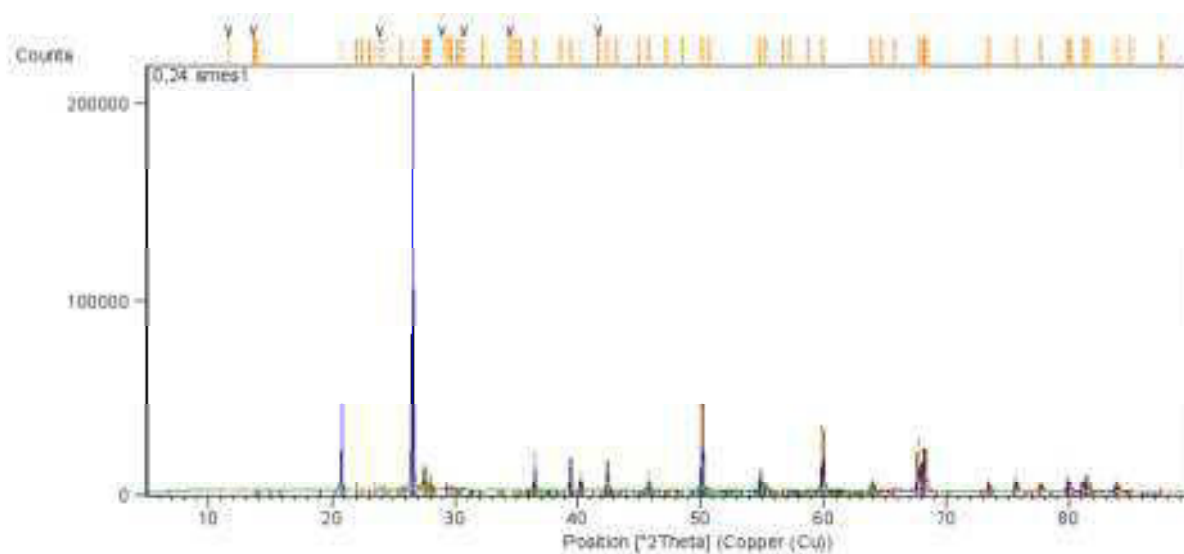
XRD analýza komerční samonivelační směsi – Quartz Premium Den Braven



Obrázek 63

Fázové složení komerčně dodávaného vzorku Quartz premium od Den Braven (síto 0,4 mm), výsledky XRD analýzy.

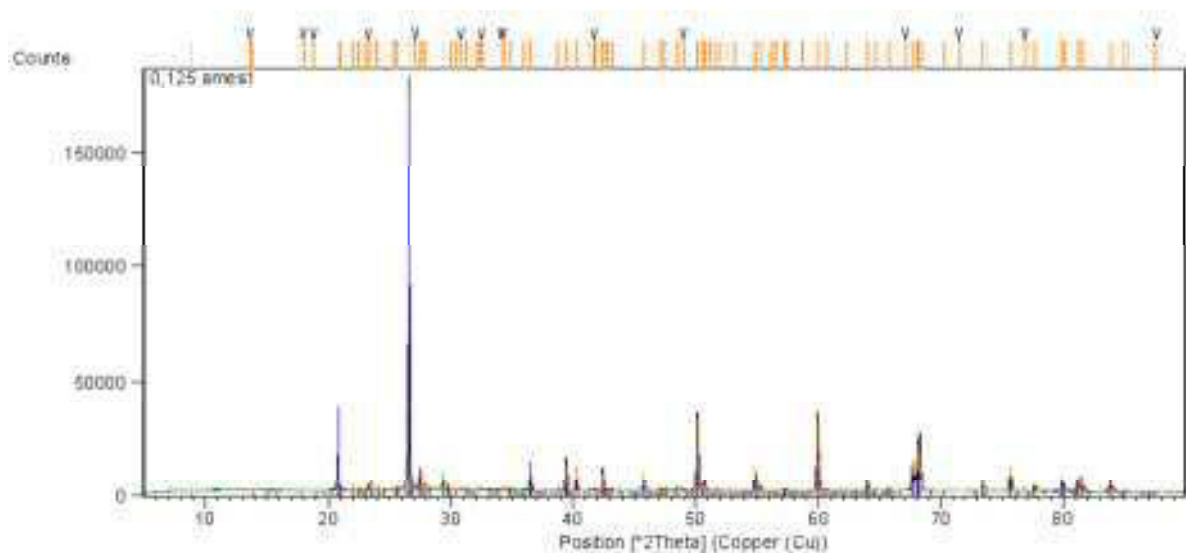
Legenda: CaCO_3 - vápenec, SiO_2 , $\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_6$ - kyselina vinná, Ca_3SiO_5 , $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, Ca_2SiO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, CaSO_4 - anhydrit



Obrázek 64

Fázové složení komerčně dodávaného vzorku Quartz premium od Den Braven (síto 0,24 mm), výsledky XRD analýzy.

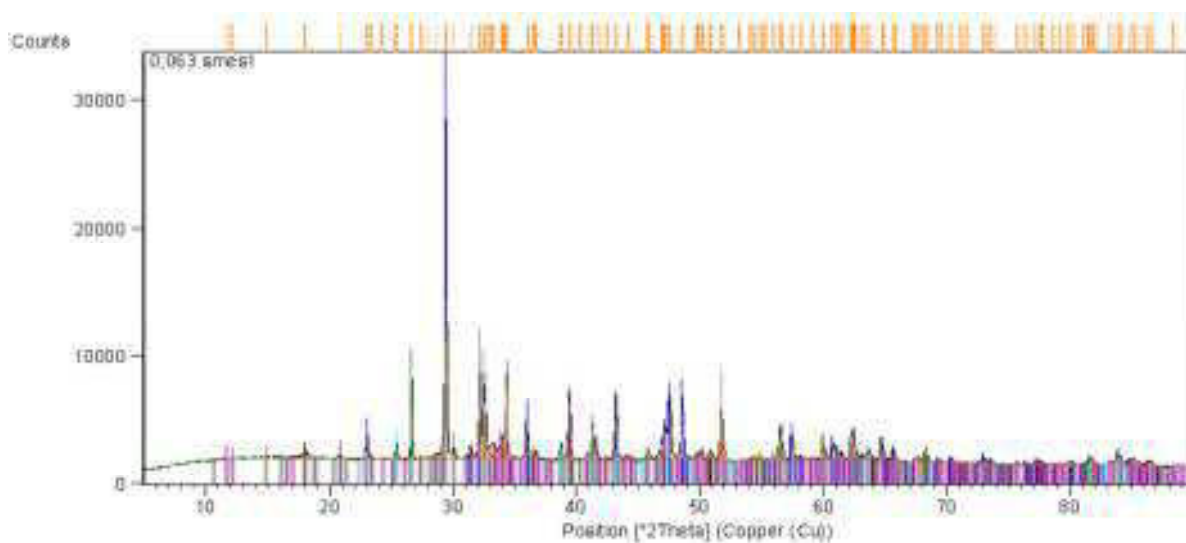
Legenda: SiO_2 , $\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$ - sodný živec, KAlSi_2O_8 - draselný živec, CaCO_3 - vápenec



Obrázek 65

Fázové složení komerčně dodávaného vzorku Quartz premium od Den Braven (síto 0,125 mm), výsledky XRD analýzy.

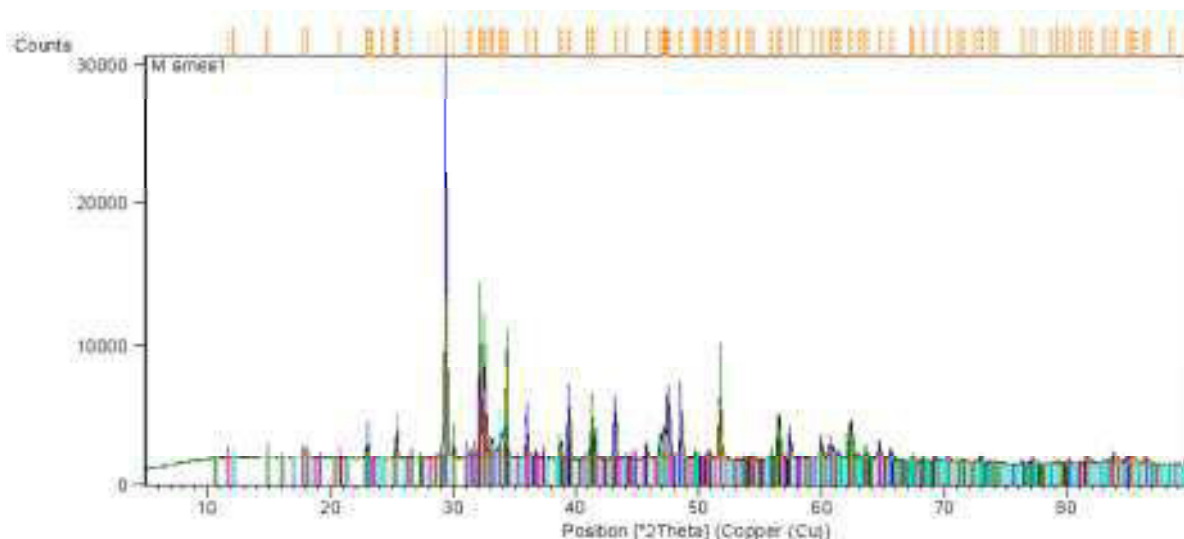
Legenda: SiO_2 - CaCO_3 - $\text{Na}_{0,84}\text{Ca}_{0,16}\text{Al}_{1,16}\text{Si}_{2,84}\text{O}_8$ - albit, KAlSi_2O_8 - ortoklas, $\text{KAl}_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ - muskovit



Obrázek 66

Fázové složení komerčně dodávaného vzorku Quartz premium od Den Braven (síto 0,063 mm), výsledky XRD analýzy.

Legenda: CaCO_3 - vápenec, SiO_2 - Ca_3SiO_5 - $\text{Ca}(\text{OH})_2$ - CaSO_4 - $\text{Ca}_2(\text{FeAl}_{0,9}\text{Mg}_{0,1})\text{O}_5$ - brownmillerit, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$

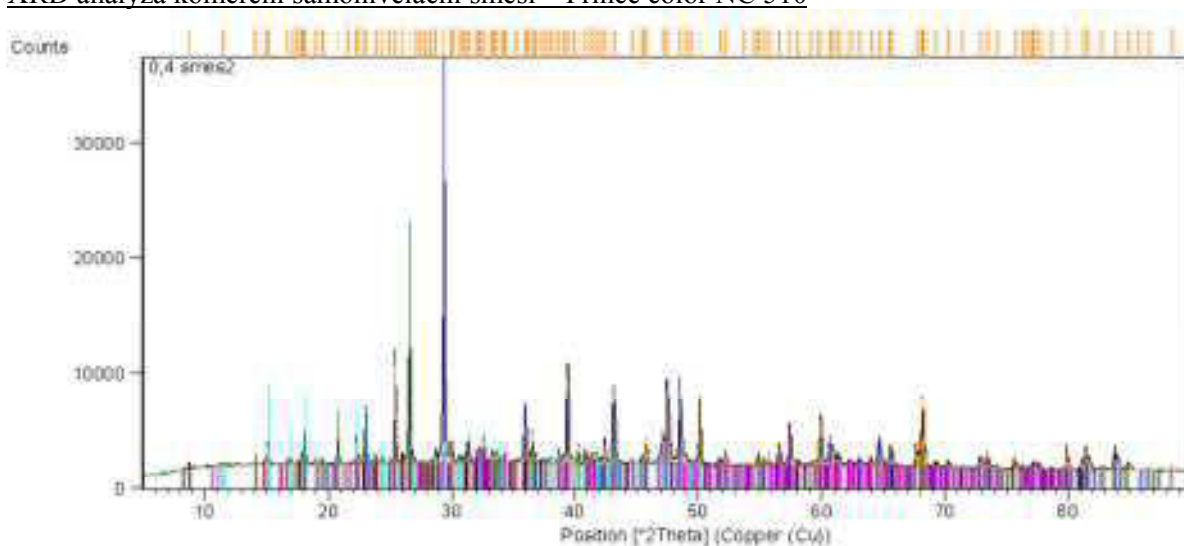


Obrázek 67

Fázové složení komerčně dodávaného vzorku Quartz premium od Den Braven (miska), výsledky XRD analýzy.

Legenda: CaCO_3 - vápenec, Ca_3SiO_5 , CaSO_4 , $\text{Ca}_2((\text{Fe}_{1,63}\text{Al}_{0,37})\text{O}_5)$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Ca_2SiO_4 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, SiO_2

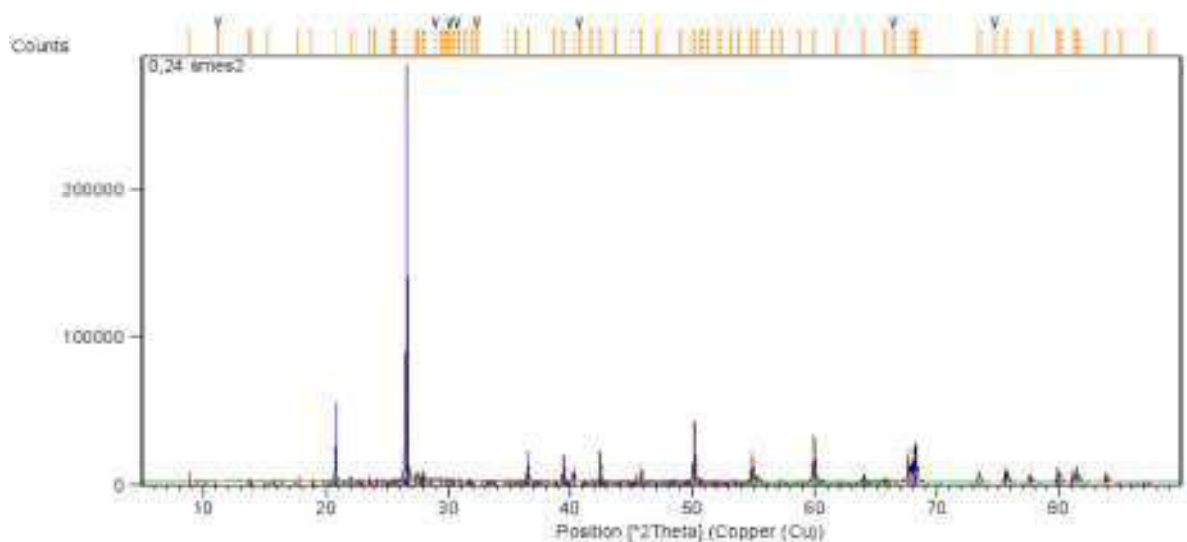
XRD analýza komerční samonivelační směsi – Prince color NC 510



Obrázek 68

Fázové složení komerčně dodávaného vzorku Prince color NC 510 od Basf (síto 0,4 mm), výsledky XRD analýzy.

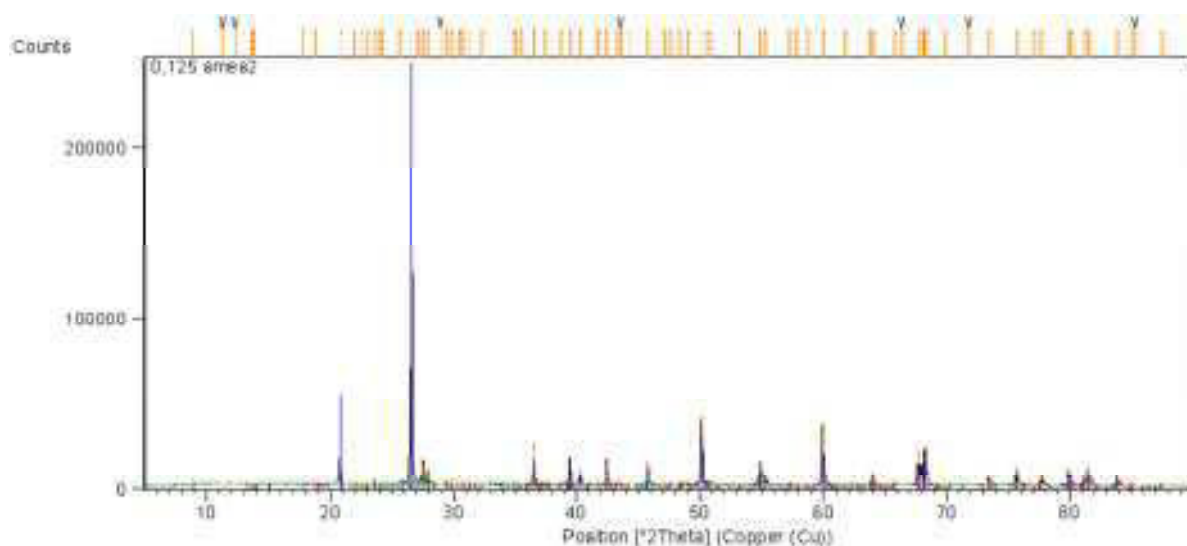
Legenda: CaCO_3 - vápenec, SiO_2 , CaSO_4 , $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7$ - kyselina citronová, $\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$, Ca_3SiO_5 , Ca_2SiO_4 , $\text{KAl}_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$



Obrázek 69

Fázové složení komerčně dodávaného vzorku Prince color NC 510 od Basf (síto 0,24 mm), výsledky XRD analýzy.

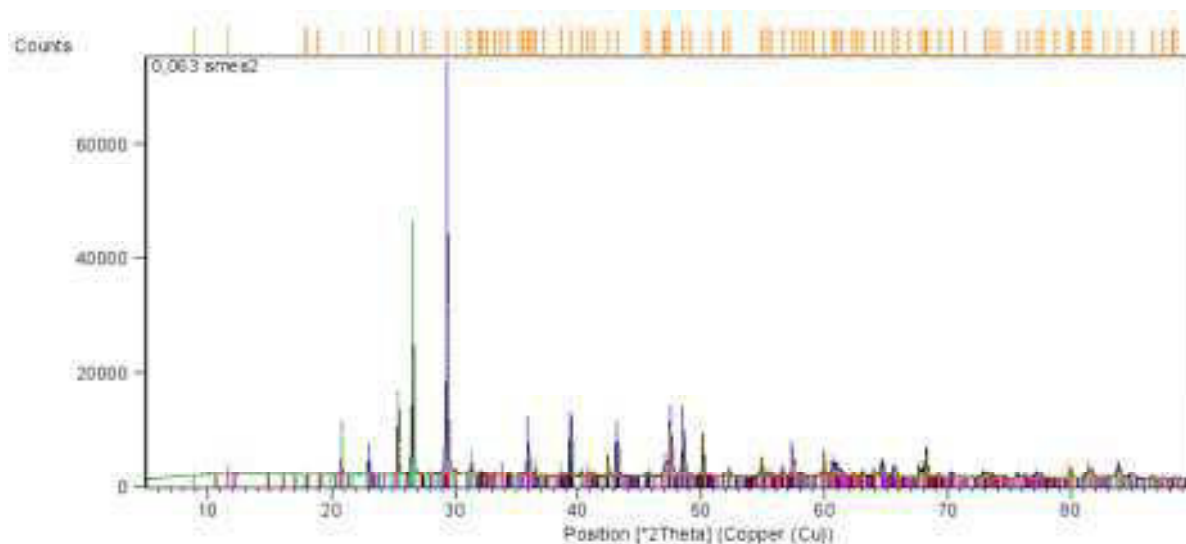
Legenda: SiO_2 , $\text{Na}_{0,84}\text{Ca}_{0,16}\text{Al}_{1,16}\text{Si}_{2,84}\text{O}_8$, $\text{KAl}_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, CaCO_3 , $\text{CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$



Obrázek 70

Fázové složení komerčně dodávaného vzorku Prince color NC 510 od Basf (síto 0,125 mm), výsledky XRD analýzy.

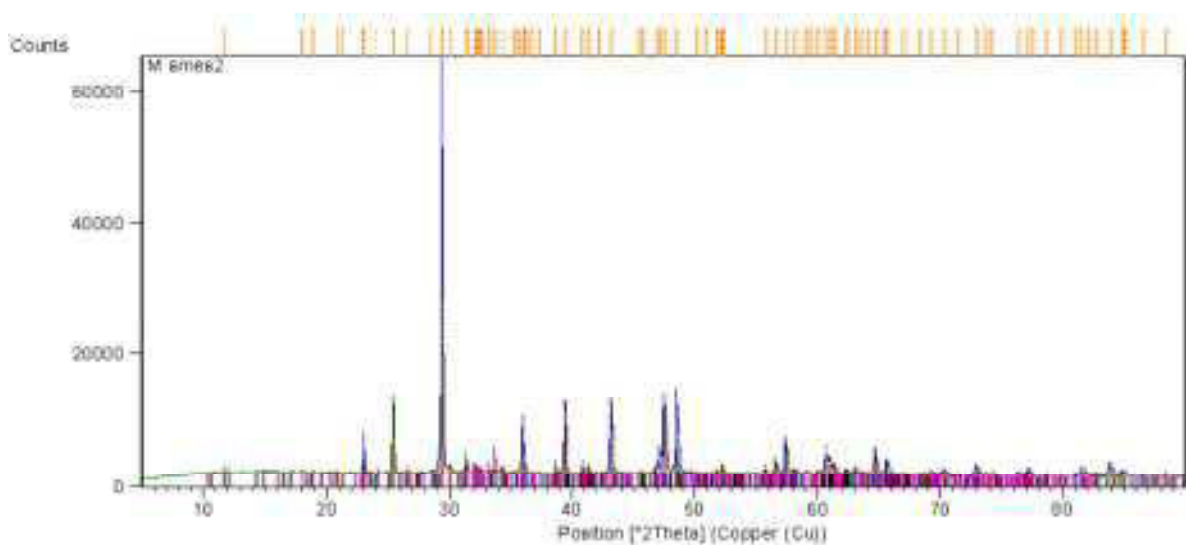
Legenda: SiO_2 , $(\text{Na}, \text{Ca})\text{Al}(\text{Si}, \text{Al})_3\text{O}_8$, CaCO_3 , $\text{KAl}_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$



Obrázek 71

Fázové složení komerčně dodávaného vzorku Prince color NC 510 od Basf (síto 0,063 mm), výsledky XRD analýzy.

Legenda: CaCO_3 , SiO_2 , CaSO_4 , Ca_3SiO_5 , $\text{KAl}_2(\text{Si}, \text{Al})_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, Ca_2SiO_4



Obrázek 72

Fázové složení komerčně dodávaného vzorku Prince color NC 510 od Basf (miska), výsledky XRD analýzy.

Legenda: CaCO_3 , CaSO_4 , SiO_2 , Ca_3SiO_5 , $\text{Ca}(\text{OH})_2$, $\text{Ca}_2\text{Fe}_2\text{O}_5$, $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, Ca_2SiO_4