



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A DÍLCŮ

INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND COMPONENTS

POSOUZENÍ VHODNOSTI LOKÁLNÍCH ZDROJŮ PLNIV PRO POTĚRY NA BÁZI ANHYDRITU

EVALUATION OF LOCAL FILLER SOURCES SUITABILITY FOR ANHYDRITE-BASED
SCREEDS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Šikral

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. ROSTISLAV DROCHYTKA, CSc., MBA

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3607R020 Stavebně materiálové inženýrství
Pracoviště	Ústav technologie stavebních hmot a dílců

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Martin Šikral
Název	Posouzení vhodnosti lokálních zdrojů plniv pro potěry na bázi anhydritu
Vedoucí práce	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Datum zadání	30. 11. 2017
Datum odevzdání	25. 5. 2018

V Brně dne 30. 11. 2017

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Vedoucí ústavu

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

SVOBODA P.; DOLEŽAL J. Průmyslové podlahy a podlahy v objektech pozemních staveb. Bratislava: Jaga 2007. ISBN 978-808-0760-540.

GAZDIČ D.; FRIDRICHOVÁ M., Anhydritové podlahové směsi, příspěvek na konferenci Podlahy 2009, ISBN 978-80-254-5231-8, Betonconsult, s.r.o., Praha, 2009.

SYCHUGOV S.; TOKAREV Y.; PLEKHANOVA T.; KAZANTSEVA A.; GAYNETDINOVA D. Binders Based on Natural Anhydrite and Modified by Finely-Dispersed Galvanic and Petrochemical Waste, Procedia Engineering, Volume 57, 2013, Pages1022-1028, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2013.04.129>.

SYCHUGOV S.; TOKAREV Y.; PLEKHANOVA T.; MIKHAILOVA O.; PUDOV I.; FAIZULLIN R.; GAIFULLIN A.; SAGDIEV R. Line of Approach to a Problem of Water Resistance of Anhydrite Cements, Procedia Engineering, Volume 172, 2017, Pages 982-990, ISSN 1877-7058, <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.124>.

ČSN 74 4505 – Podlahy – Společná ustanovení

ČSN 72 1206 – Sádovec a anhydrit jako přísada do cementu

ČSN 72 1200 – Křemenné písky. Základní technické požadavky

ČSN EN 1015-3 – Zkušební metody malt pro zdivo – Část 3: Stanovení konzistence čerstvé malty (s použitím střešovacího stolku)

Výzkumné zprávy a protokoly ústavu THD, příspěvky ze sborníků konferencí, odborné články, časopisy, normy.

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Předmětem řešení bakalářské práce bude problematika návrhu podlahového potěru na bázi anhydritových pojiv. Výběr plniv bude probíhat s ohledem na vzdálenost jejich zdroje od Brna (max. 50 km). Zrnitost zamýšlených plniv by se měla pohybovat v rozmezí 0 – 4 mm. Mezi uvažovanými plnivami budou zastoupeny rovněž suroviny druhotné, aby došlo ke snížení dopadu výroby na životní prostředí a zlepšila se ekonomika výroby. Po optimalizaci jednotlivých plniv na základě jejich vlastností a výběru nejvhodnějších z nich dojde ve spolupráci s firmou Sika CZ, s.r.o. k návrhu několika primárních receptur nových anhydritových potěrů a částečnému ověření jejich vlastností.

1. Proveďte rešeršní zhodnocení v současnosti používaných anhydritových podlahových potěrů, co do technologie výroby, tak i pokládky.
2. Formulujte požadavky na výsledné technické vlastnosti vyvíjených hmot.
3. Proveďte průzkum a zhodnocení základních vlastností (mineralogické složení, granulometrie atd.) plniv (frakce 0 – 4 mm) ze zdrojů v okruhu 50 km od Brna
4. Zhodnoťte možnosti využití druhotných surovin pro nové podlahové směsi a navrhněte vhodné typy.
5. Navrhněte materiálové složení nového podlahového potěru na bázi anhydritových pojiv s vhodnými plnivami z lokálních zdrojů. Proveďte jejich porovnání a částečné experimentální ověření jejich vlastností.

STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchování vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,

MBA

Vedoucí bakalářské práce

ABSTRAKT

Tato práce se zabývá posouzením vhodnosti lokálních zdrojů plniv pro potěry na bázi anhydritu. Teoretická část je převážně zaměřena na shrnutí všeobecných poznatků o podlahových konstrukcích a samotném anhydritu. Práce rovněž zahrnuje popis primárních i druhotných surovin. Práce si klade za cíl předložit vhodná plniva pro potěry na bázi anhydritu v závislosti na jejich vzdálenosti od firmy Sika CZ, s.r.o. se sídlem v Brně - Modřicích. Zároveň tato práce zkoumá možnosti využití druhotných surovin jako náhradu primárních plniv. Závěr se věnuje laboratornímu testování vybraných plniv, shrnutí a diskuzi zjištěných výsledků.

KLÍČOVÁ SLOVA

Podlahový potěr, anhydritový potěr, anhydrit, křemičitý písek, pojivo, plnivo, druhotné suroviny.

ABSTRACT

Goal of this thesis is to evaluate suitability of local filler sources for anhydrite based screed floor covers. The theoretical part is mostly aimed at summarization of general findings about flooring constructions and about anhydrite itself. The thesis also includes description of primary and secondary raw materials. The goal of this work is to suggest suitable fillers for anhydrite based screed floor covers in accordance with distance from Sika CZ, s.r.o with residence in Brno – Modrice. At the same time this thesis explores possibility of secondary raw materials usage as a replacement of primary fillers. In conclusion the thesis focuses on the laboratory test of chosen fillers, summarization and discussion of discovered findings.

KEYWORDS

Floor screed, anhydrite screed, anhydrite, siliceous sand, binder, filler, secondary raw materials.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE VŠKP

Martin Šikral *Posouzení vhodnosti lokálních zdrojů plniv pro potěry na bázi anhydritu*. Brno, 2018. 85 s., 0 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 22. 5. 2018

Martin Šikral
autor práce

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu své bakalářské práce prof. Ing. Rostislavu Drochytkovi, CSc., MBA za odborné vedení, věnovaný čas a cenné rady, které mi pomohly k vyhotovení této práce. Dále mé poděkování patří Ing. Jindřichu Melicharovi za odborné konzultace a pomoc při zpracování tohoto tématu.

OBSAH

ÚVOD	12
TEORETICKÁ ČÁST	13
1 KOMPOZITNÍ MATERIÁLY	13
1.1 Betonové podlahy	13
1.1.1 Obecné informace.....	13
1.2 Podlahové konstrukce	13
1.2.1 Základní funkce a požadavky.....	13
1.2.2 Základní vrstvy.....	14
1.2.2.1 Nášlapná vrstva	14
1.2.2.2 Roznášecí vrstva.....	14
1.2.2.3 Izolační vrstva	14
1.2.3 Dělení podlahových konstrukcí.....	15
1.2.3.1 Podlaha spojená s podkladem (spřažená).....	15
1.2.3.2 Podlaha na separační vrstvě	15
1.2.3.3 Podlaha na izolační vrstvě.....	15
1.2.3.4 Podlaha s podlahovým topením	16
2 PRŮMYSLOVÉ PODLAHY	16
2.1 Skladba průmyslových podlah.....	17
2.1.1 Podkladní vrstva.....	17
2.1.2 Izolační vrstva	17
2.1.3 Roznášecí vrstva.....	17
2.1.4 Nášlapná vrstva	18
2.2 Potěry	18
2.2.1 Rozdělení potěrů podle způsobu zpracování.....	18
2.2.1.1 Suchý potěr.....	18
2.2.2 Samonivelační potěr	18
2.2.3 Rozdělení potěrů podle pojiva.....	19
2.2.3.1 Cementový potěr	19
2.2.3.2 Anhydritový potěr	19
2.2.3.3 Magnezitový potěr.....	19
2.2.3.4 Asfaltový potěr	19
2.3 Zkoušení anhydritových potěrů	19
2.3.1 Zkoušení konzistence – stanovení hodnoty rozlití ČSN EN 13454-2+A1.....	19
2.3.2 Stanovení počátku tuhnutí – ČSN EN 13454-2+A1	20
2.3.3 Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku ČSN EN 13454-2+A1	20
2.3.4 Stanovení pH ČSN EN 13454-2+A1	20
2.3.5 Zkoušení podkladu	20

2.3.5.1	Zkoušení tvrdosti, tvrdoměrné metody zkoušení betonu – ČSN 73 1373.....	20
2.3.5.2	Měření vlhkosti gravimetrickou metodou – ČSN 74 4505	21
2.3.5.3	Měření vlhkosti karbidovou metodou – ČSN 74 4505	21
3	SUROVINY PRO VÝROBU ANHYDRITOVÉ PODLAHY	22
3.1	Anhydrit.....	22
3.1.1	Výroba anhydritu.....	22
3.1.1.1	α – hemihydrát (α – sádra) - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	23
3.1.1.2	β – hemihydrát (β – sádra) - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$	24
3.1.1.3	CaSO_4 III.....	24
3.1.1.4	CaSO_4 II	24
3.1.1.5	CaSO_4 I.....	25
3.2	Kamenivo pro malty – ČSN EN 13139	25
3.3	Druhotné suroviny	25
3.3.1	Popílek ČSN EN 450-1	25
3.3.1.1	Vysokoteplotní popílek	26
3.3.1.2	Fluidní popílek	27
3.3.2	Struska.....	27
3.3.3	Vysokopeční struska.....	27
3.3.3.1	Ocelářenská struska.....	28
4	ANHYDRITOVÉ PODLAHY.....	29
4.1	Použití anhydritových potěrů.....	29
4.1.1	Anhydritový potěr na izolační vrstvě	29
4.1.2	Topný anhydritový potěr	30
4.1.3	Anhydritový potěr na separační vrstvě.....	30
4.1.4	Spojovací potěr.....	31
5	ROZDÍLY MEZI ANHYDRITOVOU A CEMENTOVOU PODLAHOU ...	32
5.1	Cena	32
5.2	Pokládka.....	33
5.3	Smršťování.....	33
5.4	Podlahové topení.....	33
5.5	Prostředí	33
5.6	Ošetřování.....	33
5.7	Tloušťka vrstvy	34
6	TECHNOLOGIE PROVÁDĚNÍ	34
	PRAKTICKÁ ČÁST	36
7	CÍL PRÁCE	36
8	METODIKA ŘEŠENÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI.....	37
9	ETAPA I: ANALÝZA PODLAHOVÝCH POTĚRŮ NA BÁZI ANHYDRITU	40

9.1	Typy anhydritových potěrů.....	40
9.1.1	Anhydritový potěr AE 20	40
9.1.2	Anhydritový potěr AE 30	40
9.1.3	Anhydritový potěr AE 40	40
9.2	Požadavky na zpracování anhydritové maltoviny	41
9.3	Požadavky na pokládku, podkladní vrstvu	42
9.3.1	Anhydritový potěr na izolační vrstvě	42
9.3.2	Topný anhydritový potěr	42
9.3.3	Anhydritový potěr na separační vrstvě.....	43
9.3.4	Spojovací potěr.....	43
9.3.5	Definice požadavků na vlastnosti podlahových potěrů na bázi anhydritu	43
9.4	Shrnutí I. etapy.....	44
10	ETAPA II: ANALÝZA VSTUPNÍCH SUROVIN PRO PŘÍPRAVU PODLAHOVÉHO POTĚRU NA BÁZI ANHYDRITU	46
10.1	Pojivové báze.....	46
10.1.1	Anhydritové pojivo.....	46
10.1.2	Požadavky na pojiva.....	46
10.2	Plniva	47
10.2.1	Primární plniva	47
10.2.1.1	Křemičitý písek	47
10.2.2	Druhotné suroviny	48
10.3	Posouzení kompatibility	54
10.4	Shrnutí II. etapy	55
11	ETAPA III: VOLBA MATERIÁLOVÉHO SLOŽENÍ POTĚRŮ NA BÁZI ANHYDRITU	56
11.1	Volba zastoupení jednotlivých vstupních surovin včetně podílu surovin druhotných s ohledem na jejich vzdálenost	56
11.1.1	Optimalizace a výběr primárních surovin	56
11.1.2	Optimalizace a výběr druhotných surovin.....	56
11.2	Návrh receptur potěru na bázi anhydritu	59
11.2.1	Referenční receptura.....	59
11.2.1.1	Plnivo.....	59
11.2.1.2	Pojivo.....	59
11.2.1.3	Vodní součinitel	59
11.2.2	Navrhované receptury	60
11.3	Shrnutí III. etapy	60
12	ETAPA IV: EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ VLASTNOSTÍ NOVÝCH POTĚRŮ NA BÁZI ANHYDRITU	62
12.1	Stanovení vlastností vstupních surovin.....	62

12.1.1	Stanovení zrnitosti – síťový rozbor ČSN EN 933-1	62
12.2	Příprava referenčního vzorku a nových receptur	66
12.3	Popis prováděných zkoušek	67
12.3.1	Zkoušení konzistence – stanovení hodnoty rozlití ČSN EN 13454-2+A1	67
12.3.2	Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku ČSN EN 13454-2+A1	68
12.4	Vyhodnocení provedených zkoušek	68
12.4.1	Stanovení hodnoty rozlití	68
12.4.2	Stanovení pevnosti v tahu za ohybu	69
12.4.3	Stanovení pevnosti v tlaku	71
12.5	Shrnutí IV. etapy	74
	ZÁVĚR	76
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	79
	SEZNAM OBRÁZKŮ	82
	SEZNAM GRAFŮ	83
	SEZNAM TABULEK	84

ÚVOD

Anhydritové podlahy se díky svým vlastnostem v současné době již nevyužívají pouze v průmyslových objektech a kancelářích, ale ve velkém měřítku se využívají v novostavbách či rekonstrukcích rodinných a bytových domů. Samozřejmě existují prostory, kde anhydritovou podlahu není vhodné realizovat. Mezi taková místa patří trvale mokré prostory. Tyto podlahy jsou rovněž nevhodné do exteriérů.

Každý zákazník samozřejmě ocení časovou nenáročnost na provedení podlahy, která je navíc pochozí po 2 dnech a plně zatížitelná po 5 – 7 dnech. Po týdnu je pak možné spustit podlahové vytápění. [1]

V současné době se stavebnictví musí vyrovnat se stále se zvyšujícími nároky na finanční úspory při výrobě materiálů. Aby kvůli této skutečnosti nedocházelo ke snížení výrobní ceny na úkor kvality, jsou v posledních letech při výrobě velmi důležité druhotné suroviny. Použití druhotných surovin má celou řadu výhod, například zlepšení výsledných vlastností. Jejich užití znamená významný ekologický i ekonomický přínos.

Tato práce bude věnovat pozornost podlahovým potěrům na bázi anhydritu. Důraz bude kladen na posouzení vhodných plniv z lokálních zdrojů. Část práce se bude zabývat možnostmi využití druhotných surovin, které by mohli částečně nahradit primární plnivo.

TEORETICKÁ ČÁST

1 Kompozitní materiály

Kompozitní materiál neboli kompozit je materiál, který se skládá ze dvou nebo více substancí s rozdílnými vlastnostmi. Tyto vlastnosti dávají výslednému výrobku nové vlastnosti, kterými nedisponuje žádná z jeho částí.

Mezi nejznámější kompozitní materiály řadíme železobeton, skelný laminát či asfaltovou směs. [2]

1.1 Betonové podlahy

Základní konstrukční prvek podlahového systému je betonová směs. Betonové podlahy se dělí podle použité technologie na betonové desky bez spár vyztužené ocelovými vlákny a se speciální úpravou dilatačních pracovních spár, a na klasické betonové desky vyztužené ocelovými vlákny s řezanými smršťovacími spárami. [3]

1.1.1 Obecné informace

Betonové podlahy patří do skupiny těžkých plovoucích podlah. Těžká plovoucí podlaha je podlaha, která není pevně spojená s podkladní vrstvou, např. stropní konstrukcí nebo základovou deskou. Podkladní vrstva je zpravidla tvořena tepelnou nebo kročejovou izolací. Při provedení této technologie je možné dosáhnout vyššího standardu bydlení z důvodu lepšího utlumení kročejového hluku a zmenšení energetické náročnosti stavby.

Výhodami betonové podlahy jsou: vysoká hutnost, vynikající tepelná vodivost, vysoká pevnost v tlaku i v ohybu, garantovaná rovinnost, aj. [3]

1.2 Podlahové konstrukce

1.2.1 Základní funkce a požadavky

Podlahy předepisuje norma ČSN 74 4505 Podlahy – Společná ustanovení. Podlaha je konstrukce, která se nachází na horní části stropní konstrukce nebo na jiném podkladu, jako je například rostlý terén. Podlaha může být jednovrstvá nebo vícevrstvá. Součástí podlahy se rozumí i dilatační spáry a konstrukční návaznost na dělicí konstrukce. [4]

Pro podlahy, které se nacházejí na stropní konstrukci je nejdůležitější faktor vzduchová a kročejová neprůzvučnost. Pro podlahy, které se nacházejí na jakémkoliv jiném povrchu je důležité posouzení tepelně technických vlastností, hydroizolačních vlastností, průhybu, odolnosti proti nárazu, odolnosti proti soustředěnému zatížení, odolnosti proti vodě a vlhkosti, součinitele odrazu světla, čistitelnosti, obrusnosti, nasákavosti, mrazuvzdornosti, odolnosti proti ohni, odolnosti proti chemickým vlivům, pružnosti, aj. [5]

1.2.2 Základní vrstvy

1.2.2.1 Nášlapná vrstva

Musí obsahovat jisté vlastnosti podle zvoleného provozu, který se na podlaze uskutečňuje. Nášlapná vrstva tvoří vlastní povrch podlahy. Do této vrstvy řadíme také spojovací materiál (lepidlo, tmel, malta apod.), kterým se nášlapná vrstva připevňuje. Můžeme ji připevnit na vyrovnávací, izolační vrstvy nebo přímo na podkladní vrstvu. Podle technologie provádění můžeme nášlapné vrstvy rozdělit na podlahy skládané (dřevěné, dlažby) a celistvé (mazaniny, povlaky).

1.2.2.2 Roznášecí vrstva

Nachází se pod nášlapnou vrstvou a jejím úkolem je roznášet bodové zatížení z nášlapné vrstvy do větší plochy na měkkou podložku, která je tvořená akustickou nebo tepelnou izolací. Roznášecí vrstvu můžeme provést formou násypů, mazanin nebo prefabrikovaných desek.

Násypy se provádějí z písku nebo jiných sypkých hmot. Materiál pro násypy musí být suchý a dostatečně zhutněný. Násypy mohou zároveň plnit i funkci tepelně nebo zvukově izolační vrstvy.

Mazaniny se provádějí z prostého nebo lehčeného betonu anebo z xylolitu. Nejčastější používaná tloušťka pro mazaniny je 35 mm. Z důvodu tepelné roztažnosti je nutné uvažovat s dilatací cca 3x3 m. Hrozí-li zdeformování tepelné nebo zvukové izolace uložené pod betonovou mazaninou je nutné ji vyztužit drátěnou sítí.

Prefabrikované desky musí tvořit dostatečně rovnou plochu. V případě výskytu nerovností se vyrovnávají potěrem z rychle tuhoucích hmot.

1.2.2.3 Izolační vrstva

Její funkce je oddělit konstrukci podlahy od ostatních stavebních konstrukcí. Izolační vrstvy dělíme podle funkce na izolace zvukové, tepelné a izolace proti vodě a vlhkosti.

Izolace zvukové se provádějí z pružných nebo polopružných hmot, které se obvykle kladou na tenkou vrstvu z prosáté škváry nebo písku. Jako zvukově izolační materiály se používají desky a rohože ze skelných vláken, desky z čedičových vláken, dřevovláknité desky, dřevocementové desky, korkové desky, pěnový polyuretan aj.

Izolace tepelné se provádějí podobným způsobem jako izolace zvukové. Jako tepelně izolační materiály se používají pěnový polystyren, minerální vlna, čedičová vlna, aj.

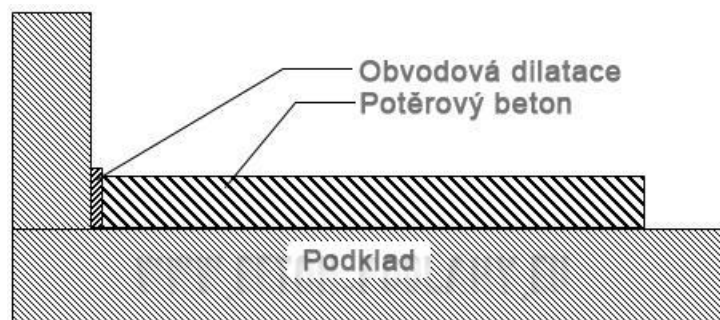
Izolace proti vodě a vlhkosti se provádějí z živичné izolace z asfaltových izolačních pásů, které se kladou na betonový podklad. Tyto izolace se používají u podlah, které mají mokřý provoz nebo u podlah, které jsou ve styku se zeminou. [5]

1.2.3 Dělení podlahových konstrukcí

1.2.3.1 Podlaha spojená s podkladem (spřažená)

Jedná se o podlahu, která leží přímo na podkladní vrstvě, např. na stropní konstrukci nebo na základové desce. Takto provedená podlaha zpravidla nevykazuje stlačitelnost a je tedy možné používat potěrové betony menších pevností než u plovoucích podlah.

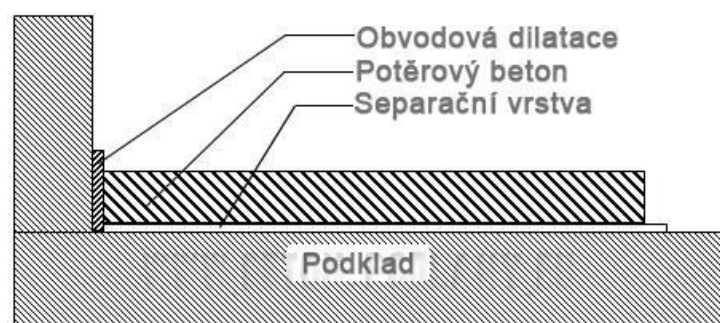
Podkladní vrstva musí být zbavena nečistot. U savých podkladů musí být použita tzv. penetrace, aby nedošlo k předčasnému úbytku vody z potěru.



Obrázek 1: Řez konstrukcí - podlaha spojená s podkladem (spřažená) [6]

1.2.3.2 Podlaha na separační vrstvě

Separční vrstva bývá nejčastěji tvořena PE fólií. Separční vrstva nejčastěji slouží k tomu, aby betonový potěr aplikovaný na podkladní vrstvu nepřišel o reakční složku. Tohle řešení je vhodné, pokud aplikujeme samonivelační potěr jako vyrovnávací vrstvu na savý a pórovitý povrch. Dále tato vrstva odděluje různé typy materiálů. Působení sil je u tohoto typu konstrukce rovnoměrně rozloženo.

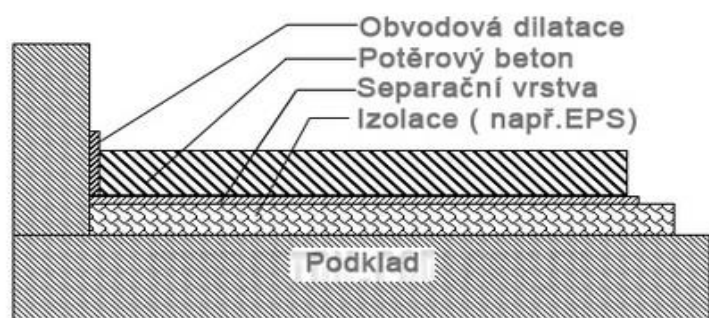


Obrázek 2: Řez konstrukcí - podlaha na separační vrstvě [6]

1.2.3.3 Podlaha na izolační vrstvě

Pro podlahy, které mají stlačitelný podklad, je nutné používat materiál s výbornou pevností v tlaku i v ohybu. Samotná betonová podlaha musí absorbovat veškeré síly na ni působící. Pro izolační vrstvu se nejčastěji používá pěnový polystyren EPS, extrudovaný polystyren XPS, polyuretanová pěna PUR, pěnový polyuretan PIR a další.

Pro podlahy, které se nacházejí v nadzemním podlaží, je nutné používat také kročejovou izolaci. Izolační vrstvu je možné kombinovat s více druhy izolace, přičemž izolační vrstva musí být od betonové vrstvy vždy oddělena separační vrstvou.

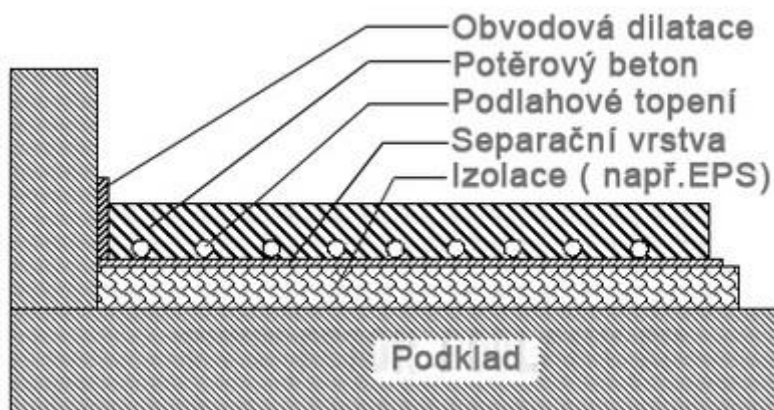


Obrázek 3: Řez podlahovou konstrukcí - podlaha na izolační vrstvě [6]

1.2.3.4 Podlaha s podlahovým topením

Jedná se v podstatě o stejný typ konstrukce jako podlaha na izolační vrstvě, pouze je tato konstrukce doplněna o topné médium, které je nejčastěji tvořeno PEX trubkami. Pro výpočet je třeba uvažovat pouze výšku betonové podlahy nad nejvyšším místem podlahového topení.

Samonivelační potěry, zejména anhydritové jsou ideálním potěrovým materiálem pro použití podlahového topení z důvodu vyšší tepelné vodivosti a nižší konstrukční výšky. Z důvodu nižší konstrukční výšky potěru může být použito více tepelné izolace a tím vzniká lepší tepelný odpor konstrukce a rychlejší je i celý proces vytápění. [6], [7]

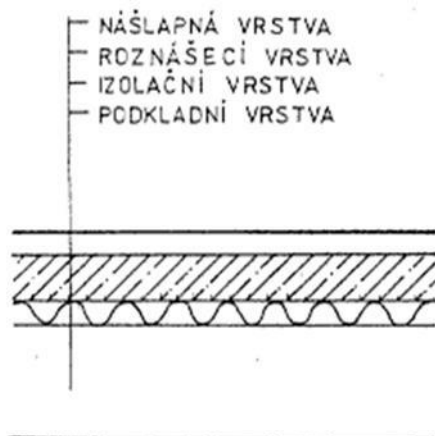


Obrázek 4: Řez podlahovou konstrukcí - podlaha s podlahovým topením [6]

2 Průmyslové podlahy

Pod pojmem podlahy v průmyslových objektech dle ČSN 74 4505 rozumíme podlahy v halách, skladech a jiných nebytových objektech o velkých plochách. Průmyslové podlahy jsou zatěžovány kromě statického a dynamického namáhání také různými manipulačními prostředky a jsou užívány jako bezbariérové. [4]

2.1 Skladba průmyslových podlah



Obrázek 5: Schéma skladby průmyslové podlahy [6]

2.1.1 Podkladní vrstva

Podkladní vrstvu průmyslové podlahy může tvořit stropní konstrukce nebo terén, který je předem upraven. Tato vrstva má zásadní vliv na správnou funkci celé konstrukce. V případě nedostatečných vlastností podkladní vrstvy na terénu můžeme zlepšit vlastnosti tím, že přidáme svislé nosné prvky. Svislé nosné prvky mohou být piloty z prostého betonu, štěrkopískové pilíře Franki nebo Keller anebo pilíře zhotovené stabilizací zeminy vápnem. V určitých případech je možné část nevyhovující zeminy vyměnit. [8]

2.1.2 Izolační vrstva

Izolační vrstvu navrhujeme a přidáváme do podlahové konstrukce pro zajištění tepelných vlastností konstrukce. Tato vrstva může dále sloužit jako zvukově izolační, ochrana proti vlhkosti nebo chemickým vlivům. [8]

2.1.3 Roznášecí vrstva

Roznášecí vrstva slouží jako nosná vrstva. Je to jedna z nejdůležitějších vrstev, jejíž kvalita zásadně ovlivňuje funkčnost a životnost nášlapné vrstvy a celé konstrukce podlahy. Nosné vrstvy bývají zpravidla provedeny z betonové mazaniny. Převážně se jedná o betonové desky z prostého betonu, které mohou být vyztuženy ocelovou sítí, drátkovou výztuží anebo vlákny. Dále je možné roznášecí vrstvu provést z lehkého betonu nebo xylolitu za předpokladu, že je zabráněno přístupu vlhkosti. [8]

2.1.4 Nášlapná vrstva

Nášlapná vrstva může být provedena z řady typů podlahových krytin. Tuto vrstvu je nutné volit s ohledem na účel, pro který je určena. Celková konstrukce by měla vykazovat výbornou trvanlivost, nenáročnou a rychlou montáž a nízké provozní náklady. [8]

2.2 Potěry

V současné době patří podlahové potěry k nejpoužívanějším podlahovým materiálům. Používají se potěry cementové nebo na bázi anhydritu.

2.2.1 Rozdělení potěrů podle způsobu zpracování

2.2.1.1 Suchý potěr

Suché nebo polosuché potěry se vyskytovaly na trhu v minulosti. Polosuché potěry nejsou doménou jen cementového pojiva, tímto způsobem se dají zpracovávat i podlahy anhydritové. Finální pevnost je vždy horší než u samonivelačního potěru z důvodu absence možnosti vysokého zhutnění přímo v místě stavby.

Tyto potěry jsou vhodné pro vyrovnání stávajících betonových podkladů nebo jako krycí vrstvy. Pro těžké plovoucí podlahy je vhodnější používat samonivelační litý beton, který má garantovanou pevnost.

2.2.2 Samonivelační potěr

Samonivelační (litá) podlaha se vyznačuje jednoduchou aplikací a lepší tepelnou vodivostí. Takto provedená podlaha má garantovanou pevnost. Samotná aplikace je velmi rychlá, v rodinném nebo bytovém domě trvá zhruba 2 hodiny a po ukončení je stavební plocha bez nečistot. Samonivelační směs je snadno čerpatelná, přičemž maximální výška, do které je možno čerpat je až 100 m. Maximální čerpatelná délka činí 200 m. Směs se vyznačuje vysokou tekutostí a tím je zajištěna maximální hutnost a rovinnost. Plocha je přímo určena pro pokládku podlahových krytin, jako je dlažba, vinyl, aj.

Samonivelační podlahy se provádějí nejčastěji z anhydritového litého potěru. Anhydritové pojivo nereaguje změnou velikosti při kontaktu s vodou, na rozdíl od cementového pojiva a proto je výroba i zpracování anhydritové podlahy snadnější. Anhydritové podlahy jsou o cca 10 – 15 % levnější než podlahy cementové.

2.2.3 Rozdělení potěrů podle pojiva

2.2.3.1 Cementový potěr

Jedná se o nejstarší typ potěru. S příchodem anhydritových podlah je tento potěr pro své náročné zpracování postupně nahrazován anhydritovým. Cementové potěry je možné zpracovávat řadou způsobů, ale před samotným provedením je nutné posoudit vhodnost pro danou situaci. Nevýhodou cementových potěrů je například tvarová deformace. Tyto potěry se vyrábějí převážně z písku frakce 0 – 8 mm nebo 0 – 16 mm, cementového pojiva a vody.

2.2.3.2 Anhydritový potěr

Anhydritové potěry patří v současné době k nejpoužívanějším typům betonových podlah. Mezi jejich největší výhody se řadí skutečnost, že mohou velmi výrazně zkrátit dobu výstavby. Anhydritové podlahy je možné pokládat ve velkých plochách bez dilatací, až 600 m². Jejich nevýhodou je nemožnost použití v trvale vlhkém prostředí a v exteriéru. Pro jejich výrobu se používá anhydritové pojivo a křemičitý písek frakce 0 – 4 mm jako plnivo.

2.2.3.3 Magnezitový potěr

Magnezitové podlahy jsou v našich krajích víceméně neznámé a jejich použití je omezené pro specifické účely. Jejich výhodou je velká odolnost proti mechanickému namáhání, olejům, pohonným hmotám a rozpouštědlům. Tyto podlahy jsou elektricky vodivé, proto je možné jejich použití pro antistatické podlahy. Magnezitový potěr nesmí být použit pro exteriér a trvalé vlhké prostředí.

2.2.3.4 Asfaltový potěr

Asfaltový potěr se vyznačuje velkou řadou výhod. Mezi ně patří například možnost provádění za jakéhokoliv počasí. Asfaltová podlaha se pokládá při teplotě nad 200°C, po vychladnutí je pochozí a může se na ni aplikovat finální vrstva. Dalšími výhodami je například vodotěsnost, neobsahuje dehet, podlaha je bez zápachu tudíž je možné i použití v interiéru. Z důvodu dobré odolnosti proti hluku je možnost použití ve sklepech, garážích a dílnách. Tyto podlahy mají taktéž dobré tepelně a zvukově izolační vlastnosti.

Nevýhodou těchto potěrů je pořizovací cena, která bývá 2-3x vyšší než u cementových nebo anhydritových podlah. [6]

2.3 Zkoušení anhydritových potěrů

2.3.1 Zkoušení konzistence – stanovení hodnoty rozlití ČSN EN 13454-2+A1

Podstatou této zkoušky je hodnota rozlití čerstvé malty, která se získá změřením průměru rozlitého vzorku. Zkouška se provádí pomocí rozlivového kónusu, který je umístěn

na vodorovné desce. Kónus se naplní maltou a po 10 – 15 sekundách se zvedne kolmo vzhůru. Malta ulpělá na kónusu se nebere v úvahu. Poté se změří průměr rozlitého koláče s přesností na 1 mm ve dvou navzájem kolmých směrech. Výsledkem zkoušky je průměrná hodnota rozliti v mm, zaokrouhlená na 1 mm. [9]

2.3.2 Stanovení počátku tuhnutí – ČSN EN 13454-2+A1

Zkouška je prováděna pomocí Vicatova přístroje. Princip je založen na proniknutí normalizovaného penetračního válečku do kaše o normální konzistenci. Výsledné množství vody, které by měla kaše normální konzistence obsahovat se stanoví vnikáním válečku do několika druhů kaší s odlišným obsahem vody. Normální konzistence je dále potřebná pro stanovení počátku a konce doby tuhnutí a pro stanovení objemové stálosti.

Tuhnutí se stanoví po vniknutí jehly Vicatova přístroje do kaše normální konzistence a dosažení předepsané hodnoty. [9]

2.3.3 Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku ČSN EN 13454-2+A1

Zkouška zahrnuje stanovení pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu na zkušebních tělesech, kterými jsou trámce o rozměrech 160 x 40 x 40 mm.

Nejprve se stanoví pevnost v tahu za ohybu na celém vzorku a poté je na zbylých úlomcích stanovena pevnost v tlaku. Při zkoušce pevnosti v tahu za ohybu je vzorek porušen ve středu vzorku. Zkoušení musí vždy probíhat kolmo na směs hutnění vzorku.

Výsledná pevnost se poté vypočítá ze zatížení, kterým bylo těleso porušeno. [9]

2.3.4 Stanovení pH ČSN EN 13454-2+A1

Vzorek se nejprve zváží a rozetře. Dále se v hmotnostním poměru 1:10 smísí s destilovanou vodou a následných 5 minut se míchá. Výsledek zkoušky změříme pomocí pH papírku nebo pH metru s přesností $\pm 0,5$. Výsledná pH hodnota je vyžadována ≥ 7 . [9]

2.3.5 Zkoušení podkladu

2.3.5.1 Zkoušení tvrdosti, tvrdoměrné metody zkoušení betonu – ČSN 73 1373

Tvrdoměrné kladívko – SCHMIDT slouží k nedestruktivnímu zkoušení kvality betonu na hotových stavbách.

Definovanou energií naráží rázový člen kolmo na povrch očištěného betonu. Energií odpovídající tvrdosti betonu se odrazí úderník nazpět. Hodnota odraz se odečte v převodních tabulkách a najde se odpovídající pevnost v tlaku.

Klasické tvrdoměry pro běžné betony jsou vyráběny s označením N/L. V současné době jsou již hodně rozšířené elektronické modely SILVER SCHMIDT. Tyto modely mají kalibrovaný rozsah měření 10 – 100 N/mm². [10]

2.3.5.2 Měření vlhkosti gravimetrickou metodou – ČSN 74 4505

Jedná se o normovou destruktivní metodu. Odběr vzorků provádíme ručním vysekáváním. Při odběru se nedoporučuje využití příklepové vrtačky, poněvadž při jejím použití dochází k ohřívání a tím pádem vysušování materiálu, čímž může dojít ke zkreslení výsledků.

Beton a cement se suší při teplotě 105 ± 2 °C. U materiálů, kde by vysušením při této teplotě došlo ke ztrátě chemicky vázané vody, se užívá teplota nižší nebo vysušení v suchém prostředí. Anhydrit lze sušit pouze při teplotě 40 ± 2 °C.

Vysoušení probíhá v laboratoři, kam je vzorek potřeba co nejdříve po odběru přemístit. Během přesunu musí být zachována vlhkost, jakou měl vzorek v době odběru, proto se transportuje v parotěsné kovové nádobě nebo v parotěsné fólii. Samotný vzorek vysoušíme ve větrané troubě s definovanou teplotou a relativní vlhkostí menší než 10 %.

Podle ČSN EN ISO 12570-3 je konstantní hmotnosti dosaženo, pokud změna hmotnosti mezi třemi následujícími váženími provedenými nejméně po 24 hodinách je menší než 0,1 % celkové hmotnosti.

Výhodou této metody je přesnost, nevýhodou časová náročnost zkoušky a absence provedení zkoušky v terénu. Proto je pro podlahové účely častěji využívána karbidová metoda. [4]

2.3.5.3 Měření vlhkosti karbidovou metodou – ČSN 74 4505

Jedná se o normovou destruktivní metodu. Na rozdíl od gravimetrické metody lze tuto metodu provádět přímo na stavbě. Její nevýhodou je menší přesnost.

Vzorky se odebírají v celé tloušťce podlahy a je nutné je vysekát ručně, případně lze použít pneumatické kladivo. Minimální počet vzorků při odběru není v České republice stanoven.

Metoda je založená na chemické reakci, která probíhá ve speciální uzavřené nádobě. Odebrané vzorky se rozdrtí, zváží, vloží do nádoby, kam se současně vsypou ampulky karbidu vápenatého a ocelové kuličky, které ampulky rozdrtí. Lahví je nutné silně třepat po dobu několika minut, aby došlo k rozbití ampulek karbidu vápenatého a k dostatečnému promíchání se vzorkem. Chemickou reakcí vody s karbidem vápenatým vzniká acetylen, který je ukazatelem množství vlhkosti ve vzorku.

Stanovená vlhkost se udává v tzv. procentech CM, která se liší od procent hmotnostní vlhkosti zjištěných gravimetrickou metodou. [4]

3 Suroviny pro výrobu anhydritové podlahy

3.1 Anhydrit

Pro výrobu anhydritových podlah se zpravidla používá anhydritové pojivo, které je vyrobeno z energosádrovce. Energosádrovec je produkt, který se získává při odsiřování uhelných elektráren, přičemž musí projít složitým procesem vypalování.

Výsledkem je anhydrit (síran vápenatý) CaSO_4 . Anhydrit vyrobený touto cestou se nazývá termický.

Přírodní anhydrit je pro výrobu anhydritového potěru nepoužitelný z důvodu různorodých ložisek nebo vysokého % nečistot.

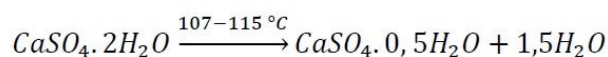
Pro Českou republiku se anhydrit dováží ze sousedního Polska a Německa. V České republice se anhydrit pro potěrové betony nevyrábí z důvodu použití veškerého energosádrovce pro výrobu sádrokartonů a jiných materiálů. [11]



Obrázek 7: Anhydrit [12]

3.1.1 Výroba anhydritu

Hlavním principem zpracování sádrovce, dihydrátu síranu vápenatého je dehydratace krystalicky vázané vody působením tepla. Přírodní i syntetický sádrovec je stálý do teploty 42 °C. Pokud zvýšíme teplotu v rozmezí 75 – 80 °C nastávají zde změny, sádrovec ztrácí vodu a dehydratuje. Reakce nabývá rychlosti při teplotě, kdy je atmosférický tlak nižší než tenze par.

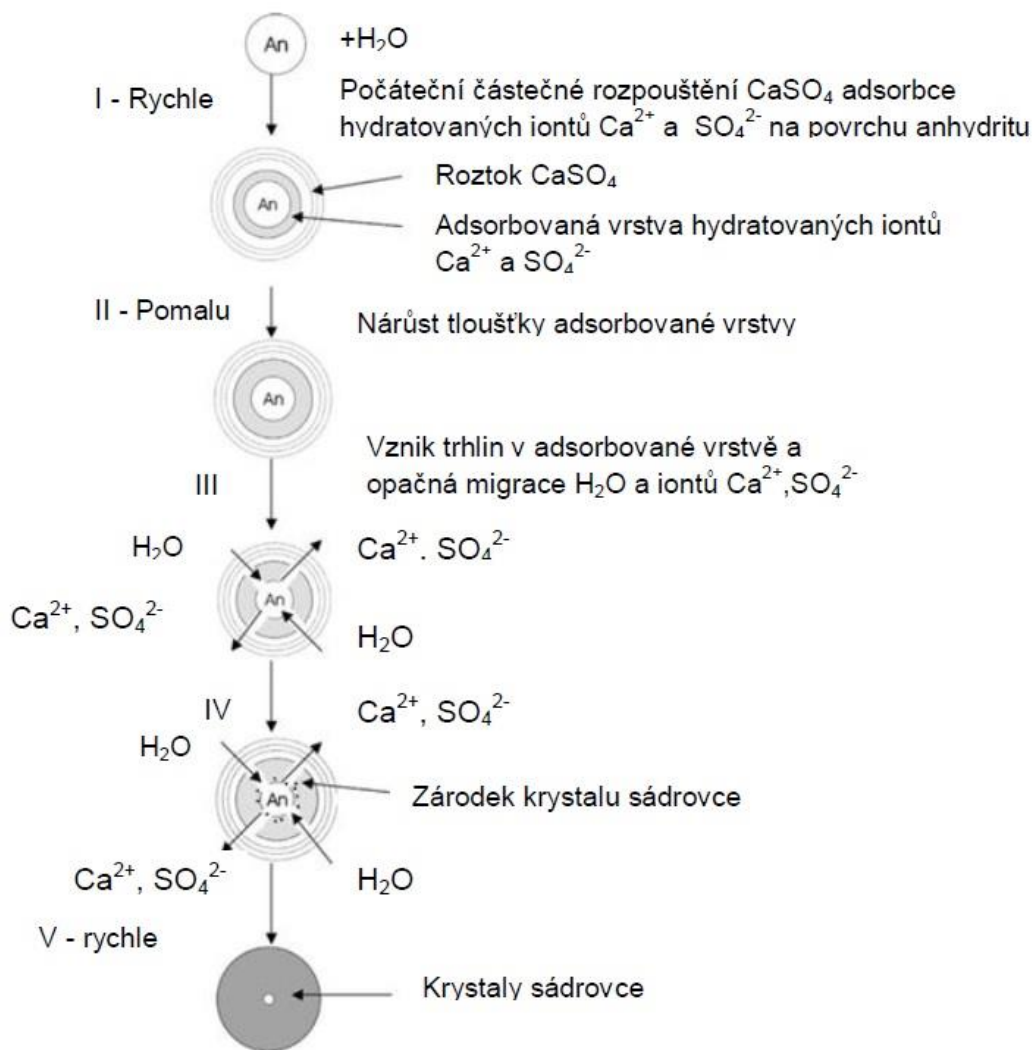


Ze vstupních surovin tepelným zpracováním získáme pojiva, která se liší ve svých vlastnostech.

Při nižších teplotách vzniknou různé krystalické formy hemihydrátu (α – sádra a β – sádra).

Při vyšších teplotách sádrovec zcela dehydratuje a vzniká bezvodý síran CaSO_4 . [13], [14]

3.1.1.1 α – hemihydrát (α – sádra) - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$



Obrázek 9: Schéma dehydratace sádrovce [15]

Tato sádra vzniká zahříváním sádrovce při teplotách o rozmezí 115 – 130 °C a za mírného přetlaku 0,12 – 0,13 N/mm². Celý proces se odehrává v autoklávech, v prostředí nasycení vodní parou (tzv. mokrý způsob výroby).

Vzniklý hemihydrát má měrnou hmotnost 2 720 – 2 760 kg/m³. Při přípravě se jeho krystalky pozvolna rozpouštějí, což vede k pomalejšímu tuhnutí. Lepší uspořádání mřížky dihydrátu způsobuje větší pevnost po zatvrdnutí.

α – polohydrát potřebuje pro stejnou tekutost nižší množství vody než β – polohydrát. Vodní součinitel se pohybuje v hodnotách $w = 0,35 - 0,45$ oproti $w = 0,50 - 0,70$.

Výroba je finančně i technologicky náročná. Vyrábí se v autoklávech při teplotě 124 °C a přetlaku pomocí roztokové metody (dehydratuje v roztoku solí). V České republice tento produkt nabízí firma KM Beta v Bzenci. Evropským výrobcem je například Německo a Maďarsko. [13]

3.1.1.2 β – hemihydrát (β – sádra) - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$

Tato sádra vzniká zahříváním sádrovce při teplotách o rozmezí 100 – 160 °C a za normálního tlaku. Principem je uvolnění vody ve formě páry, což způsobí nakypřování sádry (tzv. suchý způsob výroby).

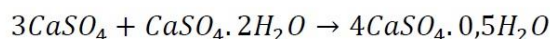
Struktura této sádry je narušená, což způsobí zvýšení měrného povrchu. Vzniklý hemihydrát má měrnou hmotnost 2 360 – 2 680 kg/m³.

β – hemihydrát má větší měrný povrch než α – hemihydrát, což vyžaduje větší spotřebu vody. Vodní součinitel $w = 0,50 - 0,70$.

Vyrábí se výpalem sádrovce na roštu, kalcinací a v rotačních pecích. [13]

3.1.1.3 CaSO_4 III

Tyto anhydrity se vyskytují ve dvou formách α i β podle toho, ze kterého polohydrátu vznikly. Vyznačují se nestálostí a přeměňují se zpět na polohydrát $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ i vzdušnou vlhkostí.



Při porovnání s hemihydrátem jsou α i β formy reaktivnější, jejich vodní součinitel je $w = 1,0$. Vykazují nízké pevnosti a rychle tuhnou. β – forma má větší měrný povrch a je poréznější než α – forma, z toho plyne, že je méně stálá a při působení vzdušné vlhkosti se přemění na hemihydrát. [13], [16]

3.1.1.4 CaSO_4 II

Vlastnosti toho anhydritu jsou podobné vlastnostem anhydritu, který je těžen v přírodě a získán vypálením sádrovce při teplotách 500 – 700 °C. Měrná hmotnost je 2 900 – 3 100 kg/m³, tvrdost 2,9 – 3,5 dle Mohse a je stabilní. S vodou reaguje pomalu, vodní součinitel $w = 0,27$. Musíme proto přidávat budiče, které reakci urychlí. Výsledná pevnost se poté pohybuje okolo 15 – 25 N/mm². [13], [16], [17]

Anhydrit rozlišujeme podle stupně výpalu a reaktivity:

- Anhydrit A II – T: vzniká výpalem při teplotách 200 – 300 °C, s rostoucí teplotou výpalu se reakce s vodou snižuje, těžce rozpustný
- Anhydrit A II – N: vzniká výpalem při teplotách 300 – 600 °C, s vodou reaguje velmi pomalu, je totožný s přírodním anhydritem, nerozpustný
- Anhydrit A II – E: vzniká výpalem při teplotách nad 600 °C, přičemž část A II se rozpadne na CaO a SO₃, estrichová sádra

3.1.1.5 CaSO₄ I

Vzniká výpalem sádrovce při teplotách 800 – 1 000 °C. Výpal se provádí v rotačních nebo šachtových pecích. Vznikne směs, kterou označujeme jako tuhnoucí nebo potěrovou sádru. Tento typ je nestabilní. [16]

3.2 Kamenivo pro malty – ČSN EN 13139

Kamenivo je přírodní nebo umělé plnivo, které tvoří většinou 75-80 % maltové směsi. Základní rozdělení kameniva je podle petrografie, frakce, vzniku a objemové hmotnosti.

Pro malty a potěry se používá frakce 0 - 4 mm. Jako vhodnější kamenivo se uvažuje těžené než drcené. Nejvhodnější variantou je těžené prané kamenivo, protože neobsahuje jílové a případné organické nečistoty, které by mohly snížit výslednou kvalitu potěru. Před použitím kameniva je nutné provést síťový rozbor pro zjištění optimální křivky zrnitosti daného kameniva.

U cementových potěrů je dále nutné stanovit obsah alkálií. V případě zjištění vysokého obsahu alkálií se kamenivo nesmí použít, poněvadž by mohlo dojít k degradaci potěru vlivem alkalicko-křemičité reakce. [18]

3.3 Druhotné suroviny

Druhotná surovina je produkt lidské činnosti. Tato surovina vznikla z již jednou zpracované suroviny a opakovaně vstupuje do procesu využití. Druhotné suroviny vznikají v oblasti energetiky, zemědělství, potravinářství, hutnictví a ve sklářském průmyslu.

3.3.1 Popílek ČSN EN 450-1

Popílek vzniká při spalování práškového uhlí a je zachycován v odlučovačích. Nevýhodou popílků je proměnlivé chemické, mineralogické a granulometrické složení v závislosti na druhu spalovaného uhlí a lokality, ze které pochází.

Podle ČSN EN 197 – 1 se popílek rozděluje na křemičitý (V) a vápenatý (W). Křemičitý popílek (V) je jemný prášek, který je převážně složen z kulových částic

s pucolánovými vlastnostmi. Obsahuje aktivní SiO_2 a Al_2O_3 . Ve zbytku je obsažen oxid železitý a jiné sloučeniny.

Vápenatý popílek (W) je jemný prášek, který má hydraulické nebo také pucolánové vlastnosti. Obsahuje aktivní oxid vápenatý, oxid křemičitý a hlinitý. Ve zbytku je obsažen oxid železitý a jiné sloučeniny. [19], [20]

Podle ČSN EN 206-1 je popílek produkt vznikající při spalování práškového antracitu, černého nebo hnědého uhlí, který je zachycován v elektrostatických či mechanických odlučovačích. Při použití této popílku je nutné uvažovat, že může vykazovat proměnlivé chemické, mineralogické i granulometrické složení. Tyto proměnlivé vlastnosti jsou závislé na druhu spalování uhlí, lokalitě a způsobu odlučování.

Popílek vzniklý z černého uhlí je vhodnější pro použití v betonových směsích než popílek vzniklý z hnědého uhlí. [21]

3.3.1.1 Vysokoteplotní popílek

Vzniká spalováním jemně mletého uhlí při teplotách mezi 1400 a 1600 °C. Vedlejším produktem při spalování je struska, která zůstává na dně kotle a popílek, který je unášen společně se spalinami a od nich se odlučuje v odlučovačích. Tento typ spalování vyžaduje následné odsíření spalin, kterého docílíme za pomoci vápna nebo vápence. Následně nám vznikne sádrovec. [22]

Nejúčinnějším typem pro odloučení jsou elektrostatické odlučovače, které mají velmi vysokou odlučivost až 99 %.

Další variantou pro odlučování jsou mechanické odlučovače, které obsahují filtry z ohnivzdorných tkanin. [23]

Vzniklý prášek s částicemi kulového charakteru o průměru 1 až 150 μm má pucolánové vlastnosti. Popílek kromě amorfního SiO_2 a krystalické fáze obsahuje i zbytky nespáleného uhlí. Takový popílek obsahuje skelné kuličky. Pokud je v popílku obsažena břidlice má popílek šedou barvu a v případě, že obsahuje pyrit je spíše černý. [24]



Obrázek 10: Vysokoteplotní popílek [25]

3.3.1.2 Fluidní popílek

Fluidní popílky můžeme rozdělit na hrubý ložový popel a filtrový popílek, který se zachycuje na filtrech.

Hrubý ložový popel propadáva roštem pod fluidním prstencem a jeho částice jsou větší a těžší. Z důvodu vysokého obsahu měkce páleného vápna a anhydritu má tento popel velmi dobré hydraulické vlastnosti. Tvrdnutí začíná již při smíchání popele s vodou. Tento popel má výrazně nižší obsah oxidu vápenatého.

Filtrový popílek je zachytáván na elektrostatických odlučovačích a oproti hrubému ložovému popelu je tvořen malými lehkými částicemi.

Tyto popílky většinou nesplňují požadavky ČSN EN 450-1 díky vyššímu obsahu volného CaO a SO₃. [20]



Obrázek 11: Fluidní ložový popel (vlevo), fluidní filtrový popílek (vpravo) [25]

3.3.2 Struska

Struska je hrubozrnný materiál černého zabarvení s ostrými hranami a skelným leskem. Vzniká jako vedlejší produkt při výrobě surového železa (vysokopecní struska) a při výrobě oceli (ocelářská struska). [26]

3.3.3 Vysokopecní struska

Vzniká při výrobě surového železa, která probíhá ve vysokých pecích, kde vsázkové suroviny zvolna klesají pecí a zahřívají se proudem horkých plynů. Při teplotách nad 1100 °C na sebe začnou působit hlušiny rud i struskotvorné přísady a vytváří tzv. prvotní strusku, která posléze reaguje s popelem koksu a se surovým železem za vzniku konečné strusky.

Nejdůležitější u strusky jsou její hydraulické vlastnosti, které jsou přímo závislé na jemnosti mletí a chemické složení. Strusky se posuzují tzv. hydraulickým modulem.

Jemně mletá struska nemá dostatečné hydraulické vlastnosti, tudíž se tyto vlastnosti musí vyvolat nuceně přidáním vápna nebo cementu. Využívá se jako aktivní příměs do cementového betonu, zlepšuje fyzikálně-mechanické vlastnosti.

Granulovaná vysokopeční struska se využívá jako surovina pro výrobu portlandských struskových cementů. [27]



Obrázek 12: Granulovaná vysokopeční struska, frakce 32 - 63 mm [28]

3.3.3.1 Ocelářenská struska

Vyrábí se okysličováním vsázkových surovin (surové železo, ocelový odpad, struskotvorné přísady, legovací přísady aj.), působením okysličovacích přísad a odtavením části žárovzdorné vyzdívky.

Využití ocelářenské strusky je limitováno obsahem těžkých kovů. Díky své struktuře a složení se vyznačuje dobrou pevností a stabilitou. Na rozdíl od vysokopeční strusky po zhutnění propouští vodu, z tohoto důvodu je vhodná jako podsypový materiál například pro zámkové dlažby. [27]



Obrázek 13: Ocelářenská struska, frakce 0 - 8 mm [29]

4 Anhydritové podlahy

Anhydritové podlahy patří v současnosti k nepoužívanějším typům podlah v bytové i občanské zástavbě, novostaveb či rekonstrukcí. Z toho důvodu je vhodné jejich použití pro podlahy, kde se uvažuje podlahové vytápění. Zhotovení anhydritové podlahy je méně nákladné než zhotovení betonové podlahy.

Výhody anhydritové podlahy:

- Vysoká tepelná vodivost
- Vysoká pevnost v tahu za ohybu
- Téměř žádná tepelná roztažnost
- Rychlost provedení
- Vysoká rovinnost (2 mm/m)
- Bezspáré podlahy (až 600 m² bez dilatací)
- Bez nutnosti armování
- Úspora finančních prostředků

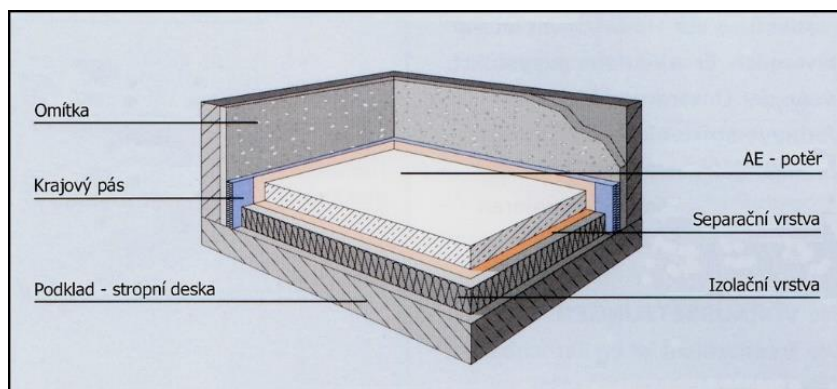
4.1 Použití anhydritových potěrů

4.1.1 Anhydritový potěr na izolační vrstvě

Tento druh podlahové konstrukce s potěrem na izolační vrstvě vyhovuje zvýšeným požadavkům na zvukovou a tepelnou izolaci a používá se zejména v bytové a administrativní výstavbě. Minimální tloušťka potěru je závislá na provozním zatížení a na stabilitě izolační vrstvy.

Podklad pro izolační vrstvu musí být suchý a čistý. Bodové vyvýšeniny, potrubí a jiné překážky musí být zarovnané, aby vznikl nosný podklad s rovným povrchem.

U potěru, který je prováděn jako plovoucí, je velmi důležité správné položení krajového pásu, který musí být umístěn na všech vzestupných stavebních částech, jako jsou stěny, sloupy a topení. Dále musí být krajový pás dimenzován způsobem, aby na všech stranách potěrové desky byla daná stlačitelnost pásu min. 3 mm. [30]



Obrázek 14: Schéma anhydritového potěru na izolační vrstvě [30]

4.1.2 Topný anhydritový potěr

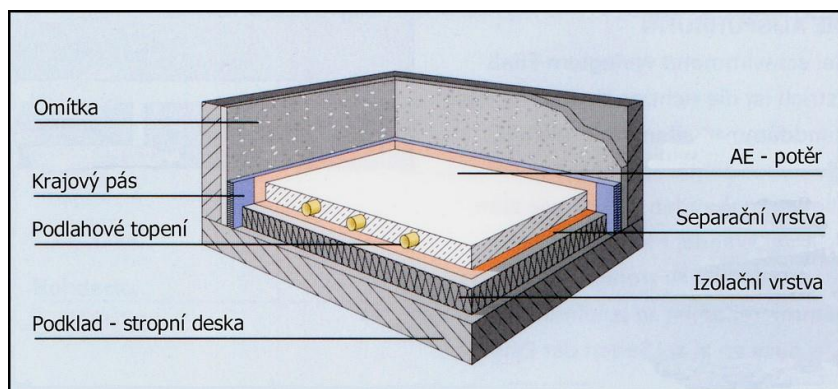
Pro anhydritový potěr s možností využití podlahového vytápění lze využít podlahové vytápění teplovodní i elektrické.

Teplovodní podlahové vytápění se zpravidla vylívá anhydritem v průměrné tloušťce 55 mm, přičemž 35 – 40 mm tvoří krytí potrubí a zbylých 15 – 20 mm je prolití anhydritem mezi potrubím.

Elektrické podlahové vytápění se zpravidla vylívá anhydritem o průměrné tloušťce 45 – 50 mm.

Topný potěr představuje přímo vytápěný potěr, který je většinou položen jako plovoucí. Výhodou tohoto potěru je, že zcela a bez jakýchkoliv mezer obalí vodiče topení a zajistí optimální přenos tepla. Výsledná tloušťka potěru závisí na umístění vodičů topení.

Požadavky na podkladní vrstvu a samotné pokládání jsou stejné jako u anhydritového potěru na izolační vrstvě. [30]



Obrázek 15: Schéma topného anhydritového potěru [30]

4.1.3 Anhydritový potěr na separační vrstvě

Anhydritový potěr na separační vrstvě umožňuje po vytvrzení volný pohyb potěru vůči podkladní desce. Tento typ potěru aplikujeme, je-li nutná rychlá a cenově výhodná sanace podlah ve starých zástavbách a není vhodné použít anhydritový spojovací potěr.

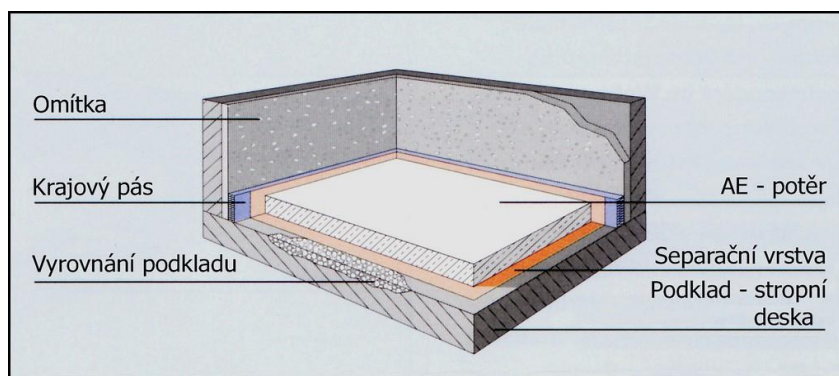
Důležitým předpokladem je pokládka separační vrstvy, která by měla být realizována ve 2 vrstvách, přičemž utěsnění potěru a parotěsné zábrany lze uvažovat jako jednu vrstvu.

Při pokládce je nutné dodržet, aby separační vrstva byla položena bez zvlnění a překladů. Jednotlivé pásy separační vrstvy musí být přeloženy s přesahem alespoň 10 cm. Tyto pásy by měly být pro maximální možnou ochranu svařeny, čímž vznikne vodotěsná uzavřená vana.

Minimální tloušťka potěru se stanovuje obdobně jako v případě anhydritového potěru na izolační vrstvě. [30]

Materiály pro separační vrstvu:

- Polyetylenová fólie
- Papír vrstvený umělou hmotou
- Papír nasycený bitumenem
- Tkanina ze skelného vlákna



Obrázek 16: Schéma anhydritového potěru na separační vrstvě [30]

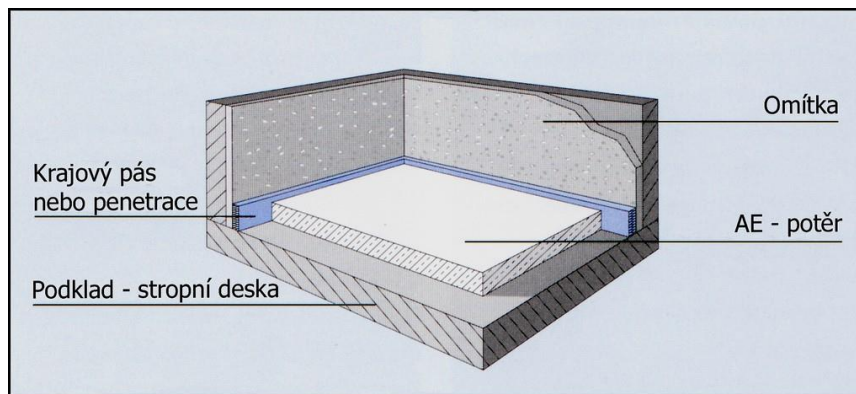
4.1.4 Spojovací potěr

Spojovací potěry mají za úkol vyrovnat a připravit nerovný povrch nosného podkladu pro další použití. Pojí se s nosným podkladem po celé jeho ploše, pevně a bez porušení. Tímto je zaručen případný přenos sil přímo na podkladní vrstvu.

Savé podklady jako jsou například betonové a cementové potěry musí být ošetřeny penetračním nátěrem, aby nedošlo k předčasnému úbytku vody z anhydritového potěru. [30]

Podmínky pro podkladní vrstvu:

- Dostatečně pevná
- Přílnavý podklad a čistá struktura
- Bez prasklin a volných částic
- Povrch nesmí být znečištěn olejem, palivou, zbytky malt, nátěry
- Rovinatost povrchu



Obrázek 17: Schéma spojovacího potěru [30]

5 Rozdíly mezi anhydritovou a cementovou podlahou

5.1 Cena

V celkovém porovnání s cementem je anhydritová podlaha oproti cementové nepatrně levnější. Do cementové podlahy, která se aplikuje ve vyšší vrstvě je potřeba započítat i ostatní komponenty jako je kari síť.

Orientační náklady jsou uvedeny v tabulce 1. Výpočet byl proveden na základě dostupných materiálů od zadavatelské firmy.

Tabulka 1: Orientační cenové náklady anhydritového potěru SIKA a cementového potěru CEMEX

Druh podlahy	Tloušťka potěru [mm]	Cena potěru bez DPH [Kč/m ²]
Anhydritový potěr 20 MPa	40	358,-
	50	447,-
Anhydritový potěr 30 MPa	40	430,-
	50	538,-
Cementový potěr	45	376,-
	55	417,-

5.2 Pokládka

Při porovnání obou způsobů pokládky zjistíme, že se neliší. Dodávají se přímo od výrobce v tekutém stavu, jsou čerpatelné. Anhydrit lze čerpat až do výšky 100 m, cement pouze do výšky 40 m. [31]

5.3 Smršťování

Smrštění litého anhydritového potěru je 0,1 mm/m. Díky minimálnímu smrštění je náchylnost k praskání téměř nulová. Nedochází zde ke zvedání v rohových částech místnosti.

Smrštění cementového litého potěru je až 1 mm/m. Může zde dojít k velkému praskání, které se projeví i na finální vrstvě podlahy. Postupem času dochází ke zvedání v rohových částech místností. [31]

5.4 Podlahové topení

Anhydritový potěr má k podlahovému potrubí velmi vysokou přilnavost. Nedochází k oddělení potrubí od potěru, netvoří se vzduchové mezery.

Cementový potěr má v tomto případě nevýhodu v podobě smrštění a velké tepelné roztažnosti. Tyto vlastnosti mají za následek oddělení potěru od potrubí, vznikají vzduchové mezery a tím se zvyšují náklady na vytápění. [31]

5.5 Prostředí

Anhydritový potěr nesmí být použit do trvale vlhkého prostředí. Při styku s vodou potěr bobtná. Po vyschnutí se vrátí do původního stavu, ale s již porušeným povrchem.

Cementový potěr je vhodný i pro trvale mokré prostředí. Může být použit v okolí bazénů, sprch, v prádelnách či sklepech. [31]

5.6 Ošetřování

Anhydritový potěr nesmí být vystaven průvanu, slunečnímu záření a musí být zabráněno uzavření pórů po dobu 48 hodin. Po uplynutí této doby začne podlahová konstrukce samovolně větrat, případně již můžeme použít podlahové vytápění s teplotou maximálně 30 °C.

Cementový potěr nesmí být vystaven průvanu a slunečnímu záření. Tento potěr je nutné kropit vodou po dobu 2 – 3 dnů, čímž zabráníme vzniku trhlin. [31]

5.7 Tloušťka vrstvy

Doporučená tloušťka anhydritového potěru bez podlahového vytápění je 45 mm, minimální 35 mm. Doporučená tloušťka anhydritového potěru s podlahovým vytápěním je 60 mm, minimální 50 mm.

Doporučená tloušťka cementového potěru bez podlahového vytápění je 60 mm, minimální 50 mm. Doporučená tloušťka cementového potěru s podlahovým vytápěním je 80 mm, minimální 70 mm. [31]

6 Technologie provádění

Před provedením potěru je potřeba provést pokládku vrstev, které zajistí funkčnost celé konstrukce.

Při pokládce tepelné izolace používáme pěnový polystyren EPS. Při standardním zatížení použijeme polystyren s označením EPS 100, při větším zatížení EPS 150 nebo 200.

V okrajích svislých konstrukcí (nosných i nenosných) se musí provést okrajová dilatace, která umožní přenos chvění do konstrukce a následnou tepelnou roztažnost.

Dále je nutné položit separační vrstvu například pomocí PE fólie s překrytím jednotlivých fólií alespoň 10 cm. Spleení provádíme pomocí lepicí pásky.

Je nezbytné provést dilataci u dveřních otvorů a v místech, kde má potěr rozdílnou tloušťku.

Výsledná tloušťka potěru je dána požadovanou nosností, stlačitelností izolační vrstvy, požadované pevnosti a dále také specifickými požadavky investora.

Samotná realizace potěru se provádí po dokončení všech mokrých procesů. Prostory, ve kterých je pokládka realizována, musí být uzavřené a utěsněné, aby nevznikl průvan uvnitř stavby, což by mohlo mít za následek příliš rychlé vysychání potěru. Tím by mohlo dojít ke smrštění a vzniku trhlin.

Teplota při realizaci je obdobná jako při betonáži. Minimální teplota pro vytvoření výsledného kvalitního potěru je 5 °C a maximální 30 °C. Tato teplota musí být zajištěna po dobu 48 hodin. Při teplotách nižších než 5 °C může dojít k zamrznání vody. Naopak při vyšších teplotách může dojít k příliš rychlému vyschnutí a tím ke vzniku prasklin. Doba zpracovatelnosti čerstvé směsi je minimálně 4 hodiny.

Vyrobená směs se dopravuje na místo stavby pomocí autodomíchávače. Směs je možné čerpat za použití pístových nebo šnekových čerpadel.

Samotné lití směsi je prováděno pomocí čerpacích hadic. Na místě stavby jsou přítomni 3 – 4 pracovníci, kteří jsou schopni odlít až 1000 m² za den. V technických příručkách je uváděno, že plochu běžného rodinného domu jsou schopni zvládnout za 1 pracovní směnu. Pro vyrovnání se používají duralové tyče.

Je důležité provést nivelaci pro kontrolu rovinnosti. Nivelace se provádí pomocí nivelační latě maximálně 25 minut po nalití směsi. Doporučuje se nivelaci provádět ve třech

krocích. V prvním kroku se nivelace provede v celé tloušťce potěru a poté ve dvou na sebe kolmých směrech. Poslední nivelace se provede v povrchové části pro docílení finálního urovnání a docílení požadované rovinnosti.

Výsledný potěr je v běžných podmínkách pochozí za dobu 48 hodin. Plně zatížen může být za 5 – 7 dnů. Podlahy s podlahovým vytápěním lze temperovat po 7 dnech. [1], [32], [33]

PRAKTICKÁ ČÁST

7 CÍL PRÁCE

Hlavním cílem bakalářské práce je návrh a výběr vhodných lokálních plniv pro potěry na bázi anhydritu s ohledem na maximální vzdálenost 50 km od Brna. Jedná se o řešení bakalářské práce ve spolupráci s firmou Sika CZ, s.r.o.

Při návrhu receptur nových potěrů na bázi anhydritu budou uvažovány lokální zdroje plniv zrnitosti 0 – 4 mm stejně jako druhotné suroviny, které by mohly částečně nebo zcela nahradit plnivo primární.

Práce si klade proto za cíl stanovit vhodné dodavatele primárních plniv a na základě vybraných zkoušek ověřit jejich vlastnosti. Navrhovaná plniva by měla prokázat, že mohou být použita pro výrobu potěrů na bázi anhydritu.

8 METODIKA ŘEŠENÍ PRAKTICKÉ ČÁSTI

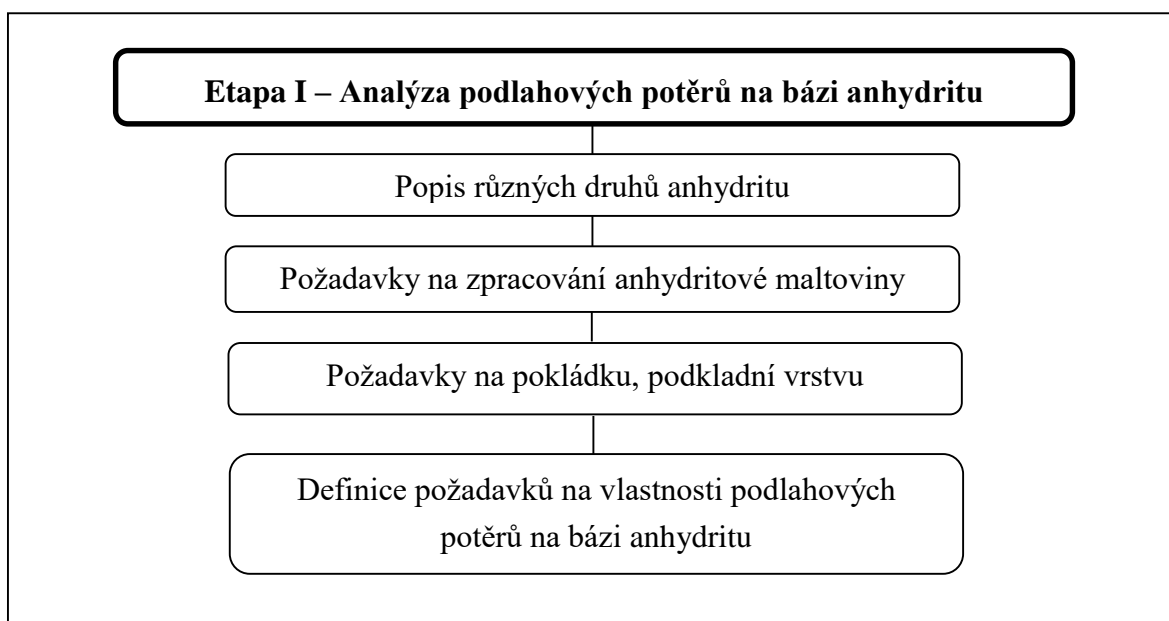
Experimentální část bude rozdělena do 4 na sebe navazujících etap.

První etapa se bude věnovat podmínkám aplikace potěrů na bázi anhydritu. Důraz bude kladen zejména na jednotlivé typy potěrů. V této etapě budou formulovány požadavky na zpracování anhydritové maltoviny, požadavky na pokládku i podkladní vrstvu. Dále budou definovány požadavky na vlastnosti podlahových potěrů na bázi anhydritu.

Druhá etapa se bude věnovat rozboru a výběru vhodných surovin pro přípravu potěru na bázi anhydritu. Bude provedena analýza plniv pro přípravu potěru na bázi anhydritu na základě jejich vzdálenosti. Dále budou zkoumány možnosti náhrady plniv vybranými druhotnými surovinami. Na závěr bude posouzena vzájemná kompatibilita uvažovaných surovin.

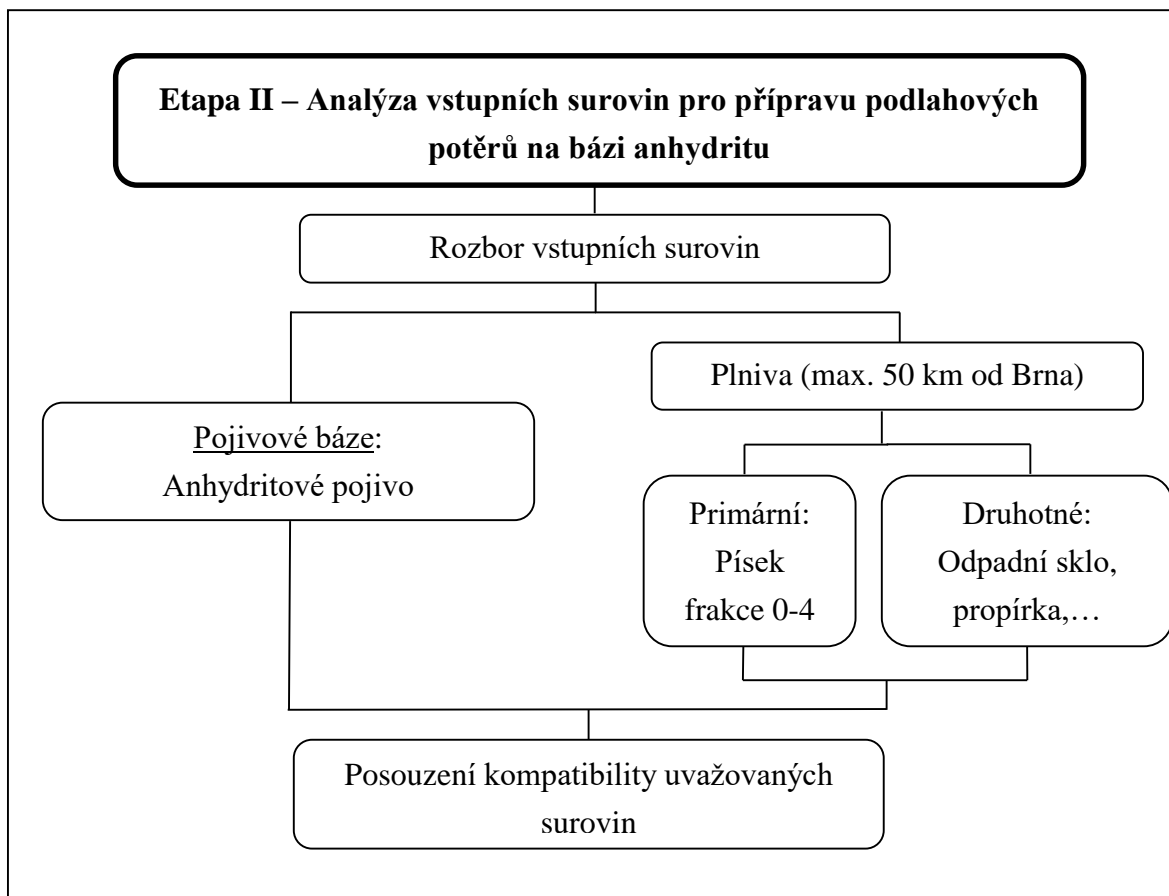
Třetí etapa bude zaměřena na návrh vhodných plniv pro přípravu potěru na bázi anhydritu. Na základě získaných poznatků bude proveden návrh několika receptur s možností využití druhotných surovin.

Ve čtvrté etapě bude provedeno laboratorní testování parametrů připravených potěrů na bázi anhydritu v souladu s požadavky vyplývajícími z první etapy. Na závěr bude provedeno podrobné zhodnocení dosažených výsledků.



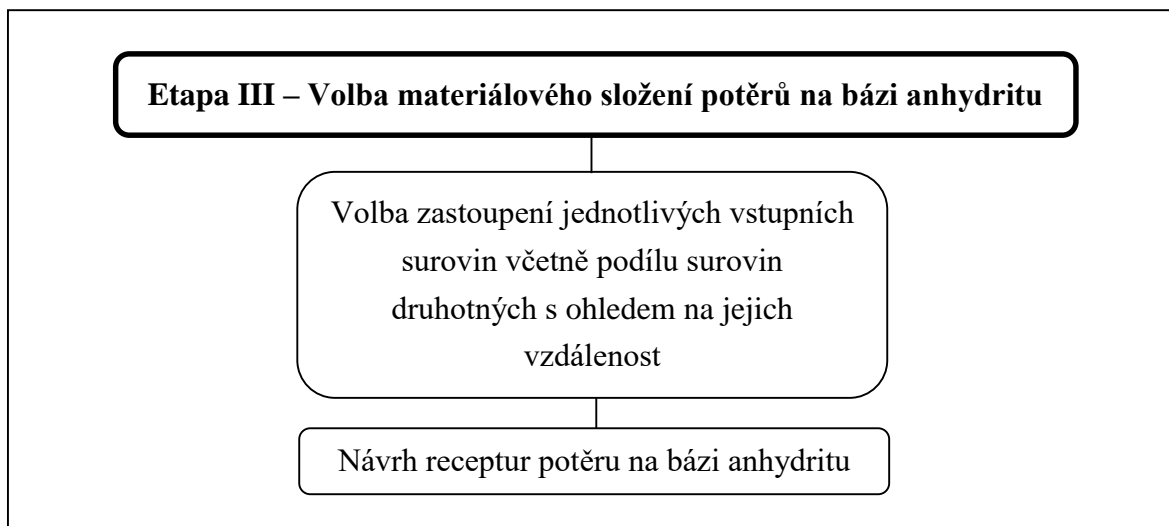
Obrázek 18: Schéma I. etapy

První etapa se bude věnovat podmínkám aplikace potěrů na bázi anhydritu. Důraz bude kladen zejména na jednotlivé typy potěrů. V této etapě budou formulovány požadavky na zpracování anhydritové maltoviny, požadavky na pokládku i podkladní vrstvu. Dále budou definovány požadavky na vlastnosti podlahových potěrů na bázi anhydritu.



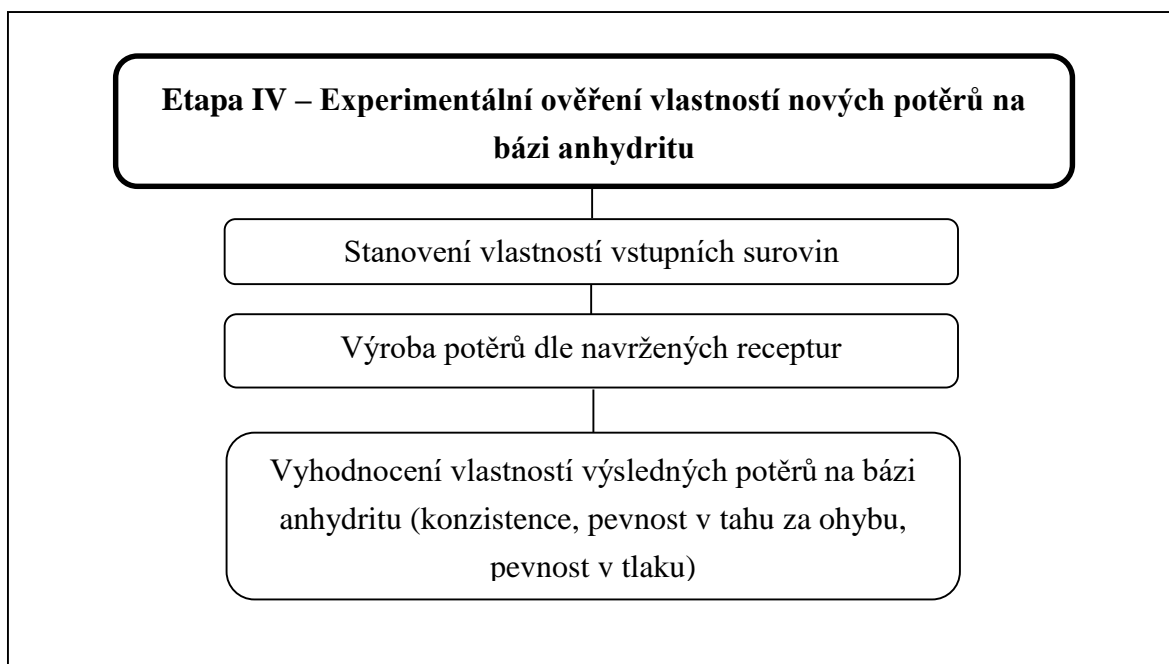
Obrázek 19: Schéma II. etapy

Druhá etapa se bude věnovat výběru a rozboru vhodných surovin pro přípravu podlahového potěru na bázi anhydritu. Nejdříve bude provedena analýza plniv pro přípravu potěru na bázi anhydritu s ohledem na jejich vzdálenost od firmy Sika CZ, s.r.o. Dále budou zkoumány možnosti náhrady primárního plniva vybranými druhotnými surovinami. Na závěr bude posouzena vzájemná kompatibilita uvažovaných surovin.



Obrázek 20: Schéma III. etapy

Třetí etapa bude zaměřena na návrh vhodných plniv pro přípravu potěru na bázi anhydritu. Na základě získaných poznatků bude proveden návrh několika receptur s možností využití druhotných surovin.



Obrázek 21: Schéma IV. etapy

V poslední etapě bakalářské práce bude provedeno laboratorní testování parametrů připravených potěrů na bázi anhydritu v souladu s požadavky vyplývajícími z první etapy řešení a podle výběru surovin ve druhé etapě. Na závěr bude provedeno podrobné zhodnocení dosažených výsledků.

9 Etapa I: Analýza podlahových potěrů na bázi anhydritu

Tato etapa se věnovala podmínkám aplikace potěrů na bázi anhydritu. Důraz byl kladen zejména na jednotlivé typy potěrů a pokládku. Byly formulovány požadavky na vlastnosti použitých materiálů pro potěry na bázi anhydritu.

Byly zde specifikovány požadavky na funkční vlastnosti potěrů na bázi anhydritu, včetně jejich úpravy.

9.1 Typy anhydritových potěrů

9.1.1 Anhydritový potěr AE 20

Anhydritový potěr pevnostní třídy 20 MPa, který se používá v rodinných domech bytových a komerčních prostorách s nízkou zátěží. Udávaná pevnost v tlaku 20 MPa je minimální. Minimální pevnost v tahu za ohybu činí 4 MPa.

9.1.2 Anhydritový potěr AE 30

Anhydritový potěr pevnostní třídy 30 MPa, který se používá v rodinných domech bytových a komerčních prostorách se střední zátěží. Udávaná pevnost v tlaku 30 MPa je minimální. Minimální pevnost v tahu za ohybu činí 5 MPa.

9.1.3 Anhydritový potěr AE 40

Anhydritový potěr pevnostní třídy 40 MPa, který se používá v komerčních a průmyslových objektech s vysokou zátěží. Udávaná pevnost v tlaku 40 MPa je minimální. Minimální pevnost v tahu za ohybu činí 6 MPa. [30]

Tabulka 2: Minimální jmenovitá síla vrstvy potěru AE 20 a AE 30 [33]

Plošné zatížení	Předepsaná tloušťka potěru [mm]			
	Anhydritový potěr 20 MPa		Anhydritový potěr 30 MPa	
	Stlačitelnost podkladních vrstev		Stlačitelnost podkladních vrstev	
	≤ 3 mm	≤ 5 mm	≤ 3 mm	≤ 5 mm
≤ 1,5 KN/m ² (byty)	≥ 35	≥ 40	≥ 35	≥ 35
	Stlačitelnost podkladních vrstev		Stlačitelnost podkladních vrstev	
	≤ 5 mm	≤ 10 mm	≤ 5 mm	≤ 10 mm
≤ 2,0 KN/m ² (kanceláře)	≥ 35	≥ 40	≥ 35	≥ 35
≤ 3,0 KN/m ² (nemocniční pokoje)	≥ 50	≥ 88	≥ 40	≥ 45
≤ 4,0 KN/m ² (garáže, < 2,5 t)	≥ 60	≥ 65	≥ 45	≥ 50
≤ 5,0 KN/m ² (školní třídy, chodby, prodejny, knihovny)	≥ 65	≥ 70	≥ 50	≥ 55
≤ 7,0 KN/m ² (dílny s lehkým provozem)	≥ 80	≥ 85	≥ 65	≥ 70

9.2 Požadavky na zpracování anhydritové maltoviny

- Nelze ji smíchat s cementem či vápnem (vlivem rozpínání by mohlo dojít k degradaci výrobku)
- Je velmi náchylná na dávku přidávané vody
- Prvky vyrobené z této maltoviny lze následně spojovat pouze stejnou maltovinou
- Používá se pouze pro suché prostředí
- Při teplotě vyšší než 32 °C se proces tuhnutí zpomaluje
- Při teplotě 41 °C se proces tuhnutí zcela zastaví
- Skladování je možné maximálně 6 týdnů [1]

9.3 Požadavky na pokládku, podkladní vrstvu

9.3.1 Anhydritový potěr na izolační vrstvě

- Izolační vrstva se pokládá na suchý a čistý podklad; díry a praskliny musí být uzavřeny, případné nerovnosti odstraněny, aby izolační vrstva dosedla v celé ploše.
- Izolační desky se pokládají těsně na sraz; u vícevrstvých izolací musí být srazy posunuty tak, aby nebyly na sobě; pro kročejovou izolaci jsou povolené pouze 2 vrstvy.
- U plovoucího potěru je důležité řádně položit krajový dilatační pás, který musí být umístěn na všech vzestupných částech – stěny, sloupy, topení apod.
- Krajový pás musí být dimenzován tak, aby na všech stranách byla jeho stlačitelnost minimálně 5 mm; tímto se zabrání tepelným a zvukovým mostům
- Dále se musí izolační vrstva zakrýt oddělovací fólií, je třeba z fólie vytvořit nepropustnou vanu.
- V případě, že krajový pás neplní funkci zakrytí potěru u stěny, musí být okraje vany vytaženy až po horní hranu krajového pásu.
- Přesah krajového pásu se odstraní až po provedení nášlapné vrstvy, tím se zabrání zaplnění spáry a vzniku zvukového mostu. [1]

9.3.2 Topný anhydritový potěr

- Z důvodu zvýšených požadavků se musí použít izolační vrstva se stlačitelností do 5 mm.
- Krajový pás musí být přitom tl. 10 mm, aby bylo možné eliminovat podélné roztažení podlahy; na všech stranách musí být zajištěn volný pohyb desky potěru v délce min. 5 mm.
- Izolační materiály a potrubí topení musí být instalovány do roviny, aby bylo dosaženo pravidelného zakrytí vodičů topení.
- Před pokládkou podlahových krytin musí být provedena kontrola zbytkové vlhkosti CM přístrojem.
- Místa měření musí být stanovena ve spolupráci projektanta a firmy, která potěr pokládala. [1]

9.3.3 Anhydritový potěr na separační vrstvě

- Oddělovací vrstva se pokládá na čistý a suchý podklad.
- Díry a praskliny je třeba vyspravit.
- Vyvýšeniny, potrubí a další překážky je potřeba zarovnat tak, aby vznikl nosný rovný podklad.
- Krajské dilatační pásy je třeba umístit na všech vzestupných částech, jako jsou stěny, sloupy, topení apod.
- Rozložení separační vrstvy musí být bez vln a překladů, jednotlivé pásy separační vrstvy by měly být přeloženy s 10 cm přesahem [1]

9.3.4 Spojovací potěr

- Dostatečná nosnost podkladní vrstvy – min. 15 MPa
- Přílnavá a čistá struktura
- Musí být bez prasklin a volných částic
- Povrch podkladu nesmí být znečištěn olejem, palivou, zbytky malt, nátěry a jinými nečistotami, zabraňujícími pevnému spojení potěru s podkladem
- Savé podklady (betonový nebo cementový potěr) musí být napenetrovány, tím se zamezí předčasnému odsátí vody z anhydritového potěru do podkladu
- Minimální tloušťka vrstvy spojovacího potěru je 20 mm [1]

9.3.5 Definice požadavků na vlastnosti podlahových potěrů na bázi anhydritu

Anhydritové potěry lze použít do různých typů konstrukcí do maximálního zatížení 5 KN/m². Smršťovací spáry, které slouží jako ochrana před výskytem divoké trhliny, lze vytvořit prořezem do cca 1/3 – 1/2 tloušťky potěru. Nejdéle však 5 dnů po vytvoření potěru, ideálně 24 hodin po dosažení pochůznosti potěru. [33]

Tabulka 3: Nejvyšší dovolená vlhkost potěrů v hmotnostních % v době pokládky nášlapné vrstvy [4]

Nášlapná vrstva	Cementový potěr, beton	Potěr na bázi anhydritu
Kamenná nebo keramická dlažba	5 %	0,5 %
Lité podlahy na bázi cementu	5 %	Nelze provádět
Syntetické podlahy	4 %	0,5 %
Paropropustná textilie	5 %	1 %
PVC, linoleum, guma, korek	3,5 %	0,5 %
Dřevěné podlahy, vlysy, laminát	2,5 %	0,5 %

Tabulka 4: Parametry anhydritového potěru [33]

Parametr	Hodnota
Objemová hmotnost čerstvé směsi	2 100 – 2 200 kg/m ³
Objemová hmotnost zatvrdlé směsi	2 000 – 2 100 kg/m ³
Zpracovatelnost čerstvé směsi	do 240 minut od výroby
Pochůznost	po cca 1-2 dnech v závislosti na teplotě a vlhkosti prostředí
Zatížitelnost (100 %)	po cca 5-7 dnech v závislosti na teplotě a vlhkosti prostředí
Součinitel tepelné vodivosti λ	cca 1,2 W/m·K
Koeficient délkové teplotní roztažnosti α	0,015 mm/m·K
Hořlavost	nehořlavá látka (třída hořlavosti A1)
Objemové změny: roztažnost, smrštění	0,1 – 0,2 mm/m 0,01 mm/m
Hmotnostní aktivita Ra^{226} (dle vyhlášky SÚJN č. 499/2005 Sb.)	≤ 150 Bq/kg
Index hmotnostní aktivity dle vyhlášky SÚJB č. 499/2005 Sb.	$\leq 0,5$
Statický modul pružnosti	15 – 25 GPa

9.4 Shrnutí I. etapy

V první etapě byly stanoveny podmínky aplikace potěrů na bázi anhydritu na základě jejich použití. Podle velikosti zatížení a způsobu použití volíme vhodný typ podlahového potěru.

Podlahové potěry na bázi anhydritu se vyrábějí ve 3 pevnostních třídách 20, 30 a 40 MPa. Minimální tloušťka anhydritového potěru bez podlahového vytápění je 35 mm, doporučená tloušťka 45 mm.

Minimální tloušťka anhydritového potěru s podlahovým vytápěním je 50 mm, doporučená tloušťka 60 mm.

Podlahové potěry na bázi anhydritu se vyrábějí ve 4 základních provedeních. Jedním z nejpoužívanějších potěrů je topný anhydritový potěr, který je určen pro podlahy s podlahovým vytápěním. Dále rozlišujeme anhydritový potěr na izolační a separační vrstvě a spojovací potěr.

Při pokládce všech typů potěrů na bázi anhydritu je nutné dodržovat, aby byl suchý, čistý a dostatečně přílnavý podklad. U betonových a cementových podkladních vrstev je nutné z důvodu velké savosti tyto vrstvy napenetrovat. Dále je nutné dodržet správné uložení dilatačního pásu, který se umístí na všechny vzestupující části, jako jsou stěny, sloupy, topení apod.

V této etapě byly rovněž formulovány požadované parametry vyvíjených potěrů na bázi anhydritu. Anhydritový potěr je po 1 – 2 dnech (v závislosti na teplotě a vlhkosti prostředí) pochozí a po 5 – 7 dnech (v závislosti na teplotě a vlhkosti prostředí) plně zatížitelný, což patří mezi nejdůležitější vlastnosti tohoto potěru. Teplota při realizaci je obdobná jako při betonáži. Minimální teplota pro vytvoření výsledného kvalitního potěru je 5 °C a maximální 30 °C.

Anhydritový potěr nesmí být použit do trvale vlhkého prostředí. Při styku s vodou potěr bobtná. Po vyschnutí se vrátí do původního stavu, ale s již porušeným povrchem.

10 Etapa II: Analýza vstupních surovin pro přípravu podlahového potěru na bázi anhydritu

Tato etapa se soustředila na výběr vhodných vstupních surovin na základě jejich vlastností. S ohledem na cenu a vzdálenost pro zadavatele bylo vybráno primární plnivo. Dále byla posouzena vhodnost použití druhotných surovin, taktéž s ohledem na cenu a dostupnost. Na závěr byla posouzena vzájemná kompatibilita uvažovaných surovin.

10.1 Pojivové báze

10.1.1 Anhydritové pojivo

- Pojivo ze síranu vápenatého (CAB) – různé formy síranu vápenatého, které mohou anebo nemusí obsahovat příměsi a přísady, pojivo má po hydrataci pojivové vlastnosti.
- Kompozitní pojivo ze síranu vápenatého (CAC) – směs kompozitního pojiva, které je založené na síranu vápenatém s obsahem ostatních přísad
- Průmyslově vyráběné maltové směsi (CA) – směs pojiva, kompozitních pojiv a kameniva s přísadami a příměsemi, které se vyrábí ve 3 konzistencích:
 - zavlhlá
 - plastická
 - tekutá

10.1.2 Požadavky na pojiva

Tabulka 5: Požadavky na pojiva [34]

Charakteristické hodnoty		Pojiva		Směsi
		CAB	CAC	CA
CaSO ₄ jako SO ₃		≥ 50 %	≥ 30 %	-
pH		≥ 7,0	≥ 7,0	≥ 7,0
Hodnota rozlití	zavlhlé směsi	-	-	110 – 140 mm
	plastické směsi	-	-	≥ 150 mm < 220 mm
	tekuté směsi	-	-	≥ 220 mm
Tuhnutí		≥ 30 minut ≤ 12 hodin	≥ 30 minut ≤ 12 hodin	-
Doba zpracovatelnosti		-	-	30 minut
Smrštění nebo rozpínání		≤ 0,2 mm/m	≤ 0,2 mm/m	≤ 0,2 mm/m

10.2 Plniva

Pro výrobu anhydritového potěru na bázi anhydritu budou použita plniva primární – křemičitý písek frakce 0 – 4 mm a druhotné suroviny.

10.2.1 Primární plniva

Zadavatelské firma stanovila jako primární plnivo křemičitý písek frakce 0 – 4 mm, který odebírá ze šterkovny Dobříň.

10.2.1.1 Křemičitý písek

Křemičitany jsou sloučeniny oxidu křemičitého a mají největší zastoupení ve třídě nerostů. Do skupiny důležitých křemičitanů patří živce, slídy, granáty, amfiboly a pyroxeny. V přírodě se vyskytují jako součásti hornin. Jejich struktura složení jsou velmi složité. Po vizuální stránce mají nekovový vzhled, jsou barevné a v tenkých lupíncích průhledné. Vznikají z magmatu, horkých roztoků nebo zvětráváním jejich křemičitanů.

Mezi jejich výhody řadíme nízký koeficient tepelné roztažnosti, vysokou tuhost s čímž souvisí zvyšující se modul pružnosti. Jsou lehké, tvrdé, těžko tavitelné a chemicky odolné (v kyselinách se téměř nerozkládají).

Pro výrobu anhydritových či jiných potěrů, směsí určených pro kladení dlažeb a obkladů se obvykle používá křemičitý písek frakce 0 – 4 mm. [27], [35]

Křemičitý písek frakce 0 – 4 mm bude vybrán s ohledem na cenu a dostupnost pro firmu Sika CZ, s.r.o. se sídlem v Brně – Modřicích

Tabulka 6: Křemičitý písek - přehled dodavatelů

Název	Město	Cena [Kč bez DPH/t]	Vzdálenost do Sika CZ, s.r.o. [km]	Typ (frakce)
Pískovna Černovice, spol. s.r.o.	Brno	81,-	6	TK 0/4
Kalcit s.r.o.	Brno	470,-	14	DK 0/4
	Vranov	470,-	25	DK 0/4
Moravia Tech, a.s.	Hrušovany u Brna	118,-	15	TK 0/4
Šterkopísek Bratčice s.r.o.	Bratčice	95,-	17	TK 0/4
		145,- praný		TK 0/4
ZEPIKO GROUP	Žabčice	88,-	21	TK 0/4
	Oblekovice	90,-	64	TK 0/4

Českomoravský šterk, a.s.	Olbramovice	60,- 170,- praný	31	DK Z 0/4 DK 0/4
Cemex Sand, k.s.	Zaječí	190,-	37	TK 0/4
KORA– VODOSTAVING s.r.o.	Kunštát	110,-	49	TK 0/4

10.2.2 Druhotné suroviny

- Odpadní obalové sklo

Sklo je homogenní amorfní látka, která vzniká rychlým ochlazením taveniny, která tak nestačí vytvořit krystalovou mřížku. Nejvýznamnější je sklo, jehož hlavní složkou je oxid křemičitý (SiO_2).

Hlavní surovinou pro jeho výrobu je sklářský písek. Aby se snížila teplota tavení SiO_2 , přidávají se různé přísady (uhličitan sodný, uhličitan draselný a oxid vápenatý). Recyklace skla je specializovaný technologický proces, kterým se již vyrobené a použité sklo vrací zpět do výroby skla nebo do výroby jiných materiálů vyrobených ze skla. Sklo je významná druhotná surovina, která je velmi dobře recyklovatelná a mnohonásobně zpětně použitelná. Recyklace skla může probíhat přímo ve výrobě nebo mimo výrobu.

Střepy a odpad vzniklý přímo ve výrobě skla a skleněných výrobků ve sklárnách se obvykle zpracovává přímo ve výrobě skla, tedy ve sklárně. Pokud se při výstupní kontrole ve výrobě skla a sklářských výrobků zjistí jakýkoliv kaz, vada či odchylka od požadovaných parametrů, výrobek se ihned vyřazuje do odpadu a stává se druhotnou surovinou.

Recyklace skla mimo výrobu se provádí vždy ve specializovaných recyklačních linkách v recyklačních provozech. Zde se sklo zbaví nečistot, nevhodných příměsí a nežádoucího materiálu (keramika, porcelán, kamenina, dřevo, apod.) Poté jsou nečistoty oddělovány strojně. Sklo se následně drtí na malé kousky (střepy a střípky), které se dále třídí mechanickými a optickými metodami na jednotlivé frakce.

Sypná hmotnost volně sypaného skla je $1\,550\text{ kg/m}^3$, v setřeseném stavu pak $1\,650\text{ kg/m}^3$. Měrná hmotnost činí $2\,560\text{ kg/m}^3$ a nasákavost 0,1 %. [36]

U tohoto typu suroviny jsou kladeny požadavky na předúpravu. Dodané kusy skla je potřeba vysušit, rozemlít a dále vytrít v případě požadavku na barevnou separaci.

Pro podlahové konstrukce na bázi anhydritu byl jako druhotná surovina otestován recyklát z obalového skla frakce 0 – 4 mm, které by mohlo částečně nahradit primární plnivo, kterým je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm.

Tento recyklát byl dodán od firmy VETROPACK MORAVIA GLASS, a.s. se sídlem v Kyjově.



Obrázek 22: Odpadní obalové sklo [36]

Tabulka 7: Odpadní obalové sklo

Název	Město	Cena [Kč bez DPH/t]	Vzdálenost do SikaCZ, s.r.o. [km]	Typ (frakce)
VETROPACK MORAVIA GLASS, a.s.	Kyjov	160,-	54	0/4

Tabulka 8: Odpadní obalové sklo - síťový rozbor [36]

Velikost oka síta [mm]	0	0,250	0,500	1	2	4	8
Zbytek na síti [%]	100	98,20	96,40	92,00	61,00	1,00	0,00

Tabulka 9: Odpadní obalové sklo - chemické složení [36]

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	Cr ₂ O ₃	ZrO ₂	Org. látky
69,73	1,76	0,41	0,26	9,96	2,29	12,2	0,88	0,02	0,072	0,05	0,33

- Recyklovaný slévárenský písek

Recyklovaný slévárenský písek je vhodný jako podsyp inženýrských sítí, obsypy kabelů, vodovodů nebo kanalizačních sítí, při spárování dlažebních kostek a také jako podsyp komunikací. Dále se tento písek používá na otryskávání kovových odlitků, odstraňování barev a rzi z kovů, otryskávání zdiva, betonu a kamene.

Podle statistických údajů WFO (World foundrymen association) je při výrobě 1 tuny dobrých odlitků produkována 1 tuna odpadních materiálů. Česká republika vyrábí ročně cca 500 000 tun odlitků. Největší část odpadů tvoří použitý formovací materiál (65 – 90 %), dále vyzdívka z pecí (2 – 10 %) a poté v řádech % struska z tavení, prach a kaly a ostatní odpady. [37]

Sypná hmotnost volně sypaného písku je 1 270 kg/m³, v setřeseném stavu pak 1 490 kg/m³. Měrná hmotnost činí 2 020 kg/m³ a nasákavost 13,2 %.

U tohoto typu suroviny nejsou kladeny požadavky na předúpravu. Pouze v případě použití jemnozrnných materiálů je nutné vytrídít vhodné frakce. [38]

Pro podlahové konstrukce na bázi anhydritu byl jako druhotná surovina otestován recyklovaný slévárenský písek frakce 0 – 0,1 mm, který by mohl částečně nahradit primární plnivo, kterým je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm.

Tento recyklát byl dodán od firmy DUFONEV R.C., a.s. se sídlem v Brně.



Obrázek 23: Recyklovaný slévárenský písek [38]

Tabulka 10: Recyklovaný slévárenský písek

Název	Město	Cena [Kč bez DPH/t]	Vzdálenost do SikaCZ, s.r.o. [km]	Typ (frakce)
DUFONEV R.C., a.s.	Brno	50,-	9	0/0,100

Tabulka 11: Recyklovaný slévárenský písek - síťový rozbor [38]

Velikost oka síta [mm]	0	0,002	0,006	0,045	0,063	0,125	0,250	0,500	1
Zbytek na síť [%]	100	100	100	100	99,77	90,35	83,65	70,25	51,30

Tabulka 12: Recyklovaný slévárenský písek - chemické složení [38]

As	Ba	Be	Sn	Al	Cr	Cd	Cu	Ni
<0,001	<0,001	<0,001	<0,01	0,7	<0,05	<0,005	<0,05	<0,1

Tabulka 13: Recyklovaný slévárenský písek - chemické složení [38]

Pb	Hg	Se	Ag	V	Zn	Ti	Co
<0,05	<0,001	0,012	<0,05	0,015	0,07	<0,001	0,14

- Odpadní propírka

Odpad vznikající praním drceného kameniva. Složení propírky je závislé na složení kameniva, respektive na lokalitě, ve které bylo kamenivo vytěženo, dále na granulometrii, druhu nerostu, způsobu zpracování a třídění. Propírka slouží jako jemnozrnné kamenivo. Roční produkce propírky v Želešicích i Olbramovicích činí 10 000 t/rok.

Sypná hmotnost volně sypané odpadní propírky z Želešic je 1 320 kg/m³, v setřeseném stavu pak 1 850 kg/m³. Měrná hmotnost činí 2 810 kg/m³ a nasákavost 2,9 %. U tohoto typu suroviny jsou kladeny požadavky na předúpravu. Dodaný materiál není potřeba vysušit. V případě použití jemnozrnných materiálů je nutné materiál rozemlít a vytřídit vhodné frakce.

Sypná hmotnost volně sypané odpadní propírky z Olbramovic je 1 390 kg/m³, v setřeseném stavu pak 1 510 kg/m³. Měrná hmotnost činí 2 170 kg/m³ a nasákavost 40,1 %. U tohoto typu suroviny jsou kladeny požadavky na předúpravu. Dodaný materiál není potřeba vysušit. V případě použití jemnozrnných materiálů je nutné materiál rozemlít a vytřídit vhodné frakce. [39], [40]

Pro podlahové konstrukce na bázi anhydritu byl jako druhotná surovina otestován recyklát z odpadní propírky frakce 0 – 0,250 mm, který by mohl částečně nahradit primární plnivo, kterým je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm. Dále je možné využití odpadní propírky frakce 0 – 4 mm od firmy Českomoravský štěrk a.s. se sídlem v Olbramovicích, která byla podrobena testování ve III. a IV. etapě.

Tato propírka byla dodána firmou Kámen Zbraslav spol. s.r.o. se sídlem v Želešicích a druhý vzorek od firmy Českomoravský štěrk a.s. se sídlem v Olbramovicích.



Obrázek 24: Odpadní propírka Olbramovice

Tabulka 14: Odpadní propírka

Název	Město	Cena [Kč bez DPH/t]	Vzdálenost do SikaCZ, s.r.o. [km]	Typ (frakce)
Kámen Zbraslav spol. s.r.o.	Želešice	120,-	8	0/0,250
Českomoravský štěrk, a.s.	Olbramovice	60,-	31	0/0,250

Tabulka 15: Odpadní propírka Želešice - síťový rozbor [39]

Velikost oka síta [mm]	0	0,002	0,006	0,045	0,063	0,125	0,250	0,500
Zbytek na síť [%]	100	100	100	100	91,7	58,0	16,8	0,00

Tabulka 16: Odpadní propírka Želešice - chemické složení [39]

CaCO ₃	MgCO ₃	Chloridy	Síranová síra	Celková síra
1,79	0,03	28,93	0,05	0,08

Tabulka 17: Odpadní propírka Olbramovice - síťový rozbor [40]

Velikost oka síta [mm]	0	0,002	0,006	0,045	0,063	0,125	0,250	0,500
Zbytek na síť [%]	100	100	100	100	92,5	55,4	12,3	0,00

Tabulka 18: Odpadní propírka Olbramovice - chemické složení [40]

CaO	Al₂O₃	Fe₂O₃	Ner. zbytek
0,82	0,4	1,17	59,5

- Popílek

Popílek jako druhotná surovina vzniká při spalování uhlí v uhelných elektrárnách. Chemické složení popílků vzniklých při spalování černého i hnědého uhlí zahrnuje zhruba 50 % SiO₂, 25 - 30 % Al₂O₃ a 3 – 8 % FeO.

V tuzemsku je k dispozici popílek vysokoteplotní i fluidní, převážně z hnědého uhlí, které je v tepelných elektrárnách nejpoužívanější. Popílek se dodává z celé řady našich elektráren např. Opatovice, Dětmorovice, Chvaletice, Tušimice, Ledvice, Hodonín nebo Mělník. Roční produkce popílku v České republice je cca 10 mil. tun. Mezi negativní vlastnosti popílku patří fakt, že ovlivňuje barvu povrchu. Jelikož jej nelze obarvit, je jeho použití možné pouze v případech, kde není kladen důraz na estetické vlastnosti.

V případě využití popílku jako druhotné suroviny pro podlahové potěry na bázi anhydritu, které budou v mnoha případech tvořit finální vrstvu je jeho použití značně omezené.

Sypná hmotnost volně sypaného popílku je 850 kg/m³, v setřeseném stavu pak 940 kg/m³. Měrná hmotnost činí 2 110 kg/m³ a index hmotnostní aktivity 81,5 %.

U tohoto typu suroviny nejsou kladeny požadavky na předúpravu. [41]

Pro podlahové konstrukce na bázi anhydritu byl jako druhotná surovina otestován popílek frakce 0 – 0,250 mm, které by mohlo částečně nahradit primární plnivo, kterým je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm.

Popílek byl dodán od firmy Elektrárny Opatovice a.s. se sídlem v Opatovicích nad Labem.

Elektrárny Opatovice a.s. produkují ročně přibližně 260 000 tun tohoto popílku. Z expedičních sil o objemu 1 700 tun lze odebírat až 180 tun za hodinu, což odpovídá 6-ti autocisternám. Sypná hmotnost popílku je 750 – 950 kg/m³ s obsahem nedopalu maximálně 1 % hmotnosti.



Obrázek 25: Popílek [41]

Tabulka 19: Popílek

Název	Město	Cena [Kč bez DPH/t]	Vzdálenost do SikaCZ, s.r.o. [km]	Typ (frakce)
Elektrárny Opatovice a.s.	Opatovice nad Labem	100,-	153	0/0,250

Tabulka 20: Popílek - síťový rozbor [41]

Velikost oka síta [mm]	0	0,002	0,006	0,045	0,063	0,125	0,250	0,50	0,63	1
Zbytek na síť [%]	100	100	98,08	40,35	28,73	10,57	1,28	0	0	0

Tabulka 21: Popílek - chemické složení [41]

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O ₅
52,5	26,5	6,05	0,05	1,38	0,94	1,69	0,32	0,12

10.3 Posouzení kompatibility

Pro zajištění maximální funkčnosti podlahového potěru na bázi anhydritu musí být zajištěna vzájemná kompatibilita jednotlivých vstupních surovin.

Pojivo na bázi síranu vápenatého určené pro vnitřní použití ve výstavbě, označení GYVLON CAB 30 CLASSIC je kompatibilní s primární surovinou, kterou je křemičitý písek. Dále je toto pojivo možné použít v kombinaci s recyklovaným slévárenským pískem, odpadní propírkou i popílkem. Problém může spočívat v odlišných zrnitostech druhotných surovin. Pro podlahové potěry na bázi anhydritu je standardně používán křemičitý písek frakce 0 – 4 mm. Odpadní obalové sklo a odpadní propírka z Olbramovic jsou vhodné svými

rozměry pro použití při výrobě potěru na bázi anhydritu. Recyklovaný slévárenský písek, odpadní propírka z Želešic i popílek mají frakci nejvýše 1 mm, což by mělo za následek zhoršení výsledných pevností a zpracovatelnost směsi. U některých výše uvedených druhotných surovin je nutná předúprava surovin, která je podrobněji popsána u jednotlivých surovin.

10.4 Shrnutí II. etapy

Ve II. etapě byla zaměřena pozornost na výběr a rozbor vhodných primárních i druhotných surovin pro přípravu podlahového potěru na bázi anhydritu.

Na základě požadavku od firmy Sika CZ, s.r.o., kterým byla maximální vzdálenost 50 km od sídla firmy, a dále také cena suroviny, bylo vybráno širší spektrum dodavatelů. V další etapě bude následovat optimalizace dodavatelů a na základě vzdálenosti a ceny budou vybráni 3 potenciální dodavatelé primární suroviny, kterou je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm.

Tato práce se taktéž zabývá možností využití druhotných surovin, které by mohly částečně nebo úplně nahradit primární plnivo, kterým je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm. Zadavatel nestanovil žádné požadavky na druhotné suroviny. Potenciální vhodnou druhotnou surovinou bylo vybráno odpadní obalové sklo od firmy VETROPACK MORAVIA GLASS, a.s., recyklovaný slévárenský písek od firmy DUFONEV R.C., a.s., odpadní propírka z Želešic od firmy Kámen Zbraslav spol. s.r.o., odpadní propírka z Olbramovic od firmy Českomoravský štěrk, a.s. a popílek od firmy Elektrárny Opatovice a.s. Tyto suroviny budou podrobeny analýze z hlediska dostupnosti a ceny v následující etapě. Následně budou vybráni vhodní kandidáti pro experimentální část, kde budou podrobeni zkouškám.

U těchto surovin je důležitým faktorem velikost zrn. Výběr byl zúžen na suroviny, které mají podobnou frakci jako primární surovina. Recyklovaný slévárenský písek, odpadní propírka z Želešic i popílek mají frakci nejvýše 1 mm, což by mělo za následek zhoršení výsledné zpracovatelnosti směsi.

11 Etapa III: Volba materiálového složení potěrů na bázi anhydritu

Tato etapa byla zaměřena na návrh vhodných plniv pro přípravu potěru na bázi anhydritu. Na základě získaných poznatků byl proveden návrh několika receptur s možností využití druhotných surovin.

11.1 Volba zastoupení jednotlivých vstupních surovin včetně podílu surovin druhotných s ohledem na jejich vzdálenost

11.1.1 Optimalizace a výběr primárních surovin

Na základě požadavků, které stanovil zadavatel, firma Sika CZ, s.r.o. byli vybráni 3 potenciální kandidáti na dodávku primární suroviny – křemičitého písku frakce 0 – 4 mm pro výrobu podlahových potěrů na bázi anhydritu. Požadavky na zadavatele byly kladeny na vzdálenost a cenu. Pro další postup byli zvoleni 3 vhodné dodavatele křemičitého písku. Ostatní dodavatelé, kteří jsou uvedeni v přehledu dodavatelů v *Tab. 6* nemohli být pro vysokou vzdálenost či cenu uvažováni jako vhodné dodavatele.

Tabulka 22: Výběr vhodných dodavatelů primárního plniva na základě vzdálenosti a ceny

PRIMÁRNÍ SUROVINA – KŘEMIČITÝ PÍSEK FRAKCE 0 – 4 mm			
Dodavatel	Město	Cena [Kč bez DPH/t]	Vzdálenost do Sika CZ, s.r.o. [km]
Pískovna Černovice, spol. s.r.o.	Brno	81,-	6
Štěrkopísek Bratčice s.r.o.	Bratčice	95,-	17
ZEPIKO GROUP	Žabčice	88,-	21

11.1.2 Optimalizace a výběr druhotných surovin

Zadavatelská firma nestanovila žádné požadavky na druhotné suroviny. Byly zvoleny druhotné suroviny, u kterých se na základě jejich vlastností posoudila možnost jejich použití v recepturách nově vyvíjených potěrů na bázi anhydritu.

Tabulka 23: Výběr vhodných dodavatelů druhotných surovin - odpadní obalové sklo

DRUHOTNÁ SUROVINA – ODPADNÍ OBALOVÉ SKLO FRAKCE			
Dodavatel	Město	Cena [Kč bez DPH/t]	Vzdálenost do Sika CZ, s.r.o. [km]
VETROPACK MORAVIA GLASS, a.s.	Kyjov	160,-	54

Firma VETROPACK MORAVIA GLASS, a.s. na základě zjištěných informací nenabízí odpadní obalové sklo frakce 0 – 4 mm pro další prodej. Firma si tento odpad zpracovává sama v rámci výroby a používá pouze pro své potřeby. Dalším faktorem je fakt, že tato druhotná surovina je dražší než primární surovina, tudíž by její užití bylo ekonomicky nevýhodné.

Odpadní obalové sklo nebude použito pro výrobu potěrů na bázi anhydritu.

Tabulka 24: Výběr vhodných dodavatelů druhotných surovin - recyklovaný slévárenský písek

DRUHOTNÁ SUROVINA – RECYKLOVANÝ SLÉVÁRENSKÝ PÍSEK			
Dodavatel	Město	Cena [Kč bez DPH/t]	Vzdálenost do SikaCZ, s.r.o. [km]
DUFONEV R.C., a.s.	Brno	50,-	9

Firma DUFONEV R.C.,a.s. na základě zjištěných informací nabízí recyklovaný slévárenský písek frakce 0 – 0,100 mm, který byl analyzován ve II. etapě. Po konzultaci s pracovníky se tato druhotná surovina dováží bez časového harmonogramu a v nízkém množství. Množství, které se následně nabízí k prodeji, je velmi omezené. Z tohoto důvodu je patrné, že při poptávce většího množství za účelem použití pro výrobu potěrů na bázi anhydritu, nemůže být zaručen pravidelný odběr. Dále je tato druhotná surovina nevhodná z důvodu velikosti zrn, která neodpovídají velikostem zrn primární suroviny. V případě použití by docházelo ke snížení pevností výsledného potěru.

Recyklovaný slévárenský písek nebude použit pro výrobu potěrů na bázi anhydritu.

Tabulka 25: Výběr vhodných dodavatelů druhotných surovin - odpadní propírka

DRUHOTNÁ SUROVINA – ODPADNÍ PROPÍRKA			
Dodavatel	Město	Cena [Kč bez DPH/t]	Vzdálenost do Sika CZ, s.r.o. [km]
Kámen Zbraslav spol. s.r.o.	Želešice	120,-	8
Českomoravský štěrk, a.s.	Olbramovice	60,-	31

Firma Kámen Zbraslav spol. s.r.o., která provozuje lom v Želešicích, na základě zjištěných informací nabízí odpadní propírku frakce 0 – 0,250 mm. Tato frakce není vhodná pro výrobu potěrů na bázi anhydritu, z důvodu velikosti zrn. Cena tohoto produktu je vyšší než cena primární suroviny, tudíž není ekonomicky výhodné o této variantě uvažovat.

Odpadní propírka z Želešic nebude použita pro výrobu potěrů na bázi anhydritu.

Firma Českomoravský štěrk, a.s. která provozuje kamenolom v Olbramovicích, na základě zjištěných informací nabízí odpadní propírku frakce 0 – 0,250 mm, ale taktéž je možné zakoupit odpadní propírku frakce 0 – 4 mm, která je více vhodná jako plnivo do potěrů na bázi anhydritu. Odpadní propírka frakce 0 – 0,250 mm není vhodná pro výrobu potěrů na bázi anhydritu, z důvodu velikosti zrn. V případě použití by docházelo ke snížení pevností výsledného potěru.

Odpadní propírka z Olbramovic frakce 0 – 4 mm bude použita pro výrobu potěrů na bázi anhydritu a podrobena zkoušení ve IV. etapě.

Tabulka 26: Výběr vhodných dodavatelů druhotných surovin - popílek

DRUHOTNÁ SUROVINA – POPÍLEK			
Dodavatel	Město	Cena [Kč bez DPH/t]	Vzdálenost do SikaCZ, s.r.o. [km]
Elektrárny Opatovice a.s.	Opatovice nad Labem	100,-	153

Firma Elektrárny Opatovice a.s. na základě zjištěných informací nabízí popílek frakce 0 – 0,250 mm. Tato frakce není vhodná pro výrobu potěrů na bázi anhydritu, z důvodu velikosti zrn. V případě použití by docházelo ke snížení pevností výsledného potěru.

Cena tohoto produktu je vyšší než cena primární suroviny a vzdálenost je taktéž nevyhovující, tudíž není ekonomicky výhodné o této variantě uvažovat. Popílek nebude použit pro výrobu potěrů na bázi anhydritu.

11.2 Návrh receptur potěru na bázi anhydritu

11.2.1 Referenční receptura

Sika CZ, s.r.o. dodala suroviny pro referenční vzorek, které jsou obsaženy v jimi vyráběném podlahovém potěru na bázi anhydritu.

11.2.1.1 Plnivo

Referenčním plnivem je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm. Tento křemičitý písek odebírá firma ze šterkovny Dobříň, která je součástí firmy CEMEX Czech Republic, s.r.o.

Objemová hmotnost křemičitého písku je 2 610 kg/m³. Obsah chloridů ≤ 0,01 % hm., a obsah lehkých znečišťujících částic je ≤ 0,025 % hm. Charakteristiky tohoto písku byly stanoveny podle EN 13139, které si provedla sama firma.

11.2.1.2 Pojivo

Referenční pojivo je pojivo na bázi síranu vápenatého určené pro vnitřní použití ve výstavbě, označení GYVLON CAB 30 CLASSIC.

Pojivo obsahuje ≥ 85 % CaSO₄, s hodnotou pH ≥ 7, reakcí na oheň A1 a smrštění a roztahování ≤ 0,2 mm/m. Charakteristiky tohoto pojiva byly popsány na základě prohlášení o vlastnostech, dodaného k pojivu.

11.2.1.3 Vodní součinitel

Zadavatel doporučuje vodní součinitel $w = 1,0$. Tento vodní součinitel může být upraven na základě provedení zkoušky konzistence ve IV. etapě.

Tabulka 27: Referenční receptura pro podlahový potěr na bázi anhydritu

REFERENČNÍ RECEPTURA	
Složka	Obsah
Pojivo (anhydrit)	29 [%]
Plnivo (křemičitý písek 0 – 4 mm)	71 [%]
Vodní součinitel (w)	1 [-]

11.2.2 Navrhované receptury

Tabulka 28: Označení navrhovaných receptur - referenční

Označení receptury	Plnivo	Dodavatel
REF	křemičitý písek	šterkovna Dobříň

Tabulka 29: Označení navrhovaných receptur - podle druhu zkoušeného plniva bez druhotné suroviny

Označení receptury	Plnivo	Dodavatel
A	křemičitý písek	Pískovna Černovice, spol. s.r.o.
B	křemičitý písek	Šterkopísek Bratčice s.r.o.
C	křemičitý písek	ZEPIKO GROUP Žabčice

Tabulka 30: Označení navrhovaných receptur - podle druhu zkoušeného plniva s druhotnou surovinou

Označení receptury	Plnivo	Dodavatel
D 50 %	křemičitý písek	šterkovna Dobříň
	odpadní propírka	Českomoravský šterk, a.s. Olbramovice
D 100 %	odpadní propírka	Českomoravský šterk, a.s. Olbramovice

11.3 Shrnutí III. etapy

Třetí etapa byla zaměřena na návrh několika receptur pro podlahový potěr na bázi anhydritu na základě výběru vhodných dodavatelů.

Primární surovina, kterou je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm byla vybrána na základě vzdálenosti od zadavatelské firmy a také podle ceny. Z potenciálních 8 dodavatelů, stanovených ve II. etapě byli vybráni pouze 3. Ostatní dodavatelé byli z důvodu vyšší vzdálenosti nebo ceny vyřazeni.

Nejvhodnější dodavatelskou firmou se ukázala Pískovna Černovice, spol. s.r.o. se vzdáleností pouze 6 km a také nízkou cenou 81,-Kč/tunu křemičitého písku frakce 0 – 4 mm.

Dále byla vybrána firma Šterkopísek Bratčice s.r.o. se vzdáleností 17 km a cenou 95,-Kč/tunu křemičitého písku frakce 0 – 4 mm a firmou ZEPIKO GROUP – Žabčice se vzdáleností 21 km a cenou 88,-Kč bez DPH.

Dále bylo v této etapě zkoumáno možné využití druhotných surovin, které by mohly částečně nebo zcela nahradit primární surovinu, kterou je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm.

Z potenciálních 4 kandidátů mezi které patří odpadní obalové sklo od firmy VETROPACK MORAVIA GLASS, a.s., recyklovaný slévárenský písek od firmy DUFONEV R.C., a.s., odpadní propírka z Želešic od firmy Kámen Zbraslav spol. s.r.o., odpadní propírka z Olbramovic od firmy Českomoravský Štěrk, a.s. a popílek od firmy Elektrárny Opatovice a.s. byl vybrán pouze jeden vhodný kandidát pro experimentální část.

Byla to odpadní propírka frakce 0 – 4 mm od firmy Českomoravský Štěrk, a.s. z Olbramovic. Vlastnosti této suroviny, zejména frakce, jsou nejvhodnější pro použití při výrobě potěrů na bázi anhydritu. Cena této suroviny je 60,-Kč bez DPH za tunu a vzdálenost 31 km.

Ostatní suroviny nejsou svými vlastnosti vhodné pro použití při výrobě potěrů na bázi anhydritu z hlediska zrnitosti a také dostupnosti.

Tato etapa měla dále za úkol sestavit receptury, které budou namíchány a podrobeny zkouškám v poslední etapě. Celkem bude vytvořeno 6 receptur potěrů na bázi anhydritu.

Referenční směs, pro kterou dodala suroviny firma Sika CZ, s.r.o., obsahovala pojivo na bázi síranu vápenatého určené pro vnitřní použití ve výstavbě, označení GYVLON CAB 30 CLASSIC. Plnivo, kterým je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm pochází ze štěrkovny Dobříň. Doporučený vodní součinitel w je 1,0. Tento vodní součinitel může být upraven na základě provedení zkoušky konzistence ve IV. etapě.

Dále byly stanoveny receptury A – C, které obsahují vybrané druhy křemičitého písku frakce 0 – 4 mm. Receptura D 50 % obsahuje 50 % odpadní propírky frakce 0 – 4 mm z Olbramovic a 50 % referenčního křemičitého písku frakce 0 – 4 mm ze štěrkovny Dobříň. Receptura D 100 % obsahuje 100 % odpadní propírky frakce 0 – 4 mm z Olbramovic.

12 Etapa IV: Experimentální ověření vlastností nových potěrů na bázi anhydritu

V poslední etapě bakalářské práce bylo provedeno laboratorní testování parametrů připravených potěrů na bázi anhydritu v souladu s požadavky vyplývajícími z první etapy řešení a podle výběru surovin ve třetí etapě. Na závěr bylo provedeno podrobné zhodnocení dosažených výsledků.

12.1 Stanovení vlastností vstupních surovin

Zadavatelská firma dodala suroviny pro referenční vzorek, které jsou obsaženy v jimi vyráběném podlahovém potěru na bázi anhydritu a poskytla jejich složení pro porovnání vlastností s nově navrženými potěry na bázi anhydritu.

Nově navržené potěry na bázi anhydritu mají stejné zastoupení surovin jako referenční směs, avšak s novými druhy plniv.

12.1.1 Stanovení zrnitosti – síťový rozbor ČSN EN 933-1

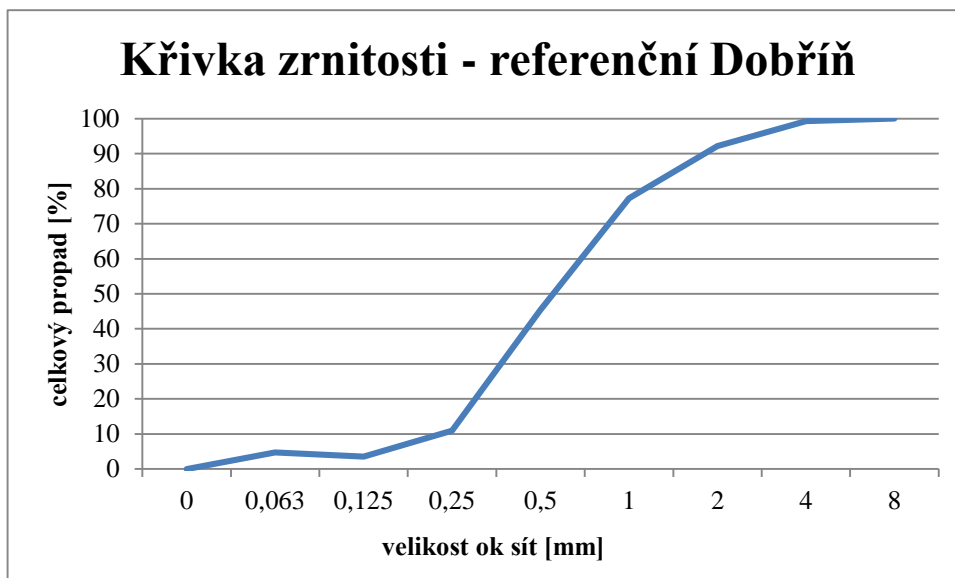
Na základě vybraných plniv, která byla testována, byl proveden síťový rozbor primárního plniva a druhotné suroviny za účelem stanovení křivky zrnitosti.

Zkoušený materiál byl roztríděn a rozdělen do sady sít podle velikosti zrn. Podle druhu materiálu, kterým je křemičitý písek byla zvolena sada sít s otvorem do 8 mm. Postup prosévání odpovídá způsobu prosévání, které je popsáno v normě ČSN EN 933-1. Všechny hmotnosti byly zaznamenány, následně byla stanovena hmotnost na každém síti a poté určen propad každým sítem. [42]

Výsledek propadu byl vyjádřen v procentech číselně a také graficky pomocí křivky zrnitosti.

Tabulka 31: Síťový rozbor - referenční křemičitý písek Dobříň

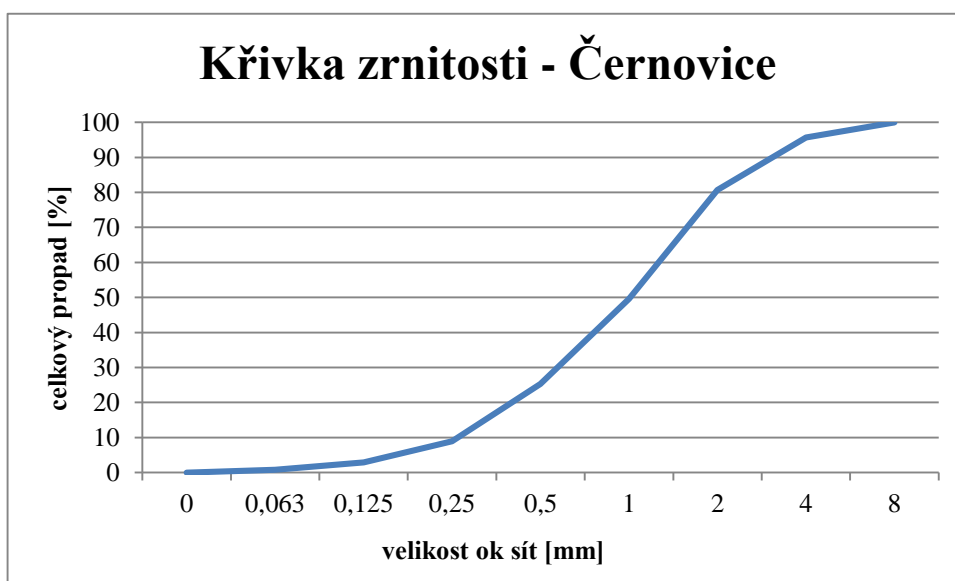
Velikost oka síta [mm]	0	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	8
Propad sítem [%]	0	4,7	3,5	10,9	45,4	77,3	92,2	99,3	100



Graf 1: Křivka zrnitosti - referenční křemičitý písek Dobříň

Tabulka 32: Sítový rozbor - křemičitý písek Černovice

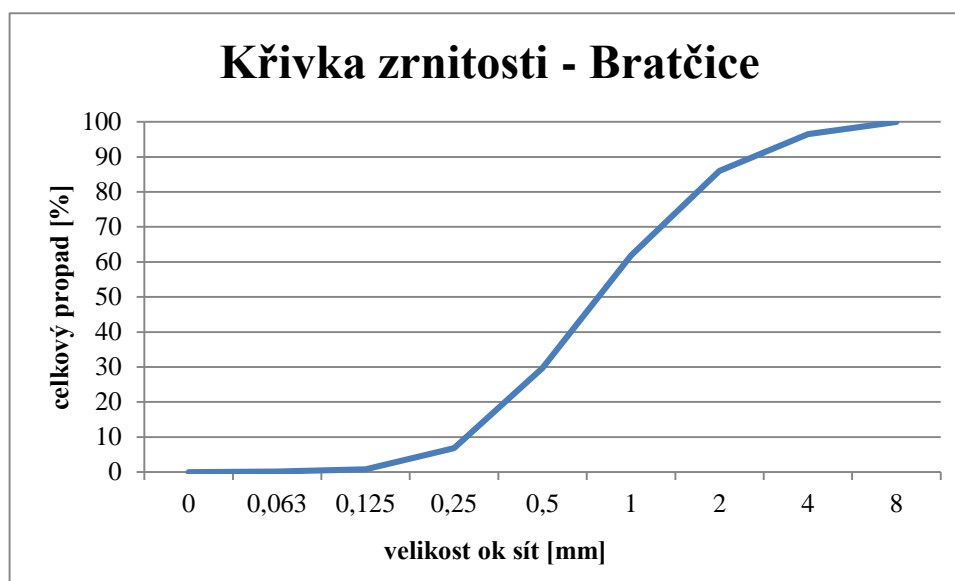
Velikost oka síta [mm]	0	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	8
Propad sítem [%]	0	0,8	2,9	8,9	25,3	49,6	80,7	95,7	100



Graf 2: Křivka zrnitosti - křemičitý písek Černovice

Tabulka 33: Sítový rozbor - křemičitý písek Bratčice

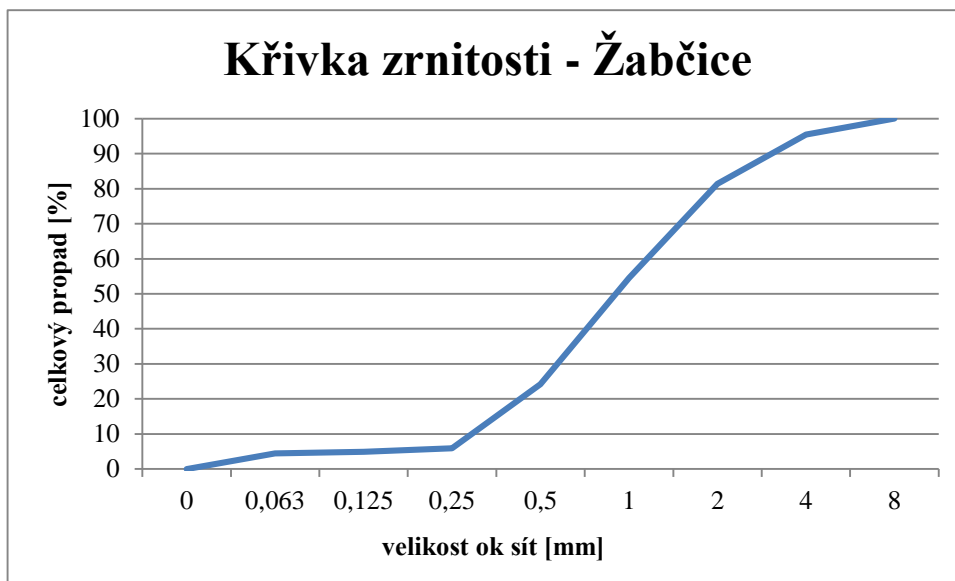
Velikost oka síta [mm]	0	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	8
Propad sítem [%]	0	0,2	0,8	6,8	29,7	61,9	86,0	96,5	100



Graf 3: Křivka zrnitosti - křemičitý písek Bratčice

Tabulka 34: Sítový rozbor - křemičitý písek Žabčice

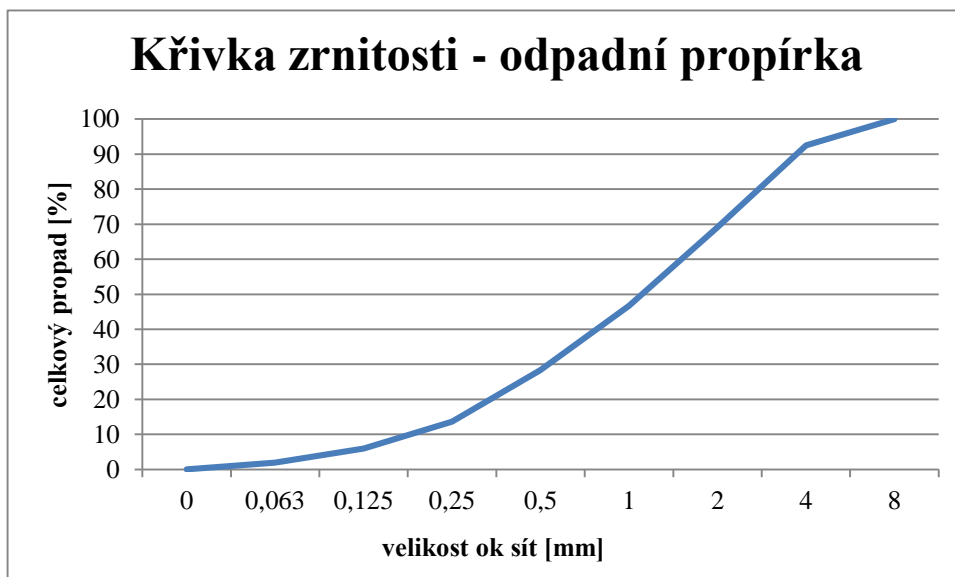
Velikost oka síta [mm]	0	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	8
Propad sítem [%]	0	4,4	4,9	5,9	24,2	54,5	81,4	95,5	100



Graf 4: Křivka zrnitosti - křemičitý písek Žabčice

Tabulka 35: Sítový rozbor - odpadní propírka Olbramovice z frakce 0 - 4 mm

Velikost oka sít [mm]	0	0,063	0,125	0,250	0,500	1	2	4	8
Propad sítím [%]	0	1,9	5,9	13,6	28,3	46,7	69,1	92,5	100



Graf 5: Křivka zrnitosti - odpadní propírka z frakce 0 - 4 mm Olbramovice

12.2 Příprava referenčního vzorku a nových receptur

V rámci ověřovacího experimentu byla připravena referenční směs. Byly vyhotoveny i nové směsi, na kterých byla provedena zkouška konzistence – stanovení hodnoty rozlití a ze směsí byly dále připraveny trámce o rozměrech 40 x 40 x 160 mm, které se podrobily zkoušce pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku po 3 dnech.

Tabulka 36: Složení směsi - referenční receptura

Označení receptury	Plnivo (kř. písek)	Pojivo (anhydrit)	Vodní součinitel w	Pojivo	Plnivo
REF 1-3	1 420 g	580 g	0,80 (1,0)	GYVLON CAB 30 CLASSIC	šterkovna Dobříň 0 – 4 mm

Tabulka 37: Složení směsi - nové receptury bez druhotných surovin

Označení receptury	Plnivo (kř. písek)	Pojivo (anhydrit)	Vodní součinitel w	Pojivo	Plnivo
A 1-3	1 420 g	580 g	0,80 (1,0)	GYVLON CAB 30 CLASSIC	Pískovna Černovice, spol. s.r.o.
B 1-3	1 420 g	580 g	0,80 (1,0)	GYVLON CAB 30 CLASSIC	Šterkopísek Bratčice s.r.o.
C 1-3	1 420 g	580 g	0,80 (1,0)	GYVLON CAB 30 CLASSIC	ZEPIKO GROUP Žabčice

Tabulka 38: Složení směsi - nové receptury s druhotnou surovinou

Označení receptury	Plnivo (kř. písek)	Pojivo (anhydrit)	Vodní součinitel w	Pojivo	Plnivo
D 50 % 1-3	1 420 g	580 g	0,80 (1,0)	GYVLON CAB 30 CLASSIC	šterkovna Dobříň Českomoravský šterk, a.s. Olbramovice

D 100 % 1-3	1 420 g	580 g	0,80 (1,0)	GYVLON CAB 30 CLASSIC	Českomoravský štěrk, a.s. Olbramovice
----------------	---------	-------	------------	-----------------------------	---

12.3 Popis prováděných zkoušek

Na základě navržených a namíchaných receptur byly vybrány zkoušky, které otestují nejdůležitější vlastnosti podlahových potěrů na bázi anhydritu a to hodnotu rozlití, pevnost v tlaku a v tahu za ohybu.

12.3.1 Zkoušení konzistence – stanovení hodnoty rozlití ČSN EN 13454-2+A1

Podstatou této zkoušky je hodnota rozlití čerstvé malty, která se získá změřením průměru rozlitého vzorku. Zkouška se provádí pomocí rozlivového kónusu, který je umístěn na vodorovné desce.

Podle normy musí být konzistence samonivelačního potěru ≥ 220 mm, doporučená hodnota od zadavatele má hodnotu 360 mm. [9]



Obrázek 26: Stanovení hodnoty rozlití

12.3.2 Pevnost v tahu za ohybu a pevnost v tlaku ČSN EN 13454-2+A1

Zkouška zahrnuje stanovení pevnosti v tlaku a v tahu za ohybu na zkušebních tělesech, kterými jsou trávce o rozměrech 160 x 40 x 40 mm.

Zkoušené vzorky byly podrobeny zkouškám pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku po 3 dnech.

Výsledná pevnost se poté vypočítala ze zatížení, kterým bylo těleso porušeno. [9]

Tabulka 39: Normové pevnosti anhydritových pojiv CAB a CAC [9]

Pevnostní třída	Nejmenší pevnost v tahu za ohybu [MPa]		Nejmenší pevnost v tlaku [MPa]	
	3 dny	28 dní	3 dny	28 dní
20	1,5	4,0	8,0	20,0
30	2,0	5,0	12,0	30,0
40	2,5	6,0	16,0	40,0

12.4 Vyhodnocení provedených zkoušek

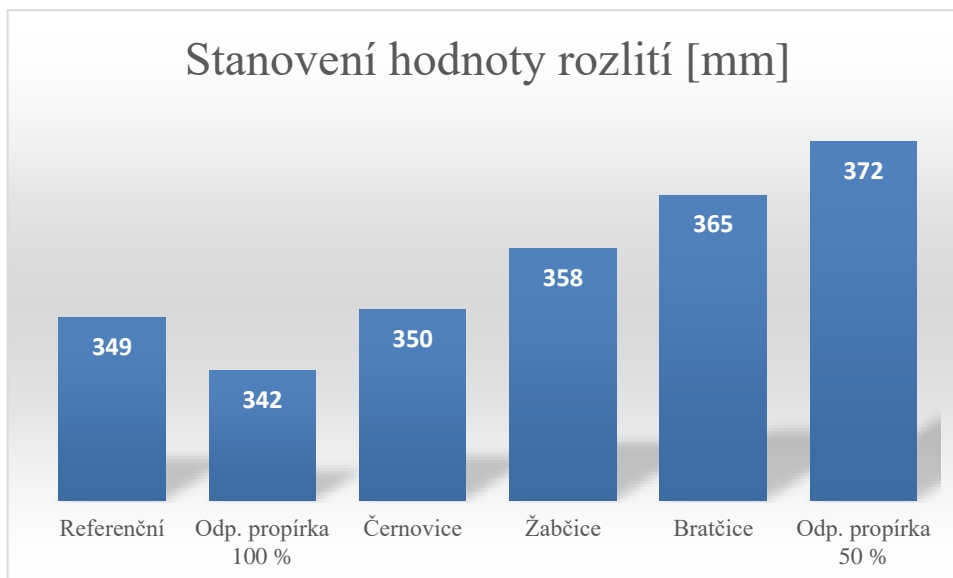
Na základě provedení zkoušky konzistence – stanovení hodnoty rozlití byl upraven vodní součinitel na hodnotu $w = 0,80$. Při použití vyššího vodního součinitele nebyla namíchaná směs homogenní. Snížením vodního součinitele bychom mohli docílit nižšího smršťování během tuhnutí a tvrdnutí.

12.4.1 Stanovení hodnoty rozlití

Podle normy musí být konzistence samonivelačního potěru ≥ 220 mm, doporučená hodnota od zadavatelské firmy má hodnotu 360 mm.

Tabulka 40: Stanovení hodnoty rozlití

Označení vzorku	d_1 [mm]	d_2 [mm]	$\varnothing d$ [mm]
REF	345	352	349
A	355	345	350
B	372	358	365
C	353	362	358
D 50 %	375	369	372
D 100 %	348	335	342



Graf 6: Hodnota rozlití



Graf 7: Vyjádření hodnoty rozlití v %

12.4.2 Stanovení pevnosti v tahu za ohybu

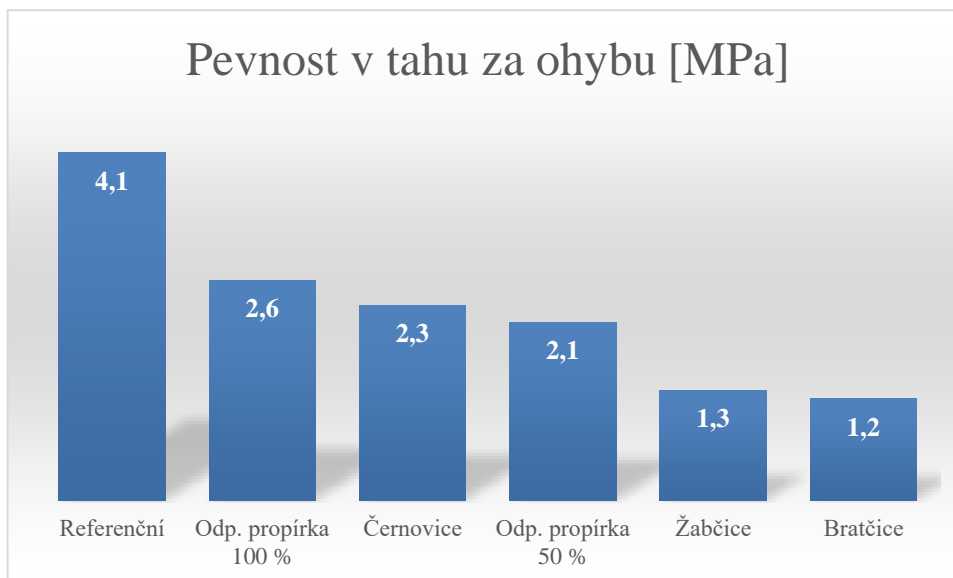
Zkoušené vzorky byly podrobeny zkouškám pevnosti v tahu za ohybu po 3 dnech.
 Výpočet pevnosti v tahu za ohybu – tříbodový ohyb:

$$R_f = \frac{3 \cdot F \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2}$$

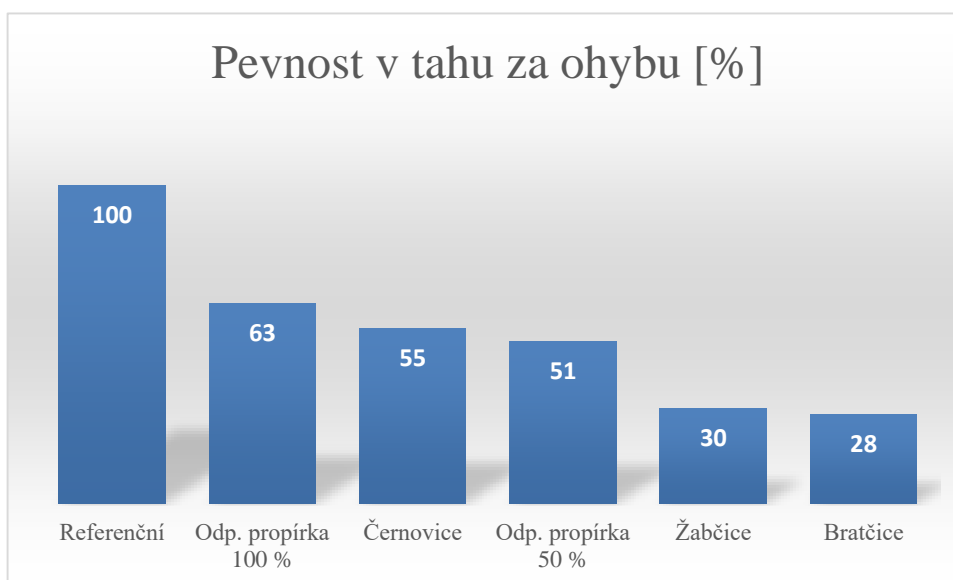
Kde:	R_f	je pevnost v tahu za ohybu	[MPa]
	F	je lomové zatížení, vynaložené na střed trámce	[N]
	l	je vzdálenost lomových podpěr	[mm]
	b	je délka boční strany průřezu trámce	[mm]
	h	je výška trámce	[mm]

Tabulka 41: Stanovení pevností v tahu za ohybu

Označení	Hmotnost [g]	Délka l [mm]	Šířka b [mm]	Výška h [mm]	Zatížení F [N]	Pevnost R _f [MPa]
REF - Referenční receptura Sika CZ, s.r.o.						
REF 1	436,40	160,42	40,17	35,20	1 500	4,1
REF 2	458,31	160,02	39,86	36,30	1 450	
REF 3	473,75	159,84	39,99	37,26	1 350	
A - Pískovna Černovice, spol. s.r.o.						
A 1	442,73	158,99	39,72	38,08	800	2,3
A 2	447,98	159,07	39,85	38,81	1 000	
A 3	452,95	159,11	39,77	37,87	800	
B - Štěrkopísek Bratčice s.r.o.						
B 1	440,36	159,79	39,89	36,67	300	1,2
B 2	453,04	159,41	39,91	37,17	450	
B 3	430,48	159,25	39,89	36,98	500	
C - ZEPIKO GROUP Žabčice						
C 1	446,13	159,60	39,88	37,23	400	1,3
C 2	431,20	159,75	39,75	37,09	500	
C 3	434,89	159,62	39,85	37,13	450	
D 50 % - odp. propírka Českomoravský štěrk, a.s. Olbramovice; referenční kř. písek						
D 50 % 1	482,02	159,85	39,89	38,82	580	2,1
D 50 % 2	459,39	159,60	39,93	37,70	700	
D 50 % 3	411,01	159,68	40,01	35,34	1 000	
D 100 % - odpadní propírka Českomoravský štěrk, a.s. Olbramovice						
D 100 % 1	435,06	159,35	39,88	36,72	950	2,6
D 100 % 2	458,11	159,15	39,90	37,63	900	
D 100 % 3	444,22	159,12	39,99	37,02	1 000	



Graf 8: Pevnost v tahu za ohybu



Graf 9: Vyjádření pevnosti v tahu za ohybu v %

12.4.3 Stanovení pevnosti v tlaku

Zkoušené vzorky byly podrobeny zkouškám pevnosti v tlaku po 3 dnech. Výpočet pevnosti v tlaku:

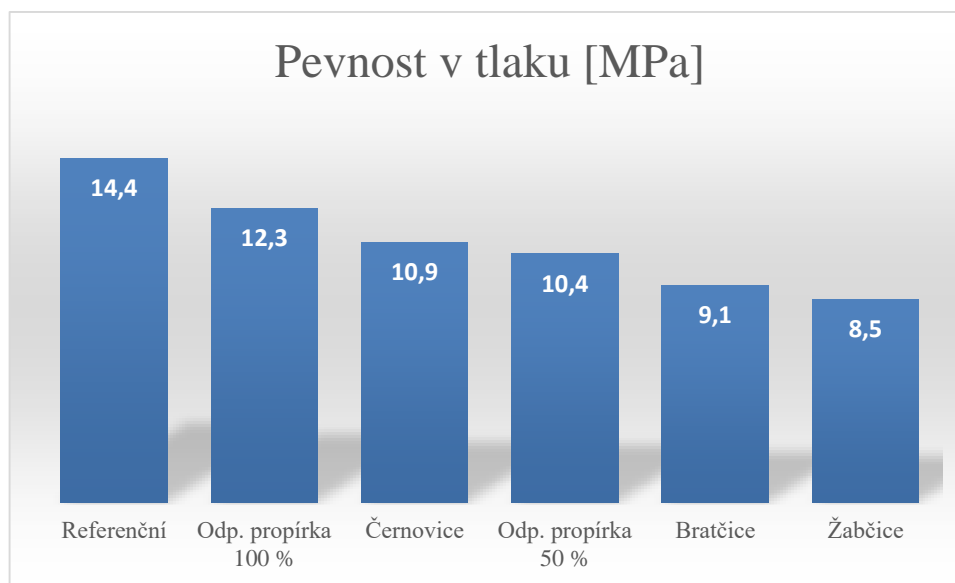
$$R_c = \frac{F_c}{A}$$

Kde:	R_c	je pevnost v tlaku	[MPa]
	F_c	je nejvyšší zatížení při porušení	[N]
	A	je plocha trámce	[mm ²]

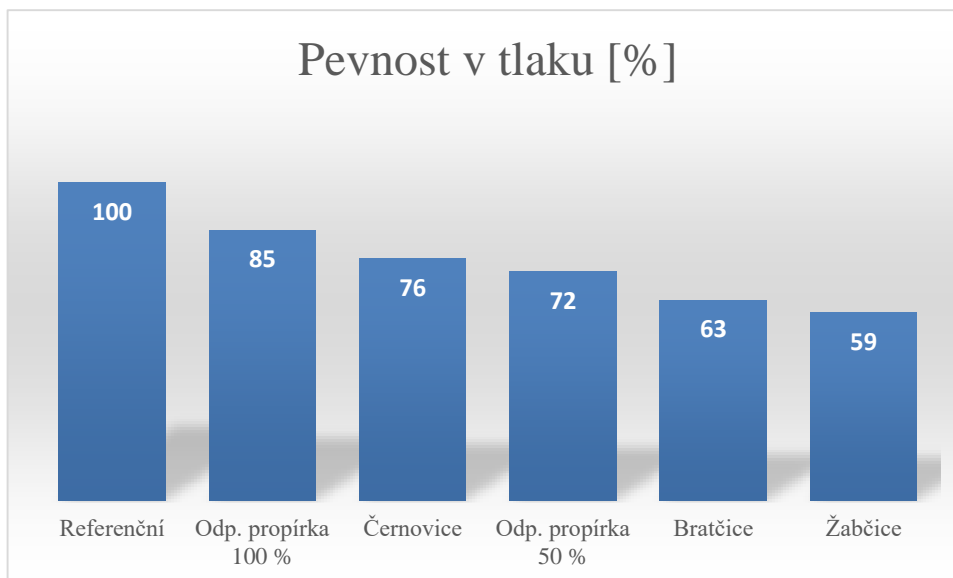
Tabulka 42: Stanovení pevností v tlaku

Označení	Délka l [mm]	Šířka b [mm]	Výška h [mm]	Zatížení F [N]	Plocha A [mm ²]	Pevnost R _c [MPa]
REF - Referenční receptura Sika CZ, s.r.o.						
REF 1	160,42	40,17	35,20	21 500	1 414	14,4
				19 800		
REF 2	160,02	39,86	36,30	21 500	1 447	
				21 200		
REF 3	159,84	39,99	37,26	20 900	1 490	
				20 200		
A - Pískovna Černovice, spol. s.r.o.						
A 1	158,99	39,72	38,08	17 000	1 513	10,9
				16 500		
A 2	159,07	39,85	38,81	16 900	1 547	
				16 600		
A 3	159,11	39,77	37,87	16 800	1 506	
				16 400		
B - Štěrkopísek Bratčice s.r.o.						
B 1	159,79	39,89	36,67	13 500	1 463	9,1
				13 200		
B 2	159,41	39,91	37,17	13 200	1 483	
				13 200		
B 3	159,25	39,89	36,98	13 900	1 475	
				13 500		
C - ZEPIKO GROUP Žabčice						
C 1	159,60	39,88	37,23	12 800	1 485	8,5
				12 600		
C 2	159,75	39,75	37,09	12 500	1 474	
				12 300		
C 3	159,62	39,85	37,13	12 500	1 480	
				12 500		

D 50 % - odp. propírka Českomoravský štěrk, a.s. Olbramovice; referenční kř. písek						
D 50 % 1	159,85	39,89	38,82	15 500 15 500	1 549	10,4
D 50 % 2	159,60	39,93	37,70	15 600 15 300	1 505	
D 50 % 3	159,68	40,01	35,34	15 800 15 300	1 414	
D 100 % - odpadní propírka Českomoravský štěrk, a.s. Olbramovice						
D 100 % 1	159,35	39,88	36,72	18 500 18 000	1 464	12,3
D 100 % 2	159,15	39,90	37,63	18 700 18 400	1 501	
D 100 % 3	159,12	39,99	37,02	18 100 17 900	1 480	



Graf 10: Pevnost v tlaku



Graf 11: Vyjádření pevnosti v tlaku v %

12.5 Shrnutí IV. etapy

Poslední etapa byla věnována laboratornímu testování výsledných parametrů připravených potěrů na bázi anhydritu v souladu s požadavky vyplývajícími z první etapy řešení a podle výběru surovin ve třetí etapě.

V první fázi byl proveden síťový rozbor pro jednotlivé písky. Výsledné hodnoty byly graficky znázorněny jako křivky zrnitosti, z nichž je patrné, že plnivo ze štěrkovny Dobříň má optimalizovanou křivku zrnitosti. Podle provedených síťových rozborů je patrné, že toto plnivo má nejvyšší podíl větších částic, konkrétně zrn velikosti 0,250 - 4 mm, jejichž obsah pravděpodobně přispěl k vyšším výsledným pevnostem.

Následně byla vyhotovena referenční směs skládající se z 1 420 gramů referenčního křemičitého písku frakce 0 - 4 mm ze štěrkovny Dobříň, z 580 gramů referenčního pojiva na bázi síranu vápenatého určené pro vnitřní použití ve výstavbě, označení GYVLON CAB 30 CLASSIC s doporučeným vodním součinitelem $w = 1,0$. Doporučený vodní součinitel byl po zkušebním rozlití upraven na hodnotu $w = 0,80$. Při použití vyššího vodního součinitele nebyla namíchaná směs homogenní. Snížením vodního součinitele bychom mohli docílit nižšího smršťování během tuhnutí a tvrdnutí.

Dále byly namíchány ostatní receptury A – C, které obsahují různé druhy křemičitého písku frakce 0 – 4 mm. Namíchána byla také receptura D 50 % s odpadní propírkou z frakce 0 – 4 mm z Olbramovic a referenčním křemičitým pískem frakce 0 – 4 mm ze štěrkovny Dobříň a receptura D 100 %, u které 100 % plniva tvořila odpadní propírka frakce 0 – 4 mm z Olbramovic.

Na připravených hmotách všech receptur byla stanovena hodnota rozlití. Podle normy musí být konzistence samonivelačního potěru ≥ 220 mm, doporučená hodnota od zadavatelské firmy má hodnotu 360 mm.

Z výsledných hodnot rozlití je patrné, že nejlepší samonivelační vlastnosti měl vzorek receptury D 50 % složený z 50 % odpadní propírky frakce 0 – 4 mm z Olbramovic a z 50 % referenčního křemičitého písku 0 – 4 mm ze štěrkovny Dobříň (hodnota rozlití o 7 % vyšší než referenční vzorek). Dále následovaly směsi obsahující křemičitý písek z Bratčic, (hodnota rozlití o 5 % vyšší než referenční vzorek) a Žabčic (hodnota rozlití o 3 % vyšší než referenční vzorek). Nejhorší schopnost samonivelace byla pozorována u vzorků obsahujících 100 % odpadní propírky frakce 0 – 4 mm z Olbramovic, s hodnotou o 2 % nižší než byla hodnota referenčního vzorku. Všechny vzorky však vyhověly normativnímu požadavku.

Směsi byly následně uloženy do forem. Pro každou směs byla připravena sada 3 zkušebních těles o rozměrech 40 x 40 x 160 mm.

Po 3 dnech byla zkušební tělesa odformována. Na vzorcích byla dále provedena zkouška pevnosti v tahu za ohybu, kde nejlepších výsledků dosáhl referenční vzorek s pevností 4,1 MPa, což splňuje požadavek normy pro všechny pevnostní třídy.

Další vzorek, který obsahoval 100 % odpadní propírky z frakce 0 – 4 mm z Olbramovic dosáhl pevnosti v tahu za ohybu 2,6 MPa, který měl horší pevnost o celkem 37 % než vzorek referenční.

Nejnižší pevnost v tahu za ohybu byla změřena u vzorků, které obsahovaly křemičitý písek z Žabčic, a to pouze 1,3 MPa (celkem o 70 % nižší nežli hodnota referenčního vzorku) a křemičitý písek z Bratčic, a to pouze 1,2 MPa (celkem o 72 % nižší nežli hodnota referenčního vzorku) Tyto dva vzorky s nejnižší hodnotou nesplnily požadavek normy pro pevnost v tahu za ohybu po 3 dnech.

Na vzorcích byla po provedení zkoušky pevnosti v tahu za ohybu také provedena zkouška pevnosti v tlaku, kde nejlepších vlastností dosáhl referenční vzorek s pevností 14,4 MPa, což splňuje požadavek normy pro pevnostní třídu 30, která byla taktéž uvedena v technickém listu výrobce.

Další vzorek, se 100% náhradou plniva odpadní propírkou frakce 0 – 4 mm z Olbramovic dosáhl pevnosti v tlaku 12,3 MPa, což taktéž splňuje požadavek normy pro pevnostní třídu 30. Tato hodnota je nižší o celkem 15 % nežli hodnota referenčního vzorku.

Nejnižší pevnost v tlaku byla pozorována u vzorků s obsahem křemičitého písku z Žabčic, 8,5 MPa a je celkem o 41 % nižší nežli hodnota referenčního vzorku. I tato nejmenší hodnota však splňuje požadavek normy pro pevnost v tlaku po 3 dnech pro pevnostní třídu 20.

Všechny vzorky, které byly zkoušeny v experimentální části, vyhověly normovým požadavkům a mohou být použity pro výrobu potěru na bázi anhydritu.

ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo posouzení vhodnosti lokálních zdrojů plniv pro potěry na bázi anhydritu. Navrhovaná plniva měla prokázat, že mohou být použita pro výrobu finálního potěru na bázi anhydritu, vyrobeném firmou Sika CZ, s.r.o. se sídlem v Brně – Modřicích.

V teoretické části práce bylo provedeno rešeršní zhodnocení v současnosti používaných anhydritových potěrů z hlediska technologie výroby i samotné pokládky. Dále byly formulovány požadavky na výsledné technické vlastnosti. Následně byla popsána samotná výroba anhydritu a také byly stanoveny rozdíly mezi anhydritovou a cementovou podlahou.

Poté byla pozornost věnována možnosti využití druhotných surovin, které by mohly částečně nebo zcela nahradit primární plnivo, kterým je křemičitý písek frakce 0 – 4 mm.

V další části práce byla provedena analýza vstupních surovin. Důraz byl kladen na výběr vhodného lokálního plniva, které by mělo splnit požadavek vzdálenosti od zadavatelské firmy, a to maximální vzdálenost 50 km od sídla firmy. Z uvažovaného spektra byli vybráni 3 potenciální dodavatelé primárního plniva. Jako nejvhodnější dodavatel se ukázala být firma Pískovna Černovice, spol. s.r.o. s nejmenší vzdáleností 6 km a také s nejnižší cenou 81,-Kč bez DPH za tunu materiálu. Dalšími vhodnými dodavateli byli firma Štěrkopísek Bratčice s.r.o. se vzdáleností 17 km, cenou 95,-Kč bez DPH za tunu materiálu a firma ZEPIKO GROUP provozující pískovnu v Žabčicích se vzdáleností 21 km a cenou 88,-Kč bez DPH za tunu materiálu.

Pozornost byla věnována také výběru vhodných druhotných surovin. Zkoumanými surovinami bylo odpadní obalové sklo, recyklovaný slévárenský písek, odpadní propírka a popílek. Jako nejvhodnější druhotná surovina se jevila odpadní propírka frakce 0 – 4 mm od firmy Českomoravský štěrk, a.s. provozující kamenolom v Olbramovicích. Vzdálenost pro dopravu této suroviny je 31 km s cenou 60,-Kč bez DPH za tunu materiálu. Ostatní druhotné suroviny byly vyloučeny z důvodů příliš nízké zrnitosti a velké dopravní vzdálenosti. Například odpadní obalové sklo má prodejní cenu 160,-Kč bez DPH za tunu materiálu, což je téměř dvojnásobek ceny primární suroviny. Použití této suroviny by bylo značně neekonomické.

Na základě těchto poznatků byl proveden návrh jednotlivých receptur. Bylo navrženo celkem 6 receptur. Každá obsahovala stejné pojivo na bázi síranu vápenatého určené pro vnitřní použití ve výstavbě, označení GYVLON CAB 30 CLASSIC, dodané zadavatelskou firmou. Dále byl stanoven doporučený vodní součinitel $w = 1,0$, který byl však po zkušebním rozliti upraven na hodnotu $w = 0,80$. Při použití vyššího vodního součinitele nebyla namíchaná směs homogenní. Snížením vodního součinitele bychom mohli docílit nižšího smršťování během tuhnutí a tvrdnutí.

Pro referenční recepturu bylo použito primární plnivo, kterým byl křemičitý písek frakce 0 – 4 mm ze Štěrkovny Dobříň, dodané zadavatelem. Na základě vybraných dodavatelů byly namíchány receptury obsahující různé druhy křemičitého písku. Dále byla namíchána receptura obsahující 50 % odpadní propírky frakce 0 – 4 mm z Olbramovic a 50 % referenčního křemičitého písku frakce 0 – 4 mm ze štěrkovny Dobříň, a také receptura, u níž 100 % plniva tvořila odpadní propírky frakce 0 – 4 mm z Olbramovic.

Pro každou recepturu byla stanovena hodnota rozlití. Z výsledných hodnot rozlití je patrné, že nejlepší samonivelační vlastnosti měl vzorek receptury D 50 % složený z 50 % odpadní propírky frakce 0 – 4 mm z Olbramovic a z 50 % referenčního křemičitého písku 0 – 4 mm ze štěrkovny Dobříň (hodnota rozlití o 7 % vyšší než referenční vzorek). Dále následovaly směsi obsahující křemičitý písek z Bratčic, (hodnota rozlití o 5 % vyšší než referenční vzorek) a Žabčic (hodnota rozlití o 3 % vyšší než referenční vzorek). Nejhorší schopnost samonivelace byla pozorována u vzorků obsahujících 100 % odpadní propírky frakce 0 – 4 mm z Olbramovic, s hodnotou o 2 % nižší než byla hodnota referenčního vzorku. Všechny vzorky však vyhověly normativnímu požadavku.

V poslední etapě experimentální části bakalářské práce, byly ověřeny pevnosti v tahu za ohybu a pevnosti v tlaku po 3 dnech.

Nejprve byla na vzorcích stanovena pevnost v tahu za ohybu, kde nejvyšších hodnot dosáhl referenční vzorek s pevností 4,1 MPa, což splňuje požadavek normy pro všechny pevnostní třídy.

Další vzorek, který obsahoval 100 % odpadní propírky z frakce 0 – 4 mm z Olbramovic dosáhl pevnosti v tahu za ohybu 2,6 MPa, který měl horší pevnost o celkem 37 % než vzorek referenční.

Nejnižší pevnost v tahu za ohybu byla změřena u vzorků, které obsahovaly křemičitý písek z Žabčic, a to pouze 1,3 MPa (celkem o 70 % nižší nežli hodnota referenčního vzorku) a křemičitý písek z Bratčic, a to pouze 1,2 MPa (celkem o 72 % nižší nežli hodnota referenčního vzorku) Tyto dva vzorky s nejnižší hodnotou nesplnily požadavek normy pro pevnost v tahu za ohybu po 3 dnech.

Na vzorcích byla po provedení zkoušky pevnosti v tahu za ohybu také provedena zkouška pevnosti v tlaku, kde nejlepších pevností dosáhl referenční vzorek s pevností 14,4 MPa, což splňuje požadavek normy pro pevnostní třídu 30, která byla taktéž uvedena v technickém listu výrobce.

Další vzorek, se 100% náhradou plniva odpadní propírkou frakce 0 – 4 mm z Olbramovic dosáhl pevnosti v tlaku 12,3 MPa, což taktéž splňuje požadavek normy pro pevnostní třídu 30. Tato hodnota je nižší o celkem 15 % nežli hodnota referenčního vzorku.

Nejnižší pevnost v tlaku byla pozorována u vzorků s obsahem křemičitého písku z Žabčic, 8,5 MPa a je celkem o 41 % nižší nežli hodnota referenčního vzorku. I tato nejmenší hodnota však splňuje požadavek normy pro pevnost v tlaku po 3 dnech pro pevnostní třídu 20.

Všechny vzorky, které byly zkoušeny v experimentální části, vyhověly normovým požadavkům a mohou být použity pro výrobu potěru na bázi anhydritu.

Z výše uvedených výsledných pevností je patrné, že nejvyšších pevností v tahu za ohybu i v tlaku dosáhla referenční receptura. Tato skutečnost mohla být způsobena tím, že plnivo odebírané ze štěrkovny Dobříň má optimalizovanou křivku zrnitosti. Podle provedených síťových rozborů je patrné, že toto plnivo má nejvyšší podíl velkých částic, konkrétně zrn velikosti 0,250 - 4 mm, jejichž obsah pravděpodobně způsobil vyšší výsledné pevnosti.

Na základě výše uvedených poznatků je možné konstatovat, že zkoumaná problematika výběru vhodných lokálních plniv pro potěry na bázi anhydritu nabízí velký prostor pro další výzkum se zaměřením na výběr vhodných druhotných surovin. Při jeho úspěšném vyřešení budou mít tyto suroviny a následně z nich vyrobené směsi velký potenciál uplatnění na stavebním trhu.

Seznam použitých zdrojů

- [1] Krkonošské vápenky Kunčice a.s., *Anhydritové podlahy. Technologický postup pokládky. Technologická příručka.*
- [2] *Advanced Composites Collaboration for Innovation and science. University of Bristol* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.bristol.ac.uk/composites/>
- [3] *Betonové a průmyslové podlahy. Betonové podlahy* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.betonpodlahy.cz/sluzby/betonove-podlahy>
- [4] ČSN 74 4505: *Podlahy: Společná ustanovení.* Praha: ČNI, 2012.
- [5] ČMIEL, F. *FAST VSB* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://fast10.vsb.cz/studijni-materialy/ps2/podlahy.html>.
- [6] *Betonové podlahy – druhy materiálu a typy konstrukcí. Betonové podlahy* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://beton-podlahy.eu/betonove-podlahy/druhy>.
- [7] *Anhydritové podlahy. BV Group floor steel a.s.* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.bvgroup.cz/bytove-podlahy-anhydrit.php>
- [8] HELA, R., KLABLENA, P., KRÁTKÝ, J., PROCHÁZKA, J., ŠTĚPÁNEK, P., VÁCHA, J. *Betonové průmyslové podlahy.* Praha: Pro Českou komoru autorizovaných inženýrů a techniků činných ve výstavbě (ČKAIT) a Českou betonářskou společnost (ČBS) vydalo Informační centrum ČKAIT, 2006. Betonové stavitelství. ISBN 80-867-6973-9.
- [9] ČSN EN 13454-2+A1: *Pojiva, kompozitní pojiva a průmyslově vyráběné maltové směsi pro podlahové potěry ze síranu vápenatého - Část 2: Zkušební metody.* Praha: ČNI, 2008.
- [10] ČSN 73 1373: *Nedestruktivní zkoušení betonu - Tvrdoměrné metody zkoušení betonu.* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: 2011., 88877
- [11] *Anhydritové podlahy* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.anhydrit-podlahy.cz/strucne/anhydrit>
- [12] *Mineralienatlas – Fossilienatlas* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.mineralienatlas.de/lexikon/index.php/BilderGeordnet>
- [13] SCHULZE, W. *Necementové malty a betony.* Praha: SNTL, 1990, (1.vydání), 271 s.
- [14] BĚŽÁK, R. *Výzkum v oblasti anhydritových samonivelačních potěrů.* Brno, 2014. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců. Vedoucí práce Dominik Gazdič.

- [15] SIEVERT, T., WOLTER, A., SINGH, N.B. *Hydratation of anhydrite of gypsum (CaSO₄II) in ball mill*, *Cement and concrete research*. Germany, 2004, Pages 623 – 630.
- [16] VAVŘÍN, F. *Maltoviny*. Brno, 1987, (3.vydání), 253 s.
- [17] *Anhydrite - Handbook of Mineralogy* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.handbookofmineralogy.com/pdfs/anhydrite.pdf>
- [18] ČSN EN 13139 (721503) *Kamenivo pro maltu*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2004., 8590963675251.
- [19] SEVERA, T., FRÁNA, J., *Rekultivace a využití elektrárenských popílků*. České Budějovice, 2005.
- [20] BAYER, P., *Vliv popílku na vlastnosti cementových malt*. Bakalářská práce. Brno: VUT – Fakulta chemická, 2012.
- [21] Výzkumný ústav maltovin Praha, *Popílek a jeho využití do betonu*. Praha: Svaz výrobců cementu ČR, Výzkumný ústav maltovin Praha, spol. s.r.o.
- [22] GALVÁNKOVÁ, L. *Možnosti využití vedlejších energetických produktů jako surovin pro hydrotermální reakce*. Brno: VUT Fakulta Chemická, Ústav chemie materiálů, 2015. FCH-DIP0866/2014.
- [23] OHAREK, M., J., *Odlučovače popílku*. Mělník: Integrovaná střední škola technická Mělník, 2012.
- [24] HELA, R. *Příměsi do betonu*. Brno: Fakulta stavební VUT, 2015.
- [25] *Centrum materiálového výzkumu na FCH VUT v Brně*.
- [26] DROCHYTKA, R., MATULOVÁ, P., *Lehké stavební látky*, Vysoké učení technické v Brně, Brno 2006.
- [27] SVOBODA, P., DOLEŽAL, J., KRÁTKÝ, J., PROCHÁZKA, J., ŠTĚPÁNEK, P., VÁCHA, J. *Průmyslové podlahy a podlahy v objektech pozemních staveb*. Bratislava: Jaga, 2007. Betonové stavitelství. ISBN 978-808-0760-540.
- [28] *Hrubá struska. Uhelné sklady Šenov* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://uhelneskladysenov.cz/struska/hruba-struska/>
- [29] *Recyklace Opava* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.recyklaceopava.cz/ostatni-materialy>
- [30] *Anhydritové podlahy. Anhydritové podlahy TOKAREX spol. s.r.o.* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.tokarex.cz/anhydritove-podlahy/>

- [31] *Anhydritový nebo cementový lité potěr – porovnání*. WINKLMANN spol. s.r.o., [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.winklmann.cz/dokument.ashx?idDokument=97>
- [32] *AnhyLevel. Technologický předpis*. [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: http://www.specialni-produkty.cz/Anhylevel_tecnologicky_predpis.html
- [33] *Anhyment. Technologický list* [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.lite-smesi.cz/index.php/stahnout-soubor?id=3781>
- [34] ČSN EN 13454-1: *Pojiva, kompozitní pojiva a průmyslově vyráběné maltové směsi pro podlahové potěry ze síranu vápenatého – Část 1: Definice a požadavky*. Praha: ČNI, 2005
- [35] WYPYCH, G. *Handbook of fillers*. Toronto, 2016, 4rd ed, ChemTec Pub,
- [36] *Odpadní obalové sklo*. VETROPACK MORAVIA GLASS, a.s. [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <https://www.vetropack.cz/cz/>
- [37] *Statistical data for secondary raw materials*. WFO [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.thewfo.com/>
- [38] *Recyklovaný slévárenský písek*. DUFONEV R.C., a.s. [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.dufonev.cz/index.php>
- [39] Kámen Zbraslav spol. s.r.o., *Kamenolom Želešice. Produkty a výrobky. Technologická příručka*.
- [40] Českomoravský štěrk, a.s., *Kamenolom Olbramovice. Produkty a výrobky. Technologická příručka*.
- [41] *Popílek*. Elektrárny Opatovice a.s. [online]. [cit. 2018-05-23]. Dostupné z: <http://www.eop.cz/popilek>
- [42] ČSN EN 933-1. *Zkoušení geometrických vlastností kameniva – Část 1: Stanovení zrnitosti – Síťový rozbor*

Seznam obrázků

Obrázek 1: Řez konstrukcí - podlaha spojená s podkladem (spřažená) [6].....	15
Obrázek 2: Řez konstrukcí – podlaha na separační vrstvě [6]	15
Obrázek 3: Řez podlahovou konstrukcí - podlaha na izolační vrstvě [6].....	16
Obrázek 4: Řez podlahovou konstrukcí - podlaha s podlahovým topením [6]	16
Obrázek 5: Schéma skladby průmyslové podlahy [6]	17
Obrázek 6: Schéma skladby průmyslové podlahy [6]	17
Obrázek 7: Anhydrit [12]	22
Obrázek 8: Anhydrit [12]	22
Obrázek 9: Schéma dehydratace sádrovce [15].....	23
Obrázek 10: Vysokoteplotní popílek [25]	26
Obrázek 11: Fluidní ložový popel (vlevo), fluidní filtrový popílek (vpravo) [25]	27
Obrázek 12: Granulovaná vysokopecní struska, frakce 32 - 63 mm [28]	28
Obrázek 13: Ocelářská struska, frakce 0 - 8 mm [29]	28
Obrázek 14: Schéma anhydritového potěru na izolační vrstvě [30].....	30
Obrázek 15: Schéma topného anhydritového potěru [30]	30
Obrázek 16: Schéma anhydritového potěru na separační vrstvě [30]	31
Obrázek 17: Schéma spojovacího potěru [30].....	32
Obrázek 18: Schéma I. etapy	37
Obrázek 19: Schéma II. etapy.....	38
Obrázek 20: Schéma III. etapy	39
Obrázek 21: Schéma IV. etapy	39
Obrázek 22: Odpadní obalové sklo [36].....	49
Obrázek 23: Recyklovaný slévárenský písek [38]	50
Obrázek 24: Odpadní propírka Olbramovice	52
Obrázek 25: Popílek [41].....	54
Obrázek 26: Stanovení hodnoty rozlítí	67

Seznam grafů

Graf 1: Křivka zrnitosti - referenční křemičitý písek Dobříň.....	63
Graf 2: Křivka zrnitosti - křemičitý písek Černovice.....	63
Graf 3: Křivka zrnitosti - křemičitý písek Bratčice.....	64
Graf 4: Křivka zrnitosti - křemičitý písek Žabčice.....	65
Graf 5: Křivka zrnitosti - odpadní propírka z frakce 0 – 4 mm Olbramovice.....	65
Graf 6: Hodnota rozlití.....	69
Graf 7: Vyjádření hodnoty rozlití v %.....	69
Graf 8: Pevnost v tahu za ohybu.....	71
Graf 9: Vyjádření pevnosti v tahu za ohybu v %.....	71
Graf 10: Pevnost v tlaku.....	73
Graf 11: Vyjádření pevnosti v tlaku v %.....	74

Seznam tabulek

Tabulka 1: Orientační cenové náklady anhydritového potěru SIKA a cementového potěru CEMEX	32
Tabulka 2: Minimální jmenovitá síla vrstvy potěru AE 20 a AE 30 [33]	41
Tabulka 3: Nejvyšší dovolená vlhkost potěrů v hmotnostních % v době pokládky nášlapné vrstvy [4]	43
Tabulka 4: Parametry anhydritového potěru [33].....	44
Tabulka 5: Požadavky na pojiva [34]	46
Tabulka 6: Křemičitý písek - přehled dodavatelů	47
Tabulka 7: Odpadní obalové sklo	49
Tabulka 8: Odpadní obalové sklo - síťový rozbor [36].....	49
Tabulka 9: Odpadní obalové sklo - chemické složení [36]	49
Tabulka 10: Recyklovaný slévárenský písek.....	50
Tabulka 11: Recyklovaný slévárenský písek - síťový rozbor [38]	51
Tabulka 12: Recyklovaný slévárenský písek - chemické složení [38].....	51
Tabulka 13: Recyklovaný slévárenský písek - chemické složení [38].....	51
Tabulka 14: Odpadní propírka.....	52
Tabulka 15: Odpadní propírka Želešice - síťový rozbor [39]	52
Tabulka 16: Odpadní propírka Želešice - chemické složení [39].....	52
Tabulka 17: Odpadní propírka Olbramovice - síťový rozbor [40].....	53
Tabulka 18: Odpadní propírka Olbramovice - chemické složení [40]	53
Tabulka 19: Popílek.....	54
Tabulka 20: Popílek - síťový rozbor [41]	54
Tabulka 21: Popílek - chemické složení [41]	54
Tabulka 22: Výběr vhodných dodavatelů primárního plniva na základě vzdálenosti a ceny	56
Tabulka 23: Výběr vhodných dodavatelů druhotných surovin - odpadní obalové sklo	57
Tabulka 24: Výběr vhodných dodavatelů druhotných surovin - recyklovaný slévárenský písek.....	57
Tabulka 25: Výběr vhodných dodavatelů druhotných surovin - odpadní propírka.....	58
Tabulka 26: Výběr vhodných dodavatelů druhotných surovin - popílek	58
Tabulka 27: Referenční receptura pro podlahový potěr na bázi anhydritu	59
Tabulka 28: Označení navrhovaných receptur - referenční.....	60
Tabulka 29: Označení navrhovaných receptur - podle druhu zkoušeného plniva bez druhotné suroviny	60
Tabulka 30: Označení navrhovaných receptur - podle druhu zkoušeného plniva s druhotnou surovinou	60
Tabulka 31: Síťový rozbor - referenční křemičitý písek Dobříň	62

Tabulka 32: Síťový rozbor - křemičitý písek Černovice.....	63
Tabulka 33: Síťový rozbor - křemičitý písek Bratčice.....	64
Tabulka 34: Síťový rozbor - křemičitý písek Žabčice	64
Tabulka 35: Síťový rozbor - odpadní propírka Olbramovice z frakce 0 - 4 mm	65
Tabulka 36: Složení směsi - referenční receptura	66
Tabulka 37: Složení směsi - nové receptury bez druhotných surovin.....	66
Tabulka 38: Složení směsi - nové receptury s druhotnou surovinou.....	66
Tabulka 39: Normové pevnosti anhydritových pojiv CAB a CAC [9].....	68
Tabulka 40: Stanovení hodnoty rozlití	68
Tabulka 41: Stanovení pevností v tahu za ohybu	70
Tabulka 42: Stanovení pevností v tlaku	72