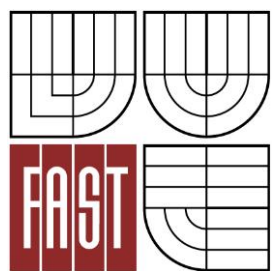




VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ
ÚSTAV TECHNOLOGIE STAVEBNÍCH HMOT A
DÍLCŮ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING
INSTITUTE OF TECHNOLOGY OF BUILDING MATERIALS AND
COMPONENTS

VÝVOJ POLYMERNÍHO REPROFILAČNÍHO MATERIÁLU

DEVELOPMENT OF POLYMER REPAIRING MATERIAL

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

VIKTOR JUŘIČKA

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. ROSTISLAV DROCHYTKA, CSc., MBA

BRNO 2016



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	Viktor Juříčka
Název	Vývoj polymerního reprofilačního materiálu
Vedoucí bakalářské práce	prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Datum zadání bakalářské práce	30. 11. 2015
Datum odevzdání bakalářské práce	27. 5. 2016
V Brně dne 30. 11. 2015	

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

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

Podklady a literatura

- [1] BILČÍK, J., DOHNÁLEK, J.: Sanace betonových konstrukcí. Jaga group, Bratislava, 2003. ISBN 80-88905-24-9.
- [2] Lindařík, M. a kolektiv: Epoxidové pryskyřice. SNTL. Praha 1983.
- [3] Technické návody polymerních zálivkových hmot od renomovaných producentů.
- [4] DROCHYTKA, R., EMMONS, P. H., JEŘÁBEK, J.: Sanace a údržba betonu v ilustracích. Akademické nakladatelství Brno, 1999. ISBN 80-7204-106-1.
- [5] JANČÁŘ, J.: Úvod do materiálového inženýrství polymerních kompozitů, FCH VUT v Brně, 2003
- [7] DROCHYTKA, R., DOHNÁLEK, J., BYDŽOVSKÝ, J.: Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí III. Sdružení pro sanace betonových konstrukcí. ISBN 978-80-260-2210-7
- [9] Další vědecké a odborné publikace, normy a předpisy zabývající se polymerními zálivkovými systémy a sanací betonových konstrukcí

Zásady pro vypracování

Na základě teoretických poznatků získaných z odborné domácí a zahraniční literatury budou navrženy nové polymerní reprofilační materiály, vhodné zejména do energetického průmyslu a jiných těžkých průmyslových provozů. Cílem je co nejefektivněji navrhnout vysoce kvalitní materiály, které budou splňovat ty nejvyšší požadavky, jako jsou velmi rychlé nárůsty pevností, dobrá chemická a tepelná odolnost a výborná přídržnost. Výhodou je navržení materiálu s obnovením reprofilované části provozu do 24 hod. Tato práce zabývající se aktuální problematikou v praxi je součástí projektu vědy a výzkumu.

1. Souhrnně zpracujte doposud dostupné poznatky z oblasti reprofilačních polymerních hmot pro průmyslové provozy, na základě kterých vypracujte rešerši stávajících reprofilačních systémů, které jsou používány v ČR a v zahraničí. Dále proveďte identifikace těchto systémů s využitím speciálně upravených druhotných surovin a progresivních plniv.
2. Definujte požadavky na vlastnosti reprofilačních hmot pro energetický průmysl a průmyslové provozy v souladu s platnými předpisy a normami pro sanaci betonových konstrukcí. Popište a zhodnoťte současné legislativní postupy hodnocení vlastností těchto hmot. Navrhněte optimální metodiku zkoušení pro ověření vhodnosti vstupních surovin pro tyto polymerní reprofilační hmoty, dále definujte optimální zkušební postupy pro laboratorní ověření zkušebních vzorků a pro poloprovozní ověření polymerních reprofilačních hmot.
3. Navrhněte nový systém polymerních reprofilačních hmot efektivně využitelných v energetickém průmyslu a těžkých průmyslových provozech. Proveďte volbu vhodných vstupních surovin včetně druhotných surovin, v případě potřeby navrhněte vhodné postupy předúpravy vstupních surovin. Zároveň proveďte návrh vlastních receptur polymerních reprofilačních hmot pro energetický průmysl a těžké průmyslové provozy včetně návrhu jejich aplikace, úpravy povrchu podkladu a způsobu zpracování.

Struktura bakalářské/diplomové práce

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání 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

Sanace betonových konstrukcí jsou důležitým a neustále se vyvíjejícím odvětvím, kde vývoj nových progresivních materiálů přispívá ke zvýšení kvality a efektivnosti celého sanačního procesu. Tato práce je zaměřena na vývoj polymerního reprofilačního materiálu, který je schopen odolávat podmínkám energetického průmyslu a dalších průmyslových provozů a současně efektivně využívá druhotných surovin. Práce obsahuje detailní přehled legislativních zkoušek jednotlivých vlastností a předkládá návrh receptur odpovídající polymerní reprofilační hmoty včetně návrhu její aplikace a předúpravy vstupních surovin.

Klíčová slova

Reprofilační hmota, polymerní, vývoj, druhotné suroviny, sanace, epoxidová pryskyřice,

Abstract

Rehabilitation of concrete constructions is important and constantly evolving industry, where development of new advanced materials contribute to increasing the quality and effectiveness of the remedation process. This work is focused on the development of repairing polymeric material that is able to withstand the conditions of the energy industry and other industrial operations while effectively utilizing recycled materials. The thesis contains a detailed overview of legislative tests of individual properties and is proposing recipes of appropriate repairing polymeric materials including a proposal for its application and the pretreatment of input materials.

Keywords

Repairing matter, polymeric, development, recycled materials, rehabilitation, epoxy resin

Bibliografická citace VŠKP

JUŘIČKA, Viktor. *Vývoj polymerního reprofilačního materiálu*. Brno, 2016. 74 s. 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 25. 5. 2016

.....
podpis autora

Viktor Juříčka

Poděkování

Tímto chci poděkovat prof. Ing. Rostislavu Drochytкови, CSc., MBA a Ing. Janě Hodné za odborné vedení, připomínky, konzultace a čas strávený nad mou prací, dále také děkuju Ing. Jakubu Hodulovi za odbornou pomoc při vypracování práce. Tato bakalářská práce byla vypracována s využitím infrastruktury Centra AdMaS.

1	ÚVOD	13
2	TEORETICKÁ ČÁST	14
2.1	Sanace	14
2.1.1	Obecné rozdělení rozsahu a způsobu sanace	14
2.1.2	Posouzení a průzkum konstrukce	15
2.1.3	Opravy povrchů	16
2.2	Reprofilace	17
2.2.1	Příprava povrchu	18
2.2.2	Čištění, oprava a ochrana ocelové výztuže	19
2.2.3	Soudržnost správkového materiálu se stávajícím betonem	20
2.2.4	Aplikace reprofilačního materiálu	21
2.2.5	Reprofilační materiál	21
2.2.5.1	Požadavky na materiál	21
2.2.5.2	Základní materiály pro reprofilaci	23
2.2.5.3	CC betony a malty (Cement Concrete)	23
2.2.5.4	Polymercementové betony PCC (Polymer-cement concrete)	23
2.2.5.5	Polymermalty a plymerbetony (PC beton)	24
2.3	Polymery	26
2.3.1	Dělení polymerů	26
2.3.1.1	Termoplasty	27
2.3.1.1.1	Polyethylen (PE)	27
2.4	Pojiva polymerních reprofilačních materiálů	28
2.4.1	Reaktoplasty	28
2.4.2	Fenoplasty (fenolické pryskyřice)	28
2.4.3	Aminoplasty (aminopryskyřice)	29
2.4.4	Polyesterové pryskyřice	29

2.4.5	Silikonové pryskyřice	29
2.4.6	Epoxidové pryskyřice	30
2.5	Plniva polymerů	31
2.5.1	Základní rozdělení plniv	31
2.5.1.1	Rozdělení plniv dle původu	31
2.5.1.2	Rozdělení plniv dle tvaru a velikosti částic.....	32
2.5.2	Limity a požadavky na plniva pro reprofilační polymerní hmoty	33
2.5.2.1	Specifická hmotnost	33
2.5.2.2	Barva	33
2.5.2.3	Povrchové úpravy.....	33
2.5.2.4	Hořlavost	33
2.5.2.5	Přilnavost plniva a polymeru	34
2.5.3	Požadavky na vlastnosti druhotných surovin využívaných jako plniv	35
2.5.3.1	Možnost úpravy	35
2.5.3.2	Dostupnost	35
2.5.3.3	Stabilní kvalita složení, obsah příměsí	35
2.5.3.4	Cena	36
2.5.4	Vybraná plniva	36
2.5.4.1	Křemičitany - oxid křemičitý.....	36
2.5.4.2	Korund	36
2.5.4.3	Grafit.....	36
2.5.4.4	Sklo.....	37
2.5.4.5	Nanopliva	37
2.6	Metodika práce.....	38
2.6.1	Etapa I – Vlastnosti současných polymerních reprofilačních materiálů.....	38
2.6.2	Etapa II – Definice požadavků na vlastnosti vyvíjených hmot, legislativa reprofilačních hmot.....	39
	Etapa III – Návrh receptury reprofilačního materiálu	40
3	PRAKTICKÁ ČÁST.....	41

3.1	Etapa I	41
3.1.1	Vlastnosti současných reprofilačních materiálů	41
3.1.2	Přehled plniv použitelných do polymerní reprofilační hmoty	44
3.1.2.1	Primární plniva	44
3.1.2.2	Druhotné suroviny použitelné jako plniva.....	45
3.1.2.2.1	Sklo	45
3.1.2.2.2	Obalové sklo.....	47
3.1.2.2.3	Autosklo.....	47
3.1.2.2.4	Sklo ze solárních panelů	47
3.1.2.2.5	Skelný odpad z elektronických zařízení	47
3.1.2.2.6	Elektrárenský popílek.....	48
3.1.2.2.7	Slévárenský písek	48
3.1.2.2.8	Kamenné odprašky	48
3.1.2.2.9	Cihelná drť.....	49
3.1.2.2.10	Mletá struska	49
3.2	ETAPA II - Definice požadavků na vyvíjené hmoty, legislativa pro reprofilační (správkové) hmoty	50
3.2.1	Požadavky na vlastnosti reprofilačních hmot pro průmyslové provozy	50
3.2.1.1	Všeobecné požadavky na opravné hmoty	50
3.2.1.2	Energetický průmysl	51
3.2.1.3	Strojírenský průmysl.....	51
3.2.1.4	Stavební průmysl.....	52
3.2.2	Všeobecná legislativa pro zkoušení vlastností reprofilačních hmot	54
3.2.3	Návrh metodiky zkoušení pro ověření vhodnosti vstupních surovin vyvíjené reprofilační hmoty.....	56
3.2.3.1	Pojiva.....	56
3.2.3.2	Plniva.....	57
3.2.1	Návrh metodiky zkoušení vyvíjeného materiálu	58
3.2.2	Návrh metodiky poloprovozního ověření vyvinutých hmot	59

3.3	Etapa III – Návrh receptury reprofilačního (správkového) polymerního materiálu	
	využívajícího druhotné suroviny	60
3.3.1	Pojivo	60
3.3.2	Plnivo	60
3.3.2.1	Optimalizační výpočet a výběr druhotných surovin jakožto plniv	60
3.3.3	Návrh receptur	65
3.3.4	Návrh předúpravy vstupních surovin	66
3.3.4.1	Obalové sklo.....	66
3.3.4.2	Autosklo.....	66
3.3.4.3	Sklo ze solárních panelů	67
3.3.4.4	Slévárenský písek	67
3.3.5	Návrh aplikace reprofilační hmoty	68
3.3.6	Návrh způsobu zpracování hmoty	68
4	ZÁVĚR	69
5	SEZNAMY	71
5.1	Seznam použitých zdrojů	71
5.2	Seznam použitých zkratk	74
5.3	Seznam tabulek.....	74

1 ÚVOD

Sanace betonových konstrukcí je odvětví, které vyžaduje neustálý vývoj nových progresivních materiálů, které jsou schopny odolávat různým druhům prostředí a současně jsou schopny zachovat vysokou kvalitu opraveného povrchu. Reprofilace je nedílnou a velmi důležitou součástí procesu sanace. Zajišťuje obnovení původních rozměrů a tvarů stavebních prvků a často výrazné zlepšení původních vlastností reprofilovaných částí. Na výsledek reprofilace a celkové sanace jsou kladeny stále větší nároky a ty by nebylo možno uspokojit bez vývoje nových materiálů. Jsou to právě moderní, nově vyvinuté materiály, které spolu s pokrokem v technologiích provádění, posunují hranice možností sanace.

Působivé možnosti nám poskytují polymerní hmoty používané pro reprofilaci, kterými se tato práce zabývá. Polymerní řetězce mohou být upravovány do různých forem, což nám dává obrovskou škálu možných forem polymerů s odlišnými vlastnostmi. Dokážeme tak vytvořit hmoty, které několikanásobně překonají pevnosti běžného betonu, mají minimální smrštění a dokonale přilnou k povrchu. Vlastnosti, jako vysoká chemická a mechanická odolnost, které má většina polymerních reprofilačních materiálů, jsou naplno využity při reprofilaci objektů energetického průmyslu a dalších průmyslových provozů.

Tato bakalářská práce se zabývá také důležitou aktuální otázkou recyklace odpadních surovin, což je zde řešeno jejich zakomponováním do polymerních reprofilačních materiálů, tedy využíváním druhotných surovin, například z odpadního skla, jako plniva

Práce se zabývá vývojem polymerního reprofilačního materiálu, s využitím druhotných surovin, který bude dostatečně kvalitní a odolný, aby vydržel podmínky energetického a těžkého průmyslu.

2 TEORETICKÁ ČÁST

Reprofilace tvoří nedílnou součást sanačního procesu, jehož cílem je navrácení konstrukcí nebo jejich částí do původního tvaru a uvedení sanované oblasti opět do provozu.

2.1 Sanace

Sanace obecně je pojem, který zahrnuje proces vyhledání příčiny, její odstranění a následnou opravu problému. Sanace stavebních konstrukcí a to především betonových konstrukcí, kterými se tato bakalářská práce zabývá, je brána jako komplexní proces ochrany a opravy betonové konstrukce. Hlavním cílem sanace je zpomalení degradace betonu a koroze ocelové výztuže u železobetonových prvků. Obnovení jejich původních rozměrů, estetického vzhledu a mechanických požadavků s co nejnižšími ekonomickými náklady je nedílnou součástí sanace. Degradace betonu je postupné a trvalé narušování základních vlastností betonu, vedoucí k jeho rozpadu. Při opravách betonů je nutno úspěšně a kvalitně spojit nové materiály se stávajícími starými a vytvořit kompozit, který je schopen odolávat vlivům používání, prostředí a času. Sanace betonových konstrukcí je odvětví zahrnující řešení široké škály problémů objevujících se ve stavebnictví, jako jsou jednoduché opravy a údržba prvků malého významu, odlupující se krycí vrstva betonu, zesilování poddimenzovaných dílců atd. [1]

2.1.1 Obecné rozdělení rozsahu a způsobu sanace

- Preventivní zásah na dosud korozně nepoškozené a staticky zcela vyhovující konstrukci, jehož cílem je v předstihu, s co nejmenšími náklady, prodloužit životnost objektu.
- Ochrana a oprava, jejímž cílem je obnovení estetického vzhledu a současně i prodloužení životnosti objektu.
- Sanační zásah na korozně poškozené konstrukci, která po statické stránce stále vyhovuje. Cílem je zastavit korozní procesy a obnovit estetický vzhled.
- Sanační zásah do konstrukce, která má ohroženou nejen životnost, ale i statickou bezpečnost. Konstrukci je potřeba zesílit podle statického posudku například přidáním výztuže. Tento sanační zásah je třeba provést i v případě

změny užitných parametrů konstrukce, tj. zvětšení užitného zatížení a jiné formy mechanického a dynamického zatížení. [1] [2]

2.1.2 Posouzení a průzkum konstrukce

Ke správně provedené sanaci je potřeba znát všechny problémy a úskalí vyšetřované konstrukce. Musíme proto stanovit rozsah a příčinu vad prostřednictvím stavebně technického průzkumu.

Stavebně technický průzkum je činnost, která je schopna pomocí metodik prováděných v terénu nebo v laboratoři, zjistit dostatečné množství potřebných informací o vybrané konstrukci.

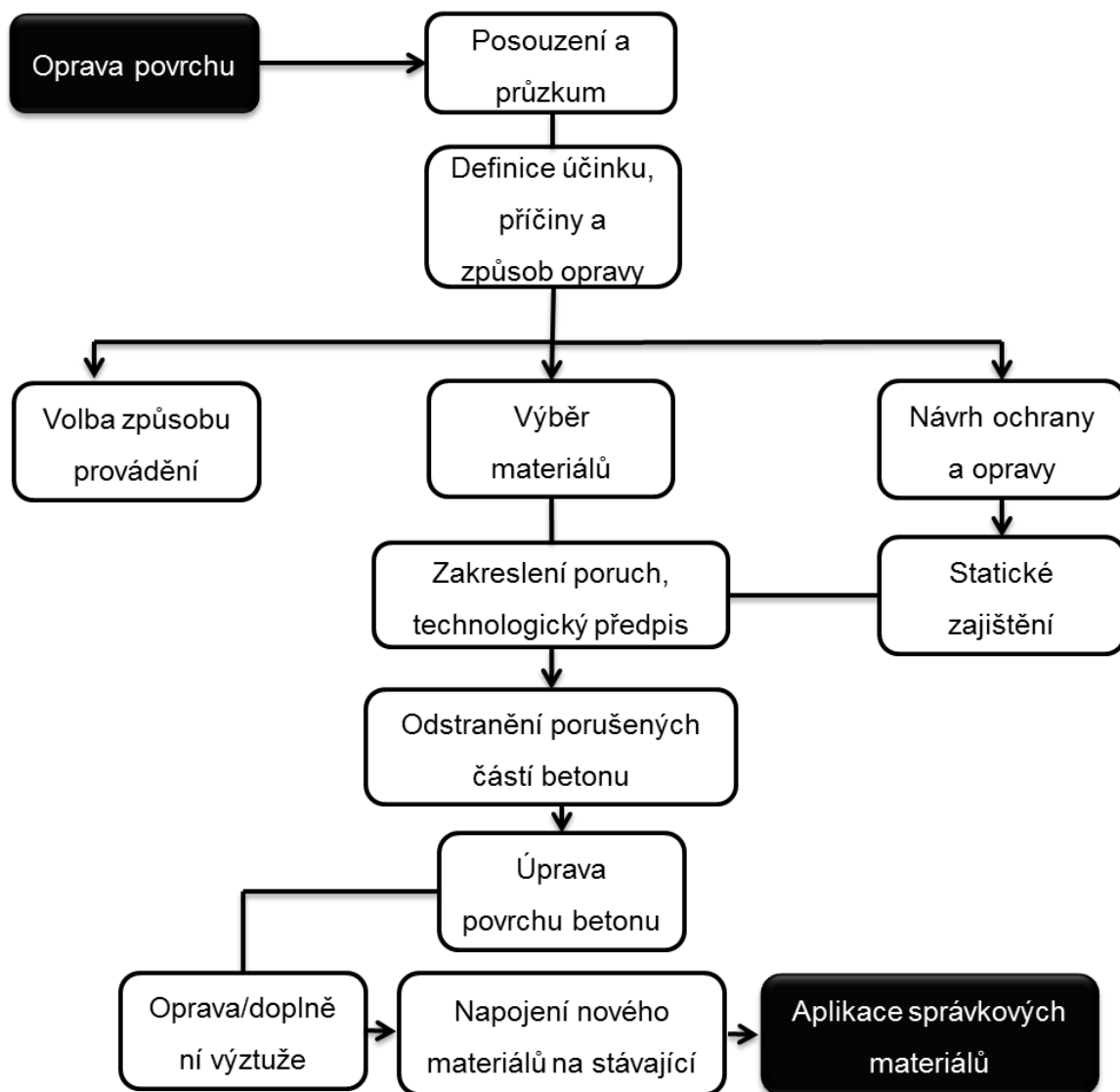
- Vyšetření začíná vizuálním ověřením stavu, ze kterého vzejde označení problémových míst a jejich závažnosti. Tím také určíme rozsah oprav. Při vizuální prohlídce sledujeme klíčové indikátory vad, jako jsou:
 - Praskání (vlasové trhlinky i trhliny většího rozsahu)
 - Vady povrchu (odlupování, rozpad povrchu, povrchové dutiny šupinky)
 - Prosakování vody (povrchová vlhkost, průsak a pronikání spárami, vzlínání vlhkosti)
 - Pohyb prvků (průhyby, nadzvednutí, sednutí)
 - Koroze kovu (obnažená výztuž)
 - Následují metody na stanovení fyzikálně mechanických vlastností betonu a oceli.
 - Metody zaměřené na stanovení stupně korozního narušení betonu a oceli.
 - Metody zaměřené na určení polohy výztuže.
 - Metody na posouzení stavu povrchových úprav
 - Zatěžkávací zkoušky [1]

Cílem tohoto průzkumu je podrobné zdokumentování stavebně technického stavu celé vyšetřované konstrukce. Výsledky podrobného průzkumu slouží například jako podklady pro zpracování projektu rekonstrukce a volbu optimálních technologických postupů. Následně jsou použity jako podklady pro stanovení

nezbytného rozsahu sanačních prací, tedy i volby technologie sanace a volbu vhodného materiálu.

2.1.3 Opravy povrchů

Pro úspěšnou a kvalitní opravu betonových konstrukcí je nutno dodržet postup a strategii sanace dané konstrukce. Obecně lze tuto strategii shrnout do následujících úkonů.



Při opravě povrchu betonu je hlavním cílem a požadavkem nahrazení degradovaného betonu novým, vhodným materiálem, který bude chránit povrch i podkladní beton před agresivním prostředím a zároveň bude schopen obnovit požadovanou konstrukční funkci a uživatelské požadavky původního materiálu. Je důležité určit všechna možná namáhání v materiálech použitých pro opravu a na rozhraní mezi sanovanou vrstvou a stávajícím podkladem. [3]

Napětí v místě opravy vznikají působením relativních objemových změn mezi reprofilačním materiálem, stávajícím betonovým podkladem a provozním zatížením působícím při opravě. Napětí v opravené části musí být v mezích pevnosti nových i stávajících materiálů, jinak dojde k porušení. Důležitou a mnohdy složitou částí je dokonalá soudržnost nového a stávajícího materiálu tak, aby oprava povrchu zajistila přenos namáhání. Tam, kde došlo k významnému odpadu materiálu v tlakové zóně, dochází k přerozdělení napětí kolem poškozené oblasti. Aby se obnovilo původní rozdělení, je třeba zajistit plné odlehčení během provádění povrchové úpravy. Aplikovat správkový materiál, ošetřit ho a až dosáhne své specifické pevnosti, může být daná část zatížena. Odlehčení se provádí dočasným podepřením a osazením pomocné konstrukce.[3]

2.2 Reprofilace

Reprofilace povrchu je vyspravení tzn. obnovení nebo zesílení původního povrchu vhodným reprofilačním materiálem za použití příslušných reprofilačních metod. Výběr způsobu nanesení sanační vrstvy zahrnuje následující důležité kroky:

1. Výběr vhodného reprofilačního materiálu, který je schopen obnovit pevnost soudržnost a požadavky kladené původním návrhem konstrukce i současnou situací.
2. Výběr optimálního způsobu nanášení reprofilačního materiálu na očištěný a připravený podklad.
3. Kontrola konstrukční vhodnosti vybraného materiálu a způsobu reprofilace.
4. Úprava materiálu a technologie reprofilace pro zajištění proveditelnosti opravy.

Způsob reprofilace musí zajistit požadované statické i estetické působení reprofilačního materiálu a vynikající soudržnost s původním materiálem. Soudržnost reprofilace s původním materiálem je zajištěna proniknutím vysrávky do všech dutin

a nerovností stávajícího materiálu. Záleží také na způsobu nanášení správkového materiálu, který se musí nanášet dostatečnou silou, aby se dostal do těsného styku s připraveným povrchem. Pokud se objevuje obnažená výztuž, je nutné, aby ji reprofilační materiál dokonale obalil a tím zajistil spolupůsobení výztuže.[2]

2.2.1 Příprava povrchu

Jak již bylo zmíněno, před prováděním opravy povrchu je potřebné si jej nejdříve připravit na potřebnou kvalitu k provádění reprofilace. Je zapotřebí, aby stávající materiál spolupůsobil s nově naneseným. Musíme odstranit jakkoli narušený, uvolněný, poškozený, korozí napadený beton, který by znemožňoval dostatečnou návaznost správkového materiálu na připravený povrch. Fáze přípravy povrchu je jednou z nejdůležitějších, a proto se nevyplatí ji podceňovat. Bez důsledného a řádného očištění povrchu nemůžeme očekávat splnění potřebných požadavků opravy. Můžeme využít celou řadu způsobů na odstraňování poškozeného betonu. Výběr záleží na ekonomických a provozních možnostech.

Nejčastěji se odstraňování poškozeného betonu provádí ručními příklepovými kladivy, která umožňují dostatečnou mobilitu a užítkovost. K modernějším metodám patří například hydrodemolice, při které se vysokorychlostním paprskem odstraňuje vrstva poškozeného betonu. [2]

Paprsek vody dosahuje při dopadu na beton tlaku až 2500 bar. Pracovník provádějící hydrodemolice musí mít ochranný oblek a masku. Tento způsob přípravy povrchu však nevnaší do konstrukce vibrace, na rozdíl od příklepového kladiva, a tím zamezuje vzniku mikroprasklin. Posouzení soustavy podklad/rozhraní/správkový materiál lze provádět přímou tahovou odtrhovou zkouškou. Příprava povrchů zahrnuje následující důležité kroky:

1. Lokalizace a vymezení plochy určené k opravě. K lokalizaci oddělování vrstev betonu slouží poklepání kladívkem, vlečný řetěz nebo termografické metody. Důležité je odstranit větší plochu betonu než je lokalizovaná vrstevnatost. Korozivní aktivita sahá často dále než vrstevnatost. [2]
2. Odstranění narušeného betonu vhodnými metodami. Narazíme-li na zkorodovanou ocelovou výztuž je nutno výztuž podsekat, aby vzniklo alespoň

- 2 cm místa pod prutem k proniknutí potřebného množství správkového materiálu a tím zajištění potřebné soudržnosti oceli s novým materiálem. [2]
3. Ohraničení sanační plochy tak, aby nevznikaly zkosené hrany. Odsekáme beton kolmo do hloubky prvku. Ohraničení by mělo být co nejkratší. [2]
4. Očištění povrchu betonu a obnažené výztuže. Tento krok je důležitý pro dosažení soudržnosti mezi opravou a stávajícím materiálem. [2]

Při odstraňování betonu se snažíme dodržet co nejjednodušší tvar sanované plochy. Tím se vyvarujeme příliš dlouhému a složitému obrysu, který může vyvolávat smršťovací napětí a s tím spojený vznik trhlin. [2]

2.2.2 Čištění, oprava a ochrana ocelové výztuže

Zkorodovaná nebo jinak poškozená ocelová výztuž se obvykle objevuje spolu s poškozením betonu. Tlusté vrstvy rzi, které se hromadí na ocelové výztuži během korozního procesu, jsou příčinou oddělování vrstev betonu a odlupování. Odstranění nahromaděných oxidů železa je nezbytným předpokladem pro dosažení dlouhodobé úspěšnosti sanace povrchu. Řádné očištění zkorodovaných prutů vyžaduje odstranění betonu kolem celého prutu. [1]

Chloridy a zkarbonatovaný beton se mohou objevovat kolem výztuže i bez přítomnosti rzi výztuže. Prostor kolem výztuže musí být dostatečně velký, aby správkový materiál dokázal obalit prut výztuže a tím zajistit dostatečnou soudržnost výztuže s novým materiálem, zakotvení místa do původního podkladu a rovnoměrné elektrochemické prostředí kolem výztuže. Doporučeno je provést ochranné povlaky, aby se zabránilo opětovnému výskytu koroze. Pokud došlo k narušení soudržnosti výztuže s betonem (i nezkorodované) důsledkem odsekávání betonu, je nutno postupovat jako by byla uvolněná výztuž postižena korozí. To znamená odsekání betonu okolo prutu s ponecháním vůle kolem prutu min. 2 cm a následné zapravení správkovým materiálem a obnovení soudržnosti betonu s výztuží. Pokud ocelová výztuž ztratila více jak 25% svého průřezu (nebo 20%, když jsou poškozeny dva a více sousedních prutů), požaduje se oprava výztuže. Spojení nového a stávajícího prutu se provádí mechanicky objímkou podélným svarem, nebo závitovým spojením. [1]

2.2.3 Soudržnost správkového materiálu se stávajícím betonem

Podmínky důležité k zajištění soudržnosti:

- Čistý, zdravý podklad
- Zdrsněný povrch podkladu pro dosažení mechanického spřažení
- Otevřená soustava pórů v podkladu
- Správkový materiál s dostatečným množstvím pojiva pro absorpci do pórů stávajícího materiálu
- Správkový materiál nanášen dostatečným tlakem, aby se zajistila dobrá soudržnost na styčné ploše

Podstatné je, aby materiál opravy plně přilnul k podkladu a aby následná namáhání nedosahovala hodnot, které překračují pevnost spoje. Místa namáhaná smykem jsou schopna odolávat smykovým zatížením i díky zaklesnutí jednotlivých zrn kameniva do sebe, což zvyšuje pevnost ve smyku. Spojením správkového materiálu se stávajícím lze dosáhnout použitím tzv. adhezních můstků, pro které existují speciální podmínky. Nejčastěji se používají tři hlavní typy adhezních můstků: tmely na bázi cementu, epoxidy a latexové emulze různých typů. [1]

Pro opravy a vrstvy na bázi portlandského cementu se používá cemento – písková malta. Po přípravě podkladu a těsně před uložením správkového materiálu je třeba pečlivě a důkladně vpravit tenkou vrstvu pačoku nebo malty do připraveného povrchu. V případě latexem modifikovaných nebo mikrosilikou modifikovaných správkových materiálů nebo vrstev, lze připravit tmelící pačok přímo ze směsi. Jsou k dispozici prefabrikované tmelící směsi adhezních můstků na bázi latexem modifikovaného cementu, které se smíchají s vodou přímo na staveništi a aplikují se na připravený betonový povrch. [1]

Nejprve je potřeba dostatečně zdrsnit povrch k dosažení mechanického spolupůsobení. Výšková členitost povrchu a jeho drsnost zvyšuje nejen soudržnost, ale i odolnost proti smykovým zatížením. Povrch musí být zbaven veškerých nečistot ovlivňujících přidržnost (oleje, tuky, vytvrzené epoxidy atd.) Ideální je objemově stálý povrch s dostatečnou pevností v tlaku s kamenivem, které je pevně spojeno s cementovým tmelem a vystupuje na povrch. Povrchy stávajícího betonu musí mít otevřenou pórovitost, která umožní proniknutí správkového materiálu do struktury

podkladu a tím zajistí přídržnost systému. Otevřené póry nesmí být ucpány nečistotami, které neumožňují proniknutí malty do struktury. K dosažení otevřené pórovité struktury, lze použít například otryskání povrchu abrazivem nebo vakuací. Je nutné sledovat hladinu vlhkosti podkladního materiálu. Tato charakteristika je důležitá s hlediska přídržnosti celého systému. V případě nadměrného množství vody mohou být póry zacpány a nedojde tak k absorpci tekuté části tmele. Příliš suchý podklad může absorbovat příliš mnoho vody ze správkového materiálu a tím negativně ovlivnit smrštění. Za ideální se považuje nasycený, povrchově suchý stav. U polymercementových správkových hmot vodou ředitelných, je naopak určitá vlhkost nutná, aby se zabránilo takzvanému samovakuování, které způsobuje výrazné objemové změny reprofilační malty.[1]

2.2.4 Aplikace reprofilačního materiálu

Pro správnou funkci reprofilačního materiálu je nutno dodržet několik zásad aplikace. Polymerní reprofilační hmoty jsou nejčastěji nanášeny ručně popřípadě strojně (reprofilační hmoty o nízké viskozitě).

Při ruční aplikaci se nesmí použít standardního zednického ručního nahazování, jehož kvalita je často výrazně negativně ovlivněna nedostatečným výcvikem, zkušeností a pečlivostí provádějícího pracovníka. [4]

Hmoty je třeba nanášet a zpracovávat přednostně vtlačováním a natahováním pomocí vhodného nářadí, event. dále dodatečně hutnit pěchováním, propichováním atd. U stěrkových hmot je třeba použít zubových stěrek, které umožňují vtlačit správkovou hmotu do podkladu s vyšší intenzitou a zároveň vrstvu odvzdušnit. Při stěrkování nesmí dojít k uzavření vzduchu na styčné spáře mezi hmotou a podkladem. Tenkovrstvé stěrky jsou výrazně citlivější na ošetření, které musí být prováděno vzápětí po jejich aplikaci a se zvýšenou intenzitou.[4]

2.2.5 Reprofilační materiál

2.2.5.1 Požadavky na materiál

Volba správkových materiálů pro opravy povrchů představuje důležitý komplexní proces, při kterém se musí zajistit pochopení toho, co požaduje po opravě majitel a technik na jedné straně, dále co vyžadují podmínky provozu a prostředí ale i

způsob provádění. Po stanovení požadavků a definování materiálových vlastností lze přistoupit k volbě specifických materiálů. Někdy vyhoví více než jeden materiál nebo soustava materiálů. Konečná volba materiálu se provádí na základě vztahu mezi cenou, pracovními charakteristikami a rizikem. Volba materiálů pro opravy vyžaduje plné pochopení chování materiálů v nevytvrzeném a vytvrzeném stavu za očekávaných podmínek provozu a prostředí. Jeden z největších problémů pro dobrou funkci materiálů pro opravy jsou jejich objemové změny ve vztahu k podkladu. Relevantní objemové změny vyvolávají vnitřní napětí ve správkovém materiálu i uvnitř původní hmoty. Vysoká vnitřní pnutí mohou vyvolat vznik tahových trhlinek, ztrátu únosnosti, odlupování vrstev nebo vydrolování. Je tudíž třeba věnovat zvláštní pozornost minimalizaci těchto pnutí a volbě materiálů, které vhodně reagují na vzájemné objemové změny. Další obtížně řešitelný problém je volba materiálů pro opravy povrchů na nových částech konstrukce. Ideální je, aby nový správkový materiál dosahoval původních pevností. Existují dvě překážky 100%-ní účinnosti oprav.

1. Kdy a jak začne být materiál opravy znovu zatěžován a jestli byla konstrukce během opravy odlehčena.
2. Jak ovlivní objemové změny nového materiálu oproti původnímu podkladu napětí v místě opravy.

Volba materiálu je tedy věcí kompromisu. [2]

Reprofilací materiál musí splňovat především tyto požadavky:

- vysokou soudržnost s podkladem,
- mrazuvzdornost minimálně na úrovni T 100, případně větší podle konkrétních podmínek expozice.
- omezený vznik trhlin vlivem smrštění,
- minimální objemové změny v důsledku změn vlhkosti a teploty,
- dobrou vodotěsnost resp. malou nasákavost,
- modul pružnosti by měl být:
 - nižší, než je modul pružnosti podkladního betonu, pokud nebude reprofilovaná část namáhána staticky;
 - stejný jako podkladní beton, pokud má reprofilovaná část statickou funkci;

- pevnost v tlaku, resp. v tahu za ohybu na shodné nebo mírně vyšší úrovni než podkladní beton,
- zvýšenou odolnost vůči agresivním médiím podle konkrétních podmínek expozice. [2]

2.2.5.2 Základní materiály pro reprofilaci

Základními materiály používanými pro reprofilaci jsou CC(Cement Concrete) betony a malty, PC (Polymer Concrete) betony a malty a PCC (Polymer Cement Concrete)

2.2.5.3 CC betony a malty (Cement Concrete)

Cementový potěr je vrstva ztvrdlého jemnozrnného betonu nebo obyčejného betonu s plnivem obvykle do velikosti zrna 16 mm (podle tloušťky vrstvy). Obecně mají cementové potěry široké uplatnění jak v bytové tak v průmyslové výstavbě. Tloušťka CC by měla být nejméně třikrát větší než největší zrna kameniva. Předpokladem pro kvalitní spřažení s podkladem je vhodné zdrsnění podkladu odstranění nečistot a separačních látek. Doporučuje se podklad vlhčit předem minimálně 48 hodin a těsně před nanesením reprofilační vrstvy. Složky této skrývkové malty jsou stejné jako u normálního betonu /malty. Jako pojiva je možno použít všechny druhy cementu vyhovujících normě ČSN EN 197-1 a dané situaci. Většinou se však používají CEM I případně CEM II třídy 42,5 R a výše. Dávka cementu by neměla překročit 450 kg.m^{-3} . Dávka vody se volí co nejnižší s ohledem na potřebnou konzistenci. Kvůli zlepšení zpracovatelnosti se doporučuje používat plastifikační přísady. [7]

2.2.5.4 Polymercementové betony PCC (Polymer-cement concrete)

Jedná se o betony obvyklého složení, u nichž bylo použito určitého vhodného polymeru jako druhotné modifikující složky. Takto připravované betony se označují symbolem PCC. Polymer se přidává jako příměs do čerstvého betonu, kde ale nevstupuje přímo do chemické reakce s cementem. Ke vzájemnému spolupůsobení dochází pouze v rámci mezimolekulárních sil. [7]

Polymery se používají pro zlepšení zpracovatelnosti čerstvého betonu při částečné úspoře záměsové vody a zejména pro zvýšení pevnosti ztvrdlého betonu v tahu i pro zvýšení jeho přilnavosti k podkladu. Díky těmto vlastnostem se

polymercementové betony používají pro reprofilace. Nejčastěji se používají tyto látky ve formě vodní disperze: [7]

- polyvinylacetát (PVAC) a jeho kopolymery – v alkalickém prostředí podléhá hydrolyze, proto je nevhodný do vlhkého prostředí
- akryláty (A) a metakryláty (MA) – více odolávají alkalické hydrolyze i slabšímu chemicky agresivnímu prostředí
- styrenakryláty – v současné době pro přípravu PCC nejrozšířenější typ.

Určitou úpravou lze získat i práškové polymery, které se s výhodou používají do speciálních cementových lepidel ke kladení keramiky.

Některé polymerní disperze (zejména styren-akrylátové) se používají i jako přísada do konstrukčních betonů. Zlepšená rázová houževnatost polymercementových betonů se využívá při výrobě betonových pilot, které je možné zatloukat do země beranidlem. Řádově vyšší tahová pevnost polymercementových betonů umožňuje také vyrobit natolik soudržné Polymercementové mezerovité betony, že z nich mohou být vyrobeny povrchy vozovek. Jejich výhodou je rychlé vysychání po dešti vlivem vysoké propustnosti vody tímto betonem do podloží a zvýšený útlum hluku způsobeného dopravou. Polymerní disperze se mohou použít i dodatečně pro impregnaci ztvrdlého betonu. [7]

2.2.5.5 Polymermalty a polymerbetony (PC beton)

Polymerbetony a polymermalty dříve označované jako plastbetony jsou kompozitní materiály podobné cementovým maltám nebo cementovým betonům, ale roli cementového pojiva v nich přebírá reaktivní polymerní materiál, nejčastěji reaktoplastická pryskyřice. Plnivo může být v zásadě stejné jako v běžném betonu, musí však být suché. S ohledem na cenu polymerbetonového kompozitu se však výběru plniva věnuje zvýšená pozornost. Pečlivě je řešena granulometrie tak, aby spotřeba drahého pojiva byla co nejmenší. [7]

Pro své vlastnosti zaujímají významné místo mezi stavebními materiály používanými v mnoha případech především při reprofilacích a kotvení. K vysoce ceněným vlastnostem polymerbetonů patří rychlost, s jakou nabývají vysokých hodnot mechanických pevností a snadná zhotovitelnost tenkých nebo naopak velmi silných povrchů. S ohledem na odolnost vůči agresivnímu prostředí nacházejí

polymerbetony široké uplatnění jako ochranné a izolační vrstvy. Typickou aplikační oblastí jsou pak, díky vysoké chemické a mechanické odolnosti, průmyslové provozy. [7]

S ohledem na charakter pojiva nejsou polymerbetonové prvky žáruvzdorné. Pojivo se dodává na stavbu v podobě dílčích složek, nejčastěji jako dvousložkové. Bezprostředně před přidáním plniva se obě složky pojiva smísí a vytvoří tekutou reaktivní směs. Chemická podstata pojiva může být relativně pestrá. Hlavní materiálovou bází tvořily nejprve nenasycené polyestery a epoxidové pryskyřice. V posledních letech se více objevují i polyuretanová a metylmetakrylátová polymerbetonová pojiva. Při praktické přípravě polymerbetonu se bezprostředně po smísení složek pojiva do vzniklé směsi vmíchá ještě suché zrnité plnivo tak, aby vznikla směs se zpracovatelsky přijatelnou konzistencí. Plnivo se vlastní vytvrzovací reakce aktivně neúčastní, jeho přítomnost však průběh vytvrzování zpomaluje, protože pohlcuje podstatnou část reakčního tepla. [7]

Používaná pojiva jsou často již ve výrobě barevně upravována přísadou barviv nebo pigmentů, méně častou alternativou jsou pojiva, do kterých je předem ve výrobě přidáno i plnivo. I když mnohé vlastnosti polymerbetonových směsí závisí na konkrétní formulaci, zejména pak na druhu použitého pojiva, lze stanovit celou řadu obecně platných zásad, které je třeba při přípravě kvalitní polymerbetonové směsi dodržovat. Prvním požadavkem je správné a přesné odměření všech složek při přípravě polymerbetonové směsi, především dodržení správného poměru obou složek pojiva. Druhým požadavkem je dokonalá homogenizace při přípravě polymerbetonové směsi. Kvalitní polymerbetonovou směs nelze připravit v běžné spádové míchačce. Musí být použit míchací stroj s nuceným oběhem, nejlépe pak protiběžná planetová míchačka. Třetím faktorem podmiňujícím přípravu kvalitní polymerbetonové směsi je suché inertní plnivo vhodného granulometrického složení. Používání zvlhlého plniva výrazně snižuje pevnost všech běžných polymerbetonových kompozic. [7]

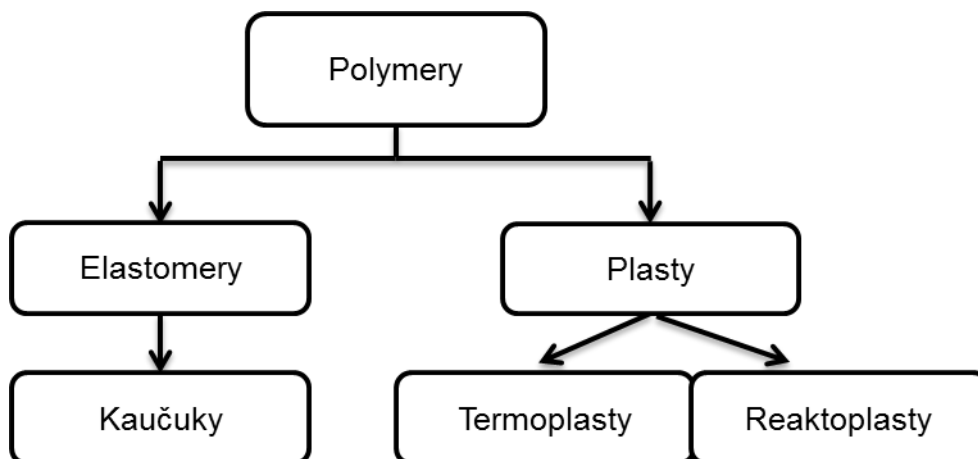
Směsi s nevhodnou granulometrií jsou často nehomogenní nebo mezerovité. Příliš velký obsah pojiva je nežádoucí z ekonomických i z ryze technických důvodů, protože organická pojiva mají řádově větší lineární teplotní roztažnosti, než obyčejný beton. Příliš malý obsah pojiva ovšem zase zhoršuje zpracovatelnost

polymerbetonové směsi a jeho důsledkem může být zvýšená pórovitost vytvrzeného polymerbetonu. Výsledné vlastnosti polymerbetonového kompozitu mohou být dramaticky ovlivněny nevhodným použitím organických ředidel. [7]

2.3 Polymery

Polymery jsou přírodní nebo syntetické látky, v jejichž makromolekule se jako článek v řetězu mnohonásobně opakuje základní monomerní jednotka. Představují tedy chemickou stavebnici, která umožňuje neobyčejnou proměnlivost struktur i vlastností výsledných látek. Pozoruhodné výsledky přinesla polymerní fyzika a fyzikální chemie. Byly to právě fyzikální poznatky o struktuře polymerních materiálů, které umožnily připravit lehká polymerní vlákna o vysoké pevnosti, kapalné krystalické polymery, polymery vhodné pro konstrukční aplikace, pro zápis informací s vysokou hustotou i speciální polymery s nelineárně optickým chováním, které převádějí elektrický signál na optický. Poslední vývoj naznačuje možnosti takzvaných inteligentních materiálů. Ty by měly být schopny podle vnějších podmínek měnit své vlastnosti, například viskozitu, tuhost nebo optickou propustnost. Pomocí takových aktivních materiálů lze už dnes do určité míry napodobit chování biologických tkání nebo i celých organismů. Ukazuje se, že syntetické polymery mohou nést informace a vykonávat specifické funkce jako přírodní makromolekuly. [8]

2.3.1 Dělení polymerů



Elastomer je vysoce elastický polymer, který lze za běžných podmínek malou silou značně deformovat bez porušení. Tato deformace je převážně vratná. Dominantní skupinou elastomerů jsou kaučuky, z nichž se vyrábí pryže.

Plasty jsou polymery za běžných podmínek většinou tvrdé, často i křehké. Při zvýšené teplotě se stávají plastickými a tvarovatelnými. Pokud je změna z plastického do tuhého stavu opakovaně vratná, nazýváme tyto polymery **termoplasty**. Pokud jde o změnu nevratnou (neopakovatelnou, trvalou), protože výsledkem je chemická reakce mezi molekulami většinou za zvýšené teploty, mluvíme o **reaktoplastech** (termosety, pryskyřice).[8]

2.3.1.1 Termoplasty

2.3.1.1.1 Polyethylen (PE)

Pojmem polyethylen jsou označovány homopolymery ethylenu a jeho kopolymery s malým obsahem komonomeru (do 10%). Jejich vlastnosti jsou silně závislé na molekulové hmotnosti, prostorovém uspořádání merů v makromolekulárním řetězci a stupni krystalinity. Polyethyleny dělíme podle rozvětvení makromolekul na lineární a rozvětvené. Lineární je dnes označován jako typ o vysoké hustotě (PE-HD) a naopak rozvětvený jako typ o nízké hustotě (PE-LD). Kromě nich se setkáváme také s polyethyleny o střední hustotě (PE-MD), lineárním polyethylenem o nízké hustotě (PE-LLD) a polyethylenem o velmi vysoké molekulové hmotnosti (PE-UHMW).

Kromě prostorového uspořádání merů v makromolekulární struktuře má na vlastnosti polyethylenu významný vliv také střední molekulová hmotnost.

Tabulka č. 1 Vlastnosti polyethylenu

Vlastnost	Polyethylen	
	Lineární	Rozvětvený
Hustota [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]	do 960	do 930
Krystalinita [%]	do 93	do 64
Pevnost v tahu [MPa]	do 25	do 10
Tažnost [%]	do 1000	do 1000

Chemická odolnost polyethylenu se zvětšuje s rostoucí krystalinitou. Při běžných teplotách odolává polyethylen vodě, neoxidujícím chemikáliím včetně kyselin, zásad, soli a jejich roztoků a polárním rozpouštědlům. Odolnost proti nepolárním rozpouštědlům je však zejména při zvýšených teplotách značně omezena. Při vyšších teplotách jej napadají i některá polární rozpouštědla. Rozpouští se například ve vroucím tetrachlormethanu, benzenu, či toluenu. [9]

Polyethylen má výbornou odolnost vůči nízkým teplotám, křehne až při teplotách -120°C . Za zvýšených teplot jsou prvky zhotovené z rozvětveného polyethylenu tvarově stálé asi do 90°C , předměty z lineárního polyethylenu až do 100°C . Polyethylen je za normálních podmínek bílý a v tenčí vrstvě průhledný. Transparentnost vzrůstá s rozvětveností molekul a jejich molekulovou hmotností.[9]

2.4 Pojiva polymerních reprofilačních materiálů

2.4.1 Reaktoplasty

Z hlediska reprofilace stavebních prvků se z odvětví polymerů nejčastěji používají reaktoplasty ve formě pryskyřic s dvousložkovým charakterem. Nevratnou chemickou reakcí přecházejí z lineárního do rozvětveného stavu. Většinou se hovoří o vytvrzování. Zahřátím nebo přidáním vytvrzovacího prostředku přecházejí do nerozpustného a netavitelného stavu (ztrácejí termoplastický charakter). [8]

2.4.2 Fenoplasty (fenolické pryskyřice)

Tyto názvy zahrnují polykondenzáty aldehydů (nejčastěji formaldehydu), s fenolem. Lze je klasifikovat do dvou základních typů:

Novolaky - produkty polykondenzace fenolu s nedostatkem formaldehydu, které lze vytvrdit teprve přidáním formaldehydu nebo jiného vytvrzovacího činidla, které zajistí minimálně ekvimolární poměr obou výchozích složek reakční směsi

Rezoli – produkty polykondenzace fenolu s přebytkem formaldehydu, které působením tepla nebo kyselin můžeme snadno převést na netavitelnou a nerozpustnou hmotu zvanou rezit.[9]

2.4.3 Aminoplasty (aminoprskyřice)

Aminoplasty, neboli aminoprskyřice jsou reakční produkty aminosloučenin, zejména močoviny, dikyanidaminu, melaminu, anilinu, a jejich derivátů s aldehydy převážně formaldehydem, které jsou schopny účinkem tepla nebo katalyzátoru dále reagovat a přecházet na vytvrzené makromolekulární hmoty.

Hlavním druhy aminoprskyřic jsou močovinoformldehydové a melaminoformaldehydové. Další druhy se přípravou a vlastnostmi podobají těmto základním.
[9]

Tabulka č. 2 Vlastnosti hlavních aminoprskyřic

Vlastnost	Prskyřice	
	močovinová	melaminová
Pevnost v tahu [MPa]	35 až 50	20 až 70
Pevnost v tlaku [MPa]	100 až 300	150 až 200
Pevnost v ohybu [MPa]	60 až 90	50 až 110
Pevnost v ohybu rázem [MPa]	0,8	0,4
Teplotní odolnost [°C]	100	120 až 160
Navlhavost [hmot. %]	0,4 až 1,2	0,1 až 0,6

2.4.4 Polyesterové prskyřice

Polyesterové prskyřice jsou v podstatě produkty polyesterifikace nenasyčených dikarboxylových kyselin nebo jejich anhydridů s dioly, tj. nenasyčené polyesteru rozpuštěné v monomeru, schopné kopolymerace., kterou dojde k vytvrzení prskyřice. Vytvrzování těchto prskyřic je vlastně kopolymerace umožněná nenasyčeností polyesteru a reaktivností rovněž nenasyčeného monomeru. Vytvrzování se iniciuje organickými peroxidy při teplotách nad 80°C nejčastěji dibenzylperoxidem. Pro vytvrzování za běžné teploty se přidává k polyesterové prskyřici kromě iniciátoru ještě urychlovač například kobaltnaté soli organických kyselin. [9]

2.4.5 Silikonové prskyřice

Hydrolýzou dichlorsilanů a jejich samovolnou polykondenzací lze připravit polysiloxany neboli silikony. Silikonové prskyřice se dodávají ve formě roztoku

v toluenu o koncentraci 50% - 70%. K dokončení polykondenzace na sesíťované makromolekuly dochází teprve po odpaření rozpouštědla a zahřívání na teplotu 220°C až 240°C po dobu 1 až 5 hodin. Vytvrzené silikonové pryskyřice dobře odolávají povětrnostním vlivům a dlouhodobě snášejí teploty do 200°C, krátkodobě až do 300°C. K modifikaci epoxidových i jiných pryskyřic se dodávají tzv. silikonové meziprodukty, které za tepla reagují se základní pryskyřicí a zvětšují pak její odolnost vůči teplotě a povětrnosti. [9]

2.4.6 Epoxidové pryskyřice

Epoxidové pryskyřice jsou jednou z nejvýznamnějších skupin polymerů ve stavebnictví. Díky jejich vlastnostem, jako vynikající přilnavost a vysoká mechanická odolnost jsou často využívány v roli pojiva reprofilačních materiálů. Právě díky jejich vlastnostem předpokládám jejich užití jako pojiva při vývoji nového reprofilačního materiálů.

Názvem epoxidové pryskyřice označujeme pryskyřičné látky, jejichž řetězce obsahují zpravidla více než jednu epoxidovou skupinu. Na její velké reaktivitě se značným počtem sloučenin, vedoucí k sesíťovaným makromolekulárním produktům, a na jejich vynikajících vlastnostech, zejména velké adhezi k většině ostatních materiálů, chemické odolnosti i minimálnímu smrštění při vytvrzování, bylo založeno jejich rychlé rozšíření po začátku výroby před více než půlstoletím.

Epoxidové pryskyřice se používají jako lepidla, nátěrové, zalévací a lisovací hmoty, pojiva skelných laminátů a lékařské pryskyřice. Nejběžnějším typem epoxidových pryskyřic jsou produkty alkalické kondenzace dianu s epichlorhydrinem, v idealizované podobě. Podle molárního poměru dianu k epichlorhydrinu se získávají pryskyřice s různou molekulovou hmotností. Při poměru 1:1 by teoreticky měla vzniknout jedna makromolekula, při poměru 1:2 nejmenší jednotka epoxidových pryskyřic glycidylether. Nejčastěji používaným katalyzátorem bývá vodný roztok hydroxidu sodného. Epoxidové pryskyřice jsou bezbarvé nebo nažloutlé hmoty konzistence kapalin až tvrdých, křehkých látek. Za běžných podmínek jsou prakticky neomezeně skladovatelné. Nízkomolekulární typy jsou rozpustné v aromatických uhlovodících, vysokomolekulární především v ketonech a esterech. [9]

Základní epoxidové pryskyřice jsou v nevytvrzeném stavu technicky nepoužitelné. Obsahují větší procento hydroxylových skupin, takže jsou navlhavé, rozpouštějí se v organických rozpouštědlech a nemají dostatečnou mechanickou odolnost. Technicky jich lze použít až po zesíťování, tj. po zreagování epoxidových, popř. hydroxylových skupin.[10]

Vytvrzení epoxidových pryskyřic lze uskutečnit polyadící sloučenin s aktivním vodíkovým atomem na epoxidové skupiny, polykondenzací přítomných hydroxylových skupin a polymerací epoxidových skupin. Největší význam v praxi má první z možností. Jako tvrdidla se používají nejčastěji polyaminy, polythioly, anhydridy polykarboxylových kyselin a pryskyřice obsahující reaktivní methylové skupiny jako jsou fenol-, močovino- a melaminformaldehydové pryskyřice. [9]

Epoxidové pryskyřice odolávají velmi dobře zásadám i zředěným roztokům anorganických i organických kyselin. Jejich chemická odolnost stoupá s molekulovou hmotností a stupněm sesíťování. Značný vliv má i druh tvrdidla. Pryskyřice vytvrzené anhydridy dikarboxylových kyselin například obsahují menší koncentraci hydroxylových skupin, a proto jsou méně navlhavé. Tvrdidla s aromatickým jádrem propůjčují pryskyřicím zase větší teplotní odolnost než tvrdidla alifatická. Malá smrštitivost je dalším kladem epoxidových pryskyřic. Je ovlivněna nejen typem tvrdidla ale i vytvrzovacími podmínkami. [9]

2.5 Plniva polymerů

Jsou používána především pro zlepšení mechanických, chemických či jiných vlastností polymerní matrice, ale také k vyplnění polymerní směsi a tím snížení množství drahé polymerní matrice, což má za následek příznivé ovlivnění ceny konečného výrobku. Ideální plniva jsou levná, mají nízkou hustotu a jsou chemicky inertní vůči polymerní matici. [14]

2.5.1 Základní rozdělení plniv

2.5.1.1 Rozdělení plniv dle původu

- Přírodní - jedná se o materiály, které se těží a následně upravují na požadovanou frakci a čistotu. Např.: křemičitý písek, kaolin, mastek, slída atd.

- Průmyslově vyráběné - materiály, které se vyrábějí přímo na požadovanou čistotu, frakci, hustotu a další. Jejich nevýhodou je poměrně vysoká cena.
- Druhotná plniva - materiály, které se získávají z odpadních surovin. Čištěním a úpravou granulometrie se získávají materiály, které mohou částečně nebo i úplně nahrazovat plniva přírodní nebo průmyslově vyráběná např.: odprašky, popílký, skelný recyklát, struska atd.

2.5.1.2 Rozdělení plniv dle tvaru a velikosti částic

Každý tvar částic přináší určité výhody. Částice kulového tvaru dávají materiálu nejvyšší hustotu, rovnoměrné rozložení napětí a nižší viskozitu. Krychlové a destičkové částice zvyšují vyztužení a hustotu. Členité částice mají velkou plochu k dispozici pro interakci s polymerní matricí. Vločky mají velké odražecí plochy pro snížení propustnosti kapalina plynů. Protáhlé částice snižují smrštění. [12]

Částicová

Nevyztužující plniva, tvořena práškem složeného z drobných částic různých materiálů, jsou používána z důvodu snížení ceny polymerní směsi. Obsah částicových plniv bývá až 70%. Materiály, které jsou používány, jako plniva snižující cenu jsou běžně moučka ze skla, kaolínu, břidlice, křídý a další levné materiály. Jiná plniva (např. grafit) zlepšují kluzné vlastnosti, práškové kovy zlepšují tepelnou vodivost. Přídavkem sazí se zvyšuje odolnost proti UV záření, atd. Zvláštním typem plniva jsou skleněné nebo kovové kuličky, které zvyšují rozměrovou stabilitu a odolnost proti rázům. [13]

Plniva v podobě vláken

Mají převážně vyztužující funkci, jejich obsah v matrici je většinou do 50%. Vlákná musí být dostatečně obalena v polymerní matrici, aby došlo k úplnému využití jejich funkce. Jejich nejčastější funkcí je zvýšení fyzikální a mechanické odolnosti materiálu. [13]

2.5.2 Limity a požadavky na plniva pro reprofilační polymerní hmoty

2.5.2.1 Specifická hmotnost

Specifická hmotnost plniva musí být vyšší, než specifická hmotnost matrice, ale nesmí ji přesahovat výrazně. Při nižší specifické hmotnosti plniva dochází k vyplavování plniva na hladinu, což je nežádoucí. V opačném případě, pokud je rozdíl ve specifických hmotnostech plniva a matrice příliš velký, dochází k sedimentaci plniva. Nejvíce plniv má měrnou hmotnost $2 - 3 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$. Plniva významně ovlivňují reologické vlastnosti vytvořené polymerní hmoty. Obvykle plniva zvyšují viskozitu. [12]

2.5.2.2 Barva

Hodně plniv má svou specifickou barvu, a proto velmi výrazně ovlivňují výslednou barvu výrobku. [12]

2.5.2.3 Povrchové úpravy

Pro snížení lepidlosti se používá mastek a křída. Ty zajišťují také hladký povrch vytlačovaného profilu. Podobně jako mastek se při vstřikování používá hydroxid hlinitý. Grafit a jiná plniva snižují součinitel tření materiálu. PTFE a grafit zajišťují samomazní účinky. Matný vzhled lze dosáhnout pomocí křemičitanů. [11]

2.5.2.4 Hořlavost

Hořlavost je charakteristika stavebních hmot, vypovídající o tom, jak stavební hmoty přispívají k intenzitě požáru. S vydáním nové normy ČSN 73 0810 se nyní stavební hmoty zatřídí dle reakce na oheň do 7 kategorií:

- Třída A1: Výrobky třídy A1 nebudou přispívat k požáru v žádném jeho stadiu; z toho důvodu jsou automaticky považovány za vyhovující všem požadavkům pro nižší třídy; Za nehořlavé hmoty třídy A1, popř. A1_{fl}(index _{fl} se vztahuje k podlahám) se bez dalších průkazů považují anorganické stavební hmoty, výrobky a konstrukce bez ohledu na užití ve stavebním objektu, jakož i výrobky, které obsahují pouze hmoty uvedené v ČSN 73 0823 stupně hořlavosti A.

- Třída A2: Výrobky sice vyhovují stejným kritériím EN 13823 jako pro třídu B, ale navíc nebudou za podmínek plně rozvinutého požáru významně přispívat ke kalorickému zatížení a tím i k dalšímu růstu požáru;
- Třída B: Jako u třídy C, ale s přísnějšími požadavky;
- Třída C: Jako u třídy D, ale navíc při tepelném působení jednotlivého hořícího předmětu vykazují omezené rozšíření plamene;
- Třída D: Výrobky vyhovující kritériím pro třídu E a schopné odolávat působení malého plamene po delší časový interval bez jeho významného rozšíření. Kromě toho jsou též schopny odolávat působení tepla od jednotlivého hořícího předmětu za podstatného zpoždění a omezení uvolňování tepla;
- Třída E: Výrobky schopné odolávat působení malého plamene po krátký časový interval bez významného rozšíření plamene;
- Třída F: Výrobky, které nelze zařadit do žádné z předchozích tříd. [18]

Požadované zařazení plniv do polymerních kompozitů odpovídá třídám A1, A2, a B.

Plnivy se dá modifikovat hořlavost materiálu. Potlačují hoření, zvyšují teplotu samovznícení, snižují tvorbu dýmu při hoření, zabraňuje odkapávání, atd. Obecně je kladen požadavek na to, aby plnivo nemělo horší parametry než matrice, se kterou je spojeno [11].

2.5.2.5 Přílnavost plniva a polymeru

Ke správné interakci plniva a polymeru přispívá přílnavost těchto dvou látek. Uchycení polymerního řetězce na povrchu plniva je dosaženo prostřednictvím procesu smáčení. Kompatibilita, smáčivost a vazba mezi polymerem a plnivem jsou důležité faktory podílející se na zlepšení kompozitních vlastností. Charakter plniva určuje stav obklopujícího polymeru, a proto silně ovlivňuje mechanické a chemické vlastnosti. [15]

Vazba mezi polymerem a plnivem může vzniknout na základě různých faktorů. Mechanickým propletením díky drsnosti povrchů, vytvořením elektrostatické

přitažlivosti mezi opačně nabitými povrchy nebo povrchovým ukotvením dlouhých řetězců. [15]

Řetězec se může s plnivem spojovat dvěma způsoby. U větších částic se řetězec připojí celou svou délkou. Na menší částice se řetězec připojí jen v několika místech a vytváří smyčky. [12]

Zvyšující se viskozita naznačuje silnou interakci plniva s polymerem. Mezifázové uspořádání zapříčiňuje změny fyzikálních a mechanických vlastností a obvykle zlepšuje zpevnění materiálu. [12]

2.5.3 Požadavky na vlastnosti druhotných surovin využívaných jako plniv

2.5.3.1 Možnost úpravy

Možnost úpravy plniv je důležitou vlastností při výběru především druhotných surovin, kde je našim cílem přiblížit se vlastnostem průmyslově vyráběných plniv, které jsou uzpůsobeny k výrobě polymerních kompozitů. Mezi možnosti úpravy patří možnost mletí, třídění, čištění apod.

2.5.3.2 Dostupnost

Při hledání vhodného plniva do polymerních kompozitů musíme přihlížet také na dostupnost a s tím související využitelnost daného plniva. Špatně dostupná plniva nejsou výhodná i z ekonomického hlediska. Dále je nutné uvažovat na dlouhodobost produkce těchto druhotných surovin.

2.5.3.3 Stabilní kvalita složení, obsah příměsí

Při užívání druhotných surovin jako plniv, je stabilní kvalita složení jedním z rozhodujících faktorů. Měnící se kvalita složení surovin mění také vlastnosti výsledné hmoty.

Vzhledem k tomu že druhotné suroviny nevznikají s primárním účelem plniva do polymerů, je nutné sledovat obsah nečistot a příměsí obsažených v těchto surovinách. Plniva musí být chemicky inertní vůči matrici a některé příměsi obsažené v druhotných surovinách by mohly s pojivem reagovat.

2.5.3.4 Cena

Nižší cena oproti průmyslově vyráběným, či přírodním plnivům, je vedle environmentálních příčin hlavním důvodem používání druhotných surovin.

2.5.4 Vybraná plniva

Následující uvedená plniva nejvíce vyhovují užití do polymerních pojiv. Z hlediska chemického složení, pevnosti a dalším, již zmíněným požadavkům.

2.5.4.1 Křemičitany - oxid křemičitý

Křemičitany (silikáty) jsou sloučeniny oxidu křemičitého (SiO_2) a jsou nejčastěji používanými primárními plnivy v polymerních matricích využívaných pro reprofilace. Důležité křemičitany jsou živce, slídy, granáty, amfiboly a pyroxeny (téměř všechny horninotvorné nerosty). V přírodě jsou rozšířené jako součásti hornin. Křemičitany mají velmi složité složení a strukturu. Mají nekovový vzhled, jsou zbarvené, v tenkých lupíncích průhledné. Vznikají z magmatu, z horkých roztoků nebo zvětráváním jiných křemičitanů (kaolinit). [12]

Křemičitany mají nízký koeficient tepelné roztažnosti a vysokou tuhost (zvyšují modul pružnosti). Většinou jsou lehké, tvrdé a těžko tavitelné. V kyselinách se rozkládají málo nebo vůbec. Jejich chemická odolnost, životnost a dostupnost jsou pravděpodobně hlavní důvody jejich používání. V polymerních systémech se používají nejen přírodní, ale i syntetické částice oxidu křemičitého. Posilují mechanické vlastnosti a zvyšují odolnost proti opotřebení kompozitních materiálů. Urychlují krystalizační rychlost a snižují aktivační energii krystalizace.[12]

2.5.4.2 Korund

Korund jako velmi tvrdý a odolný minerál, který zlepšuje houževnatost, mechanickou odolnost a odolnost proti abrazi. Vzhledem k jeho vyšší ceně není obvykle používán.

2.5.4.3 Grafit

Grafit přidávaný v podobě drobných částic o velikosti $\leq 50 \mu\text{m}$ je plnivo o poměrně nízké specifické hmotnosti a příznivých vlastností pro kompozit. Uhlík je

schopen pohlcovat sluneční záření a zlepšuje tedy odolnost proti UV záření. Při vyšších dávkách grafitu se kompozit stává více citlivým na žár.

2.5.4.4 Sklo

Sklo je anorganický amorfni (nekrystalický) materiál, vyrobený tavením vhodných surovina následným řízeným ochlazením vzniklé skloviny bez krystalizace. Z chemického hlediska jsou běžná skla tuhým roztokem různých křemičitanů sodných, draselných, vápenatých, případně olovnatých nebo barnatých, které jsou doprovázeny dalšími sloučeninami, zejména oxidy kovů. Hlavní složkou je vždy oxid křemičitý. Nejrozšířenějším sklem používaným ve stavebnictví je sklo soustavy oxid křemičitý (SiO_2), oxid vápenatý (CaO) a oxid sodný (Na_2O). [17]

Skleněný recyklát je relativně levné a velmi ekologické plnivo. Zlepšuje chemickou odolnost a odolnost proti abrazi.[16]

Další modifikací skleněného plniva jsou duté skleněné kuličky, které podstatně snižují hustotu. Obvyklý průměr částic je 16 - 30 μm . Díky jejich tvaru zlepšují viskozitu. Materiál plněný dutými skleněnými kuličkami rychleji chladne, což vede k výraznému zkrácení zpracovatelnosti. V posledních letech se díky vylepšeným technologiím začaly vyrábět mikrokuličky o velikosti 16 μm . Menší kuličky na rozdíl od těch větších poskytují vyšší vrubovou houževnatost a pevnost v tahu. [16]

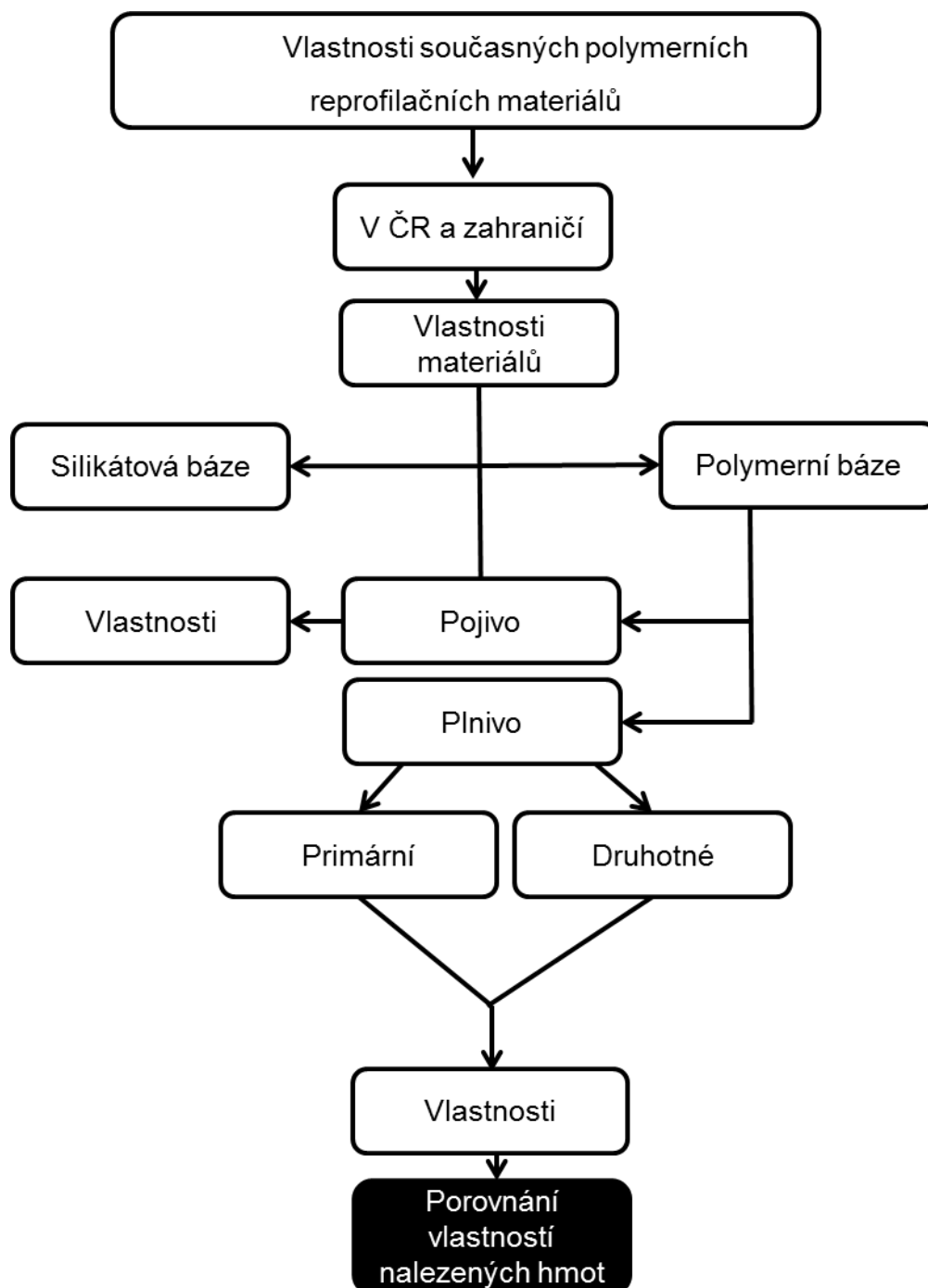
Skleněná vlákna jsou schopna výrazně zlepšovat pevnosti v tahu a v tahu za ohybu. Ovlivnění těchto mechanických vlastností závisí na délce a orientaci vláken. Krátká vlákna o délce 0,2 - 1 mm jsou schopna efektivně vyztužit materiál a zároveň zachovat uspokojivou zpracovatelnost. Dlouhá vlákna zlepšují houževnatost a pevnost, ale aplikace materiálů s dlouhými vlákny je komplikovaná

2.5.4.5 Nanoplňiva

Nanoplňiva mají částice o velikostech 10^{-9} m a méně. Nanoplňiva jsou schopna zlepšit objemovou stálost a tuhost materiálu, aniž by došlo k poklesu rázové houževnatosti. Některá nanoplňiva, zvyšují odolnost proti hoření a jsou schopna propouštět světelné záření. Je tedy možné vytvořit transparentní plněný materiál. Největším nedostatkem nanoplňiv je obtížnost při jejich rozptýlení v systému.

2.6 Metodika práce

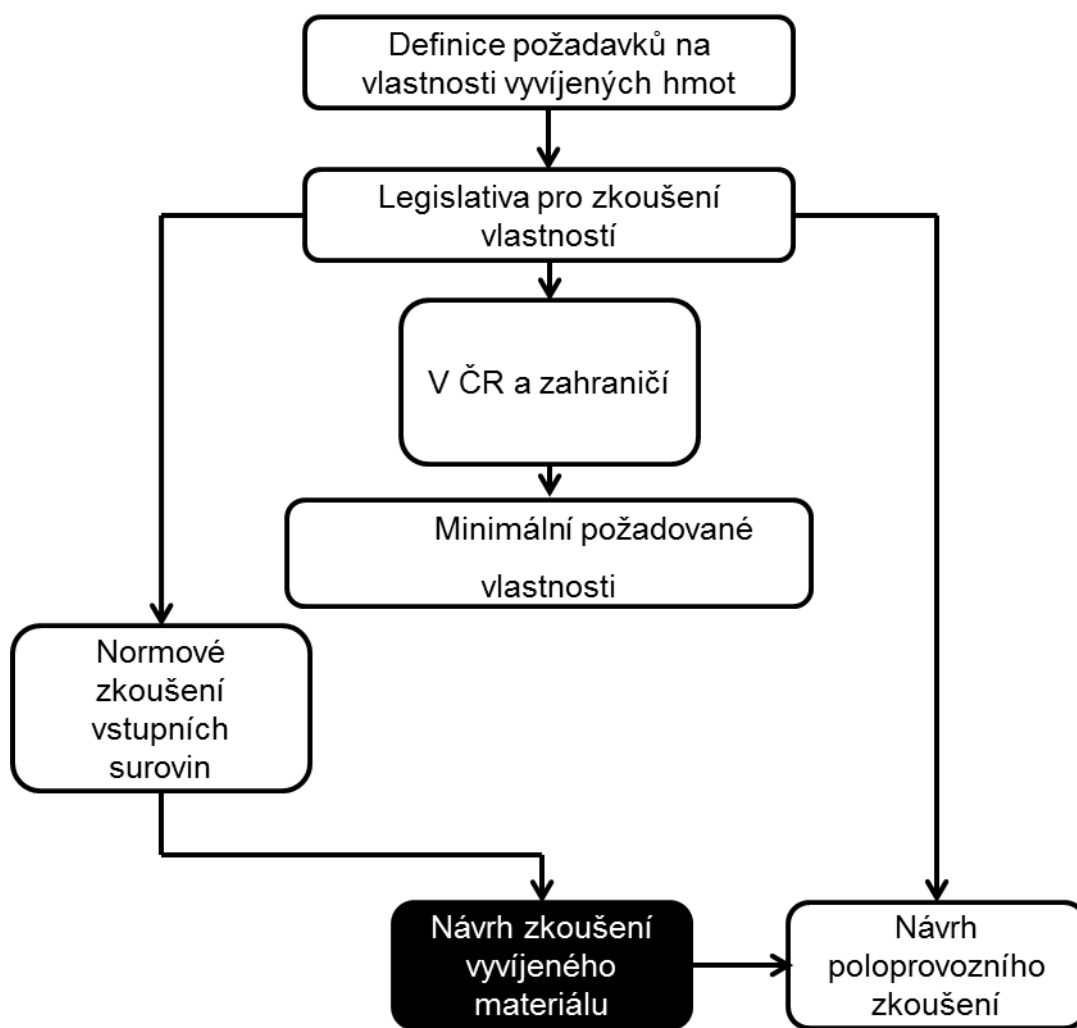
2.6.1 Etapa I – Vlastnosti současných polymerních reprofilačních materiálů



Cílem první etapy je porovnání vlastností v současné době používaných reprofilačních materiálů pro průmyslové provozy. Budou určeny vlastnosti běžně dostupných reprofilačních polymerních hmot a stanovení možnosti jejich použití.

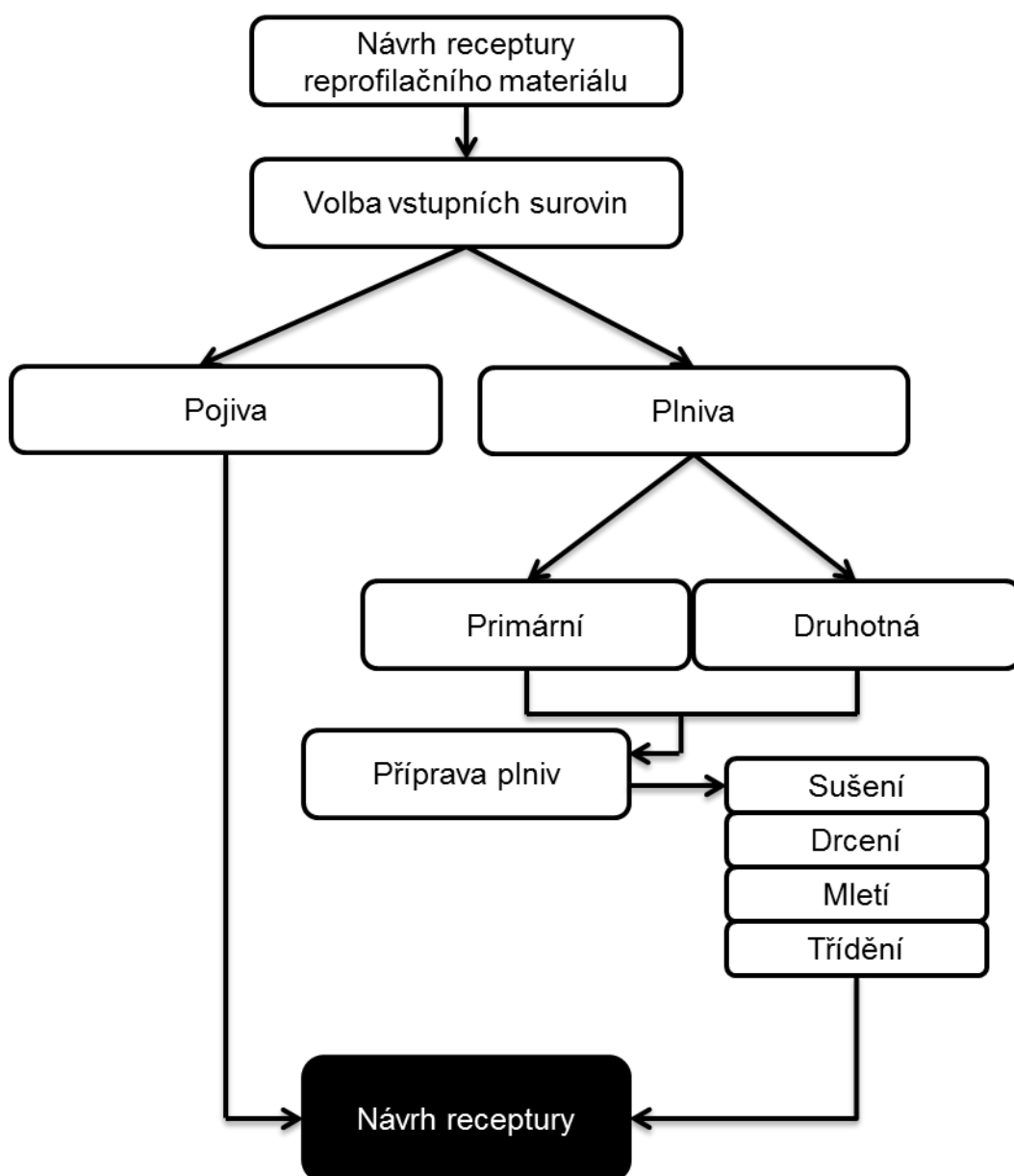
Bude vytvořen přehled plniv z druhotných surovin a jejich vlastností, přičemž bude kladen důraz na mechanickou, chemickou odolnost a počáteční nárůst pevností. Závěrem bude provedeno konečné porovnání zjištěných vlastností nalezených hmot.

2.6.2 Etapa II – Definice požadavků na vlastnosti vyvíjených hmot, legislativa reprofilačních hmot



Úkolem v této etapě bude jasně definovat požadavky, kladené na vlastnosti reprofilačních hmot. Dále určit legislativní postupy hodnocení vlastností těchto hmot a navrhnout optimální metodiku zkoušení pro ověření vhodnosti vstupních surovin pro tyto polymerní reprofilační hmoty. Dalším krokem bude také definování optimálních zkušebních postupů pro laboratorní ověření zkušebních vzorků a pro poloprovozní ověření polymerních reprofilačních hmot.

Etapa III – Návrh receptury reprofilačního materiálu



V poslední etapě bude navrhnout nový systém polymerních reprofilačních hmot, které bude možno efektivně využít v energetickém průmyslu a těžkých průmyslových provozech. Na základě zpracovaných informací budou zvoleny vhodné vstupní suroviny včetně druhotných surovin. Budou navrženy postupy pro předúpravu vstupních surovin. Závěrem práce bude návrh vlastní receptury polymerní reprofilační hmoty vhodné pro použití v energetickém průmyslu a těžkých průmyslových provozech. Návrh hmoty bude také zahrnovat návrh její aplikace, úpravy povrchu podkladu a způsobu zpracování.

3 Praktická část

3.1 Etapa I

3.1.1 Vlastnosti současných reprofilačních materiálů

Pro kompletní posouzení a vyhodnocení všech kvalit, či nevýhod polymerních reprofilačních materiálů, je nutné znát vlastnosti běžně používaných reprofilačních materiálů.

Majoritní zastoupení na trhu reprofilačních polymerních materiálů mají malty na epoxidové bázi. Jejich použití zabezpečuje vysokou mechanickou a chemickou odolnost a rychlý nárůst pevností. Reprofilační opravné polymerní kompozity jsou ideální pro opravy v těžce zatěžovaných a provozně náročných objektech jako jsou průmyslové budovy. Díky jejich rychlému nárůstu pevností je možné plně obnovit provoz do 24 hodin.

Tabulka č. 3 Komparace vlastností polymerních malt

Výrobce	Označení výrobku	Chem. báze	Pevnost v tlaku [MPa]	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	Přidrznost [MPa]	Statický modul pružnosti v tlaku Ec [GPa]	Objem. hm. zatvrdlé malty [kg m ⁻³]	Tepelná stabilita - HDT [°C]	Doba zpracovatelnosti [min]	Třída reakce na oheň	Přípustná tloušťka jedné vrstvy [mm]	Cena za 1kg [Kč]	Norma zabezpečující minimální požadavky
weber	weber.tec EP structural adhezie	Epoxidová pryskyřice	≥30	-	≥6	≥2	1685	40	30	F	2-10	359	EN 1504-4
	weber.tec EP mortar	Epoxidová pryskyřice	70 ²⁾	30 ⁸⁾	≥2	10	-	-	60	F	5-20	142	EN 1504-3
	weber.tec mortar	Polyesterová pryskyřice	-	-	≥2	≥20	-	-	30	F	3-50	-	EN 1504-3
BASF	MasterEma co T 950MA	Epoxidová pryskyřice	41 ²⁾	25 ⁸⁾	-	-	-	-	45	-	-	-	ASTM C
	MasterBrace 6000UW	Epoxidová pryskyřice	68,9 ⁸⁾	13,8 ⁸⁾	-	-	-	-	60	-	-	180	ASTM C
	MasterBrace 6061UW	Epoxidová pryskyřice	62,1 ⁸⁾	15,5 ⁸⁾	-	-	-	-	50	-	3-6	180	ASTM C
	MasterBrace 6063UW	Epoxidová pryskyřice	55 ⁸⁾	25,5 ⁸⁾	≥1,5 ⁸⁾	-	-	-	100	-	25	111	ASTM C
Remmers	Epoxy Quick Fix	Epoxidová pryskyřice	40	19			2650		15	E			EN 13813
ARCON	Metobond 1 1	Epoxidová pryskyřice	58 ²⁾	24,6 ²⁾	4,8 ³⁾	7,5 ²⁾	1500	-	45	-	1-30	220	EN ISO 604/ASTM 695
	Resupatch	Epoxidová pryskyřice	80	10	-	-	-	60	40	-	-		-

Výrobce	Označení výrobku	Chem. báze	Pevnost v tlaku [MPa]	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	Přidrženost [MPa]	Statický modul pružnosti v tlaku Ec [GPa]	Objem. hm. zatvrdlé malty [kg m ⁻³]	Tepelná stabilita - HDT [°C]	Doba zpracovatelnosti [min]	Třída reakce na oheň	Připustná tloušťka jedné vrstvy [mm]	Cena za 1kg [Kč]	Norma zabezpečující minimální požadavky
Sika	Sikadur-31 CF Normal	Epoxidová pryskyřice	45-55 ²⁾	20-30 ³⁾	≥4 ³⁾	4,6 ¹⁾	1900	49	55	E	30	210	EN 1504-4
	Sikadur-31 CF Slow	Epoxidová pryskyřice	35-45 ²⁾	15-25 ³⁾	≥4 ³⁾	2,6 ¹⁾	1930	50	120	E	30	210	EN 1504-4
	Sikadur-31 CF Rapid	Epoxidová pryskyřice	52-62 ²⁾	21-31 ³⁾	≥4 ³⁾	6 ¹⁾	1940	49	45	E	30	226	EN 1504-4
	Sikadur-41 CF Normal	Epoxidová pryskyřice	57-67 ²⁾	17-27 ³⁾	≥4 ³⁾	9 ¹⁾	1850	49	60	E	60	228	EN 1504-3
	Sikadur-43 HE	Epoxidová pryskyřice	100 ²⁾	20 ³⁾	≥4 ³⁾	26 ¹⁾	2100	54	40	E	60	187	EN 1504-3
	Sikadur-31 EF	Epoxidová pryskyřice	≥29 ²⁾	10 ³⁾	≥3 ³⁾	6,5 ¹⁾	1700	53	80	-	30	299	EN 1504-4
	Sikadur-12 Pronto	Akrylátová pryskyřice	60-70 ⁵⁾	14 ⁵⁾	≥1,5 ³⁾	12 ¹⁾	2100	50	10	E	100	107	EN 1504-6 EN 13813-B 1,5-AR1-
Betosan	BETOLIT EP 0 - 1 DC TH	Epoxidová pryskyřice	60 ⁴⁾	40 ⁴⁾	≥4 ⁴⁾	-	1700	-	30	F	30	298,6	EN 13813
MC-Bauchemie	MC-DUR 1000 Parat 04	Epoxidová pryskyřice	85 ²⁾	35 ²⁾	≥3 ³⁾	-	2100	-	50	-	-	-	EN 13813
	MC-DUR 1000 Parat 09	Epoxidová pryskyřice	62 ²⁾	30 ²⁾	≥3 ³⁾	9,2	1800	-	30	-	2-10	-	EN 13813
	MC-DUR 1077 FG	Epoxidová pryskyřice	110 ²⁾	30 ²⁾	-	11			45				
	MC-DUR 3500 A	Akrylátová pryskyřice	103 ²⁾	-	-	-	-	-	11	-	-	-	-
	MC-DUR 3500 F	Akrylátová pryskyřice	56 ⁷⁾	-	-	-	2300	-	12	-	-	-	-
	Reparoxyl WG	Akrylátová pryskyřice	44 ⁶⁾	15	-	-	2200	50	12	-	40	280	DIN EN ISO 9001
	Reparoxyl SB	Akrylátová pryskyřice	68 ⁶⁾	21	-	-	2100	50	10	-	20	190	DIN EN ISO 9001
MAPEI	MAPEWR AP 11	Epoxidová pryskyřice	70	40	≥3 ³⁾	8 ¹⁾	1700	40	40	B-s1	-	345	-
	MAPEWR AP 12	Epoxidová pryskyřice	70	40	≥3 ³⁾	8 ¹⁾	1700	40	40	C-s1	-	345	-
	Adesilex PG1	Epoxidová pryskyřice	70	-	≥3 ³⁾	6 ¹⁾	1700	40	35	B-s1	10	343	-
	Adesilex PG1	Epoxidová pryskyřice	70	-	≥3 ³⁾	6 ¹⁾	1700	40	50	C-s1	10	345	-
	ADESILEX PG 1	Epoxidová pryskyřice	50	-	≥3 ³⁾	6,5-7,0 ¹⁾	1550	-	12	-	10	459	-
	Planigrout 300	Epoxidová pryskyřice	55	25	≥3 ³⁾	2,4 ¹⁾	2000	50	-	D-s2, d2	50	189	-
weber	weber.tec EP structural adheze	Epoxidová pryskyřice	≥30	-	≥6	≥2	1685	40	30	F	2-10	359	EN 1504-4
	weber.tec EP mortar	Epoxidová pryskyřice	70 ²⁾	30 ⁸⁾	≥2	10	-	-	60	F	5-20	142	EN 1504-3
	weber.tec mortar	Polyesterová pryskyřice	-	-	≥2	≥20	-	-	30	F	3-50	-	EN 1504-3
FOSROC	Expocrete EP	Epoxidová pryskyřice	45 ²⁾	20 ⁸⁾	≥3	-	2300	-	30	-	min. 20	-	BS 6319
	Expocrete EUW	Epoxidová pryskyřice	100 ⁹⁾	27 ⁹⁾	≥3	-	2020	-	30-40	-	30-40	-	BS 6319
	Nitomortar S	Epoxidová pryskyřice	60 ⁸⁾	20 ⁸⁾	≥3	-	2000	-	45	-	5-50	300	BS 6319

- 1) hodnota pro 14 dní při teplotě 23 °C
- 2) hodnota po 1 dni při teplotě 23 °C
- 3) při teplotě 23 °C na suchý beton, porušení v betonu
- 4) Zkoušky provedeny ve stáří kompozice 10 dnů při 20 °C ± 5 °C
- 5) pevnost při 20°C po 60 minutách
- 6) po 60 minutách při 23°C
- 7) po 2 hodinách při teplotě 23 °C
- 8) po 7 dnech při 20°C
- 9) po 7 dnech při 27 °C

Tabulka č. 4 Souhrn průměrných vlastností

	Pevnost v tlaku [MPa]	Pevnost v tahu za ohybu [MPa]	Přidrženost [MPa]	Statický modul pružnosti v tlaku E_c [GPa]	Objem. hm. zatvrdlé malty [kg·m ⁻³]	Tepelná stabilita - HDT [°C]	Doba zpracov atelnosti [min]	Třída reakce na oheň	Přípustná tloušťka jedné vrstvy [mm]	Cena za 1kg [Kč]
Průměrná hodnota	61	30	Porušení v betonu při 3 MPa a více	8	1900	48	51	E	32	250
Min	40	25	1,5	2,4	1500	40	30	F	2	107
Max	85	35	6	26	2650	60	100	B-s1	100	459

V souhrnné tabulce č. 4 jsou zaznamenány data pouze reprofilačních materiálů na epoxidové bázi. Reprofilační opravné malty na této polymerní bázi jsou na trhu převažující, jen zřídka se objevují materiály na bázi akrylátové popřípadě polyesterové pryskyřice. Materiály uvedené v tabulce č. 3 jsou založeny na systému polymerní matrice a primárního plniva, nejčastěji křemenného písku. Neobsahují plniva v podobě druhotných surovin. Společnosti vyrábějící uvedené reprofilační hmoty zastupují převážně český a evropský trh.

3.1.2 Přehled plniv použitelných do polymerní reprofilační hmoty

Při výběru druhotných surovin jakožto plniv, je důležité pamatovat na jejich funkci, tedy snížení ceny výsledného produktu a udržení kvalitních vlastností zapříčiněných epoxidovou matricí. Druhotné suroviny vhodné pro použití jako plniva by měly splňovat následující požadavky:

- Dostupnost – pro opakovatelné využití bez nákladného získávání
- Nenáročná úprava – získávání a úprava druhotných plniv by nemělo zvyšovat jejich cenu
- Čistota složení – plnivo nesmí obsahovat látky negativně ovlivňující výsledný kompozit.
- Mechanické vlastnosti – mechanické vlastnosti druhotných surovin by se měly co nejvíce blížit vlastnostem primárních plniv
- Chemická inertnost – plnivo nesmí reagovat s matricí

Obecný požadavek na plniva z druhotných surovin je jejich snadné využití při přípravě reprofilačního polymerního materiálu, který bude svými vlastnostmi srovnatelný s reprofilačním materiálem obsahující primární plniva.

3.1.2.1 Primární plniva

Nejčastěji využívaným plnivem u komerčně prodáváných epoxidových reprofilačních malt jsou tříděné a sušené křemičité písky a křemenné fillery s vysokým obsahem SiO_2 . Cena takových plniv se pohybuje od 10 do 40 Kč za kilogram. Křemičité písky uvedené v tabulce č. 5 jsou ukázkou běžně prodáváných primárních plniv v české republice. Jsou vyráběny dle norem řady ISO 9000 a ISO 14000, což zaručuje stálost kvality. Zároveň je k dispozici certifikát a prohlášení o shodě.

Tabulka č. 5 Křemičité písky

Výrobce	Označení		Cena za 1 kg	Zrnitost [mm]	Složení
Betosan	BETOFIL FH		10,25	0,25-4	98,5 % SiO ₂
	BETOFIL FH-DSH		9,65	0,01-4	>96 % SiO ₂
	BETOFIL FH-SMP		9,9	0,01-8	99 % granit, křemen
	BETOFIL FH TH		35,24	0,01-4	-
Thomsit	THOMSIT QS20		14	0,2-2	-
Chejn	ISG	A1	3,3	0,06 - 1,5	>98% SiO ₂
		B1		0,06 - 2,5	
		C1		0,06 - 3,5	
	SCHÄRDING		-	0,1-0,6	>96% SiO ₂

3.1.2.2 Druhotné suroviny použitelné jako plniva

V této kapitole jsou uvedeny druhotné suroviny potencionálně vhodné pro použití jako plniva vyvíjené reprofilační hmoty. Ovlivňujícím faktory při výběru druhotných surovin, jsou co největší přiblížení k vlastnostem primárního plniva a ekologické a ekonomické dopady na výrobek.

3.1.2.2.1 Sklo

Sklo je považováno za velmi ekologický materiál díky jeho snadné recyklovatelnosti. Z hlediska dostupnosti, stabilního složení recyklátu a chemické inertnosti je skelný recyklát vhodnou druhotnou surovinou pro použití do polymerních kompozic v podobě plniva. Neupravené sklo je dopraveno dráhou či nákladními vozy na střepovou linku. Poté je naloženo do příjmových zásobníků a dopravníkovými pásy transportováno do třídící linky. Zde nejprve dochází k ručnímu předčištění od hrubých nečistot (zbytky komunálního odpadu) a od dalších nežádoucích příměsí. Po ručním přečištění vstupují střepy do vlastní úpravy. Dochází k drcení střepů a jejich následnému rozdělení na různé frakce. [17]

Charakteristické vlastnosti skla:

- relativně vysoká propustnost světla v části viditelného spektra,
- tuhost a tvrdost (při běžných teplotách),
- křehkost,
- homogenita,
- odolnost proti povětrnostním a chemickým vlivům,
- relativně nízká měrná tepelná vodivost a elektrická vodivost,
- plynotěsnost,
- relativně vysoká odolnost proti vodě a vzduchu. [7]

Tabulka č. 6 Vlastnosti skla [17]

Vlastnost	Hodnota
Hustota [kg m^{-3}]	2200-3600
Pevnost v tlaku [MPa]	700-1200
Pevnost v tahu [MPa]	30-90
Pevnost v ohybu [MPa]	40-190
Modul pružnosti [GPa]	50-90
Součinitel délkové teplotní roztažnosti [K^{-1}]	$6-9 \cdot 10^{-6}$
Součinitel tepelné vodivosti [$\text{W m}^{-1} \text{K}^{-1}$]	0,6-0,9
Poissonův součinitel [-]	0,14-0,32
Tvrdost podle Mohsovy stupnice	6.7

Jako plnivo do polymerních kompozic lze uvažovat tyto dostupné skelné recykláty:

- Obalové sklo
- Autosklo
- Odpad ze solárních panelů
- Skleněné odpady z elektronických zařízení [17]

3.1.2.2.2 Obalové sklo

Využíváno jako skleněný obal nápojů, kosmetiky apod. Nevykazuje hodnoty vyluhovatelnosti. Roztřídění recyklátu z obalového skla probíhá z hlediska barevného na barevné a bílé a podle velikosti střepu.

3.1.2.2.3 Autosklo

Určitým zpracováním prochází také skla z automobilů, bezpečnostní skla a podobné speciální druhy skel. Tyto se od klasického obalového a plochého skla liší především složením a technologií výroby. Autoskla a bezpečnostní skla obsahují tzv. bezpečnostní fólii, mohou obsahovat různé příměsi jako pryskyřice nebo tónovací pokovení a není možné je recyklovat společně s klasickým obalovým sklem. K recyklaci autoskel je potřeba speciální třídící linky. Na jejím začátku je výkonný drtič, který dokáže zpracovat všechny druhy autoskel. Nadrcené sklo putující po pásovém dopravníku je pomocí separátorů zbaveno kovových i nekovových příměsí. Skelná drť projde soustavou optických čidel, jejichž úkolem je detekovat a odstranit zbytky nečistot.

3.1.2.2.4 Sklo ze solárních panelů

Fotovoltaické neboli solární panely slouží k přímé přeměně sluneční energie na elektrickou. Životnost solárních panelů, při vyloučení mechanického poškození, je odhadována na max. 20 - 25 let. V současnosti je zřejmě nejpokročilejší metodou recyklace panelů termická recyklace. Celé panely jsou zavezeny do speciální pece, kde jsou zahřívány na teplotu nad 500 °C. Při této teplotě se plastové materiály odpaří, následně jsou v další komoře řízeně spalovány. Ostatní materiály jsou separovány ručně. Z panelů lze separovat 90% a více skla pro opětovné použití. [19]

3.1.2.2.5 Skelný odpad z elektronických zařízení

- CRT (Cathode Ray Tube) televizory a monitory jsou složeny ze skla, krytu (plast, dřevo), měděné cívky a elektroniky a plošných spojů. U tohoto druhu obrazovek představuje sklo přibližně 60% hmotnosti televizoru nebo monitoru. Sklo je pracováno mechanickou technologií rozřezáním skla a oddělením předního stínítkového skla a zadního konusového. Z vnitřní strany stínítka obrazovky je nutno odstranit vrstvu luminoforu, který obsahuje některé toxické složky a je s ním třeba zacházet jako s nebezpečným odpadem. CRT

obrazovky jsou však již vzácností a jsou nahrazovány modernějšími plochými obrazovkami. [20]

- LCD (Liquid Crystal Display) a PDP (Plasma Display Panel). Recyklace probíhá nejčastěji mechanickým suchým procesem, takže nebezpečné látky jsou zachyceny v prachovém podílu a případné těkavé látky jsou zachyceny na filtrech s aktivním uhlím. Tříděním materiálů mechanickou formou dokážeme separovat z hmotnosti celé obrazovky až 22% směsného skla u LCD obrazovek a až 28% u plasmových obrazovek. [20]

3.1.2.2.6 Elektrářenský popílek

Elektrářenský popílek je odpadní surovina vznikající při spalování tuhých paliv především hnědého a černého uhlí. Popílek je tvořen sférickými částicemi o rozměrech 1 μm až 10 μm . Chemické složení značně závisí na druhu spalovaného uhlí. Spálením černého uhlí vzniká popílek s nižším obsahem CaO a nejvíce jsou v něm zastoupeny oxidy křemíku železa a hliníku v množství představující více než 70%. Popílků z hnědého uhlí obvykle obsahují 15 až 30% CaO. Očekávaným nežádoucím účinkem popílků při zamíchání s epoxidovou matricí je zbarvení celého systému. [21]

3.1.2.2.7 Slévářenský písek

Je odpadním produktem ve slévářenských provozech, kde se čistý křemičitý písek pro zpevnění smísí např. s bentonitem, vodním sklem, se směsí těchto materiálů nebo s dalšími materiály, a pak se jím plní formy. Po vylisování se vloží jádra a po odlití se nechá výrobek zatuhnout. Odlitek postupuje na rošt, kde dochází k rozpadu formy. V násypce pod roštem dochází ke třídění písku. Písek je ukládán do zásobníků.

3.1.2.2.8 Kamenné odprašky

Kamenné odprašky vznikají zachytáváním jemných podílů kameniva (pod 0,125 mm) při drcení kameniva v lomech. Tento materiál je zachycován nejčastěji pomocí suchých mechanických cyklonů a hromadí se v lomu jako odpad. Průměr jednotlivých částic kamenných odprašků se pohybuje okolo 0,01 až 0,125 mm a jejich specifický povrch dle Blaina je 150 až 300 m^2/kg . [24]

3.1.2.2.9 Cihelná drť

Cihelná drť se vyrábí rozemletím zlomků nebo celých výrobků z pálené hlíny na definovanou zrnitost. K tomu se používají dvě mlecí linky: Na první mlecí lince se čisté zlomky cihel a pálených střešních tašek nejprve nadrtí na čelistovém drtiči na velikost do 80 mm a poté uloží do velkoprostorového sila, z něj se pak drť přes vibrační žlab dávkuje do kladivového mlýna, ve kterém dojde k rozemletí drtě na hrubou cihelnou drť. Z hrubé cihelné drti se pak na vibračním síti odděluje hrubá frakce. [22]

3.1.2.2.10 Mletá struska

Struska vzniká jako vedlejší produkt při spalování uhlí v granulačních kotlích. Následně po spalovacím procesu jemného mletého černého nebo hnědého uhlí se struska odlučuje ve výsypce spalovací komory kotle, kde přímo dopadá do vodní lázně a po následném odvodnění je připravena k expedici odběratelům. [26]

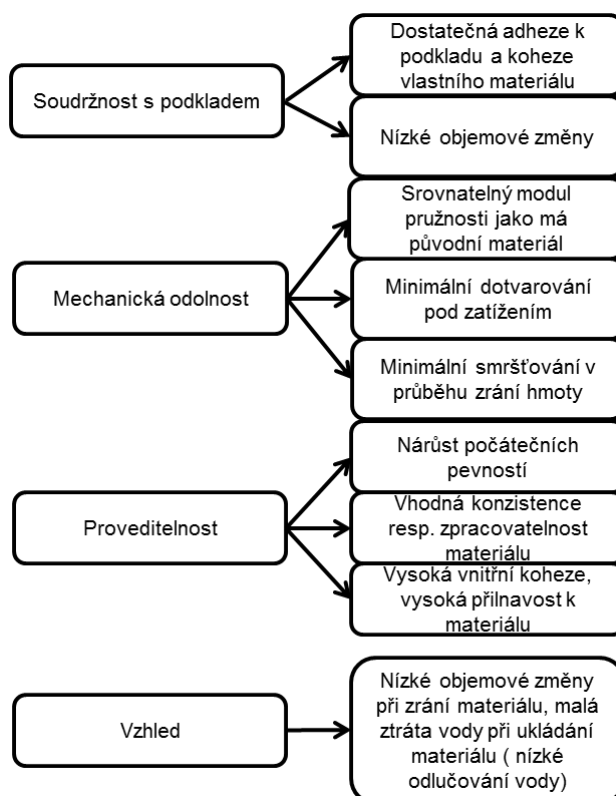
3.2 ETAPA II - Definice požadavků na vyvíjené hmoty, legislativa pro reprofilační (správkové) hmoty

V druhé etapě jsou definovány požadavky na vlastnosti reprofilačních hmot pro energetický průmysl a průmyslové provozy v souladu s platnými předpisy a normami pro sanaci betonových konstrukcí. Jsou zde uvedeny legislativní postupy zkoušení vlastností těchto hmot a navrhnutá optimální metodika ověření vhodnosti vstupních surovin pro vyvíjený polymerní reprofilační materiál. Následně je proveden návrh optimálních zkušebních postupů pro laboratorní a poloproduční ověření vlastností polymerního reprofilačního materiálu.

3.2.1 Požadavky na vlastnosti reprofilačních hmot pro průmyslové provozy

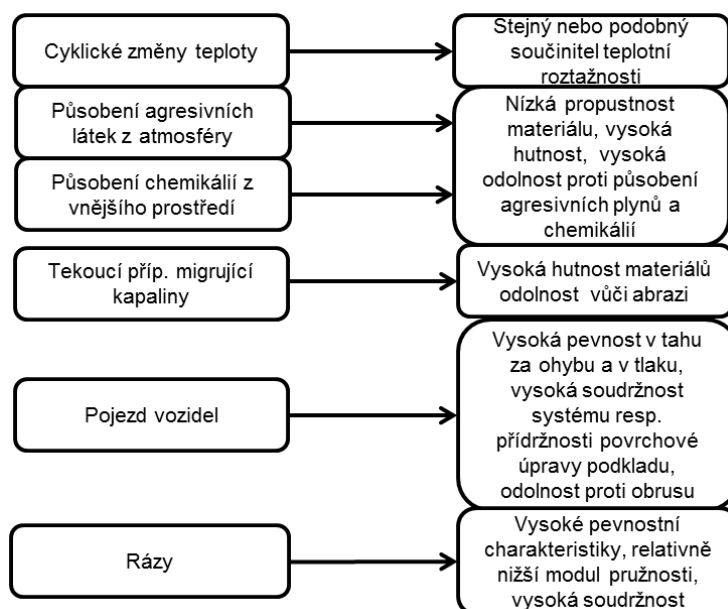
Reprofilační hmoty používané v průmyslových provozech musí být odolné vůči nejrůznějším podmínkám, které vedou k rychlejší degradaci nebo k destrukci materiálu. Zde jsou postihnuty nejčastější faktory působící v energetickém průmyslu a dalších těžkých průmyslových provozech.

3.2.1.1 Všeobecné požadavky na opravné hmoty



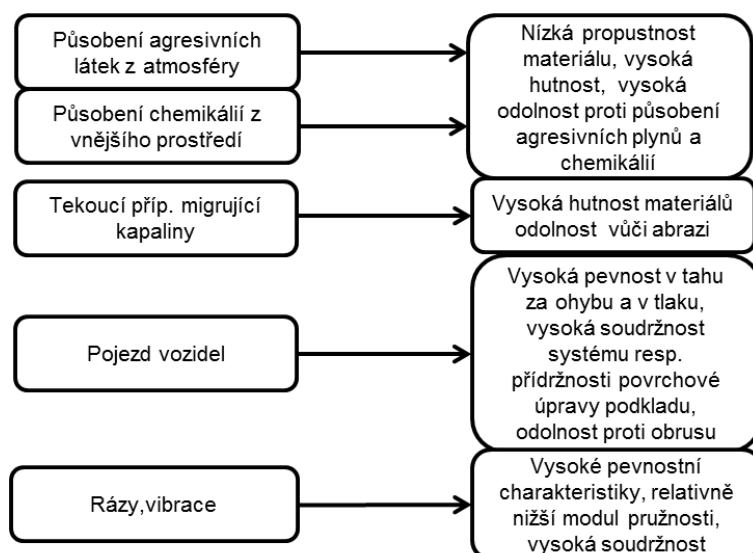
3.2.1.2 Energetický průmysl

V oblasti energetického průmyslu dochází mimo jiné k působení chemických látek, změnám teploty a dlouhodobému působení vyšších teplot. Tyto podmínky můžou výrazně ovlivňovat mechanické vlastnosti polymerů.



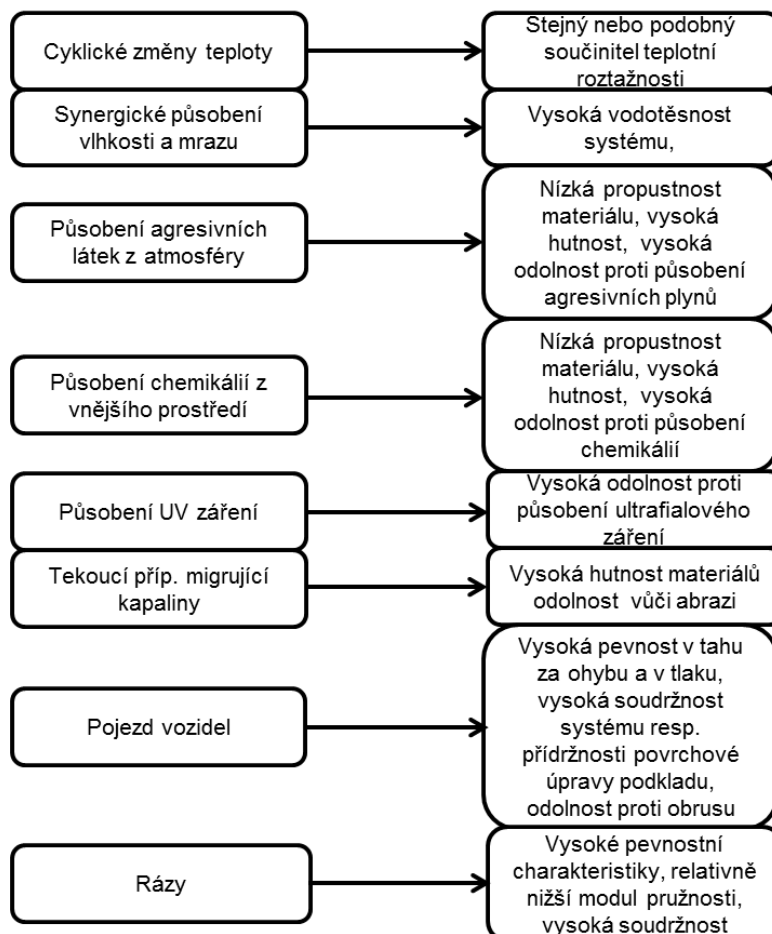
3.2.1.3 Strojírenský průmysl

Požadavky na opravnou hmotu kladené strojírenským průmyslem jsou především mechanická odolnost a působení chemických látek.



3.2.1.4 Stavební průmysl

Na opravné hmoty ve stavebním průmyslu působí klimatické podmínky jako vlhkost, UV záření, změny teplot a také mechanické namáhání.



Požadavky na všechny reprofilační hmoty se statickou funkcí nebo bez statické funkce.

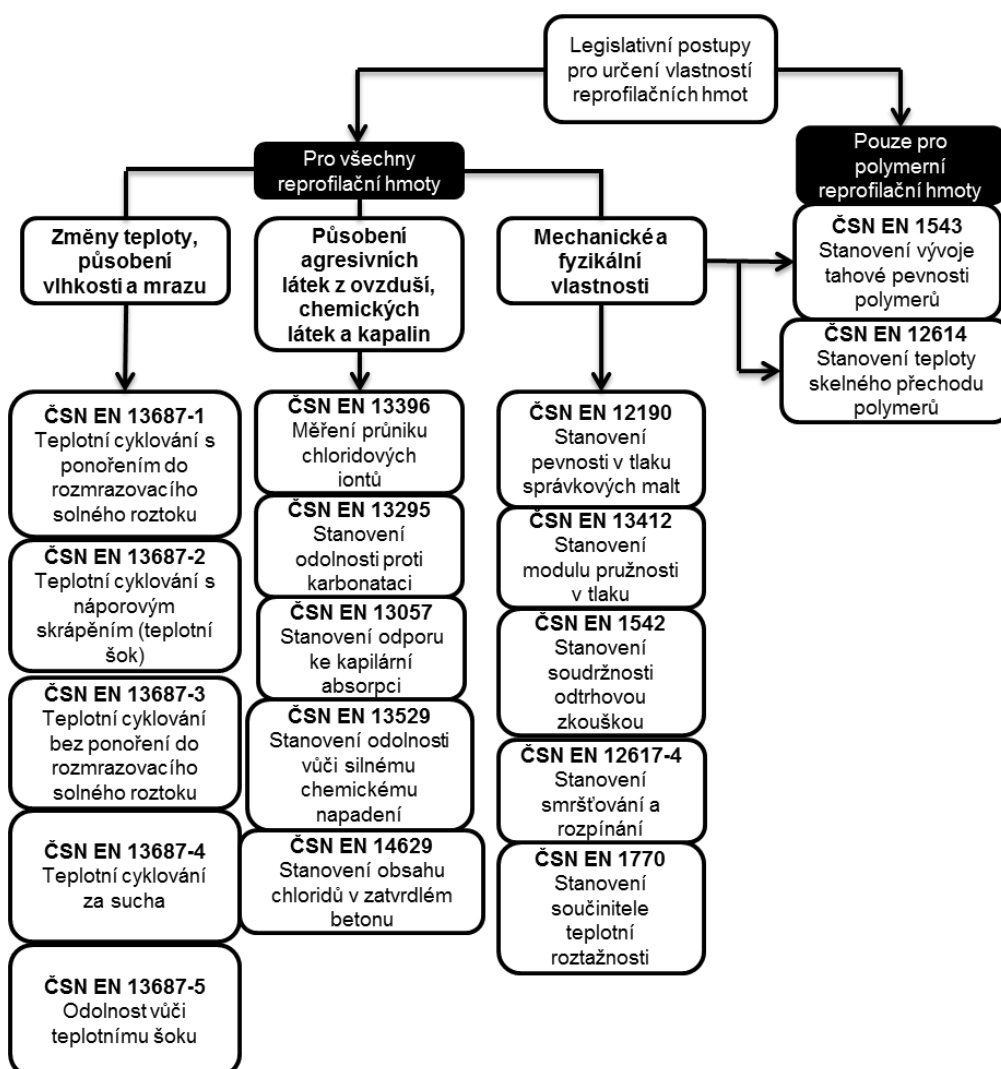
Tabulka č. 7 Požadavky na správkové hmoty dle ČSN EN 1504-3 [23]

Funkční vlastnost	Zkušební metoda	Požadavek			
		Bez statické funkce		Se statickou funkcí	
		Třída R1	Třída R2	Třída R3	Třída R4
Pevnost v tlaku	ČSN EN 12190	≥ 10 MPa	≥ 15 MPa	≥ 25 MPa	≥ 45 MPa
Obsah chloridových iontů	ČSN EN 1015-17	≤ 0,05%		≤ 0,05%	
Soudržnost	ČSN EN 1542	≥ 0,8 MPa		≥ 1,5MPa	≥ 2 MPa
Vázané smršťování/rozpínání	ČSN EN 12617-4	Bez požadavku	Soudržnost po zkoušce		
			≥ 0,8 MPa	≥ 1,5MPa	≥ 2 MPa
Odolnost proti karbonataci	ČSN EN 13295	Bez požadavku		kontrolní beton	
Modul pružnosti	ČSN EN 13412	Bez požadavku		≥ 15 GPa	≥ 20 GPa
Tepelná slučitelnost Část 1: Zmrazování a tání	ČSN EN 13687-1	Vizuální posouzení po 30 cyklech	Soudržnost po 50 cyklech		
			≥ 0,8 MPa	≥ 1,5MPa	≥ 2 MPa
Tepelná slučitelnost Část 2: Náporové skrápění	ČSN EN 13687-2	Vizuální posouzení po 30 cyklech	Soudržnost po 30 cyklech		
			≥ 0,8 MPa	≥ 1,5MPa	≥ 2 MPa
Tepelná slučitelnost Část 3: Cyklování za sucha	ČSN EN 13687-4	Vizuální posouzení po 30 cyklech	Soudržnost po 30 cyklech		
			≥ 0,8 MPa	≥ 1,5MPa	≥ 2 MPa
Protismykové vlastnosti	ČSN EN 13036-4	Třída I: > 40 jednotek při zkoušce mokrého povrchu		Třída I: > 40 jednotek při zkoušce mokrého povrchu	
		Třída II: > 40 jednotek při zkoušce suchého povrchu		Třída II: > 40 jednotek při zkoušce suchého povrchu	
		Třída II: > 55 jednotek při zkoušce mokrého povrchu		Třída II: > 55 jednotek při zkoušce mokrého povrchu	
Součinitel teplotní roztažnosti	ČSN EN 1770	Jsou-li provedeny zkoušky tepelné slučitelnosti není vyžadován. V opačném případě deklarovaná hodnota		Jsou-li provedeny zkoušky tepelné slučitelnosti není vyžadován. V opačném případě deklarovaná hodnota	
Kapilární absorpce	ČSN EN 13057	Bez požadavku	≤ 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}	≤ 0,5 kg·m ⁻² ·h ^{-0,5}	

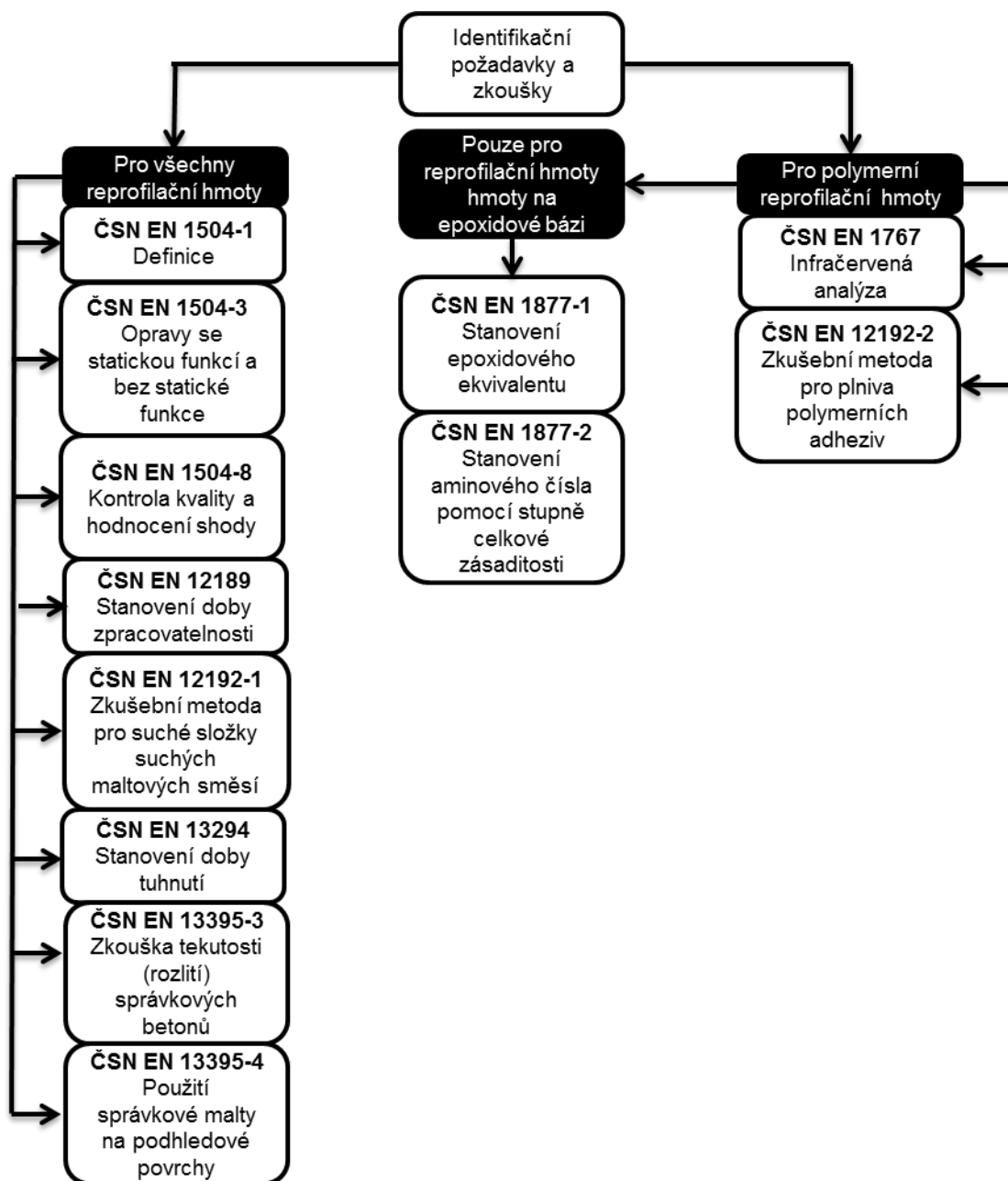
3.2.2 Všeobecná legislativa pro zkoušení vlastností reprofilačních hmot

Reprofilační malty a betony se jako ostatní materiály a systémy ve stavebnictví řídí určitými normami. V České republice se věnuje sanacím betonových konstrukcí především norma ČSN EN 1504 1-10 - Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí

Rozdělujeme normy platné pro všechny reprofilační hmoty a normy platné pouze pro polymerní reprofilační hmoty. Pro provedení kompletního a kvalitního sanačního zásahu je vhodné řídit se těmito normami skrze celý proces ochrany a opravy.



K identifikaci reprofilačních hmot, jsou zapotřebí zkoušky prováděné podle následujících norem:

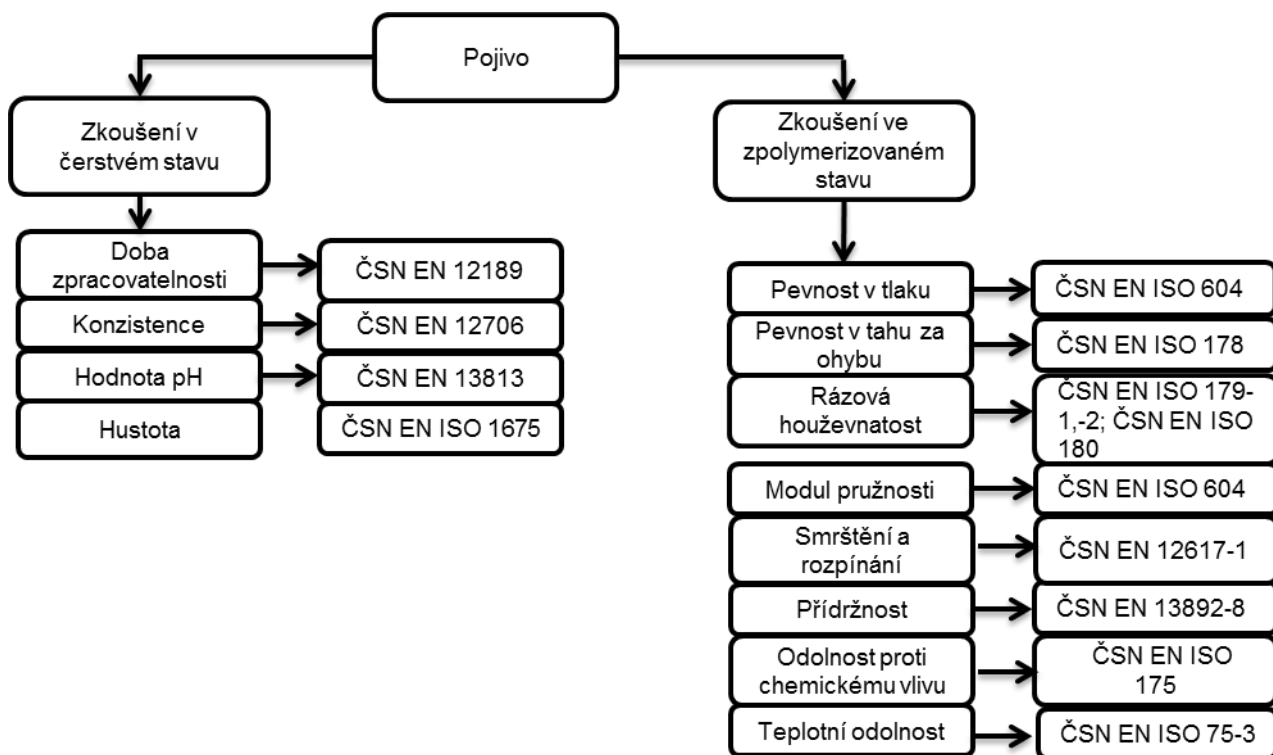


3.2.3 Návrh metodiky zkoušení pro ověření vhodnosti vstupních surovin vyvíjené reprofilační hmoty

V této kapitole se zaměřím na vytvoření optimální metodiky pro ověření vhodnosti vstupních surovin k vytvoření polymerní reprofilačního materiálu vhodného pro použití v energetickém a jiných těžkých průmyslech a efektivně využívá druhotných surovin ve formě plniv.

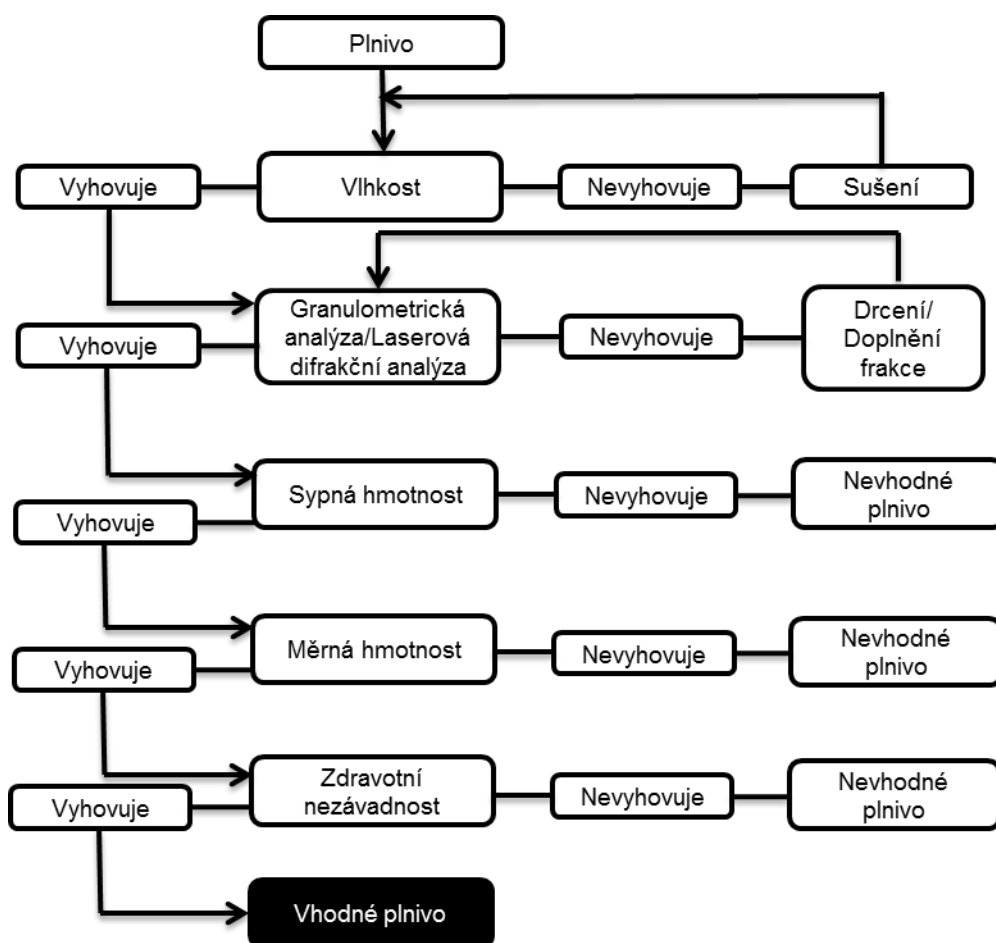
3.2.3.1 Pojiva

Metodika zkoušení polymerních pojiv vstupujících do polymerní kompozice pro opravné malty.



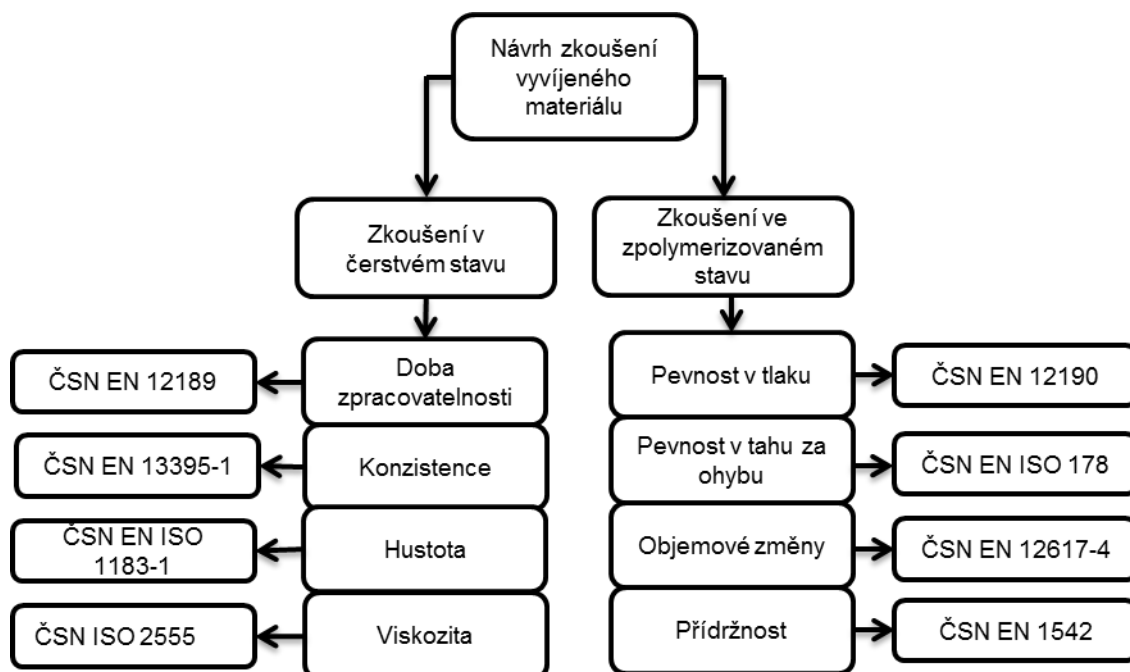
3.2.3.2 Plniva

Plnivo vstupující do polymerní matrice musí být dokonale suché. Vlhké plnivo způsobuje snížení přilnavosti plniva a matrice a tím zhoršení mechanických vlastností. Granulometrie plniva se může měnit s měnící se tloušťkou reprofilované vrstvy. Ideální rozmezí frakce je 0,063 - 1,5 mm. U chemického složení se snažíme dosáhnout co nejvyšší chemické čistoty bez nežádoucích látek. Chemická a tepelná odolnost plniva zvyšují chemickou a tepelnou odolnost celého systému. Je žádoucí, aby byly tyto charakteristiky srovnatelné nebo převyšující nad polymerním pojivem. Plnivo musí být zdravotně nezávadné a hodnotou měrné hmotnosti se přibližovat k hodnotě hustoty polymerního pojiva, aby nedocházelo k nadměrné sedimentaci nebo vyplavování.



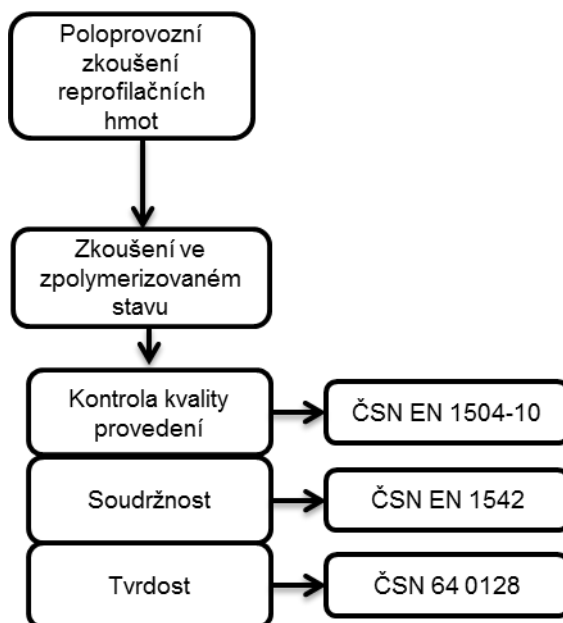
3.2.1 Návrh metodiky zkoušení vyvíjeného materiálu

Návrh metodiky zkoušení vyvíjeného materiálu je provedena s ohledem na možnosti laboratorního provedení a dostupných možností. Metodika postihuje základní laboratorní zkoušky určující charakteristické vlastnosti reprofilačních materiálů.



3.2.2 Návrh metodiky poloprovozního ověření vyvinutých hmot

Poloprovozní zkoušení má za úkol ověření vlastností reprofilační hmoty na konkrétních expozičních podmínkách, odpovídající prostředí energetického a dalších těžkých průmyslových provozů. Hmota ověřena laboratorními zkouškami je zde aplikována a jsou na ni zkoušeny vlastnosti ve zpolymerizovaném stavu.



3.3 Etapa III – Návrh receptury reprofilačního (správkového) polymerního materiálu využívajícího druhotné suroviny

V závěrečné etapě je provedena volba vhodných vstupních surovin pro vytvoření polymerní opravné hmoty. Jsou zde specifikovány jejich vlastnosti a proveden návrh předúpravy druhotných surovin a předložen návrh receptur opravných hmot na polymerní bázi s využitím druhotných surovin.

3.3.1 Pojivo

Pro přípravu opravné hmoty je použita nízkoviskózní, dvoukomponentní, bez-rozpouštědlová hmota na epoxidové bázi. Tato pryskyřice je označena PR – E,P. Je vhodná pro přípravu polymerbetonových směsí do vysoce mechanicky namáhaných průmyslových prostor a do prostor s vysokým nárokem na odolnost vůči teplu a vlhkému teplu.

Tabulka č. 8 Vlastnosti epoxidové pryskyřice použité jako pojivo

Označení hmoty	Chemická báze	Pevnost v tlaku [Mpa]	Specifická hmotnost při 20°C [kg/l]	Zpracovatelnost [min]	Modul pružnosti [GPa]	Protažení v přetržení [%]	Reakce na oheň
PR - E,P	Epoxidová	80 -90	1,1	15 - 20	3	4 - 7	B - S1

3.3.2 Plnivo

3.3.2.1 Optimalizační výpočet a výběr druhotných surovin jakožto plniv

Výběr použitelných druhotných surovin se řídil s ohledem na co nejbližší přiblížení vlastností k primárním plnivům, kterými jsou nejčastěji křemičité písky. Při výběru bylo také myšleno na environmentální charakter druhotné suroviny, především recyklovatelnost.

Tabulka č. 9 Výběr variant

Hmota PR - E,P	
A	Obalové sklo
B	Autosklo
C	Sklo z fotovoltaických panelů - QS Solar
D	Skelný odpad z CRT obrazovek
E	Skelný odpad z LCD obrazovek
F	Elektrárenský klasický popílek
G	Slévárenský písek
H	Cihelná drť
I	Kamenný filler
J	Mletá struska

Při výběru kritérií a určení jejich významu je důležitá cena druhotné suroviny. Z hlediska funkčních vlastností pro použitelnost hmoty v průmyslovém provozu je pro výslednou hmotu určující vlastností chemická odolnost.

Tabulka č. 10 Výběr kritérií

Číslo	Kritérium	Jednotka	Škála
1	Cena	Kč/t	[-]
2	Dostupnost	[-]	0-3
3	Stálost složení	[-]	0-3
4	Náročnost předúpravy	[-]	0-3
5	Předpoklad možnosti využití v následujících letech	[-]	0-3
6	Obsah SiO ₂	[%]	[-]
7	Chemická inertnost	[-]	0-3

Tabulka č. 11 Rozhodovací matice [25]

Číslo	Optimum	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	MIN	MAX
1	min	1900	1700	800	1600	1300	800	490	30	250	190	30	1900
2	max	3	3	2	1	2	3	3	3	2	3	1	3
3	max	3	2	2	2	2	1	3	0	1	0	0	3
4	min	1	2	2	2	2	1	2	3	2	2	1	3
5	max	3	3	3	0	2	2	2	2	2	2	0	3
6	max	75	69	71	65	67	53	94	65	55	36	36	94
7	max	3	3	3	3	3	1	3	2	2	1	1	3

Tabulka č. 12 Výpočet váhy – Sattiho matice

číslo	1	2	3	4	5	6	7	Si	Ri	Fi
1	1	1/2	1/3	1	1/2	1/4	1/4	0,02	0,58	0,07
2	2	1	1/2	2	1	2	1/3	4,00	1,22	0,15
3	3	2	1	3	2	1/4	1/2	9,00	1,37	0,17
4	1	1/2	1/3	1	1/2	2	1/4	0,17	0,77	0,09
5	1/2	1	1/3	1/3	1	1/2	1/3	0,03	0,60	0,07
6	1	1/2	2	1/2	2	1	1/4	1,00	1,00	0,12
7	4	3	2	4	3	4	1	1152,00	2,74	0,33
Suma								1166,22	8,27	1,00

$$S_i = \prod_{j=1}^n s_{ij} \quad R_i = (S_i)^{\frac{1}{n}} \quad F_i = \frac{R_i}{\sum_{i=1}^n R_i}$$

Tabulka č. 13 Výpočtová matice [25]

Číslo	Fi	Optimum	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	0,07	min	0,00	0,74	4,09	1,12	2,23	4,09	5,24	6,95	6,13	6,36
2	0,15	max	14,73	14,73	7,37	0,00	7,37	14,73	14,73	14,73	7,37	0,00
3	0,17	max	16,54	11,03	11,03	11,03	11,03	5,51	16,54	0,00	5,51	0,00
4	0,09	min	9,36	4,68	4,68	4,68	4,68	9,36	4,68	0,00	4,68	9,36
5	0,07	max	7,24	7,24	7,24	0,00	4,83	4,83	4,83	4,83	4,83	0,00
6	0,12	max	8,13	6,88	7,29	6,04	6,46	3,54	12,09	6,04	3,96	0,00
7	0,33	max	33,09	33,09	33,09	33,09	33,09	0,00	33,09	16,54	16,54	0,00
SUMA			56,00	45,30	41,70	22,87	36,59	42,07	58,11	32,56	32,48	15,71

$$c_{ij} = F_i \bullet b_{ij} \bullet 100$$

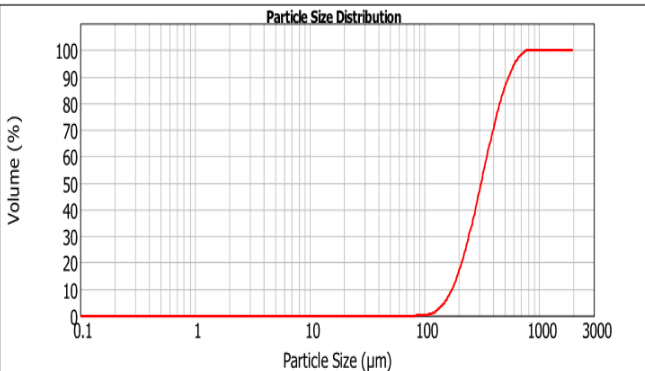
$$MAX \longrightarrow b_{ij} = \frac{a_{ij} - MIN(a_i)}{MAX(a_i) - MIN(a_i)}$$

$$MIN \longrightarrow b_{ij} = \frac{MAX(a_i) - a_{ij}}{MAX(a_i) - MIN(a_i)}$$

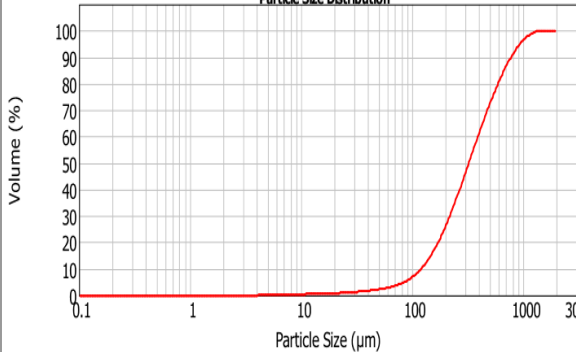
Pomocí optimalizačního výpočtu jsem určil nejvhodnější druhotné suroviny pro použití jakožto plniva do polymerní matrice. Hlavní požadavek je chemická netečnost a čistota, dostupnost a stálost složení těchto surovin. Nejvhodnější druhotnou surovinou je slévárenský písek. Následně pak recyklát z obalového skla, recyklát z oken automobilů tzv. autosklo, skelný recyklát ze solárních panelů a vysokoteplotní elektrárenský popílek.

. Z tohoto výpočtu vycházejí následující druhotné suroviny, vhodné pro použití do polymerního reprofilačního materiálu jako plniva. Součástí materiálových karet je přehled chemického složení a návrh optimální granulometrie vybraných plniv.

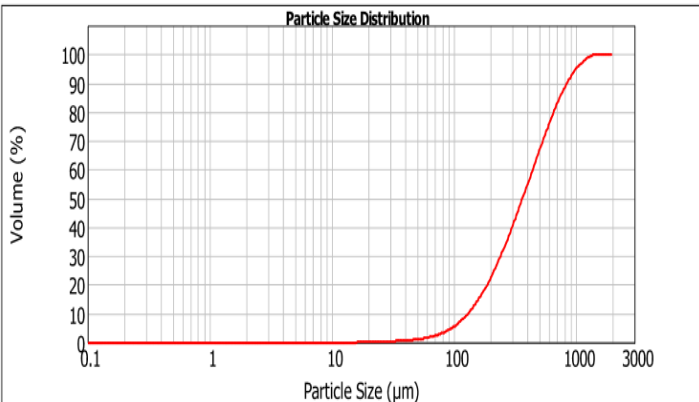
Tabulka č. 14 Slévárenský písek

Slévárenský písek										
Producent odpadu:		ZLH Hronec, a.s								
Fotodokumentace					Zrnitost					
										
— slévarenský písek - ISG A2, 24. května 2016 13:18:34										
Chem. Složení [%]										
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	Ztráta sušením 105°C	Ztráta žháním 1100 °C
94,0	1,72	0,387	0,037	0,011	0,174	0,057	1,99	0,27	0,07	0,36

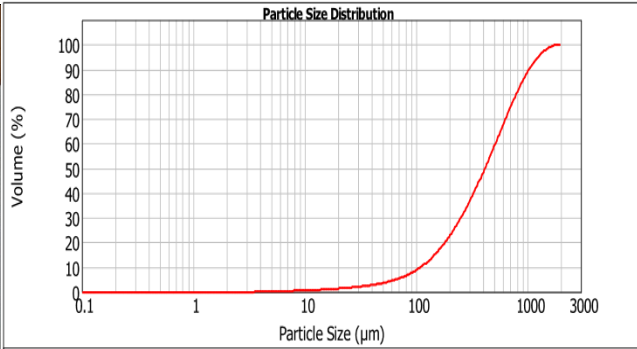
Tabulka č. 15 Obalové sklo

Obalové sklo							
Producent odpadu:		VETROPACK MORAVIA GLASS, a.s.					
Fotodokumentace				Zrnitost			
				Particle Size Distribution  — obalové sklo-ISG A2, 24. května 2016 13:13:20			
Chem. Složení [%]							
SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	BaO	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O
74,8	0,55	0,170	0,090	7,690	4,27	0,19	11,91

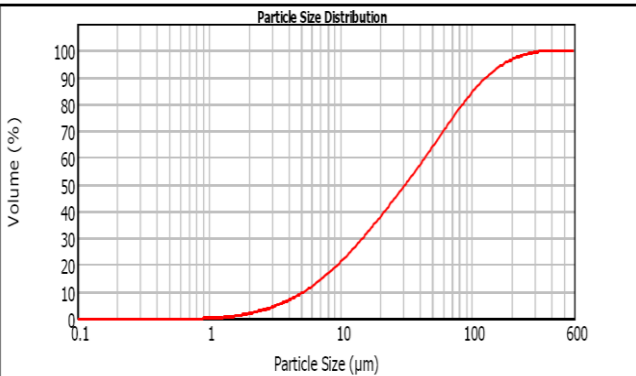
Tabulka č. 16 Autosklo

Autosklo								
Producent odpadu:		Frýdecká skládka, a.s.						
Fotodokumentace			Zrnitost					
			Particle Size Distribution  — autosklo- ISG A2, 24. května 2016 13:09:36					
Chem. Složení [%]								
Ztráta žiháním 1100°C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	Li ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O
0,65	69,16	0,69	0,14	12	0,004	9,19	3,71	0,32
TiO2	Cr ₂ O ₃	ZnO	PbO	ZrO ₂	BaO			
0,03	0,005	0,01	0,02	0,029	0,17			

Tabulka č. 17 Sklo ze solárních panelů

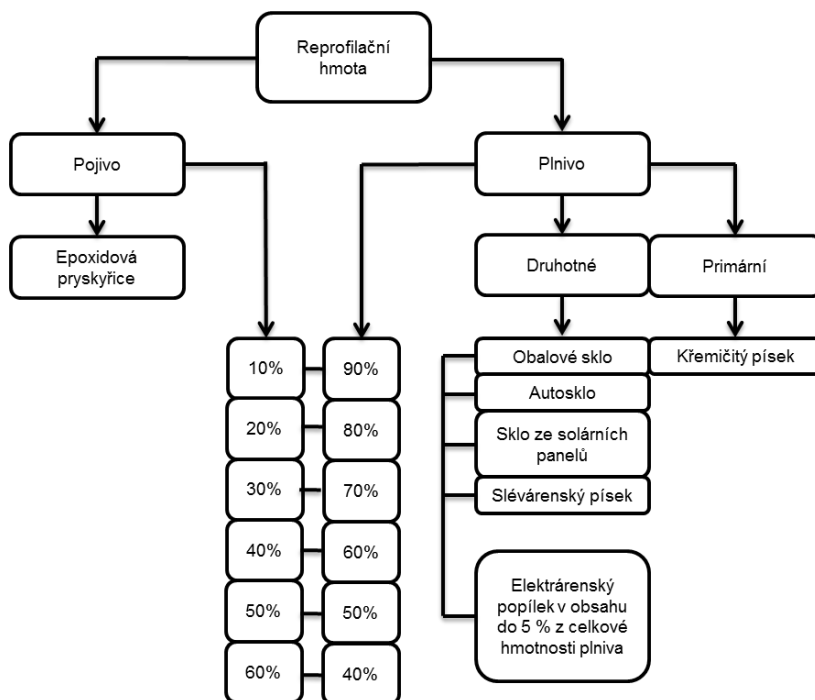
Sklo ze z QS solárních panelů									
Producent odpadu:			iSolar s.r.o.						
Fotodokumentace			Zrnitost						
									
			— QS solar ISG A2, 24. května 2016 13:07:11						
Chem. Složení [%]									
Ztráta sušením 105°C	Ztráta žiháním 1100°C	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Na ₂ O	Li ₂ O	CaO	MgO	K ₂ O
0,22	0,5	71	0,499	0,11	12,4	<0,002	8,45	4,04	0,171
TiO ₂	Cr ₂ O ₃	ZrO ₂	SrO	ZrO ₂	BaO				
0,023	0,005	0,009	0,005	0,029	0,009				

Tabulka č. 18 Popílek

Popílek										
Producent odpadu:				Elektrárna Třebovice						
Fotodokumentace				Zrnitost						
										
Chem. Složení [%]										
SiO ₂	CaO	TOC	Ztráta sušením 105°C							
53,4	4,13	5,200	0,05							

3.3.3 Návrh receptur

Návrh receptur je tvořen tak, aby plniva tvořila kompaktní kostru co nejlépe vyplňující prostor v matrici. Popílek je tvořen částicemi o velikosti 0,05 – 0,2 mm a může nahrazovat nejjemnější frakci u jednotlivých plniv a tím snížit náročnost jejich předúpravy.



3.3.4 Návrh předúpravy vstupních surovin

Druhotné suroviny vstupující do systému jako plnivo je potřeba nejprve podrobit určitým úpravám pro zajištění jejich správné funkce. Tyto úpravy nejčastěji zahrnují zmenšení frakce suroviny mletím či drcením, odstranění fyzikálně vázané vody vysušením a separaci nečistot. Poslední částí předúpravy je roztrídění pomletých surovin do určitých frakcí pomocí soustavy sít.

Úpravu druhotných surovin můžeme rozdělit na úpravu probíhající na specializovaných recyklačních linkách a úpravu, kterou je nutno provést v laboratoři.

3.3.4.1 Obalové sklo

Úprava na recyklační lince – Kusy skla musí nejprve projít řadou drtičů a magnetických separátorů, čímž je zajištěna frakce 1 – 6 cm a odstraněny největší kovové nečistoty. Následnou strojní a ruční separací je odstraněn další podíl nečistot.

Úprava v laboratoři - Pro vytvoření vhodného plniva do polymerního systému je zapotřebí pomletí střepů v kulovém popř. vibračním mlýně suchou cestou a dále třídění. Pokud je u mletého recyklátu zjištěna zvýšená vlhkost musí projít sušením při 105 °C do nulové vlhkosti.

3.3.4.2 Autosklo

Úprava na recyklační lince - Recyklace začíná výkonným čelistovým drtičem schopným podrtit všechny druhy autoskel. Předúprava autoskla vyžaduje zvýšenou pozornost při separaci nečistot. Autoskla obsahují bezpečnostní folii, kterou je nutno odstranit optickými separátory nebo ruční separací drti.

Úprava v laboratoři - Úprava autoskla v laboratoři je shodná s úpravou skelného recyklátu z obalového skla. Pouze je nutno znovu vizuálně zkontrolovat čistotu skelného recyklátu.

3.3.4.3 Sklo ze solárních panelů

Úprava na recyklační lince - Termická recyklace: Celé panely jsou zavezeny do speciální pece, kde jsou zahřívány na teplotu nad 500 °C. Při této teplotě se plastové materiály odpaří, následně jsou v další komoře řízeně spalovány. Ostatní materiály jsou separovány ručně. [19]

Recyklace solárních panelů mechanicko-chemickou metodou je z hlediska získání skla výhodnější, než recyklace termickou metodou, kde je potřebný značný podíl ruční práce. Mechanicko chemická metoda spočívá v podrcení panelů a následné strojní separaci skla.

Úprava v laboratoři – Úprava skla ze solárních panelů se nijak neliší od úpravy výše uvedených skelných recyklátů.

3.3.4.4 Slévárenský písek

Úprava na recyklační lince – Úprava již použité slévárenské formy probíhá nejčastěji v zařízení na regeneraci a úpravu slévárenského písku, které má zpravidla k využití přímo slévárna. Toto zařízení slouží k odstranění zbylého pojiva slévárenské formy a vyloučení nežádoucích příměsí z písku.

Úprava v laboratoři – Slévárenský písek, který prošel regeneračním procesem je nutno pomlít na kulovém nebo na vibračním mlýně, který je v laboratoři použitelnější. Pomletý písek je potřeba opět roztřídit sadou sít na požadované frakce. Při zjištění vlhkosti obsažené v písku je potřeba jej sušit do nulové vlhkosti při 105°C.

3.3.5 Návrh aplikace reprofilační hmoty

Aplikace reprofilační opravné hmoty probíhá v několika důležitých krocích, které nesmí být podceněny.

- 1) Vyhledání opravovaného místa a kompletní odhalení poškozené oblasti
- 2) Důkladné očištění povrchu nejlépe otryskáním vysokotlakým vodním paprskem s užitím abraziva. Tento způsob očištění nám zajistí odstranění všech nesoudržných částí a zároveň optimálně připraví povrch pro aplikaci opravné hmoty tím, že jej zdrsňuje ke zlepšení adheze systému.
- 3) Případná očištěná výztuž může být opatřena antikoročním nátěrem
- 4) Pro zvýšení odolnosti proti teplu a vlhkému teplu je ideální aplikovat adhezní můstek, který jen tvořen samotným epoxidovým pojivem této hmoty. Aplikace adhezního můstku musí probíhat na suchý povrch zbavený všech nečistot. Následná aplikace reprofilační hmoty je prováděna ručně za pomoci zednického nářadí. Při opravách složitějších prvků, jako jsou rohy nebo tvarově složitější podhledy, je vhodné kvalitně sestavené bednění. Po aplikaci je nářadí nutno ihned umýt vodou, po vytvrzení hmoty lze odstranit pouze mechanicky.

3.3.6 Návrh způsobu zpracování hmoty

Pro zpracování hmoty před aplikací je nezbytné důkladné smísení pryskyřice a tvrdidla v daném poměru, pomocí pomalu obrátkového míchadla (300- 400 ot/min) po dobu 3 minut. Přičemž je nutno dbát na to, aby do materiálu nebyl zbytečně zamíchán vzduch. Doporučuje se po prvním promísení materiál přelít do jiné nádoby a mísení opakovat. Do takto připravené směsi jsou postupně za stálého míchání v míchačce přidávána plniva dle navržené receptury (nejsou-li již součástí složky A). Takto připravený materiál musí být zpracován v určené době zpracovatelnosti doporučenou technologií.

4 Závěr

Tato bakalářská práce pojednává o vývoji nových polymerních reprofilačních materiálů, které svými vlastnostmi, jako je vysoká přídržnost, rychlý nárůst mechanických pevností, chemická a tepelná odolnost, jsou schopny odolávat náročným podmínkám různých průmyslových provozů. Úkolem teoretické části bylo postihnout celkový proces sanace betonových konstrukcí, se kterým je reprofilace nutně spjata. Byl zde také utvořen přehled základních definic a vlastností polymerů a jejich rozdělení.

Praktická část byla rozdělena na 3 etapy, jejichž obsah a následnost vedou k vytvoření celkového reprofilačního systému, včetně návrhu receptury polymerního reprofilačního materiálu s využitím druhotných surovin jako plniv.

V první etapě byl vytvořen přehled současně používaných polymerních reprofilačních materiálů. Tento přehled je tvořen společnostmi zastupující převážně český a evropský trh. Jsou to společnosti jako Sika, BASF, FOSFROC, MC – Bauchemi a další. Bylo zjištěno, že na trhu s reprofilačními materiály převažují polymercementové hmoty. Jejich hlavní výhodou je nízká cena ve srovnání s polymerními materiály. Nemusely by však obstát náročným podmínkám průmyslových provozů a jejich nárůst pevnosti není tak rapidní, jako u polymerních hmot. Právě rychlý nárůst pevností nám zajišťuje obnovení funkce opravované části do 24 hodin, což je v průmyslovém odvětví s vytíženým provozem značnou výhodou. Nejčastěji uplatňovaným pojivem v oblasti polymerních reprofilačních materiálů je epoxidová pryskyřice, jejíž chemická a tepelná odolnost a nízké smrštění ji předurčují k použití ve vysoce kvalitní a odolné reprofilační polymerní maltě. Většina polymerních reprofilačních malt využívá křemičitý písek jako primárního plniva a nebylo zjištěno efektivní využívání odpadních surovin.

Byl proveden seznam vhodných druhotných surovin, které jsou potencionálně použitelné ve formě plniva a spolu s polymerní matricí dokáží vytvořit reprofilační hmotu dostatečně chemicky a tepelně odolnou, která bude vykazovat minimální smrštění, vynikající přídržnost a rychlé počáteční nárůsty pevností.

V druhé etapě jsou definovány negativní vlivy působící v energetickém a dalších průmyslových provozech a požadavky kladené na reprofilační hmoty účinně

fungující v těchto náročných podmínkách. Je zde vytvořen kompletní seznam legislativních postupů pro určení identifikačních a funkčních vlastností dle platných norem řady ČSN EN a některé absentující zkoušky vlastností na polymerních hmotách jsou doplněny mezinárodními normami řady ISO. V této části je také vytvořena metodika pro ověření vhodnosti vstupních surovin. Při vytváření návrhu metodiky vhodnosti plniv je následnost jednotlivých kroků také ukazatelem jejich důležitosti při posuzování. Důraz je kladen na vlhkost, granulometrii a chemickou inertnost. Návrh metodiky zkoušení vyvíjeného materiálu je vytvořen na základě klíčových vlastností pro reprofilační materiály tedy mechanické pevnosti, přídržnosti a smrštění. Vysoké hodnoty těchto charakteristik jsou podmínkou pro vytvoření kvalitního, odolného a trvanlivého reprofilačního materiálu. Závěr etapy je věnován návrhu poloprovozního zkoušení, které bude prováděno na reálných aplikacích vyhovující ch receptur.

V závěrečné, třetí etapě je z vybraných druhotných surovin vytvořen optimalizační výpočet určující nejvhodnější materiály z hlediska ceny, dostupnosti, předpokladu využití v následujících letech, náročnosti předúpravy, chemické inertnosti a obsahu SiO_2 . Nejvhodnější druhotné suroviny jsou dle výpočtu slévárenský písek, skelné recykláty z obalového skla, autoskla, ze solárních panelů a elektrárenský klasický popílek. Pojivem je epoxidová pryskyřice s interním označením PR – E,P. Součástí etapy je návrh předúpravy daných druhotných surovin. U každé suroviny byla předúprava rozdělena na část, která probíhá na specializovaných recyklačních linkách a část prováděnou v laboratoři. Laboratorní předúprava spočívá v pomletí materiálu a jeho roztřídění na jednotlivé frakce. U polymerních kompozitů je velmi nežádoucí vlhkost vnesena plnivem do vnitřní struktury, proto je součástí předúpravy kontrola vlhkosti a sušení.

Výsledkem této práce je návrh receptury polymerního reprofilačního materiálu, který efektivně využívá druhotných surovin v podobě plniv a je schopen odolávat podmínkám působícím v průmyslových provozech. Následným vývojem navrženého materiálu se bude zabývat navazující diplomová práce. Práce vznikla za podpory projektu TAČR TA04010425 „Komplexní systém speciálních správkových hmot s využitím druhotných surovin pro průmyslové provozy“.

5 Seznamy

5.1 Seznam použitých zdrojů

- [1] DROCHYTKA, Rostislav. *Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP SSBK III*. Brno: Sdružení pro sanace betonových konstrukcí, 2012. ISBN 978-80-260-2210-7.
- [2] EMMONS, Peter H., Rostislav DROCHYTKA a Zdeněk JEŘÁBEK. *Sanace a údržba betonu v ilustracích: rozbor problematiky : strategie sanace : technologie*. Brno: CERM, 1999. ISBN 80-720-4106-1.
- [3] DOHNÁLEK, Jiří. TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB STÁTNÍCH DRAH: SANACE INŽENÝRSKÝCH OBJEKTŮ. In: *Správa železniční dopravní cesty* [online]. Praha: České dráhy, a.s., Technická ústředna Českých drah, 2006 [cit. 5. 12. 2015]. Dostupné z: http://typdok.tudc.cz/Files/TKP/TKP3_23_5.pdf
- [4] HROMÁDKO, Jan. TECHNICKÉ KVALITATIVNÍ PODMÍNKY STAVEB POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ: OPRAVY BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ. In: *Politika jakosti pozemních komunikací* [online]. Praha: Ministerstvo dopravy Odbor infrastruktury, 2009 [cit. 5. 12. 2015]. Dostupné z: http://pjpk.cz/tkp_31.pdf
- [5] *Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava, řada stavební*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001. ISSN 1213-1962.
- [6] POLÁK, P., MIKA V. Stříkaný beton při výstavbě dopravních tunelů. In: *Itaaites* [online]. [cit. 5. 12. 2015]. Dostupné z: www.itaaites.cz/files/edice_CTuK/ctuk_03_strikany_beton.pdf
- [7] SVOBODA, Luboš. *Stavební hmoty*. 2. přeprac. a dopl. vyd. Bratislava: Jaga, 2007. ISBN 978-80-8076-057-1.
- [8] KRATOCHVÍL, Bohumil, Václav ŠVORČÍK a Dalibor VOJTĚCH. *Úvod do studia materiálů*. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická, 2005. ISBN 80-708-0568-4.

- [9] DUCHÁČEK, Vratislav, Václav ŠVORČÍK a Dalibor VOJTĚCH. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006. ISBN 80-708-0617-6.
- [10] LIDAŘÍK, Miloslav, Jaromír KINCL, Vilém ROTH a Anatol BRING. *Epoxydové pryskyřice*. 2., dopln. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury (SNTL), 1961.
- [11] EDITOR, Marino Xanthos., Václav ŠVORČÍK a Dalibor VOJTĚCH. *Functional fillers for plastics: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 2nd updated and enl. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2009. ISBN 978-352-7323-616.
- [12] WYPYCH, George, Václav ŠVORČÍK a Dalibor VOJTĚCH. *Handbook of fillers: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. 3rd ed. Toronto: ChemTec Pub, 2010. ISBN 978-189-5198-416.
- [13] Plasty a jejich zpracovatelské vlastnosti. In: *Technická univerzita Liberec: Katedra strojírenské technologie*[online]. Liberec [cit. 11. 2. 2016]. Dostupné z:http://www.ksp.tul.cz/cz/kpt/obsah/vyuka/skripta_tkp/sekce_plasty/01.htm#012
- [14] CHAPTER 1- Introduction (Fillers). In: *POLYMER & FILLERS*: [online]. 2008 [cit. 11. 2. 2016]. Dostupné z: <http://polymer-filler.blogspot.cz/2008/08/chapter-1-introduction-fillers.html>
- [15] DVIR, Heim. *Polymer – Filler and Filler – Filler Interactions in Polymeric Composite Materials*. [online]. Ben-Gurion University of the Negev, 2006 [cit. 11. 2. 2016]. Dostupné z: <http://aranne5.lib.ad.bgu.ac.il/others/DvirHaim.pdf>.
- [16] TOLINSKI, Michael. *Additives for polyolefins: getting the most out of polypropylene, polyethylene and TPO*. Oxford: William Andrew Publishing, 2009. ISBN 978-081-5520-511.
- [17] SKLO. In: *INSTITUT GEOLOGICKÉHO INŽENÝRSTVÍ* [online]. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava [cit. 11. 2. 2016]. Dostupné z: <http://geologie.vsb.cz/loziska/suroviny/sklo.html>
- [18] HOŘLAVOST STAVEBNÍCH HMOT. In: *České vysoké učení technické v Praze: FAKULTA STAVEBNÍ* [online]. Praha: České vysoké učení technické v Praze [cit. 11.

2. 2016]. Dostupné z: http://people.fsv.cvut.cz/www/wald/Pozarni_odolnost/e-text/specialiste/2/2-4_Horlavost_stavebnich_hmot.pdf

[19] BECHNÍK, Bronislav. Recyklace fotovoltaických panelů na konci životnosti. In: TZB-info - stavebnictví, úspory energií, technická zařízení budov [online]. 2011 [cit. 8. 4. 2016]. Dostupné z: <http://oze.tzb-info.cz/fotovoltaika/7868-recyklace-fotovoltaickych-panelu-na-konci-zivotnosti>

[20] Zpětný odběr: Recyklace TV obrazovek a monitorů. In: Asekol [online]. Praha, 2012 [cit. 2. 5. 2016].

Dostupné z: http://www.asekol.cz/download/17f7/zpetnyodber_2007-01.pdf

[21] KEJÍK, Pavel. *Rozpustnost elektrárenských popílků ve vysoce alkalickém prostředí* [online]. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická, 2010 [cit. 2. 5. 2016]. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/11012/1761>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická. Ústav chemie materiálů. Vedoucí práce František Šoukal.

[22] PTRÁNEK, Vít., Michalcová GABRIELA. Vliv průmyslových odpadních materiálů na tepelnou odolnost polymerních správkových hmot. *Konstrukce* [online]. 2009 [cit. 2. 5. 2016]. ISSN 1803-8433. Dostupné z: <http://www.konstrukce.cz/clanek/vliv-prumyslovych-odpadnich-materialu-na-tepelnou-odolnost-polymernich-spravkovych-hmot/>

[23] ČSN EN 1504 - 3. *Výrobky a systémy pro ochranu a opravy betonových konstrukcí: Část 3: Opravy se statickou funkcí a bez statické funkce.*

[24] HELA, Rudolf. PŘÍMĚSI DO BETONU. *Beton TKS* [online]. 2015, 2015(2), str. 4-10 [cit. 2. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.svcement.cz/includes/dokumenty/alternativni-paliva/beton-2-15-hela.pdf>

[25] NOVOTNÁ, Adéla. *Nové možnosti využití druhotných surovin na silikátové bázi v ekologických polymerních vícevrstevných podlahových systémech.* Brno, 2015. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně.

[26] Struska. In: *SiloTransport* [online]. [cit. 2. 5. 2016]. Dostupné z: <http://www.silotransport.cz/struska>

5.2 Seznam použitých zkratk

A – Akryláty

CC – Cementový beton (cement concrete)

MA – Metakryláty

PC – Polymerbeton (polymerconcrete)

PCC – Polymercementový beton (polymercement concrete)

PE-HD – Vysokohustotní polyethylen (polyethylen – high density)

PE-LD – Nízkohustotní polyethylen (polyethylen - low density)

PE-LLD – Nízkohustotní lineární polyethylen (polyethylen – linear, low density)

PE-MD – Polyethylen střední hustoty (polyethylen - medium density)

PE-UHMW – Polyethylen o velmi vysoké molekulové hmotnosti (polyethylen - ultra high molecular weight)

PVAC - polyvinylacetát

5.3 Seznam tabulek

Tabulka č. 1 Vlastnosti polyethylenu	27
Tabulka č. 2 Vlastnosti hlavních aminopryskyřic	29
Tabulka č. 3 Komparace vlastností polymerních malt	41
Tabulka č. 4 Souhrn průměrných vlastností	43
Tabulka č. 5 Křemičité písky	45
Tabulka č. 6 Vlastnosti skla	46
Tabulka č. 7 Požadavky na opravné hmoty dle ČSN EN 1504-3	53
Tabulka č. 8 Vlastnosti epoxidové pryskyřice použité jako pojivo	60
Tabulka č. 9 Výběr variant.....	61
Tabulka č. 10 Výběr kritérií.....	61
Tabulka č. 11 Rozhodovací matice	61
Tabulka č. 12 Výpočet váhy – Sattiho matice.....	62

Tabulka č. 13 Výpočtová matice	62
Tabulka č. 14 Slévárenský písek.....	63
Tabulka č. 15 Obalové sklo	63
Tabulka č. 16 Autosklo	64
Tabulka č. 17 Sklo ze solárních panelů.....	64
Tabulka č. 18 Popílek.....	65