

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

VÝZKUM A VÝVOJ PROGRESIVNÍCH OCHRANNÝCH PROSTŘEDKŮ NA VODOROVNÉ BETONOVÉ KONSTRUKCE S VYUŽITÍM ODPADNÍCH SUROVIN

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF PROGRESSIVE PROTECTIVE EQUIPMENTS FOR
HORIZONTAL CONCRETE CONSTRUCTION USING WASTE MATERIALS

TEZE DISERTAČNÍ PRÁCE

DOCTORAL THESIS

OBOR

3911V006 FYZIKÁLNÍ A STAVEBNĚ MATERIÁLOVÉ
INŽENÝRSTVÍ

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Ing. JANA HODNÁ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA

BRNO 2016

Klíčová slova:

Druhotná surovina, odpadní materiál, přírodní surovina, polymerní hmota, ochrana, trvanlivost

Key words:

Secondary raw material, waste material, natural material, polymer material, protection, durability.

Název pracoviště:

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technologie stavebních hmot a dílců

OBSAH

1 ÚVOD	4
2 CÍL PRÁCE	4
3 METODIKA PRÁCE.....	5
4 VÝSLEDKY JEDNOTLIVÝCH ETAP.....	8
4.1 Výsledky etapy I	8
4.2 Výsledky etapy II	9
4.3 Výsledky etapy III.....	15
4.4 výsledky etapy IV	18
5 ZÁVĚR.....	22
6 POUŽITÁ LITERATURA	24
7 CURRICULUM VITAE	24
ABSTRACT	28

1 ÚVOD

V současné době jsou nejčastěji používanými prostředky na ochranu vodorovných konstrukcí proti korozi, způsobené různými vlivy, materiály na polymerní bázi. Jsou využívány již při výstavbě jako preventivní ochrana, ale také při rekonstrukcích a opravách jako správkové a sanační hmoty a mohou plnit nejen funkci ochrannou, ale také estetickou a technickou, například jako průmyslové podlahy.

Jelikož se vzrůstající průmyslovou produkcí roste i množství vzniklých průmyslových odpadních materiálů, je nutno tyto využívat a předcházet tak jejich skládkování a negativnímu ekologickému dopadu na životní prostředí. Využívání odpadních materiálů má také neopomenutelný pozitivní vliv na úspory přírodních surovin, jejichž zásoby se neustále snižují. V neposlední řadě lze kladně uvažovat o ekonomickém efektu - pro producenta odpadu jsou náklady při jeho poskytnutí spotřebiteli nižší než při jeho deponování na skládce a také pro spotřebitele je pořizovací cena odpadního materiálu oproti přírodnímu materiálu nižší. Toto by mělo mít za následek snížení výsledné ceny produktu a pro spotřebitele odpadu, tedy výrobce stavebních výrobků či produktů, zvýšení konkurenceschopnosti na poli jeho odborné působnosti.

Vzhledem k vyššímu důrazu na ekologické myšlení, začal být v poslední době kladen velký tlak na ekologičtější suroviny používané k výrobě polymerních nátěrových a podlahových hmot. Rozpouštědlové hmoty byly tedy z velké části nahrazeny hmotami bez-rozpouštědlovými a v průběhu posledních deseti let se začaly dostávat do popředí zájmu hmoty vodou-ředitelné. Zatím se vůbec nebo jen velmi zřídka využívají suroviny obsažené v odpadech jako plniva do nových vodou-ředitelných a bez-rozpouštědlových polymerů.

Tato práce si klade za cíl výzkum a vývoj progresivních ochranných prostředků na vodorovné konstrukce s využitím odpadních surovin, tedy navrhnout a ověřit zakomponování odpadních látek do nových vodou-ředitelných a bez-rozpouštědlových hmot. Zavedení takového výrobku do standardní výroby je zcela inovativní, avšak bude nutno vybrat jen vhodné druhotné suroviny, které budou využity a ověřit vlastnosti takto vzniklých materiálů. Vybrané druhotné suroviny budou nahrazovat běžná plniva, čímž by mělo být zajištěno:

- snížení ceny ochranných prostředků
- zachování nebo zlepšení mechanických parametrů hmot
- zachování nebo zlepšení chemické odolnosti hmot

Nově vyvinuté hmoty budou sloužit jako ochranné materiály proti korozi betonových vodorovných konstrukcí - především jako průmyslové podlahy a ochranné nátěry, které budou chránit konstrukce nejen před vnějšími klimatickými vlivy, ale také proti agresivnímu chemickému prostředí a tak zajistí jejich delší životnost. Všechny hmoty bude možné využít jako správkové.

Výhodou těchto materiálů bude jednak jejich ekologičtější složení, ale také nižší pořizovací cena. Práce přinese nejen nové možnosti plnění těchto materiálů, ale také možnou spotřebu odpadních materiálů a tím ochranu životního prostředí.

2 CÍL PRÁCE

Tato disertační práce se zabývá výzkumem a vývojem progresivních polymerních ochranných prostředků na vodorovné betonové konstrukce, které jsou velmi rozvinutou oblastí stavebního průmyslu, jako správkové hmoty, průmyslové podlahy, ochranné a izolační povlaky, chemicky odolné materiály, ale také jako zdravotně nezávadné hmoty do tzv. hygienicky čistých provozů atd.

Cílem výzkumných prací v rámci disertační práce bylo nalezení optimálních receptur polymerních ochranných hmot využitelných pro různé účely (např. jako správkové hmoty, průmyslové podlahy, chemicky odolné materiály, atd.) a jejich aplikace, tedy takových hmot, které budou splňovat vlastnosti požadované pro jejich využití v daném prostředí. Do matrice těchto hmot byly namísto přírodních surovin zakomponovány suroviny druhotné, získané z průmyslových odpadů a dalších odpadů nově vznikajících. Předpokladem pro disertační práci bylo využití především odpadních skel z různých zdrojů jakožto plniv, neboť tato se svými vlastnostmi nejvíce blíží konvenčně užívaným plnivům. Zuzitkování těchto odpadních surovin povede k úspoře nenahraditelných přírodních zdrojů (jako je například čistý křemičitý písek) a omezení jejich těžby zatěžující životní prostředí.

Důležitou částí výzkumu byla identifikace limitujících faktorů prostředí, kde budou hmoty využity a následně volba vhodných vstupních surovin do takovéhoho prostředí. Po návrhu receptur bylo provedeno ověření základních vlastností navržených směsí. Po vyřazení nevyhovujících receptur, byly na některých materiálech provedeny doplňující zkoušky pro stanovení specifických vlastností, jako je např. antibakteriální aktivita či chemická odolnost. Cílem vědeckého výzkumu prováděného v rámci této disertační práce bylo v neposlední řadě ověření vlivu tvaru částic použitého plniva na výslednou chemickou odolnost ochranného nátěru.

Přínosem práce, která má pozitivní dopad na životní prostředí, bylo výhodné použití druhotných surovin.

3 METODIKA PRÁCE

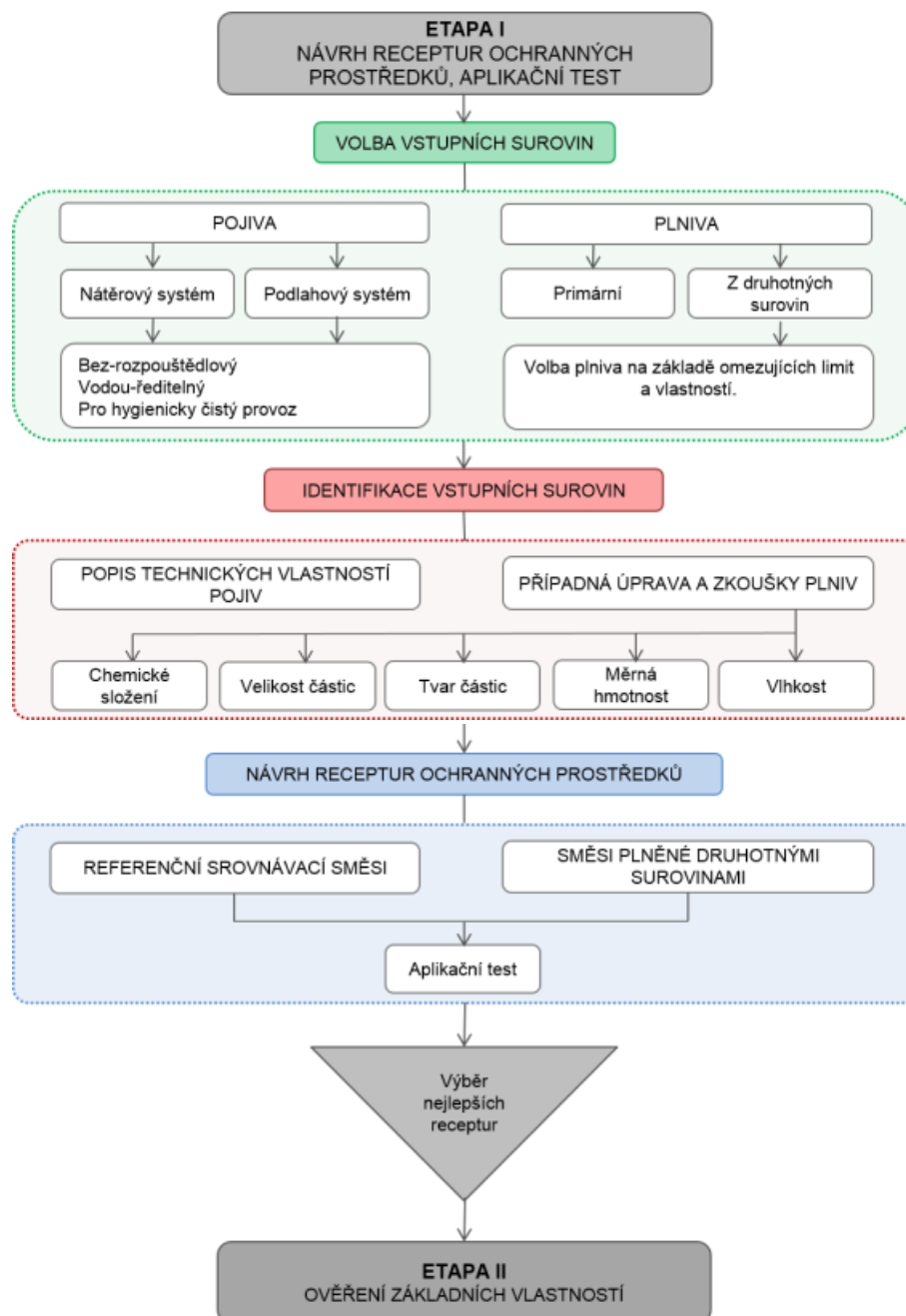
Práce byla rozdělena do pěti dílčích částí, tedy etap, v rámci kterých byly postupně řešeny jednotlivé úkoly a cíle práce.

Hlavním cílem **první etapy** byl návrh receptur. Na začátku bylo důležité vybrat vhodné vstupní suroviny, tedy pojiva a plniva tak, aby splňovala případné limitující faktory a požadované vlastnosti. Dalším krokem bylo zpracování identifikačních údajů vstupních surovin, zejména tedy popis technických vlastností pojiv a také byly po optimalizaci výběru provedeny základní zkoušky plniv. Na základě vybraných vstupních surovin byly následně navrženy první receptury, na nichž byl proveden základní aplikační test, který je nejdůležitějším parametrem pro další výběr nejlepších receptur, které postoupí do další etapy.

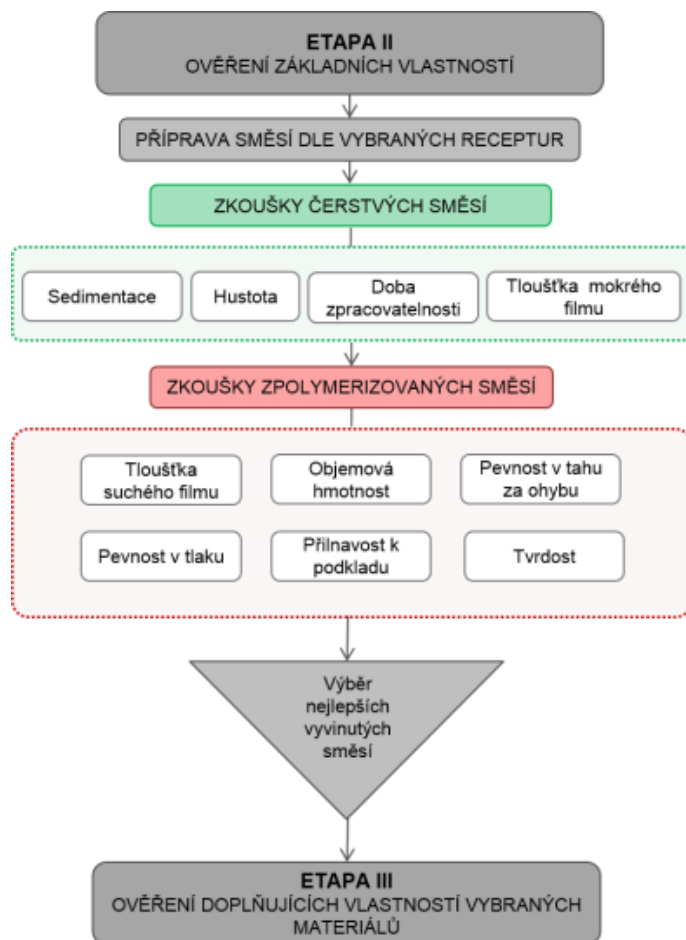
V rámci **druhé etapy** byly provedeny zkoušky základních vlastností referenčních srovnávacích hmot a nově navržených receptur. Navržené receptury obsahovaly jako plniva jen vybrané odpadní materiály v rozmezí 10 – 50% váhových. Byly provedeny základní zkoušky na čerstvé směsi a dále byly připraveny vzorky a testovány vlastnosti směsí zpolymerizovaných. Po porovnání výsledků byly vybrány směsi hmot s nejlepšími vlastnostmi. Na prokazatelně vyhovujících recepturách směsí byly dále v další etapě provedeny doplňující zkoušky, které zajistily výsledky pro celkové zhodnocení kvality materiálů a pro vyhodnocení a výběr nejlepších nově vzniklých materiálů.

Jelikož mají některé z vyvíjených materiálů speciální vlastnosti, které by měly zůstat zachovány, byly ve **třetí etapě** provedeny doplňující zkoušky pro jejich ověření. Jednalo se zejména o antibakteriální aktivitu, chemickou odolnost, ale také některé vlastnosti podlahových materiálů, jejichž provedení bylo doporučeno výrobcem pojivových složek. Tyto vlastnosti jsou taktéž uváděny v technických listech referenčních srovnávacích hmot. Tyto zkoušky byly provedeny na nejlepších vyvinutých směsích, tedy materiálech vybraných v předchozí etapě.

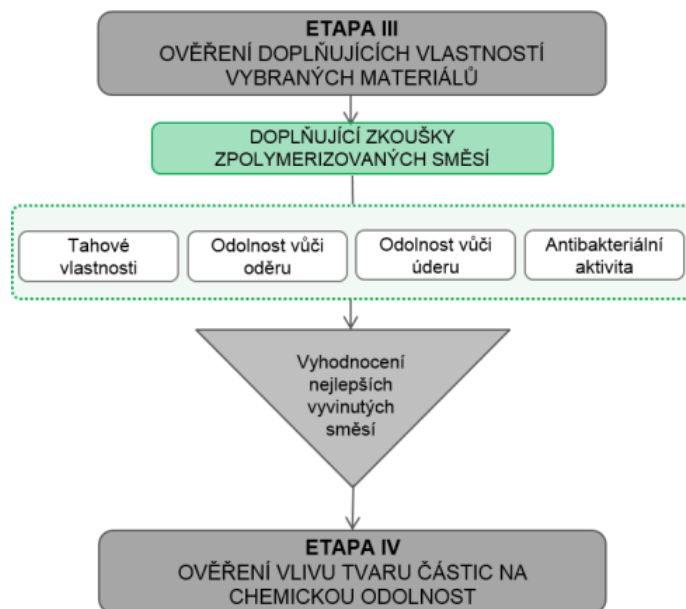
Chemická odolnost je jednou ze speciálních vlastností, které jsou od ochranných materiálů na vodorovné konstrukce vyžadovány. Některé nátěrové hmoty jsou využívány v prostorech se zvýšenou koncentrací chemických látek, jako např. průmyslové provozy chemiček, čističek, potravinářské provozy apod. Na základě teorie, že plnivo tvaru vločky (flake) zajišťuje vyšší odolnost hmoty proti chemickým látkám, se nabízí otázka ověření tohoto vlivu také u jiných tvarů částic. Z tohoto důvodu se poslední, čtvrtá etapa věnovala ověření vlivu tvaru částic na chemickou odolnost materiálu. Byla porovnána hmota originálně plněná primárním plnivem – směsí křemičitých písků ISG, dále hmota plněná průmyslově vyráběnými skleněnými vločkami (glass flakes) a v poslední řadě nejlépe vyhovující druhotnou surovinou, jejíž tvar částic byl ostrohranný, tedy podobný střepu.



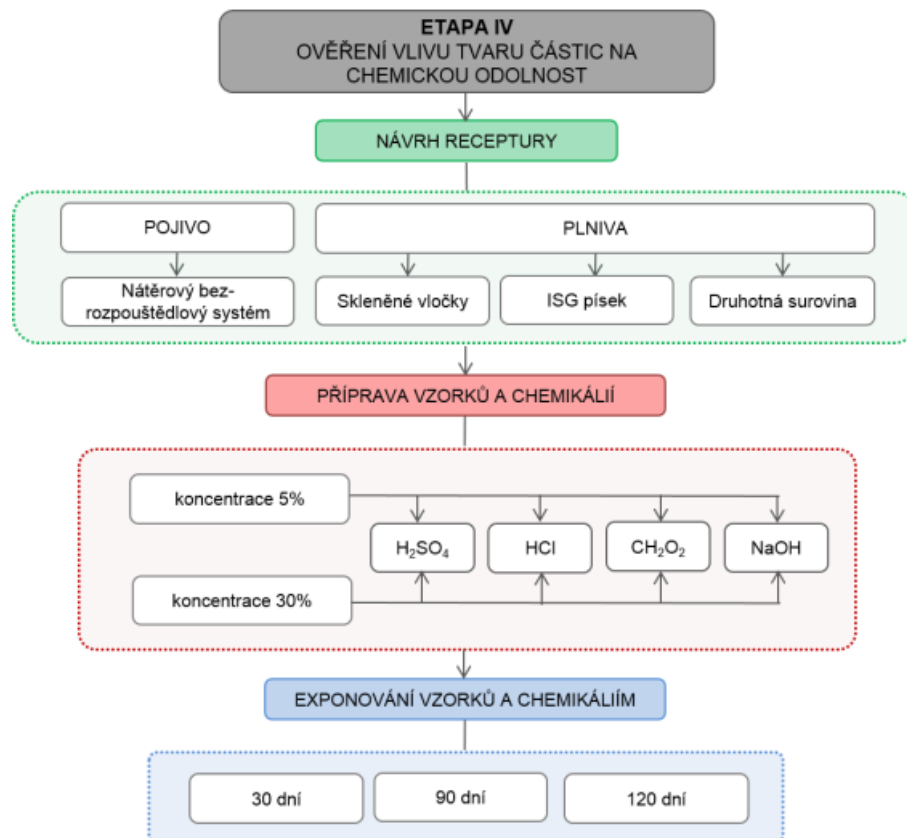
Obr. 1 – Schéma první etapy řešení disertační práce



Obr. 2 – Schéma druhé etapy řešení disertační práce



Obr. 3 – Schéma třetí etapy řešení disertační práce



Obr. 4 – Schéma čtvrté etapy řešení disertační práce

4 VÝSLEDKY JEDNOTLIVÝCH ETAP

4.1 VÝSLEDKY ETAPY I - Návrh receptur ochranných prostředků, aplikační test

Hlavním cílem této etapy byl návrh receptur polymerních ochranných prostředků na vodorovné konstrukce, plněných druhotnými surovinami. Tyto materiály by měly mít min. takové vlastnosti, které splňují referenční srovnávací hmoty pro stejné využití. Na začátku bylo důležité vybrat vhodné vstupní suroviny, tedy pojiva a plniva tak, aby splňovala případné limitující faktory a požadované vlastnosti.

Jako pojivové materiály byly využity polymerní, běžně dostupné hmoty, které jsou plněny přírodními surovinami – tyto byly použity jako referenční srovnávací. Pro účely výzkumu v rámci této disertační práce byly dodány tytéž hmoty bez plniv. Byly vybrány tyto pojivové složky, u nichž byl zpracován popis technických vlastností:

Tab. 1 - Výběr pojiv

Kategorie pojiva	Název pojiva	Typ pojiva	Materiál pojiva	Specifikace
Podlahový materiál	PBR	Bez-rozpouštědlový	Epoxidová pryskyřice	Potěrová hmota pro finální nášlapnou vrstvu podlah -nátěr, stěrka, QS systém.
	PVR	Vodou-ředitelný	Epoxidová pryskyřice	Tenkovrstvý hladký nebo protismykový potěr betonových podlah a jiných podkladů.
	PAN	Pro hygienicky čisté provozy, bez-rozpouštědlový	Epoxidová pryskyřice	Antibakteriální potěrová hmota pro podlahy s pololesklým povrchem.
Nátěrový materiál	NBR	Bez-rozpouštědlový	Epoxidová pryskyřice	Chemicky odolný nátěrový systém se zvýšenou odolností pro kyseliny, alkoholy a ropné látky.
	NVR	Vodou-ředitelný	Epoxidová pryskyřice	Univerzální nátěr betonových povrchů.
	NAN	Pro hygienicky čisté provozy, bez-rozpouštědlový	Epoxidová pryskyřice	Fyziologicky nezávadný nátěrový systém.

Pozn.: vysvětlení použitých zkratk názvů – PBR = podlahový bez-rozpouštědlový materiál, PVR = podlahový vodou-ředitelný materiál, PAN = podlahový antibakteriální materiál, NBR = nátěrový bez-rozpouštědlový materiál, NVR = nátěrový vodou-ředitelný materiál, NAN = nátěrový fyziologicky nezávadný materiál

Plniva byla volena na základě limitujících faktorů, které jsou přesně popsány a specifikovány v disertační práci. V porovnání s běžně používanými plnivými se jako možné vhodné substitute jeví materiály na bázi skla z různých zdrojů. Byl tedy proveden průzkum možných odpadů a následná optimalizace jejich vhodnosti využití, na základě které byla vybrána tato plniva: Přelisky z výroby skloviny Simax, Sklo ze solárních panelů trubcových – vnější, vnitřní, Sklo ze solárních panelů typu LDK (výrobcem je společnost LDK, panel obsahuje především polykrystalický křemík) a QS (výrobcem je společnost QS, panel obsahuje především amorfni křemík), Autosklo a obalové sklo. U těchto byly dále provedeny základní zkoušky stanovení vlastností.

Po výběru vstupních surovin byly navrženy první receptury na základě procentuálního plnění vybraných pojivových bází různými plnivými (druhotnými surovinami), vždy se jednalo o celkovou náhradu plniva. Následně byl proveden základní aplikační test, který je nejdůležitějším sledovaným parametrem pro další výběr nejlepších receptur, které postoupí do další etapy.

Jako nejlepší byly vybrány směsi, které vyhověly aplikačnímu testu a zároveň měly nejvyšší plnění druhotnou surovinou. Tyto postupují dále a budou podrobeny dalším zkouškám, které ověří jejich vlastnosti. Z ekonomického pohledu je nejlepší maximální plnění, které zajišťuje nižší množství drahé polymerní matrice a tím zlevňuje výsledný materiál. U žádné ze směsí nedošlo ke snížení plnění pod spodní hranici plnění referenční hmoty.

Tab. 2 - Výběr nejlepších směsí s max. vyhovujícím plněním [%]

Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Auto- sklo	Obal
PBR	25-40	25	25	25	35	25	45	25
PVR	15-25	25	25	25	25	25	25	25
PAN	25-35	35	35	35	35	35	35	35
NBR	10-20	25	20	20	25	15	25	25
NVR	20-30	35	35	35	35	35	35	35
NAN	0-10	10	10	15	15	10	20	10

4.2 VÝSLEDKY ETAPY II - Ověření základních vlastností vybraných receptur

Jako první byly provedeny základní zkoušky na *čerstvých směsích*.

Byl proveden **sedimentační test**, kdy byla stanovena pozvolná rychlost sedimentace a větší změny byly pozorovatelné až po uplynulých 14 dnech. Po ukončení testu (31 dní) byly u všech referenčních srovnávacích vzorků neplněných zřetelně vidět jednotlivé složky pojivové matrice, které byly vyseparovány do různě velkých vrstev. U vzorků originálně plněných byla většinou pozorována segregace čiré kapaliny na hladině vzorku a pomalá sedimentace plniva. Rozdílné sedimentace mezi referenčními srovnávacími hmotami plněnými originálním plnivem a hmotami plněnými recyklátem, byly způsobeny rozdílnou viskozitou dané směsi. Výrazná sedimentace a separace jednotlivých složek disperzní soustavy byla pozorována pouze u hmot neplněných, kde došlo k separaci pojivových materiálů a dvou vzorků plněných a to u hmoty NVR plněné 35 % solárního trubcového vnitřního skla a NAN plněné 20 % autoskla.

Hustota směsí (ČSN EN ISO 2811-1) opět závisí na obsahu plniva a jeho specifické hmotnosti. V zásadě všechna užitá plniva z druhotných surovin mají nižší specifickou hmotnost nežli originální plnivo. Aby bylo možné nanášet vyvinuté hmoty stejným způsobem (válečkováním, samorozlivem, nanášením stěrkou či štětcem) jako hmoty referenční srovnávací, měla by být

zachována jejich obdobná hustota a to v rozmezí $\pm 20\%$. Tato podmínka byla splněna u všech testovaných receptur.

Doba zpracovatelnosti (ČSN EN ISO 9514) není nijak výrazně ovlivněna obsahem plniva. Důležité je dodržení poměrů mísení pojivových složek. Pak je zajištěna správná doba zpracovatelnosti, která je u všech vzorků vyvíjených hmot stejná, nebo jen lehce odlišná od referenčních srovnávacích směsí. Tato vlastnost čerstvých směsí nebyla nijak ovlivněna a není závislá na obsahu plniva.

Stanovení tloušťky mokrého filmu (ČSN EN ISO 2808) bylo provedeno na vzorcích, při nanášení vrstvy pro aplikační test. Získané výsledky jsou velice podobné ve srovnání s referenčními srovnávacími vzorky. Malé rozdíly jsou způsobeny nepřesným nanášením.

Na základě testů provedených na čerstvých směsích lze říci, že sedimentace, hustota, doba zpracovatelnosti i tloušťka mokrého filmu jsou u všech směsí velice podobné a nijak zvláště se neodchylují od hodnot referenčních srovnávacích směsí.

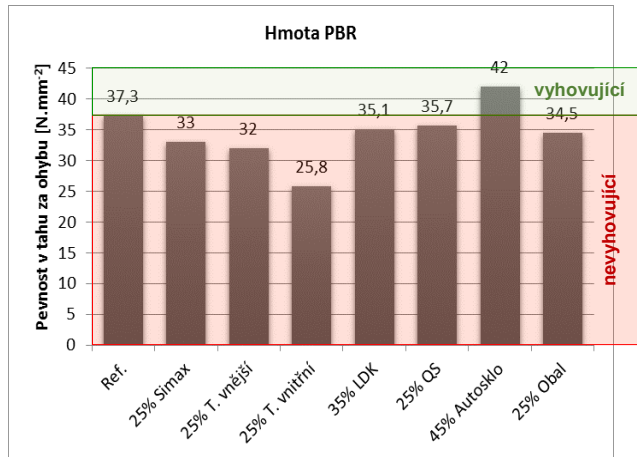
Co se týče výsledků testů prováděných na **zpolymerizovaných hmotách**, byly provedeny testy tloušťky suchého filmu, objemových hmotností a pevností (jen na hmotách bez-rozpouštědlových), dále stanovení přilnavosti k podkladu a tvrdosti dle Shore.

Výsledné hodnoty **tloušťky suchého filmu** (ČSN EN ISO 2808) a objemových hmotností, jsou velice obdobné jako hodnoty referenčních srovnávacích směsí. Tyto jsou závislé na předchozích testech čerstvých směsí. Tyto výsledky jsou také závislé na množství a měrné hmotnosti plniva.

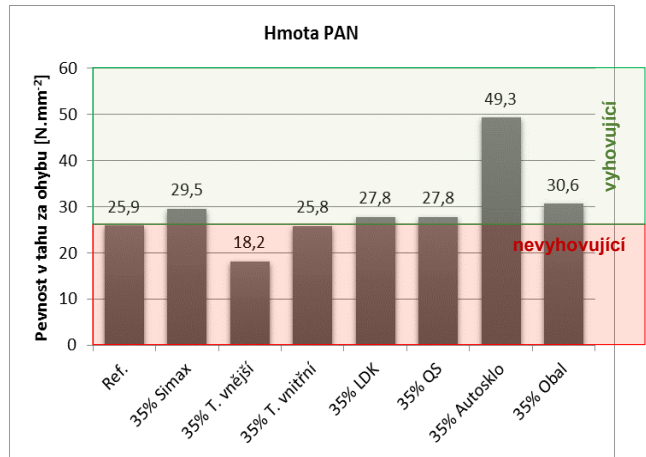
Objemové hmotnosti bylo možné stanovit pouze u materiálů bez-rozpouštědlových, jelikož hmoty vodou-ředitelné dosahují při takovýchto rozměrech vzorků vysokého smrštění. Z naměřených hodnot vyplynulo, že objemové hmotnosti jsou závislé nejen na hustotě pojiva, ale také na obsahu a druhu plniva. Všechna plniva použitá pro vývoj ochranných prostředků v této práci mají obdobnou specifickou hmotnost, proto i testované receptury se stejným plněním mají podobnou objemovou hmotnost.

Zkouškám **pevnosti v tahu za ohybu a v tlaku** (ČSN EN ISO 13892-2) byly podrobeny opět pouze bez-rozpouštědlové hmoty. Vyhověly jen některé směsi, které splnily požadavek dosažení min. takových hodnot, jako směsi referenční srovnávací. Nejvyšších hodnot pevností v tahu za ohybu i v tlaku dosahovaly směsi plněné autosklem a QS solarem. Absolutně nejlepších výsledků v porovnání s referenčními srovnávacími hmotami byly PBR plněná 35 % LDK, PAN plněná 35 % autoskla, NBR plněná 25 % obalového skla a NAN plněná 10 % skla ze skloviny Simax při stanovení pevnosti v tlaku a PBR plněná 45 % autoskla, PAN plněná 35% autoskla, NBR plněná 25 % autoskla a NAN plněná 10 % skla ze skloviny Simax při stanovení pevnosti v tahu za ohybu. Pokud lze uvažovat využití vyvinutých hmot jako správkových či sanačních materiálů, můžeme se při jejich hodnocení řídit normami a publikací „Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP SSBK III“. Tato stanovuje podmínku minimálních hodnot pevnosti v tahu za ohybu $> 5,5$ MPa a pevnosti v tlaku > 25 MPa a < 50 MPa. Hmoty, které byly v závěru etapy vybrány pro další doplňkové testování, tyto podmínky splnily a ve většině případů tyto hodnoty převyšují.

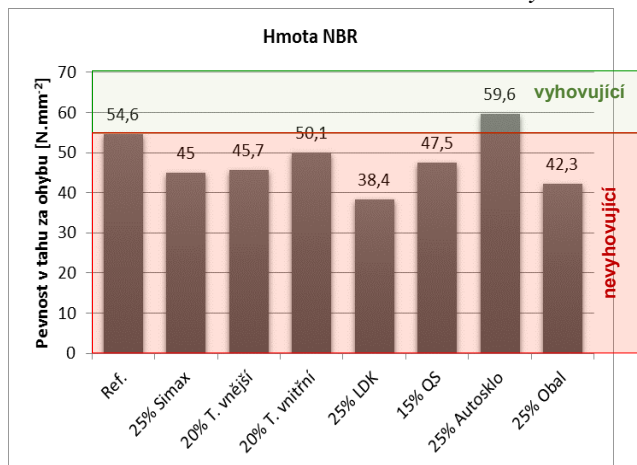
Obr. 5 – Hmota PBR – Pevnost v tahu za ohybu



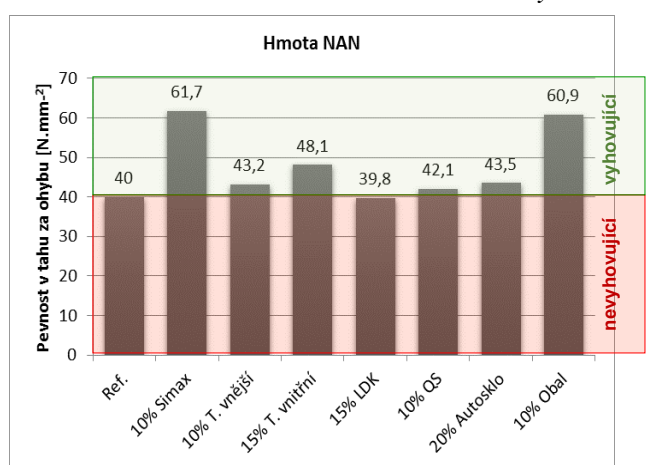
Obr. 6 – Hmota PAN – Pevnost v tahu za ohybu



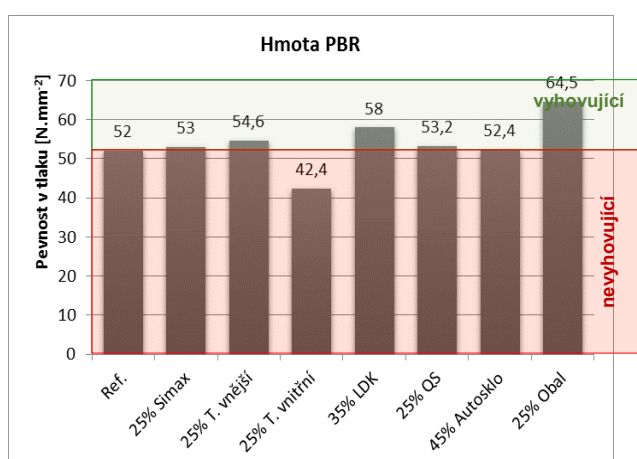
Obr. 7 – Hmota NBR – Pevnost v tahu za ohybu



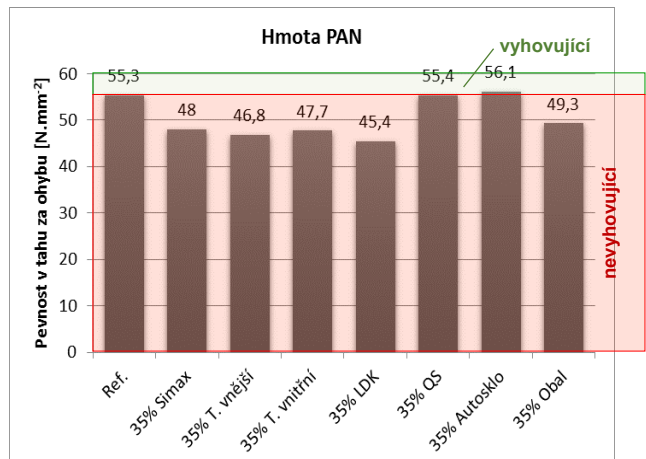
Obr. 8 – Hmota NAN – Pevnost v tahu za ohybu



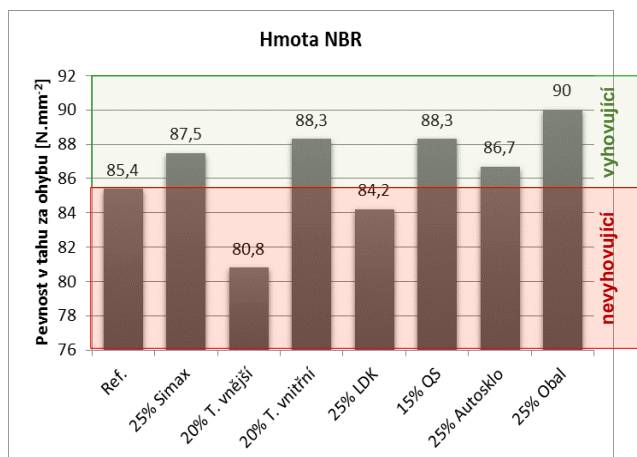
Obr. 9 – Hmota PBR – Pevnost v tlaku



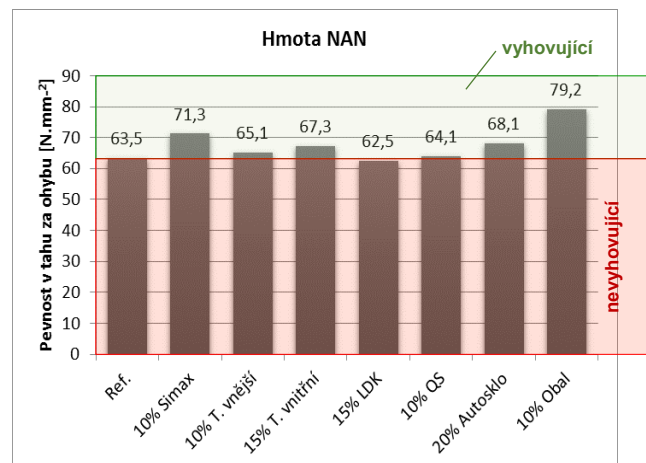
Obr. 10 – Hmota PAN – Pevnost v tlaku



Obr. 11 – Hmota NBR – Pevnost v tlaku



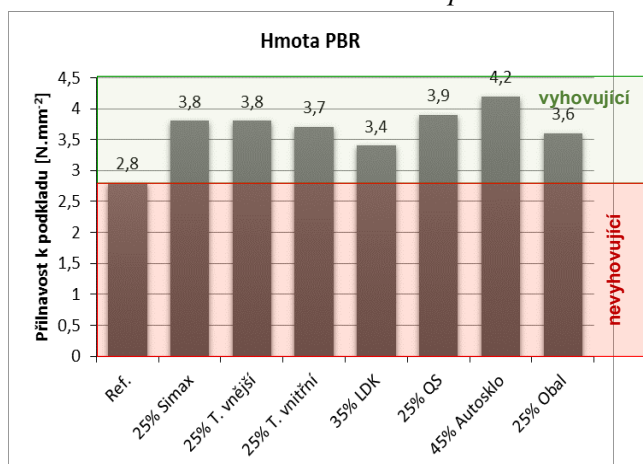
Obr. 12 – Hmota NAN – Pevnost v tlaku



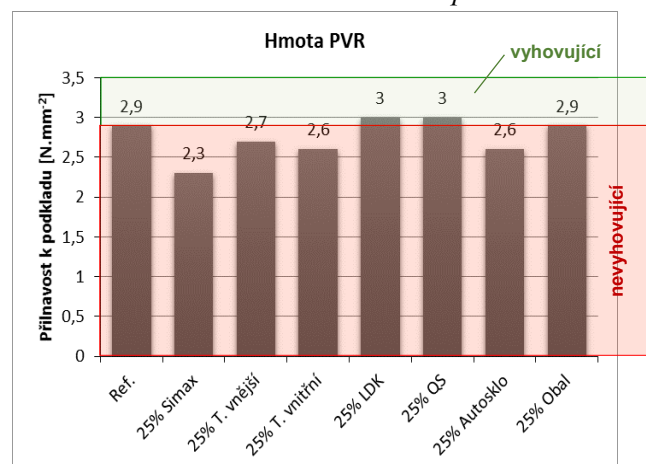
Dále byly provedeny testy pro stanovení přilnavosti k podkladu a tvrdosti dle Shore. Tyto již byly provedeny u hmot bez-rozpouštědlových i vodou-ředitelných, které byly hodnoceny právě na základě těchto výsledků.

Z naměřených hodnot **přilnavosti k podkladu** (ČSN EN ISO 4624) vyplývá, že zkoumané epoxidové směsi ochranných hmot i při použití odpadního plniva vykazují vynikající hodnoty. Ve všech případech kromě směsí s označením PBR (podlahová bez-rozpouštědlová hmota) došlo k porušení v podkladním betonu, proto není možné tyto hodnoty považovat za absolutní hodnoty přilnavosti k podkladu správkových hmot, ale za hodnoty minimální, které tyto směsi vykazují.

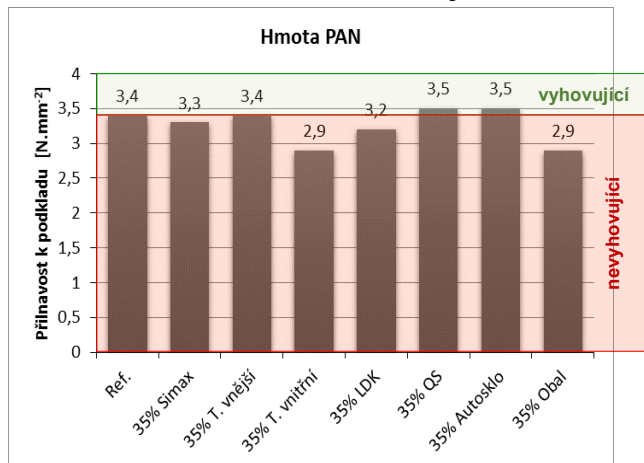
Obr. 13 – Hmota PBR – Přilnavost k podkladu



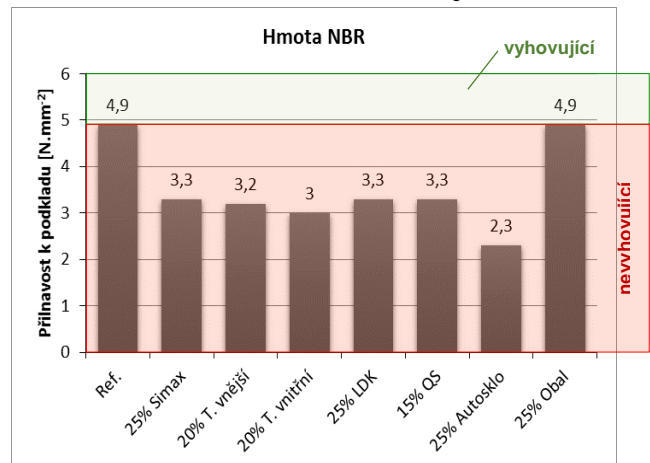
Obr. 14 – Hmota PVR – Přilnavost k podkladu



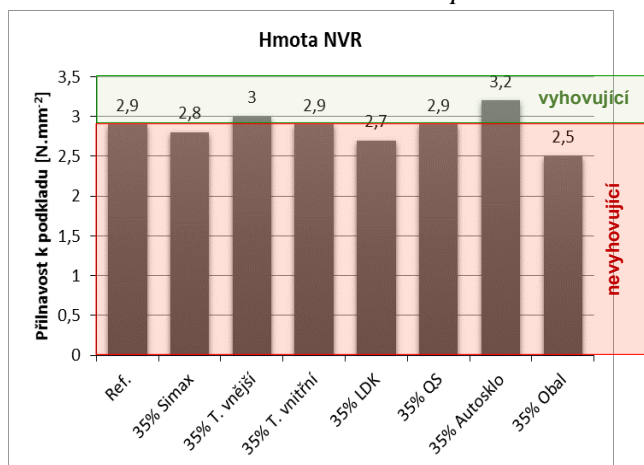
Obr. 15 – Hmota PAN – Přilnavost k podkladu



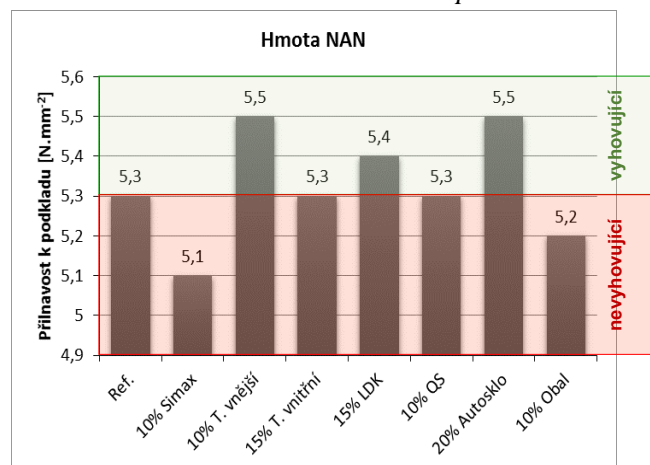
Obr. 16 – Hmota NBR – Přilnavost k podkladu



Obr. 17 – Hmota NVR – Přilnavost k podkladu

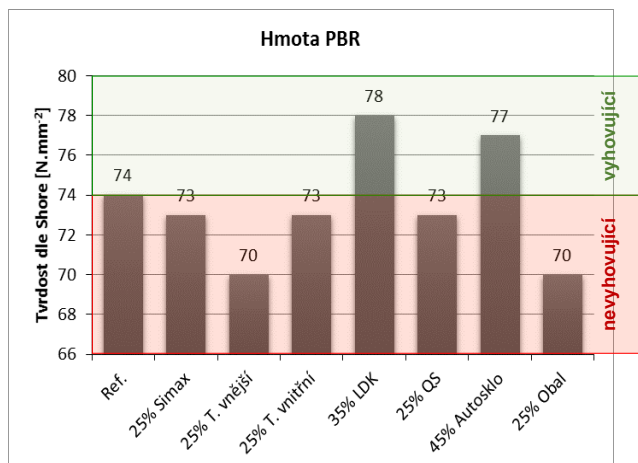


Obr. 18 – Hmota NAN – Přilnavost k podkladu

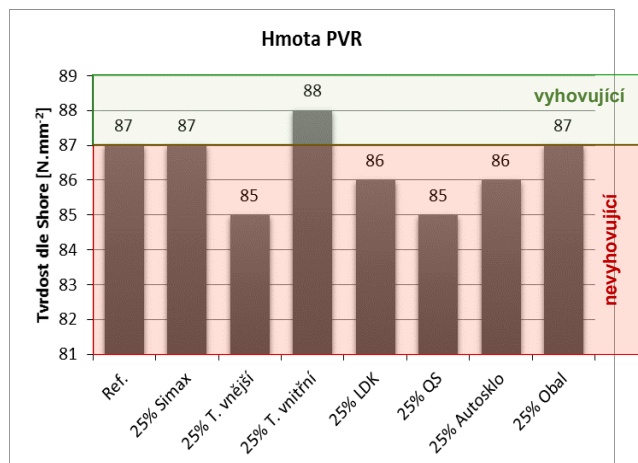


Nejllepších výsledků **stanovení tvrdosti metodou Shore** (ČSN EN ISO 868) při porovnání s referenčními srovnávacími směsmi dosahovaly receptury plněné autosklem, obalovým sklem, QS a LDK solarem, naopak nejhorších hodnot dosahovaly hmoty plněné odpadem ze solárních panelů trubcových. Hodnoty tvrdosti jsou závislé na době působení cizího tělesa, na jeho rozměrech a vlastnostech, velikosti zatížení, elastických vlastnostech zkoušeného materiálu a na teplotě při zkoušce. Tvrdost plastů, podléhá složitějším zákonitostem, než je tomu u látek kovového charakteru, což je dáno především vlastnostmi polymerů, jako je poměrně nízký modul a viskoelastické chování. Bylo ověřeno, že vliv použitého druhu a množství plniva může nepatrně ovlivnit výsledky tvrdosti materiálu.

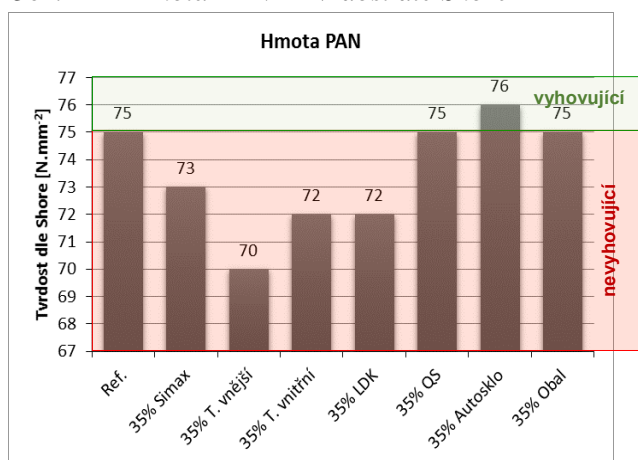
Obr. 19 – Hmota PBR – Tvrdost dle Shore



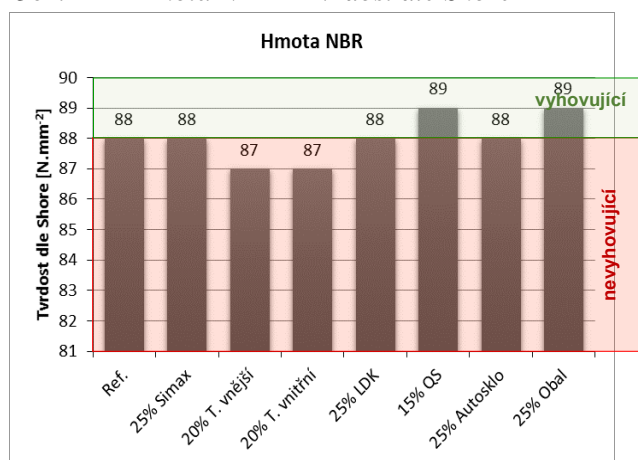
Obr. 20 – Hmota PVR – Tvrdost dle Shore



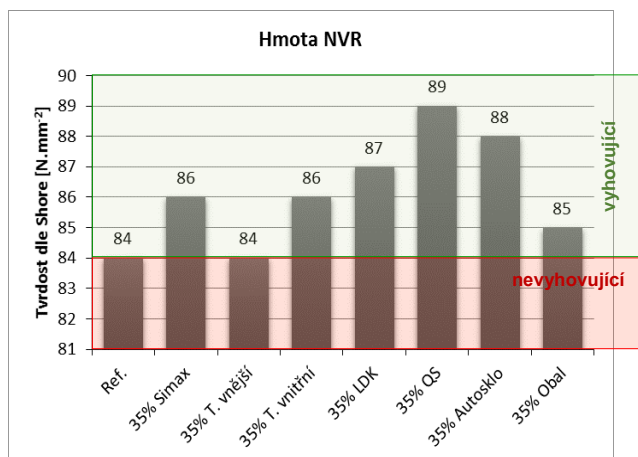
Obr. 21 – Hmota PAN – Tvrdost dle Shore



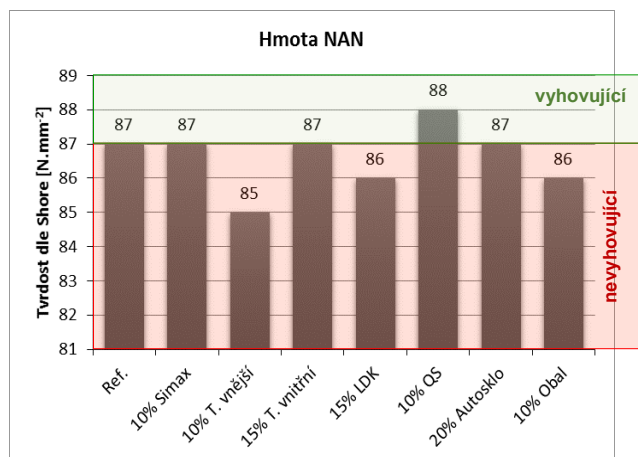
Obr. 22 – Hmota NBR – Tvrdost dle Shore



Obr. 23 – Hmota NVR – Tvrdost dle Shore



Obr. 24 – Hmota NAN – Tvrdost dle Shore



V návaznosti na výše uvedené byly jako nejlepší vybrány hmoty, které dosahovaly dobrých výsledků ve srovnání s referenčními srovnávacími hmotami a to ve všech parametrech a co nejvyšším plněním:

Tab. 3 - Výběr nejlepších směsí s max. vyhovujícím plněním [%]

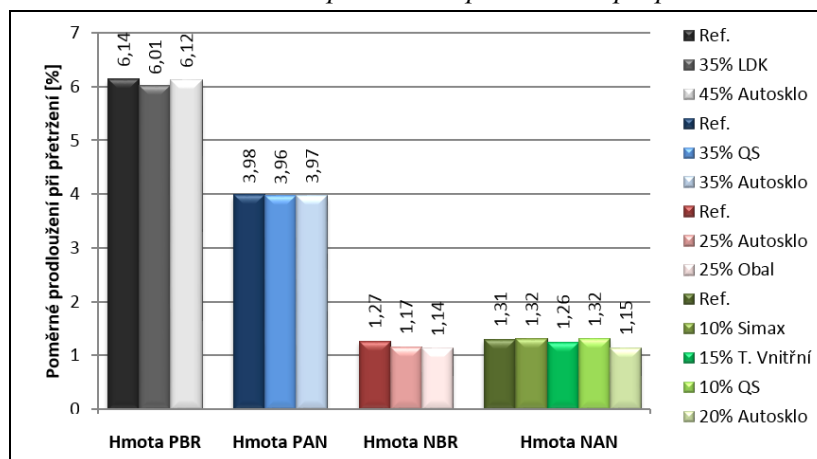
Plnivo Pojivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Auto- sklo	Obal
PBR	25-40	---	---	---	35	---	45	---
PVR	15-25	---	---	---	25	25	---	25
PAN	25-35	---	---	---	---	35	35	---
NBR	10-20	---	---	---	---	---	25	25
NVR	20-30	---	35	35	---	35	35	---
NAN	0-10	10	---	15	---	10	20	---

4.3 VÝSLEDKY ETAPY III - Ověření doplňujících vlastností vybraných materiálů

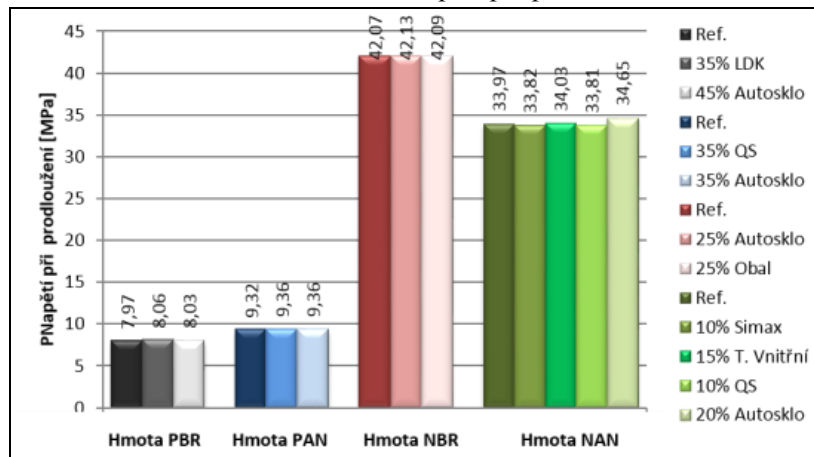
Na směsích, které vyhověly testům prováděným v ETAPĚ II, byly provedeny další doplňkové zkoušky, které ověřily speciální vlastnosti některých vyvíjených hmot.

Po porovnání **prodloužení při přetržení** (ČSN EN ISO 527-1, 527-2) bez-rozpouštědlových hmot lze uvést závislost napětí na poměrném prodloužení, kdy s rostoucím poměrným prodloužením klesá napětí. Plniva nijak výrazně neovlivňují mechanické parametry testovaných hmot, tyto tedy zůstávají stejné nebo velice obdobné jako parametry referenčních srovnávacích hmot. Z výsledků je také vidět, že podlahové hmoty PBR a PAN mají podobnou chemickou bázi, stejně tak NBR a NAN, tedy i jejich hodnoty jsou obdobné.

Obr. 25 – Porovnání poměrného prodloužení při přetržení

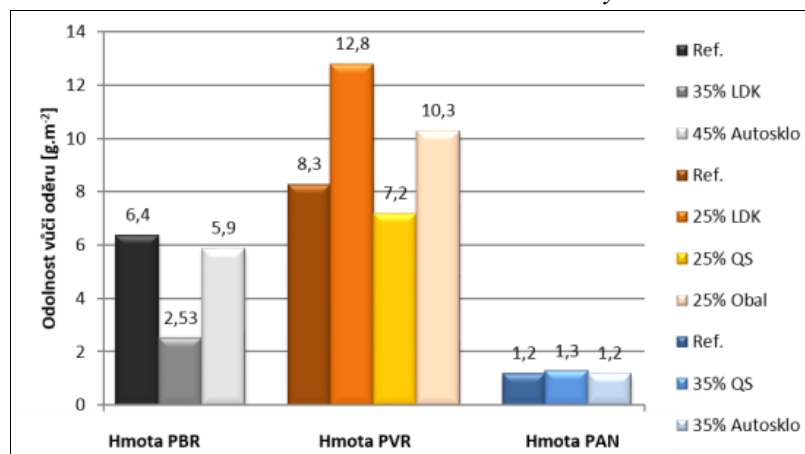


Obr. 26 – Porovnání napětí při prodloužení



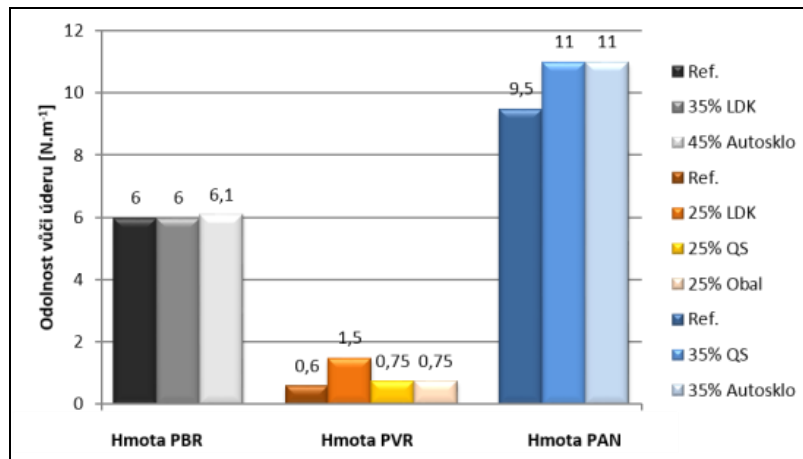
Dále byla stanovena **odolnost vůči oděru** (ČSN EN ISO 11998). Při porovnání dosažených výsledků lze konstatovat, že většina testovaných směsí dosahovala menšího úbytku hmotnosti při oděru, měly tedy lepší vlastnosti než-li směsi srovnávací referenční. Testu nevyhověla hmota PBR s obsahem 35% LDK. Hmota PVR s obsahem 25% QS neměla taktéž absolutně ideální výsledek. Na odolnost vůči oděru a úderu má plnivo významný vliv a to svými mechanickými vlastnostmi, které vnáší do systému.

Obr. 27 – Porovnání odolnosti vůči oděru – úbytek hmotnosti



V testu **odolnosti vůči úderu** (ČSN EN ISO 6272-2) vyhověly všechny vzorky, které dosáhly stejných nebo vyšších hodnot, nežli srovnávací referenční hmoty. Při úderu je důležitá adheze mezi matricí a plnivem, aby vložené napětí bylo efektivně přenášeno na plnivo. Pokud bude adheze příliš slabá, dojde k poruše v mezifázi nebo v matrici. Plnivo by mělo mít lepší mechanické parametry než matrice, aby při zajištění dobré adheze zlepšilo mechanické parametry systému. Taktéž na odolnost vůči úderu má plnivo významný vliv a to svými mechanickými vlastnostmi, které vnáší do systému.

Obr. 28 – Porovnání odolnost vůči úderu



Poslední sledovanou vlastností v rámci prováděných doplňkových testů byla **antibakteriální aktivita** (ČSN EN ISO 20645). Zde byl sledován růst bakterií pod vzorkem hmoty PAN s obsahem 35% QS a PAN s obsahem 35% autoskla. Výsledky byly porovnány s růstem bakterií u referenční srovnávací hmoty a referenční srovnávací hmoty bez přídavku antibakteriálního činidla. Na antibakteriální efekt podlahového systému má zásadní vliv typ a dávkování antibakteriálního aditiva, které však zůstává tajemstvím a know - how výrobní společnosti. Vliv obsahu plniva - druhotné suroviny na antibakteriální účinek epoxidového materiálu nebyl prokázán. U všech testovaných směsí byla vlastní účinnost aditiva zachována, avšak účinnost celého systému může být ovlivněna vhodností matrice, jakožto růstového média.

Po této zkoušce lze tedy konstatovat, že obsah plniva vzniklého z odpadního skla nemá na antibakteriální účinek žádný vliv.

Tab. 4 – Antibakteriální aktivita hmoty PAN

Plnivo	Ref.	QS	Autosklo
Ukazatel			
Růst bakterií	Žádný	Žádný	Žádný
Hodnocení	Dobrý efekt	Dobrý efekt	Dobrý efekt

V návaznosti na výše uvedené byly jako nejlepší vybrány hmoty, které dosahovaly dobrých výsledků ve srovnání s referenčními srovnávacími hmotami a to ve všech parametrech a co nejvyšším plněním:

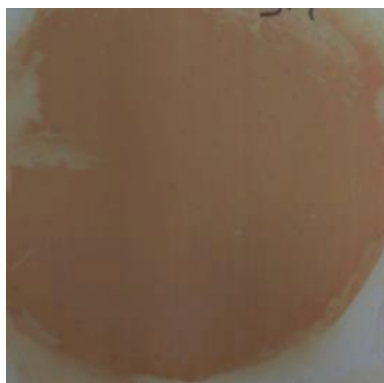
Tab. 5 - Výběr nejlepších směsí s max. vyhovujícím plněním [%]

Plnivo	Ref.	Simax	T. vnější	T. vnitřní	LDK	QS	Auto-sklo	Obal
PBR	25-40	---	---	---	35	---	45	---
PVR	15-25	---	---	---	---	25	---	---
PAN	25-35	---	---	---	---	---	35	---
NBR	10-20	---	---	---	---	---	25	25
NVR	20-30	---	35	35	---	35	35	---
NAN	0-10	10	---	15	---	10	20	---

4.4 VÝSLEDKY ETAPY IV - Ověření vlivu tvaru částic na chemickou odolnost materiálu

V této etapě byla řešena otázka závislosti chemické odolnosti materiálu na tvaru částic použitého plniva. Pro tento test byla vybrána hmota NBR, jejíž využití je předpokládáno v chemickém průmyslu apod. Hmota byla plněna 25 % stěpů z autoskla a byla srovnávána s plněním 25 % skleněných vloček a 25 % směsi písků ISG (zaoblené částice). Dle teorií získaných z publikovaných článků vytváří hmota plněná skleněnými vločkami lamelovou membránu, která zamezí, nebo alespoň prodlouží dobu průchodu chemikálií polymerní ochrannou hmotou. V rámci tohoto testu byly tyto tři testované receptury vystaveny vlivu H_2SO_4 , HCl , CH_2O_2 a $NaOH$ při 5% a 30% koncentraci a byly hodnoceny po 60, 90 a 120 dnech. U žádné z uvedených receptur nebyla sledována zásadní odchylka. Všechny reagovaly v průběhu času obdobně, často pouze barevnou změnou povrchu. U všech hmot vystavených 30% CH_2O_2 došlo po 120 dnech k absolutnímu zhroucení systému, tedy absolutnímu rozpadu polymeru. Tyto výsledky byly potvrzeny nejen vizuálně, ale taktéž provedením podrobného zkoumání systému pomocí elektronového rastrovacího mikroskopu. Bylo tedy potvrzeno, že využití odpadní látky jako plniva do ochranného materiálu nemá negativní vliv na jeho chemickou odolnost.

Dle vizuálního hodnocení je postup degradace u všech vzorků obdobný. Většina chemikálií s koncentrací 5% nemá zásadní vliv na vzhled hmoty. Hmoty zatížené těmito látkami nevykazují žádné změny, nebo pouze barevné změny, většinou zbarvení do oranžova až červena. Obdobný vliv mají chemikálie při koncentraci 30%, s častějším výskytem barevných změn s výjimkou CH_2O_2 , která po 90 ti dnech způsobuje odlepování hmoty od podkladu a zároveň popraskání, či úplné zhroucení hmoty.



Obr. 29 – Příklad barevné změny hmoty NBR + zaoblené částice vystavené 30% HCl po 90 dní

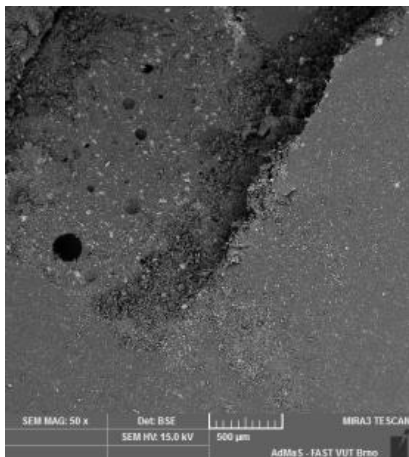


Obr. 30 – Příklad popraskání hmoty NBR + zaoblené částice vystavené 30% CH_2O_2 po 60 dní

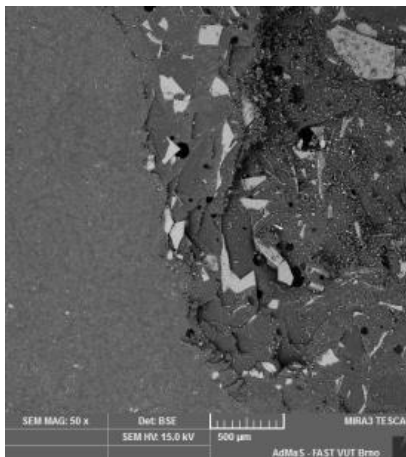


Obr. 31 – Příklad úplného zhroucení hmoty NBR + stěpy vystaveného 30% CH_2O_2 po 120 dní

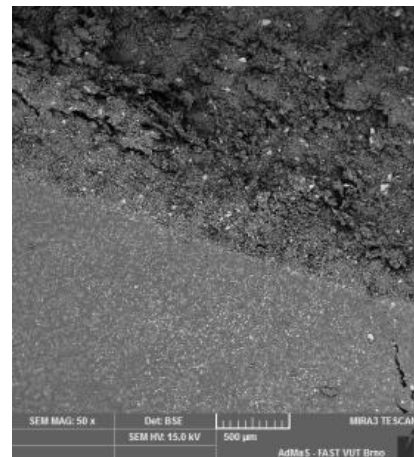
Hmoty, které byly poškozeny vlivem CH_2O_2 a došlo u nich k úplnému zhroucení systému (hodnocení 5), byly dále zkoumány pomocí rastrovacího elektronového mikroskopu (REM). Na snímcích REM je vidět, že vzorky nevystavené působení chemikálií mají ve stáří 120 dní hladký ucelený povrch bez známek jakéhokoli porušení, vč. barevných změn. Na hraně lomu vzorku způsobeného jeho odběrem je vidět, že zrna plniva jsou plně obalena polymerem.



Obr. 32 – REM snímek ref. hmoty NBR + zaoblené částice bez zatížení chemikálií – zvětšení 50x

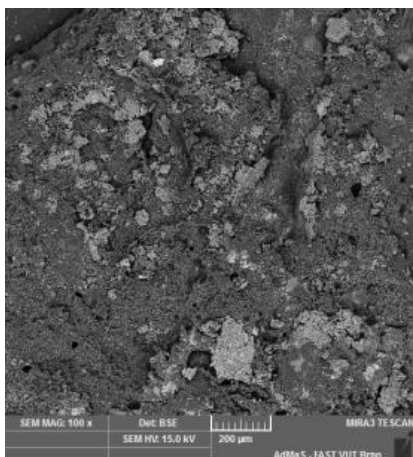


Obr. 33 – REM snímek ref. hmoty NBR + skleněné vločky bez zatížení chemikálií – zvětšení 50x

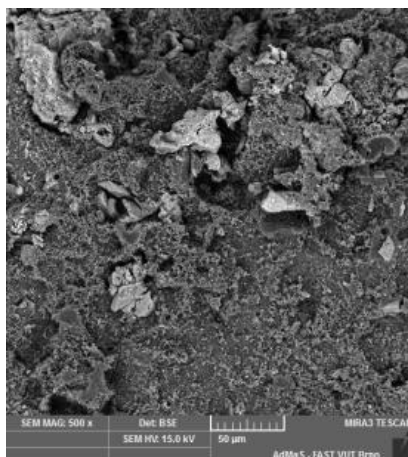


Obr. 34 – REM snímek ref. hmoty NBR + střepy bez zatížení chemikálií – zvětšení 50x

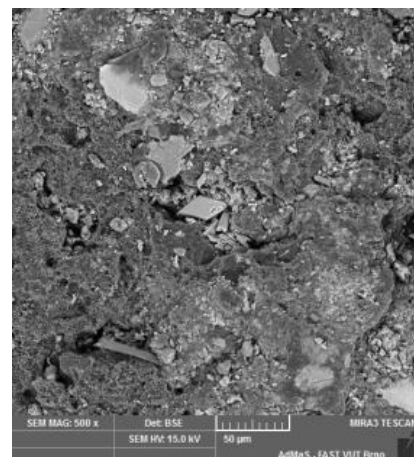
Struktura hmoty NBR plněná zaoblenými částicemi je po 90 dnech částečně narušena, s odhalenými zrny a odlupování hmoty od povrchu. Po 120 dnech je hmota plně narušena, zrna plniva jsou polámana a obnažena. Dochází k degradaci systému a narušení zesíťování (depolymerizaci) polymeru.



Obr. 35 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, H_2O_2 90dni – zvětšení 100x

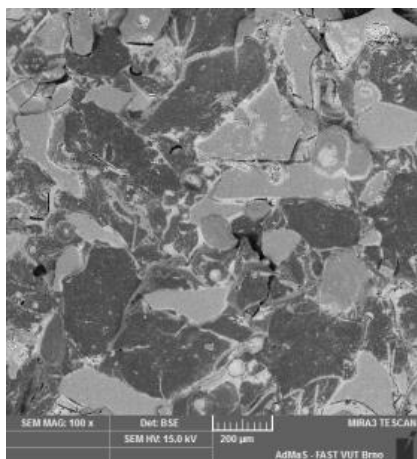


Obr. 36 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, H_2O_2 90dni – zvětšení 500x



Obr. 37 – REM snímek hmoty NBR + zaoblené částice, H_2O_2 120dni – zvětšení 500x

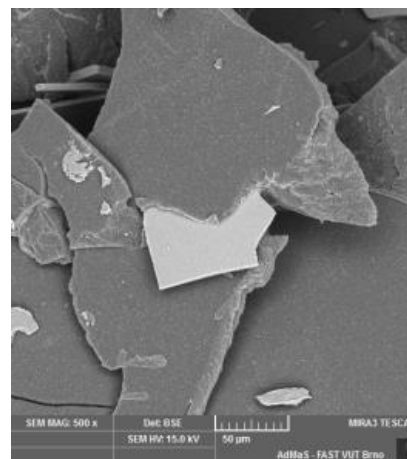
Hmota NBR plněná skleněnými vločkami je po 90 dnech taktéž částečně narušena, polymerní matrice postupně praská a odděluje se od hran skleněných vloček, přičemž tyto stále zůstávají pokryty tenkou vrstvou polymeru, nejsou zcela obnažena. Po 120 dnech je hmota plně narušena, vločky vystupují z lamelové struktury, která je porušena a zrna plniva jsou polámana a obnažena. Povrch je rozpadlý na malé kousky, přičemž jsou zrna plniva viditelná i bez využití mikroskopu - pouhým okem.



Obr. 38 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 90dní – zvětšení 100x

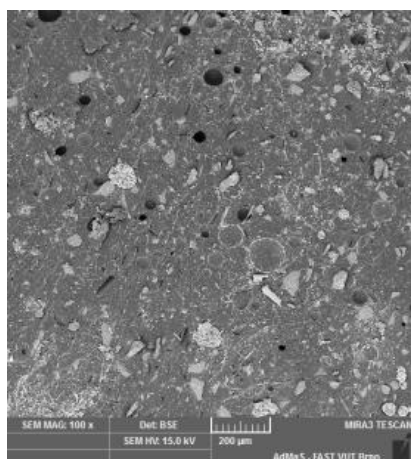


Obr. 39 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 90dní – zvětšení 500x

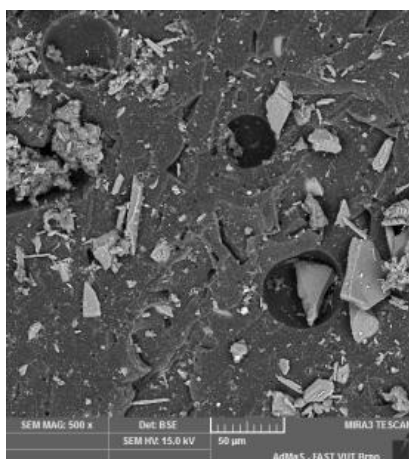


Obr. 40 – REM snímek hmoty NBR + skleněné vločky, HC_2O_2 120dní – zvětšení 500x

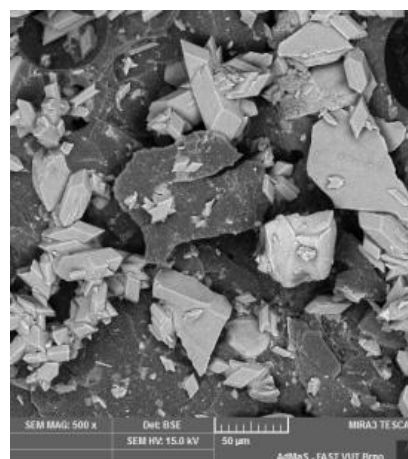
Poslední z testovaných, hmota NBR plněná střepy autoskla vykazuje po 90 dnech zatížení CH_2O_2 částečné narušení. Hmota je odštěpena od povrchu podkladu ve větších kusech. Polymerní matrice postupně praská a částečně z ní vystupují zrna plniva, která jsou jí však stále pokryta. Po 120 dnech dochází k plnému narušení systému.



Obr. 41 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC_2O_2 90dní – zvětšení 100x



Obr. 42 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC_2O_2 90dní – zvětšení 500x



Obr. 43 – REM snímek hmoty NBR + střepy, HC_2O_2 120dní – zvětšení 500x

Tvar zrn má zásadní vliv na způsob rozkladu (destrukce) celého polymerního systému, tzn., buď dochází k rozkladu hmoty v podobě šupinek či k naprosté destrukci hmoty v podobě prachu. Na druhé straně tvar zrn neovlivňuje stupeň a rychlost degradace polymerní hmoty.

Jako první signál chemické degradace polymeru byla při tomto testu pozorována především ztráta pevnosti, lesku, barvy a tvaru, přičemž dle teoretických poznatků docházelo nejpravděpodobněji k defragmentaci řetězce polymerů (stovek a tisíců atomů v řetězci) na oligomery (desítky atomů v řetězci) a tím k depolymerizaci celého systému testované hmoty.

Velmi pomalá depolymerizace se v polymerech vyskytuje po celou dobu jejich života a nazýváme ji stárnutí polymeru. Procesu depolymerace se pozitivně využívá například při recyklaci plastů. Současné trendy vedou k vývoji polymerů, které za určitých podmínek podléhají biodegradaci. Usnadňuje se tak jejich recyklace a nezatěžují po odsloužení tolik životní prostředí.

Rychlost degradace polymeru závisí na mnoha faktorech. Nejvýznamnějšími z nich jsou:

Velikost molekuly působící chemikálie

Teplota působící chemikálie

Koncentrace působící chemikálie

Čím menší je molekula působící chemikálie, tím agresivněji působí. Menší molekula snadněji difunduje do struktury polymeru a napadá jej. Se zvyšující se teplotou klesá chemická odolnost polymerů. Například trvalá zátěž vodou o teplotě 80 °C je pro většinu nátěrových hmot velmi náročná chemicko-tepelná zátěž, i pokud je jejich T_g (teplota skelného přechodu) nad 110 °C a voda není obecně vnímána jako agresivní médium.

Obecně lze říci, že čím lépe je polymer zesíťovaný, tím lepší je jeho chemická odolnost. V rámci této disertační práce byl potvrzen noremní požadavek stanovení chemické odolnosti daného polymeru při dané teplotě vůči určité chemikálii pouze na základě testů, neboť je nelze závazně teoreticky predikovat. Degradací procesy jsou často velmi nevyzpytatelné.

Jako primární plnivo se v dnešní době používají klasické křemičité písky, směsi křemičitých písků, sklářské písky nebo uměle vyráběná plniva např. skleněné vločky, jejichž cena není zcela příznivá. Druhotné suroviny, které byly v této práci zkoušeny, mají obdobné složení jako konvenční plniva. Ceny těch, jejichž použití bylo ověřeno v této disertační práci, jsou uvedeny v následující Tab. 56, spolu s cenami primárních plniv při odběru minimálního množství 1 tuny. Ceny jsou uvedeny za množství 1 kg bez DPH. Ceny u skelného recyklátu ze solárních panelů jsou orientační, protože prodej tohoto odpadního skla je zatím v České republice ve svých počátcích.

Tab. 6 – Ceny plniv

Druh plniva	Materiál	Cena [Kč bez DPH za 1kg]
Klasická plniva	Směs křemičitých písků ISG	3,30
	Skleněné vločky	54,0
Náhrada plniva	Odpad ze skloviny SIMAX	3,0
	Sklo ze solárních panelů trubicových - vnější	2,8
	Sklo ze solárních panelů trubicových - vnitřní	1,3
	Sklo ze solárních panelů typu LDK	1,2
	Sklo ze solárních panelů typu QS	0,8
	Autosklo	1,70
	Obalové sklo	1,9

V případě využití výsledků v praxi lze tedy očekávat pozitivní ekonomické zhodnocení pro velké producenty polymerních ochranných systémů s rozsáhlejším portfoliem založeným na bázi alternativní suroviny. Sekundárním výstupem této substituce bude vliv na ekologii, neboť lze očekávat pokles v oblasti skládkování a nakládání s odpady a také těžby nutných surovin. Při poklesu ceny výsledného produktu lze očekávat i její snazší prosazení na trhu vůči méně ekologicky vhodným postupům.

Při porovnání cenové výhodnosti náhrady plniva odpadním materiálem jsou jako nejlevnější tyto vyvinuté hmoty:

Tab. 7 – Nejlevnější receptury podlahových hmot

Pojivo	Plnění [%]	Plnivo	Srovnání plnění s ref. hmotou
PBR	35	LDK	stejně
PVR	25	QS	stejně
PAN	35	Autosklo	stejně

Tab. 8 – Nejlevnější receptury nátěrových hmot

Pojivo	Plnění [%]	Plnivo	Srovnání plnění s ref. hmotou
NBR	25	Autosklo	vyšší min. o 5 %
NVR	35	QS	vyšší min. o 5 %
NAN	10	QS	stejně

5 ZÁVĚR

V rámci této disertační práce byly vyvíjeny progresivní ochranné systémy na vodorovné betonové konstrukce, které byly modifikovány druhotnými surovinami jakožto plnivy, s cílem nalezení nejlepších receptur, které najdou své uplatnění v různých provozech nejen ve stavebnictví. Důležitým prvotním krokem pro celou práci byla volba vstupních pojivových materiálů a výběr nejvhodnějších odpadních látek, které by byly díky svým vlastnostem vhodnými substituenty běžného plniva.

Navržené receptury a následně výsledky získané ve všech etapách práce prokázaly možnost náhrady běžných plniv v šesti zkoumaných materiálech běžné produkce. Tyto materiály je možné využít pro ochranu, ale také opravy a sanaci betonových konstrukcí, neboť tvoří komplexní spektrum podlahových a nátěrových materiálů.

Vývoj nových polymerních ochranných hmot plněných odpadními materiály s sebou přináší nejen aspekty ekologické, ale také ekonomické. Běžně dostupná, konvenční plniva jsou těžené přírodní suroviny či průmyslově vyráběná a proto je jejich cena v porovnání s druhotnými surovinami velmi vysoká. Tato práce poukazuje na výhodné využití odpadních materiálů, což se jeví jedinou možností zlevňování výrobků. Plniva z druhotných surovin jsou ideální možností pro zlevnění výrobku, ale také možností pro zlepšení výsledných vlastností produktu díky jejich kvalitě a velkému obsahu SiO₂.

Na základě výsledků této práce lze konstatovat, že je možné úspěšně modifikovat složení polymerních hmot použitými druhotnými surovinami za předpokladu zachování či zvýšení jejich vlastností.

PŘÍNOS PRO VĚDNÍ OBOR A PRAXI

Hlavními přínosy této disertační práce a výzkumu v rámci ní prováděného mají význam pro obor odpadového hospodářství, ale také pro producenty odpadu a výrobce polymerních hmot. Tyto lze také považovat za podstatně výhodné pro rozvoj vědního oboru. Jedná se především o:

- V rámci výzkumných prací byly navržené receptury polymerních hmot nejen s ochrannou funkcí, plněné druhotnými surovinami na vodorovné konstrukce. Tyto hmoty jsou použitelné správkové hmoty, průmyslové podlahy, ochranné a izolační povlaky, chemicky odolné materiály, ale také jako zdravotně nezávadné hmoty do tzv. hygienicky čistých provozů atd. U výsledných receptur, bylo ověřeno, že jsou využitelné stejným způsobem, jako hmoty komerčně vyráběné a to při stejných, nebo lepších vlastnostech. Pro výrobce takovýchto hmot je zřetelný výrazný pokles výrobních nákladů díky substituci běžných plniv druhotnými surovinami, což souvisí se zvýšením zisku z prodeje.

- Byl zkoumán vliv tvaru částic na chemickou odolnost polymerního nátěru. Bylo zjištěno, že tvar zrn získaný při drcení odpadního skla (střepey) nemá výrazně horší vliv na chemickou odolnost, ale hmota plněná takovými střepey reaguje na chemické prostředí stejným způsobem a ve stejném časovém horizontu jako hmota komerčně vyráběná a to ať už plněná skleněnými vločkami či směsí křemičitých písků ISG.
- Na základě provedených testů dle platné legislativy bylo ověřeno a potvrzeno výhodné využití druhotných surovin jako plniv do polymerních hmot. Jako nejvhodnější odpadní suroviny pro další využití do ochranných polymerních systémů byly vybrány odpady na bázi skla - autosklo, obalové sklo, sklo z některých typů solárních panelů a odpad z výroby skloviny simax. Omezení nutnosti skládkování takovýchto odpadů znamená pro producenty těchto odpadů především snížení nákladů spojených s jejich uložením na skládku a naopak může přinést zisk za jejich prodej případnému zpracovateli.
- Průkaz snížení ekologické zátěže související s novou výstavbou a rekonstrukcemi, opravami konstrukcí díky využití nově vzniklých hmot. Využití průmyslových odpadních materiálů jako plniva v polymerních ochranných hmotách se jeví být velkým přínosem pro životní prostředí. Úspora neobnovitelných přírodních zdrojů a využití druhotných surovin znamenají správný krok vedoucí k nutnému zlepšení ekologických podmínek a jsou dobrým příslibem zkvalitnění životního prostředí pro budoucí generace.
- Zohlednění ekonomické výhodnosti, tedy snížení výrobní ceny produktu, by mohlo do budoucna vést k vyšší dostupnosti takovýchto materiálů pro širší škálu zákazníků.
- Jelikož tato disertační práce vznikala za podpory projektů TAČR TA01011034 „Výzkum možností využití druhotných surovin jako plniv do progresivních vícevrstevných podlahových a nátěrových systémů“ a TAČR TA04010425 „Komplexní systém speciálních správkových hmot s využitím druhotných surovin pro průmyslové provozy“, lze za její praktický přínos považovat využití získaných výsledků jako podkladů pro případnou komerční výrobu ochranných polymerních hmot plněných průmyslovými odpadními materiály, která je již v jednání s firmou Lena Chemical s.r.o.
- Posledním zcela samozřejmým přínosem je publikace řady odborných článků o tématu disertační práce, a tím rozšíření získaných informací a dosažených výsledků mezi odbornou veřejnost, které mohou ve výsledku podpořit používání těchto materiálů a jejich další výzkum a vývoj.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] V. LIDAŘÍK, M. A KOLEKTIV; *Epoxidové pryskyřice*, SNTL, Praha 1983.
- [2] WHELAN, T. *Polymer Technology Dictionary*, London, 199, ISBN 0412581809, p. 135
136
- [3] SALAMONE, J. C. *Polymeric materials eyclopedia*, USA, 1998. 1760p. ISBN 0-8493-2470-X
- [4] MLEZIVA, J., ŠŇUPÁREK, J. *Polymery - výroba, struktura, vlastnosti a použití*, 2. přepracované vydání, Sobotáles, Praha, 2000. 537 p. ISBN 80-85920-72
- [5] MAŠÍČKOVÁ, I. *Použití sekundárních surovin jako plniv v polymerních nátěrových hmotách*, Diplomová práce na VUT v Brně, FAST, ÚTHD, Brno, 2003.
- [6] PYTLÍK, P. *Ekologie ve stavebnictví*, Svaz podnikatelů ve stavebnictví v ČR, Praha, 1997. 136 p. ISBN 80-85380-38-2.
- [7] JANČÁŘ, J. *Úvod do materiálového inženýrství polymerních kompozitů*, FCH VUT v Brně, 2003
- [8] VYHNÁNKOVÁ, M. *Testování účinnosti antibakteriálních přípravků na bázi Ag pro aplikace v polyuretanových a epoxidových systémech*. Brno, 2008. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta chemická. Ústav chemie materiálů.
- [9] DAVIS., J. R. *ASM Material Engineering Dictionary*, USA, 2006, ISBN 0-87170-447-1, p. 185 – 188.
- [10] BAGHERI, G. H., BONADONNA, C., MANZELLA, I., VONLANTHEN, P. *On the characterization of size and shape of irregular particles*, Powder Technology, vol. 270, 2015, p. 141 – 153
- [11] GONZÁLEZ-GUZMÁN, J., SANTANA, J. J., GONZÁLEZ, S., SOUTO, R. M. *Resistance of metallic substrates protected by an organic coating containing glass flakes*, Progress in Organic Coatings, vol. 68, 2010, p. 240 – 243
- [12] DROCHYTKA, R., DOHNÁLEK, J., BYDŽOVSKÝ, J., PUMPR, V., DUFKA, A., DOHNÁLEK, P., *Technické podmínky pro sanace betonových konstrukcí TP CCBK III*, Sdružení pro sanace betonových konstrukcí, Blansko, 2012. ISBN 978-80-260-2210-7.
- [13] Zákon č. 22/1997 Sb., *Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů*, 1997

7 CURRICULUM VITAE

Osobní údaje:

Jméno a příjmení:	Jana Hodná
Datum a místo narození:	11. 06. 1984, Olomouc
Stav:	vdaná
Trvalé bydliště:	Potácelova 3851/81, 636 00 Brno

Dosažené vzdělání:

2008–dosud	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, doktorský studijní program, Obor: Fyzikální a stavebně materiálové inženýrství, Státní doktorská zkouška absolvována 30. 5. 2011
2003–2008	Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Obor: Stavebně materiálové inženýrství, získán titul inženýr

1999–2003 Střední průmyslová škola stavební Uničov

Pracovní zkušenosti:

2014–dosud Vysoké učení technické v Brně, Centrum transferu technologií, komercializace technologií
2011–dosud Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, technik pro vědu a výzkum
8//2008–12/2009 Národní stavební centrum s.r.o., Odborný pracovník, příprava vzdělávacích kurzů

Publikační činnost:

- [1] ŠNIRCH, Z.; DUFKA, A.; HODNÁ, J. Molar ratio and polymer modification influence to water glass coatings matrix basic properties. In *Maltoviny 2015*. Brno: VUT v Brně, 2015. p. 47-48. ISBN: 978-80-214-5294- 7.
- [2] HODNÁ, J.; PETRÁNEK, V.; DOHNÁLKOVÁ, B. Verification of the Possibility of the use of Secondary Raw Materials of Tubular Solar Panels as Fillers of Polymer Industrial Floors. In *CMME 2014 - Abstract, Applied Mechanics and Materials*. 1. Švýcarsko, Trans Tech Publication. 2015. p. 58 - 62. ISBN 978-3-03835-385-0, ISSN 1662-7482.
- [3] ŠNIRCH, Z.; DUFKA, A.; HODNÁ, J. Molar ratio and polymer modification influence to water glass coatings matrix basic properties. In *Maltoviny 2015*. 1. Brno, VUT v Brně. 2015. p. 47 - 47. ISBN 978-80-214-5294-7.
- [4] HODNÁ, J.; DROCHYTKA, R.; VYHNÁNKOVÁ, M. Study of Mechanical Properties of Protective Materials Using Waste Raw Materials. In *Proceedings of IASTEM Interantional conference*. Bhubaneswar, Indie, R. K Printers. 2015. p. 8 - 122. ISBN 978-93-85832-36-9.
- [5] HODNÁ, J.; DOHNÁLKOVÁ, B.; PETRÁNEK, V.; DROCHYTKA, R. Environmental Limits of Using Newly Developed Progressive Polymer Protection and Repair Systems. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2015. 9 (2015)(9). p. 1 - 4. ISSN 1307-6892.
- [6] HODUL, J.; DROCHYTKA, R.; DOHNÁLKOVÁ, B.; HODNÁ, J. Experimental verification of utilization of solidification product containing galvanic neutralisation sludges in building industry. *Waste forum*. 2015. 2015(4). p. 181 - 191. ISSN 1804-0195.
- [7] DOHNÁLKOVÁ, B.; HODUL, J.; DROCHYTKA, R.; HODNÁ, J. New evaluation methodology for solidification product durability assessment. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2014. 8(6). p. 448 - 452. ISSN 1307-6892.
- [8] TUPÝ, M.; PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Development of Resistant Coating Systems Based on Polymer Binders. In *Binders and Materials XI, Advanced Materials Research*. 11. Switzerland, Trans Tech Publications. 2014. p. 262 - 265. ISBN 978-3-03835-026-2, ISSN 1022-6680.
- [9] KOSÍKOVÁ, J.; DOHNÁLKOVÁ, B.; VYHNÁNKOVÁ, M. Polymer industrial floors - the possibility of using secondary raw materials from solar panels. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 2014. 8(6). p. 482 - 485. ISSN 1307-6892.
- [10] HODNÁ, J.; DUFKA, A.; PETRÁNEK, V. Secondary raw materials of solar panels and their use in materials engineering. In *Binders, Materials and Technologies in Modern Construction*. 2014. p. 1 - 4. ISBN 978-3-03835-452-9.
- [11] HODNÁ, J.; VYHNÁNKOVÁ, M.; PETRÁNEK, V. Research into the possibilities of using waste materials in newly developed industrial polymer floorings. *Advanced Materials Research*. 2013. 2014(864-867). p. 597 - 600. ISSN 1022-6680.
- [12] KOSÍKOVÁ, J.; VYHNÁNKOVÁ, M. VÝZKUM MOŽNOSTÍ VYUŽITÍ ODPADNÍCH MATERIÁLŮ DO NOVĚ VYVÍJENÝCH POLYMERNÍCH PRŮMYSLŮVÝCH PODLAH. In *Sborník anotací konference Juniorstav 2013*. Brno. 2013. p. 1 - 7. ISBN 978-80-214-4669-4.

- [13] DIEDERICHS, U.; PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. FOUNDATIONS OF WIND ENERGY CONVERTERS – CONCRETE TECHNOLOGY, DAMAGES AND REPAIR. *Sanace betonových konstrukcí*. 2012. 2012(1). p. 192 - 200. ISSN 1211-3700.
- [14] ŤAŽKÝ, T.; NOVOSAD, P.; KOSÍKOVÁ, J. New trends in using SCC concrete – from rail bed to architectural concrete. In *Young scientist 2013*. Herľany. 2013. p. 1 - 10. ISBN 978-80-553-1305-4.
- [15] DUFKA, A.; KOSÍKOVÁ, J.; MÉSZÁROSOVÁ, L. The use of Geopolymers in Rehabilitation of Reinforced Concrete structures. *Advanced Materials Research*. 2013. 785-786(09). p. 224 - 230. ISSN 1022-6680.
- [16] KOSÍKOVÁ, J.; VYHNÁNKOVÁ, M. *Basic characteristics of an appropriate waste fillers for solvent free and water-borne industrial polymer floors and their utilization*. Civil Engineering, Abstracts 3rd Annual International Conference on Civil Engineering. Athény, Řecko, Athens Institute for Education and Research. 2013. p. 29 - 29. ISBN 978-960-9549-58-5.
- [17] DUFKA, A.; MÉSZÁROSOVÁ, L.; KOSÍKOVÁ, J. Importance of Physico-Chemical Methods in evaluating the State of building Structures and design of their Redevelopment. *Applied Mechanics and Materials*. 2013. 409-410(09). p. 355 - 360. ISSN 1660-9336.
- [18] SOTIRIADIS, K.; KOSÍKOVÁ, J.; PETRÁNEK, V.; TSIVILIS, S. Long Term Behaviour of Portland Limestone Cement Concrete Exposed to Combined Chloride and Sulfate Environment. The Effect of Limestone Content and Mineral Admixtures. *Advanced Materials Research*. 2013. 2013(688). p. 185 - 192. ISSN 1022-6680.
- [19] PETRÁNEK, V.; TUPÝ, M.; KOSÍKOVÁ, J.; TESAR, F. Využití druhotných materiálů pro výrobu vícevrstevných podlahových systémů. In *Construction materilas*. 1. Nitra, Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre. 2013. p. 196 - 201. ISBN 978-80-552-1031-5.
- [20] SOTIRIADIS, K.; TSIVILIS, S.; PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Long Term Behaviour of Portland Limestone Cement Concrete Exposed to Combined Chloride and Sulfate Environment. The Effect of Limestone Content and Mineral Admixtures. In *Proceedings of the Conference on the Rehabilitation and Reconstruction of Buildings CRRB 2012, Advanced Materials Research (online)*. Trans teck Publications. Switzerland. 2013. p. 185 - 192. ISBN 978-3-03785-679-6, ISSN 1662-8985.
- [21] NAVRÁTILOVÁ, E.; ROVNANÍKOVÁ, P.; SOKOLÁŘ, R.; KOSÍKOVÁ, J. POSOUZENÍ PUCOLÁNOVÉ AKTIVITY CIHELNÉHO STŘEPU V ZÁVISLOSTI NA TEPLOTĚ VÝPALU A DRUHU CIHLÁŘSKÉ ZEMINY. *Keramický zpravodaj*. 2012. 28(6). p. 11 - 18. ISSN 1210-2520.
- [22] SOTIRIADIS, K.; KOSÍKOVÁ, J.; PETRÁNEK, V. LONG TERM EXPOSURE OF PORTLAND LIMESTONE CEMENT CONCRETE, CONTAINING OR NOT MINERAL ADMIXTURES, IN COMBINED CHLORIDE AND SULFATE ENVIRONMENT. In *Proceedings of the Conference on the Rehabilitation and Reconstruction of Buildings CRRB 2012*. Brno, VUT v Brně. 2012. p. 96 - 105. ISBN 978-80-214-4657-1.
- [23] PETRÁNEK, V.; NEVRÍVOVÁ, L.; KOSÍKOVÁ, J. PROJEKTY SPOLUFINANCOVANÉ EVROPSKÝMI STRUKTURÁLNÍMI FONDY ZKVALITŇUJÍ VÝUKU I VÝZKUM NA OBORU STAVEBNĚ MATERIÁLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ. In *Zborník príspevkov z XVIII. mezinárodnej konferencie CONSTRUMAT 2012*. 2012. p. 142 - 148. ISBN 978-80-554-0528-5.
- [24] DIEDERICHS, U.; PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. FOUNDATIONS OF WIND ENERGY CONVERTERS – CONCRETE TECHNOLOGY, DAMAGES AND REPAIR. *Sanace betonových konstrukcí*. 2012. 2012(1). p. 192 - 200. ISSN 1211-3700.
- [25] VYHNÁNKOVÁ, M.; PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Problematika podlah odvádějících elektrostatický náboj z jejich povrchu. In *JUNIORSTAV 2012, Sborník anotací*. Brno, Vysoké učení technické Brno. 2012. p. 1 - 5. ISBN 978-80-214-4393-8.
- [26] DUFKA, A.; KOSÍKOVÁ, J.; MÉSZÁROSOVÁ, L.; LIŠKA, M. Analysis of the possibility of using geopolymers as a matrix in sprayed concretes used under extreme

- conditions. *Applied Mechanics and Materials*. 2012. 253-255(2013). p. 576 - 582. ISSN 1660-9336.
- [27] VYHNÁNKOVÁ, M.; PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. PROBLEMATIKA PODLAH ODVÁDĚJÍCÍCH ELEKTROSTATICÝ NÁBOJ Z JEJICH POVRCHU. In *Podlahy a povrchové úpravy 2012*. Praha. 2011. p. 77 - 81. ISBN 978-80-260-0166-9.
- [28] KOSÍKOVÁ, J.; PETRÁNEK, V.; DROCHYTKA, R.; MÉSZÁROSOVÁ, L. Průmyslový tepelně izolační systém na silikátové bázi. In *Sborník anotací*. Brno. 2011. p. 295 - 301. ISBN 978-80-214-4232-0.
- [29] KOSÍKOVÁ, J. Využití metody infračervené spektroskopie pro ověření trvanlivosti a odolnosti ochranných nátěrových hmot na beton. In *Sborník anotací*. Brno. 2011. p. 295 - 300. ISBN 978-80-214-4232-0.
- [30] ZACH, J.; HROUDOVÁ, J.; PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J.; KORJENIC, A. Investigation of Thermal Insulation Materials Based on Easy Renewable Row Materials from Agriculture. *Advanced Materials Research*. 2011. 2011(335-336). p. 1412 - 1417. ISSN 1022-6680.
- [31] KOSÍKOVÁ, J.; VYHNÁNKOVÁ, M. Characteristics of the basic characteristics of an appropriate waste fillers for solvent free and water-borne industrial polymer floors. In *WTA Schriftenreihe*. Brno, CERM Brno. 2011. p. 346 - 354. ISBN 978-3-937066-21-9.
- [32] VYHNÁNKOVÁ, M.; PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Problematika navrhování a realizace podlahových souvrství přemostujících trhliny. In *Sborník přednášek, Sanace betonových konstrukcí*. Brno, Nosova tiskárna. 2011. p. 123 - 127. ISSN 1211-3700.
- [33] KOSÍKOVÁ, J.; PETRÁNEK, V. Historie vápenictví - Berlova vápenka. In *sborník Maltoviny 2010*. 2010. p. 1 - 4. ISBN 978-80-214-4204-7.
- [34] KOSÍKOVÁ, J. Polymerní látky - ověření degradace infračervenou spektroskopií. In *Sborník anotací Juniorstav 2010*. Brno, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2010. p. 295 - 298. ISBN 978-80-214-4042-5.
- [35] TARANZA, L.; KOSÍKOVÁ, J.; PETRÁNEK, V.; CHLACHULOVÁ, L. VLIV POUŽITÝCH ODPADNÍCH SUROVIN NA FYZIKÁLNĚ MECHANICKÉ VLASTNOSTI HYDROIZOLAČNÍCH STĚREK. *Sanace betonových konstrukcí*. 2010. 2010(1). p. 386 - 392. ISSN 1211-3700.
- [36] PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Use of Modified Epoxy with Waste Materials as Rehabilitation Material. In *10th International Conference Modern Building Materials, Structures and Techniques*. 1. Vilnius, Litva, VGTU. 2010. p. 245 - 249. ISBN 978-9955-28-593-9.
- [37] PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J.; MICHALCOVÁ, G. Možnosti využití odpadních materiálů do epoxidových sanačních materiálů nášlapných vrstev z betonu. In *Sanace a rekonstrukce staveb 2010*. Brno, VUT v Brně. 2010. p. 113 - 123. ISBN 978-80-02-02273-2.
- [38] KOSÍKOVÁ, J.; PETRÁNEK, V. Odpadní materiály jako alternativa plniva do nášlapných vrstev správkových materiálů pro betonové konstrukce. In *sborník Maltoviny*. Brno, VUT Brno. 2010. p. 1 - 10. ISBN 978-80-214-4204-7.
- [39] PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Problematika stanovení citlivosti obsahu polymerů v cementové matici. In *Sanace a rekonstrukce staveb 2009*. Praha. 2009. p. 244 - 247. ISBN 978-80-02-02190-2.
- [40] PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Monitoring of UV radiation influence on PVC. In *XII. International Scientific Conference, section 5 - Building Materials Engineering*. Brno, brno university of Technology. 2009. p. 135 - 138. ISBN 978-80-7204-629-4.
- [41] PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J.; MICHALCOVÁ, G. Trvanlivost správkových materiálů na polymerní bázi využívající odpady jako plniva. In *sanace 2009, Sanace betonových konstrukcí*. 2009. p. 416 - 422. ISSN 1211-3700.
- [42] PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Zhodnocení citlivosti infračervené spektroskopie při měření spekter polymerů v silikátových materiálech. In *Sborník článků Juniorstav - CD*. Brno. 2009. p. 114 - 117. ISBN 978-80-214-3995-5.

- [43] KOSÍKOVÁ, J. Využití infračervené spektroskopie při zjišťování chemického složení stavebních látek. In *Sborník anotací konference JUNIORSTAV 2009*. Brno, Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. 2009. p. 1 - 7. ISBN 978-80-214-3810-1.
- [44] PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Infrared spectroscopy for determination degradation of polymers. *Sovremennyj Naučnyj věstnik*. 2008. 2008(12). p. 65 - 71. ISSN 1561-6886.
- [45] PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Infrared spectroscopy for determination degradation of polymers. In *PERSPEKTYWICZNE OPRACOWANIA NAUKI I TECHNIKI - 2008*. Przemysl, Polsko, Sp. z o.o. Nauka i studia. 2008. p. 65 - 71. ISBN 978-966-8736-05-6.
- [46] PETRÁNEK, V.; KOSÍKOVÁ, J. Analýza materiálů pomocí Infračervené spektroskopie. In *Maltoviny 2008*. Brno, VUT FAST. 2008. p. 85 - 89. ISBN 978-80-214-3772-2.

ABSTRACT

Large amount of different types of industrial wastes are still not re-use as secondary raw materials in industry. The work deals with finding a new way how to use secondary raw materials, especially the possibilities of using recycled glass from different sources as a fillers in the polymer protective materials development for horizontal structures. The main task of this work is to develop a material with the desired physic - mechanical properties and further verifying the influence of particle shape on their chemical resistance. Result of this work will find advanced protective materials using secondary raw materials as alternatives to be in terms of economic and ecological efficiency replacement for conventional products.