

MECHANICKÉ VLASTNOSTI RECYKLOVANÝCH PNEUMATIK VE FORMĚ LEPENÝCH BLOKŮ

Bc. Pavel Polanský

Diplomová práce
2015



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav inženýrství polymerů

akademický rok: 2014/2015

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Pavel Polanský**
Osobní číslo: **T13606**
Studijní program: **N2808 Chemie a technologie materiálů**
Studijní obor: **Inženýrství polymerů**
Forma studia: **kombinovaná**

Téma práce: **MECHANICKÉ VLASTNOSTI RECYKLOVANÝCH
PNEUMATIK VĚ FORMĚ LEPENÝCH BLOKŮ**

Zásady pro vypracování:

1. zpracování teoretického základu problematiky pneumatik jako odpadního materiálu
2. teoretický popis metodiky mechanického namáhání (tah, tlak, přenosový útlum)
3. vliv teploty a vlhkosti na odpadní lepené pneumatiky a popis klimatestu
4. výběr recyklovaných vzorků ve formě plátů o různé tloušťce pro měření mechanických veličin a klimatestů
5. vyhodnocení a diskuse výsledků měřených materiálů

Rozsah diplomové práce:

Rozsah příloh:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

1. SCHEIRS, John. Polymer recycling: science, technology and applications. 1st ed. Chichester: John Wiley, 1998, xii-xx, 591 s. ISBN 0-471-97054-9.
2. GOODSHIP, Vanessa. Introduction to plastics recycling. 2nd ed. Shrewsbury: Smithers Rapra Technology, 2007, iv, 174 s. ISBN 978-1-84735-085-5.
3. MLEZIVA, Josef a Jaromír ŠNUPÁREK. Polymery: výroba, struktura, vlastnosti a použití. 2. přeprac. vyd. Praha: Sobotáles, 2000, 537 s. ISBN 8085920727.
4. DUCHÁČEK, Vratislav. Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Vyd. 3., přeprac. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2011, 276 s. ISBN 978-80-7080-788-0.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Martin Juříčka, Ph.D.

Ústav fyziky a mater. inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

16. ledna 2015


Termín odevzdání diplomové práce:

15. května 2015

Ve Zlíně dne 2. března 2015


doc. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan




Ing. Lubomír Beníček, Ph.D.
ředitel ústavu

Polanský Pavel

IP

Příjmení a jméno:

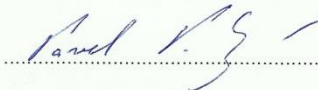
Obor:

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby ¹⁾;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na příslušném ústavu Fakulty technologické UTB ve Zlíně a jeden výtisk bude uložen u vedoucího práce;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3 ²⁾;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 ³⁾ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Ve Zlíně 13. 5. 2015


.....

¹⁾ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47 Zveřejňování závěrečných prací:

(1) Vysoká škola nevydělečně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.

(2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.

(3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

²⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

(3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacímu zařízení (školní dílo).

³⁾ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédne k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Požadavek na opětovné zpracování odpadových materiálů zpět k dennímu užívání v sobě představuje neustálé výzvy k hledání způsobů jak tyto odpadové materiály upotřebit. Jedním z materiálů, které se řadí do každodenní spotřeby společnosti v široké paletě typů a užitnosti patří automobily. Automobil je fenomén moderní doby a téměř v každé rodině je v dnešní době osobní vůz. V současné době jsou automobily závislé na pohonných hmotách a pneumatikách, bez kterých, by jejich existence nebyla vůbec možná. Pneumatiky jsou vyráběny v obrovských kvantech a jejich spotřeba neustále stoupá. S tím vyvstává také otázka, jak se s ojetými pneumatikami vypořádá společnost vůči okolnímu prostředí a přírodě. Existuje několik druhů recyklujících technologií, které jsou funkční, nicméně se stoupající produkcí se stále hledají nové uplatnění těchto recyklátů. V rámci možných využití je nutné sledovat vliv klimatických změn na pevnost těchto recyklátů v jakékoliv formě. S počtem klimatických změn a jejich délkou jsou dány i mechanické vlastnosti takových recyklátů a tím i jejich užitná hodnota.

Klíčová slova: Pneumatiky, recyklát, recyklace, mechanické vlastnosti, pryž, lisování, blok

ABSTRACT

Recycled tires are relatively good feedstock for reintegration into the industrial process or directly as a further step. Number of steps, when another recycled product is made from recycled material after its persistence is theoretically most numerous, but they are different grades given by the material properties of the recycled material in the form of blocks or other typological shapes. Companies that deal with recycled tires rolling-back to the utility of the process should focus its activities in the improvement of material characteristics and also persistence of recycled blocks. The main factors that affect the persistence of such a block, are the climatic conditions in which the recycled material occurs. Number of climate steps which directly affects recycled block, to determine their mechanical properties shows, what we could expect from the prepared "product" to expect when exposed to variations in temperature, pressure or tension. Block of recycled material is connected by individual parts of rubber, adhesive which ensures consistency. Within molding into blocks also arises a certain percentage of micro-porous structure, which is a relatively good performance for certain types absorbing of dynamic energy.

Key words: Tires, recycled material, recycling, mechanical properties, rubber, pressing, block

Chtěl bych poděkovat svému vedoucímu diplomové práce Ing. Martinu Juříčkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a pomoc při problémech souvisejících s touto prací.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Petru Zádrapovi, Ph.D. za ochotu a odbornou pomoc při jedné experimentální zkoušce.

Prohlašuji, že jsem na diplomové práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků, je-li to uvedeno na základě licenční smlouvy, budu uveden jako spoluautor.

Ve Zlíně, 13.5 2015

.....

Podpis studenta

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 TEORIE RECYKLOVÁNÍ	12
1.1.1 Recyklace všeobecně v průmyslu	12
1.1.2 Ekologické faktory	13
1.2 RECYKLACE V AUTOMOBILOVÉM PRŮMYSLU	13
1.2.1 Co recyklovat	13
1.2.2 Potřeba recyklace	15
1.2.2.1 Význam recyklace	16
1.2.2.2 Způsoby recyklace	16
1.2.3 Nakládání s odpady	17
1.2.3.1 Skládání	17
1.2.3.2 Konstrukce a stavba skládky	18
1.2.3.3 Spalování	19
1.2.3.4 Recyklace	20
1.2.4 Složení pneumatiky	22
1.2.5 Opatření pryže	25
1.2.6 Recyklované pneumatiky	26
1.3 METODY RECYKLACE PRYŽÍ – PNEUMATIK	27
1.3.1 Drcení	27
1.3.2 Regenerace	28
1.3.3 Pyrolýza.....	29
1.3.4 Protektorování	29
1.4 SPOTŘEBA PNEUMATIK	30
1.4.1 Množství prodaných pneumatik v EU.....	30
1.4.2 Množství prodaných pneumatik v USA	30
2 METODY MĚŘENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ	32
2.1 MECHANICKÉ VLASTNOSTI	32
2.1.1 Kondicionování vzorků	32
2.1.2 Tahová zkouška.....	33
2.1.3 Tlaková zkouška.....	36
2.1.4 Zkouška oděru	36
2.1.5 Měření hustoty	37
2.1.6 Přenosový útlum.....	37
2.2 VLIV KLIMATU NA PRYŽ	39
2.2.1 Vliv teploty na pryž.....	39
2.2.2 Vliv kyslíku na pryž	40
2.2.3 Vliv únavy na stárnutí pryže	40
2.2.4 Vliv světla a ozonu na stárnutí pryže	41
II PRAKTICKÁ ČÁST	43
3 LABORATORNÍ MĚŘENÍ	44

3.1	MATERIÁLY PRO MĚŘENÍ	44
3.2	MĚŘÍCÍ ZAŘÍZENÍ	45
3.3	PŘÍPRAVA VZORKŮ	45
3.4	HARMONOGRAM MĚŘENÍ	46
3.4.1	Povrchová charakterizace.....	48
3.4.1.1	S1100 7%PU	48
3.4.1.2	SF1150, 8%PU	49
3.4.1.3	S1100 10%PU	51
3.4.1.4	SF1150 11%PU	52
3.5	TAHOVÁ ZKOUŠKA	53
3.5.1	Popis tlakové zkoušky.....	57
3.5.1.1	Vzorek S 1100, 7%PU	57
3.5.1.2	Vzorek SF 1150, 8%PU	61
3.5.1.3	Vzorek S 1100, 10%PU	65
3.5.1.4	Vzorek SF 1150, 11%PU	67
3.5.2	Celkové zhodnocení tahové zkoušky	71
3.5.3	Zhodnocení tahové charakteristiky	73
3.6	TLAKOVÁ ZKOUŠKA.....	73
3.6.1	Popis tlakové zkoušky.....	74
3.6.1.1	Vzorek S 1100, 7 % PU	75
3.6.1.2	Vzorek SF 1150, 8 % PU	75
3.6.1.3	Vzorek S 1100, 10 % PU	76
3.6.1.4	Vzorek SF 1150, 11 % PU	76
3.6.2	Zhodnocení tlakové zkoušky.....	77
3.7	PŘENOSOVÝ ÚTLUM.....	77
3.7.1	Popis zkoušky.....	78
3.7.1.1	Vzorek S1100, 7%PU	78
3.7.1.2	Vzorek SF 1150, 8%PU	83
3.7.1.3	S1100, 10%PU	86
3.7.1.4	SF1150, 11%PU	90
3.7.2	Zhodnocení přenosového útlumu	93
3.8	ZKOUŠKA ODĚRU	94
3.8.1	Vstupní měření zkoušky oděru.....	95
3.8.1.1	Měření po 1 cyklu stárnutí.	96
3.8.1.2	Měření po 2 cyklu stárnutí.	96
3.8.1.3	Měření po 3 cyklu stárnutí.	97
3.8.2	Zhodnocení oděru.....	97
3.9	MĚŘENÍ HUSTOTY	97
3.9.1	S1100, 7%PU	98
3.9.2	SF1150, 8%PU.....	98
3.9.3	S1100, 10%PU.....	99
3.9.4	SF1150, 11%PU.....	99
3.9.5	Zhodnocení hustotní charakteristiky	100
4	VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUSE.....	101
	ZÁVĚR	103
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	105

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	108
SEZNAM OBRÁZKŮ	110
SEZNAM TABULEK.....	112
SEZNAM GRAFŮ	114
SEZNAM PŘÍLOH.....	117

ÚVOD

Recyklované pneumatiky jako takové jsou poměrně zajímavou surovinou pro zpětné začlenění do průmyslového procesu, a v dnešní době přímo jako další užitný materiál k výrobě. Kroků, kdy se z recyklátu po době životnosti vyrobí další recyklát je teoreticky bezpočet, přesto jsou tyto jednotlivé stupně dány materiálovými vlastnosti recyklovaného materiálu ve formě bloků nebo jiných typologických tvarů. Společnosti, které se zabývají zpětným návratem recyklovaných pneumatik do užitého procesu, mají ohnisko své činnosti ve vylepšení materiálových charakteristik současných odpadních směsí a tím pádem i životnosti těchto recyklovaných bloků. V souladu s konkurenceschopností a možností expandovat na mezinárodní trhy mimo ČR, je nutné respektovat klimatické podmínky, ve kterých se tyto recyklované materiály budou užívat. Mezi hlavní činitele, které ovlivní životnost takového bloku, jsou klimatické podmínky spojené s konkrétní aplikací, ve které se recyklát vyskytuje. Počet klimatických kroků, které přímo ovlivní recyklovaný blok, pro zjištění svých mechanických vlastností ukazuje, co od takto připraveného „výrobku“ očekávat při vystavení kolísání teplot, tlaku nebo tahu. Blok recyklátu je spojen jednotlivými částmi pryže a adhesivem, které zaručuje soudržnost, případně jeho další materiálové vlastnosti. V rámci lisování do bloků vzniká také určité procento mikro-pórovité struktury, což je relativně dobrá vlastnost pro tlumení statické a dynamické energie. Následující práce popisuje několik testů, které jsou v současné době nutné pro popis materiálových charakteristik recyklovaných pryžových bloků a doporučení jak by se tyto bloky mohly dále využívat v praxi.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TEORIE RECYKLOVÁNÍ

1.1.1 Recyklace všeobecně v průmyslu

Recyklace (recycling = zpětné vrácení materiálů do procesů výrobních) znamená opětovné použití výrobních zpracovatelských a spotřebních odpadů, energií a látek jakožto možných zdrojů surovin druhotných a ty mohou být v původní či pozměněné formě a to bez ohledu na to kdy a kde odpad vznikl.[1]

V 70. letech minulého století lze v naší zemi pozorovat nárůst znovuvyužití odpadů jako např. papír, sklo, ocel či hliník a to z důvodů ekonomických, jelikož se ukázalo, že znovuvvedení těchto materiálů do výrobků je levnější, jako jejich prvovýroba. Při výrobě papíru je množství druhotných surovin 45%, u skla se pohybuje podíl znovu uvedených surovin kolem 80% a při výrobě železa se používá 47% druhotných surovin.[2]

Rozlišujeme dva způsoby provedení recyklace:

- **Recyklace interní** – pokud je odpad vrácen do výroby, ve které vznikl. Takto však nelze pokaždé použít interní odpadní materiál z důvodů technologických či ekonomických s ohledem na kvalitu a množství výrobků.
- **Recyklace externí** – odpady jsou použity při výrobě v jiném odvětví, než byly vyrobeny. Často se jedná množství technologických procesů, při nichž je odpad přeměněn na jiné materiály či výrobky a tedy jejich další použití.

Tyto dva druhy recyklace splňují strategické kritérium dvojnásobného kladného působení na životní prostředí, na straně vstupů to jsou uspořené přírodní zdroje a na straně výstupů je to menší zatížení životního prostředí.

V dnešní době je recyklační průmysl rychle se rozvíjející odvětví, které každý rok nabývá na významu. V roce 2007 dával práci 1,5 mil. zaměstnancům a zpracoval více jak 600 mil. tun recyklátu. Trend má stoupající tendenci. V dostupné literatuře o recyklaci se často vyskytuje termín „sblížení zájmů tří E“, zájmů ekonomických, energetických a environmentálních. Z pohledu environmentálního se jedná o úsporu plochy. Na straně ekonomických zájmů můžeme uvést zpracování kovů ze šrotu, které je zhruba čtyřikrát levnější oproti použití primárních surovin. V energetice při např. použití a úpravě odpadního papíru spotřeba asi o 1,5 MWh elektrické energie nižší než při použití buničiny nové.[1]

1.1.2 Ekologické faktory

Kvalitu životního prostředí v konkrétním místě ovlivňují tři základní složky, jež jsou též nazývány jako *ekologické faktory*. Tyto faktory jsou:

- abiotické (fyzikální, chemické, geografické)
- biotické (rostliny, živočiši)
- antropogenní (člověk).[3]

Tabulka 1. Vliv faktoru na životní prostředí.[3]

Faktor	Příklad faktoru	Vliv faktoru na prostředí
Fyzikální	sluneční záření, ultrafialové záření, infračervené záření, tlak, voda, ovzduší	organizmy, fotosyntéza, pokožka, zrak, teplota, proudění
Chemické	kyslík, oxid uhličitý, sůl, kyselost, prostředí, živiny, ostatní látky	atmosféra, rostliny, organizmy, půda, voda

1.2 Recyklace v automobilovém průmyslu

1.2.1 Co recyklovat

V dnešní době produkuje lidstvo obrovské množství odpadů v rámci automobilového průmyslu. Produkce odpadů je v rámci výroby, ale hlavně v rámci užívání automobilů jako takových. Níže uvedená tabulka popisuje nejběžnější odpady, které vznikají při výrobě a provozu osobních vozidel. Opatřebované pneumatiky tvoří zhruba 0,5 – 1,2 % z celkového množství tuhých odpadů a přibližně 60 – 70 % veškerého odpadu pryží. [1]

Tabulka 2 Druhy odpadu a jejich stručný popis.[1]

Odpad	Popis odpadu
<i>Pneumatiky ojeté</i>	Pneumatiky, jejichž poškození neumožňuje protektorování
<i>Pryž</i>	Odpadní pryž vzniklá při výrobě, zpracování či použití surovin z pryže, výrobků i polotovarů
<ul style="list-style-type: none"> • <i>Katalyzátory</i>, jako nosiče použitých katalyzátorů, jež obsahují platinu, kobalt, molybden, nikl, keramické hmoty • <i>Kovový odpad ocelový</i>, ocelový šrot vzniklý při zpracování, opotřebení těchto materiálů, základních prostředků a spotřebních předmětů • <i>Kovový odpad litinový</i>, odpady z výroby a výrobků, které jsou z odlévaných železných materiálů • <i>Nemrzoucí směsi</i>, kapalná média s odlišným obsahem glykolu • <i>Olej upotřebený</i>, použité oleje mazací a motorové, které nelze využít bez regenerace • <i>Sklo</i>, bílé popřípadě slabě barevné • <i>Termoplasty</i>, termoplastové odpady vzniklé ve výrobě, úpravě a použití v průmyslu i společenské potřebě. Jsou to zejména polyvinylchloridy, polyethyleny, polyestery, polypropyleny, polyuretany a jiné • <i>Termosety</i>, odpady z výroby a použití vrstvených lisovacích hmot, tvarovaných materiálů z plastů, pryskyřičných a formovacích hmot například z polyesterové pryskyřice • <i>Textilní odpady</i> z výroby v textilním průmyslu, přádelen, tkalcoven, odpady vzniklé při tvorbě syntetických vláken, plstěných a filtračních tkanin • <i>Useň přírodní</i>, vyčiněné i surové odřezky, vlákna a výrobky z přírodní kůže, jejichž hlavní složkou je bílkovina kolagen • <i>Useň syntetická</i>, její odpady z výroby, majíc upravený povrch ražením, barvením popřípadě jinou úpravou, převážně na bázi polyvinylchloridu s tkaninou. 	

Neméně důležitá je i *ekologická likvidace autovraků*, zatím co dříve se spíše autovraky skládkovaly, dnes je ekologicky likvidujeme, díky čemuž získáváme druhotné suroviny. Recyklační technologie pro autovraky se rozdělujeme na dva základní principy.

- *Šředrování* se provádí po vyjmutí akumulátorů, katalyzátorů, vypuštění provozních kapalin. Po té se drtí celé automobily a vzniklá drť je separovaná na kovové a nekovové částice za pomoci pneumatických separátorů, vodních cyklonů, třídících bubnů a magnetické separace.
- *Demontáž* znamená postupné rozebrání auta na jednotlivé dílce. Tento postup je dražší, avšak dostaneme vyšší stupeň zhodnocení likvidovaného vozu.

V tabulce nalezneme materiálovou strukturu v %, průměrného automobilu v EU a hmotnost odpadu v tunách při recyklaci 28 500 osobních automobilů.[4]

Tabulka 3 Materiály osobního automobilu určené k recyklaci.[4]

Recyklované materiály z osobního vozu	Procentuální zastoupení (%)	Hmotnost odpadu (t)
kovy železné (hlavně ocel a litina)	68	19380
kovy neželezné (nejvíce Al)	8	2280
plasty (především PP)	10	2250
pryž (hadice, těsnění ...)	2,5	713
Textilní a zvukově izolační mat.	2	570
sklo	3	855
barvy, laky, tmely	1,5	427
kapaliny provozní	2	570
Ostatní (silniční nečistoty, obložení z azbestu)	3	855
Suma (průměrný automobil v EU)	100	28500

1.2.2 Potřeba recyklace

V živé přírodě jsou látky vraceny zpět do koloběhu, recyklují se biochemickými pochody. Pokud jsou vyčerpány živiny a energie tak zbytky, produkty metabolismu nebo těla uhynulých organismů slouží jako zdroje energie a látek. Průmyslové odpady je výhodné využít jako zdroje surovin a energii a ne skládkovat, protože je dnes skládkování na ústupu, zejména díky dlouhé době potřebné k rozložení těchto odpadů.[3]

1.2.2.1 Význam recyklace

Klesající zdroje surovin a negativní vliv odpadů na životní prostředí, jsou nezbytné nové přístupy k získání materiálů pro výrobu. Například v důsledku trvalého využívání drahých a vzácných prvků je ztráta těchto materiálů nevratná. Jako příklad můžeme uvést zlato, jehož spotřeba stále roste hlavně v elektrotechnickém průmyslu, důsledkem čehož přibývá elektronického odpadu.

Další rozměr dostává recyklace při odsiřování a snižování prašnosti vzniklé při spalovacích procesech. Pokud nebudou tak takhle získané prvky a látky zpracovány jako suroviny druhotné, stane se z nich odpad, který sice nezatíží ovzduší, avšak jeho negativní působení na přírodu nepomine.

V celé řadě výrobních procesů je přeměněn odpad na druhotné suroviny. Buď je částečně vrácen zpět do výrobního procesu a výroba je pak ekonomičtější, nebo je druhotná surovina použita v jiné výrobě. Recyklace se tak stává účinnou formou likvidace odpadů.[3]

1.2.2.2 Způsoby recyklace

Recyklaci rozdělujeme do dvou základních a vzájemně provázaných postupů. V prvním postupu se jedná o *reparování*, neboli využití likvidovaných dílů pro další generaci výrobků. Za příklad můžeme uvést počítačové skříně. Je potřebné optimalizovat konstrukci pro vícegenerační využití snadné rozebrání.

Druhý postup je *vlastí recyklace*, jde o využití odpadního materiálu pro nové zpracování. Tyto materiály rozdělujeme do několika skupin a to:

- *Vzácné* (Au, Ag, Pd apod.)
- *Nebezpečné* (Be, As, F)
- *Charakteru druhotných surovin* (plasty, pryže)

Použitelnost recyklovatelných materiálů závisí na jejich koncentraci a separaci. Snadná separace a vysoká koncentrace jednoho druhu odpadu recyklaci usnadňují.

K použití vysloužilých zařízení a zpracování odpadních materiálů z výroby dochází na několika úrovních.

- výrobek je použit v aplikaci, která je méně náročná
- vysloužilý výrobek slouží jako zdroj součástek
- části z jednoho druhu materiálu slouží jako zdroj materiálu

- materiály, výrobky a součástky jsou zdrojem prvotních surovin

Ve všech úrovních dochází ke ztrátě užitné hodnoty nabyté vytvořením výrobku. Energie vložená do výroby výrobku je zpravidla ztracena taktéž. Navíc recyklační technologie spotřebují energii na dopravu, demontáž, přetavení a jiné. Výjimkou je energie získaná ze spalovacích procesů. Navíc i při recyklaci vznikají odpadní produkty. V recyklačním procesu by nemělo docházet k vysoké ztrátě energie a snížení užitné hodnoty výrobku. Důvodů je několik, hlavně však minimální dopad na životní prostředí a maximální finanční zisk.[3]

1.2.3 Nakládání s odpady

Nakládání s odpady je v naší zemi legislativně rozděleno ve dvou hlavních kategoriích.

- *využití odpadu* (regenerace, recyklace, předúprava)
- *odstranění odpadů* (skládkování, spalování)

V roce 2010 bylo v české republice nejvíce materiálových odpadů ze stavebnictví a demolicí a to 71% (terénní úpravy, rekultivace a získání anorganických materiálů). Největší podíl z hlediska energetického využití odpadů v roce 2010 tvořil komunální odpad a to 54% z celku. Jelikož rostou náklady na odstranění odpadů a zvyšuje se i využití odpadů jako druhotných surovin, klesá podíl odstraněných odpadů.[4]

1.2.3.1 Skládkování

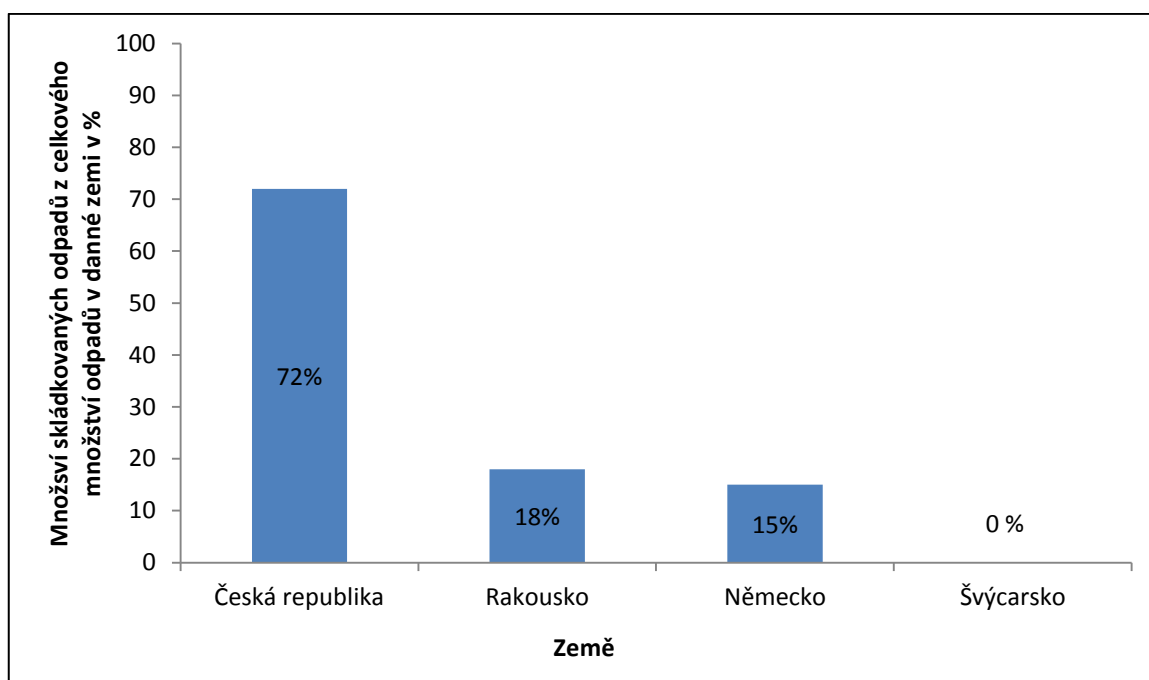
Skládkování jakož to poslední a zároveň konečné řešení, bylo a je jedním ze způsobů nakládání a likvidace odpadů. Trend v EU i ve světě je však maximálně minimalizovat skládky a skládkování. V dnešní době jsou skládky budovány promyšleně a nároky na jejich strukturu stále rostou. Nezbytné je i jejich samotné řízení a to nejen s pohledu konstrukce, ale i s pohledu řízení chodu skládky, rekultivování plochy po ukončení skládky a následné využití těchto ploch. Důležitým faktorem je, aby skládky nenarušovaly vzhled krajiny a byly odolné vůči působení biologickým, mechanickým, chemickým a fyzikálním vlivům s ohledem na životní prostředí.

Dnes jsou budovány skládky již *IV. generace*, které slouží pro odstranění popřípadě dlouhodobé uložení určitých skupin odpadů. Jejich konstruování a projektování je však odlišné, jak současné skládky a to z důvodu budoucího využití tak např.:

- *zdroje surovin* (některé těžké kovy, chemické látky a polymery)
- *dočasný zdroj energie* (uvolňující se BRO)

- *snižování nebezpečných vlastností odpadů* (např. likvidace ekologických zátěží patří mezi reakce v útrokách skládky, která vede k odstranění nebezpečných vlastností odpadu)

V grafu 1 je znázorněné množství skládkování z celkového množství likvidace odpadů v daných zemích v %.



Graf 1 Množství využití skládkování z celkového množství likvidace odpadů v daných zemích v %.[4]

1.2.3.2 Konstrukce a stavba skládky

Po hloubení a odstranění skrývkové vrstvy čímž se vytvoří podloží se dnem a hrázemi skládky, je položena jedna či více vrstev *minerálního těsnění* (jílové materiály), dle druhu skládky. Přičemž jedna vrstva musí být o maximální tloušťce 20 cm, zrna jílu ve vrchních částech bez ostrých hran a maximálním průměru zrna 20 mm. Jestliže je minerální vrstva již zhotovena, přichází na řadu položení *těsnícího pásu z plastu* (zpravidla PE-HD o tloušťce 2,5 mm). Jednotlivé pásy folií z PE-HD jsou svařeny k sobě a tím je vytvořena vodě nepropustná vrstva, též nazývaná „vana“ skládky. Na zhotovenou vanu skládky je v dalším kroku položena ochranná vrstva z *geotextílie*, pro kterou se používá zpevněné PP rouno a to chrání PE folii před mechanickým poškozením. V dalším kroku se zhotoví vrstva vypraného štěrkopísku o tloušťce 30 cm tzv. *plošný drén*, který zachytává plošné zatížení, vzniklé při ukládání odpadů. Ve vrstvě štěrkopísku se nachází i odvodňovací systém

(perforované roury z PE), který zajišťuje odvod vody mimo skládku. Neméně důležité je i zajistit odvod vznikajících plyných produktů vzniklých při biologickém rozkladu odpadu vytvořením *systemem odplynění*, který se využívá i po ukončení skládky po dobu 30 let. Kvalitní plyn je možno využívat k výrobě energie popřípadě vztápění. Neméně důležité je i udržovat vlhkost v systému skládky nejméně 30 %, což urychluje biologické rozklady a ethanové kvašení.[4]

Největší skládka pneumatik na světě se nachází v Kuvajtu. V této zemi a vůbec části světa-dílu vše funguje jinak než ve vyspělejších zemích, pneumatiky se nerecyklují, nemelou, nelikvidují, prostě se vyvezou na skládku. V současné době je jich zde podle odhadů asi 7 milionů kusů. Celá skládka je viditelná z vesmíru, jak uvidíte na *obrázku 1*. [5]



Obrázek 1 Skládka pneumatik v Kuvajtu, pohled z vesmíru (vlevo) a pohled přímo ze skládky[5].

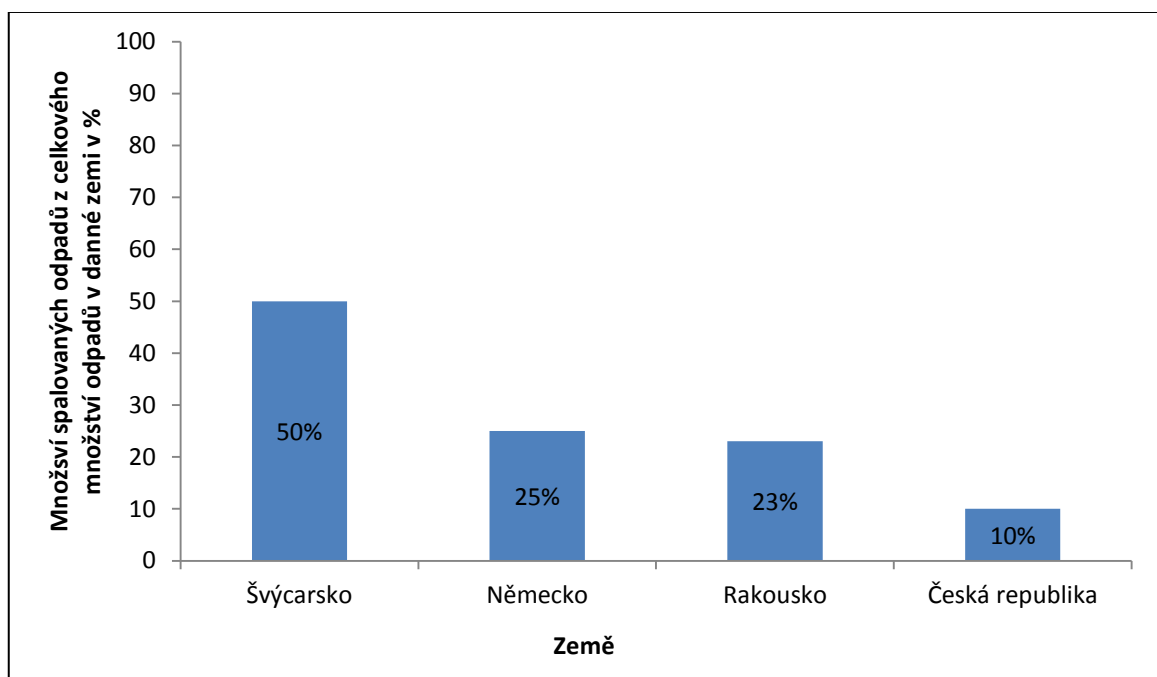
1.2.3.3 Spalování

Velice rozšířený způsob likvidace odpadů je spalování s možností energetického využití odpadního materiálu. Spalování odpadu ve spalovnách k tomuto účelu určeným je vysoce ekonomické a ekologické řešení, jak se odpadů zbavit. Spalovna obvykle pracuje na principu roštového kotle, po kterém nastává čištění, odlučování a filtrace spalin.[4]



Obrázek 2 Schéma spalovny[6].

Emisní hodnoty prachových částic, dioxinů, organického uhlíku a furanů jsou zpravidla desetinné a z celkové produkce dioxinů tvoří likvidace komunálních odpadů ve spalovnách 1 promile z celkové produkce. S těmito argumenty se dá tvrdit, že spalování odpadů nám chrání i životní prostředí, neboť nahrazují domácí zdroje tepla, které nemá žádné čištění spalin. V ČR je situace s množstvím spalovaných odpadů poněkud horší, vůči některým státům v EU a to díky informovanosti veřejnosti a legislativě. V grafu 2 je znázorněné množství spalování z celkového množství likvidace odpadů v daných zemích v %.[4]



Graf 2 Množství využití spalování z celkového množství likvidace odpadů v daných zemích v %[4].

1.2.3.4 Recyklace

Odpadní polymerní materiál je možné recyklovat několika rozdílnými způsoby. V běžné praxi se vesměs jedná o tři základní metody způsobu recyklace a to jsou:

- *mechanická recyklační metoda* – získ čistého materiálu z použitého materiálu či produktu
- *chemická recyklační metoda* – využití degradace pro rozpad materiálů na méně složité útvary jako jsou monomery, oligomery, paliva či rozpouštědla
- *energetická recyklační metoda (oxidační)* – spalováním odpadů je získána a využita energie

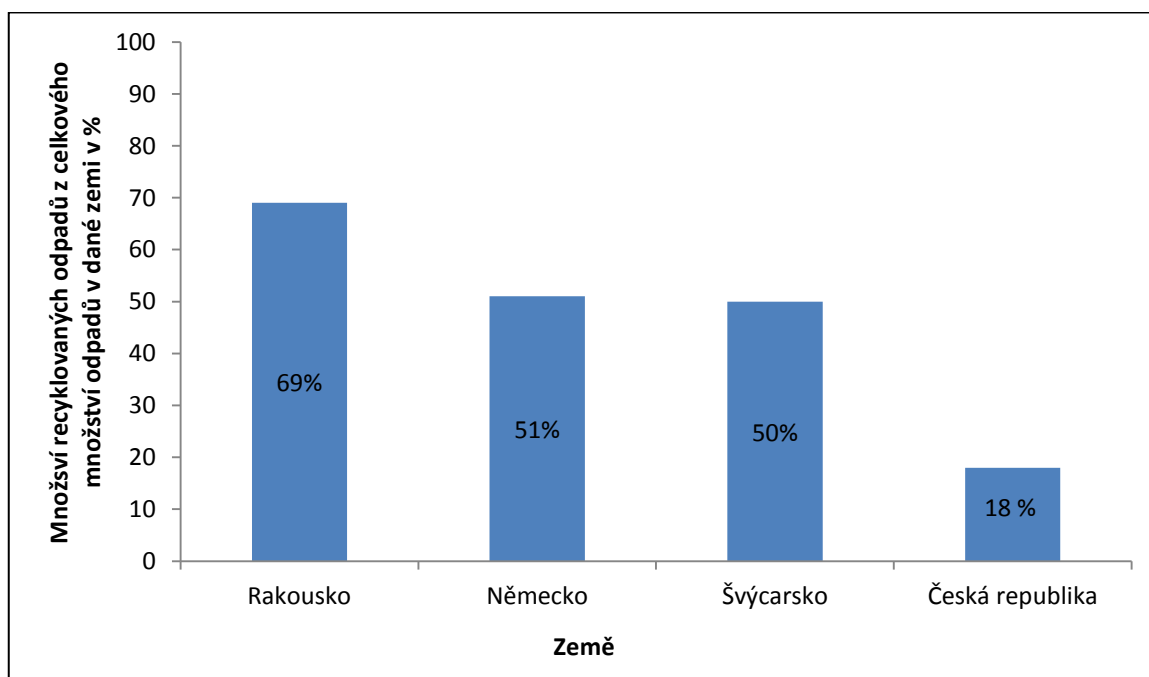
Nyní si jednotlivé metody recyklace přiblížíme. V důsledku rostoucí ceny nafty se *mechanický*, taktéž nazývaný *fyzikální* způsob recyklace plastů začal ve větší míře používat již v polovině sedmdesátých let dvacátého století. Základem výhodné mechanické recyklace, je získat za pomoci vhodných technologií kvalitní suroviny, jejichž cena bude nižší, jak cena primárních surovin a zároveň zůstane zachována kvalita recyklátu. Recykláty jsou připravovány v jednotlivých krocích, které mohou být: *separace polymeru od jiných přísad, rozřídění jednotlivých plastů, třídění dle barev, zmenšení velikosti částic, mokré a suché čištění, filtrace, sušení, extruze, granulace a balení*. Mechanicky se recyklují především tyto druhy odpadů:

- *průmyslový odpad* – z výrobního procesu, jsou recyklovány například odřezky, vtokové kanály, vyřazené polotovary a výrobky. Moderní výrobní linky jsou vybaveny automatickými systémy pro zpracování těchto odpadů z výroby. Příkladem takového systému, můžeme uvést automatické ořezávání přetoků, které jsou následně rozemlety a přesně dávkovány do nově vyráběného produktu, při zachování potřebných vlastností výrobku.
- *použité spotřební zboží* – vhodné pro recyklaci jsou například folie, lehčené materiály, kabely, obaly baterií, nádoby a obaly
- *produkty obsahující plastové části* – jde o části výrobků, jako jsou elektronika, dopravní prostředky, části montovaných výrobků ve stavebnictví atd.[4].

Chemická recyklace je řízená degradace polymerů a následné získání uhlovodíků, jako materiálů pro výrobu polymerů, paliv, nebo rozpouštědel. Nejvíce používaným postupem chemické recyklace je *termická degradace polymerů*, při které dochází ke štěpení kovalentních vazeb, trhání hlavního řetězce a substituentů. Provádí se bez přístupu vzduchu jako *pyrolytická degradace* (získ ušlechtilých paliv), nebo v přítomnosti kyslíku tzv. *redukční pyrolýzou* (současné působení tepla, CO a H₂O). U vinylových polymerů (např. PS, PMMA) se používá *depolymerace*, při které jsou získávány původní monomery. Oproti mechanické recyklaci je chemická recyklace energeticky nákladnější, ale je možné zpracovávat znečištěný odpad na čistý produkt. *Solvolyza* je další možností chemické recyklace. Jde o reakci polymeru s rozpouštědlem v přítomnosti bazických, nebo kyselých katalyzátorů. Solvolyticky se depolymerují polymery připravovány kondenzačními a polyadičními postupy (PET, PA, PC a PU).[1]

Energetická recyklace je řízené likvidování odpadů spalováním a následné využití energetického potenciálu spalovaných materiálů. Za příklad si můžeme uvést spalování směšného komunálního odpadu, v němž jsou plasty zastoupeny jen 10 %, které při spalování produkuje díky vysoké výhřevnosti zhruba 50 % energie. Tudíž lze konstatovat, že takto spálené směšné komunální odpady mohou částečně nahradit a ušetřit topný olej, který je získáván z primárních surovin a při spalování je běžně užíván. Takto by bylo možné ušetřit, jak je odhadováno zhruba $1,4 \cdot 10^7$ tun ropy jen v Evropě. Konkrétní příklad energetické recyklace plastů je teplárna Kauttua ve Finsku, kde se využívá fluidní spalování. Zde se k běžnému palivu přidává 20 % odpadních obalů z PVDF. Po testování se ukázalo, že přídavek PVDF neměl negativní vliv na technologii ani na obsah zplodin (emise CO, SO₂ a sazí sníženy, emise NO_x beze změn, emise HCl nepatrně vyšší). Z výše uvedeného je evidentní, že energetická recyklace je velice výhodná, prospěšná a lukrativní metoda.[4]

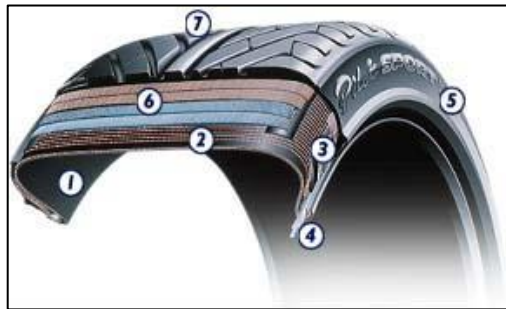
V *Grafu 3* je znázorněné množství recyklovaných odpadů z celkového množství likvidace odpadů v daných zemích v %.



Graf 3 Množství využití recyklace z celkového množství likvidace odpadů v daných zemích v %[4].

1.2.4 Složení pneumatiky

Pneumatiky jsou složeny z několika základních částí (viz. *Obrázek 3*), které plní důležité úkoly při jejich použití s ohledem na fyzikální a mechanické vlastnosti a bezpečnost.



Obrázek 3 Konstrukce pneumatiky[7].

Jednotlivé části pneumatik jsou popsány následovně:

1 - *Vnitřní guma*, je vrstva syntetické pryže obvykle Butyl kaučuk. Jak je patrné z názvu, nachází se uvnitř pneumatiky a má stejnou funkci jako duše, jež se používala v dřívějších dobách.

2 - *Vrstva kostry z textilních kordů*, které se skládají z oboustranně pogumovaných textilních vláken, uložených rovnoběžně vedle sebe. Textilní kordy zajišťují její odolnost proti tlaku. Pneumatiky obsahuje zhruba 1400 vláken, z nichž každé může odolávat síle 15 kg.

3 - *Patka pláště*, má za úkol přenášet točivé momenty motoru a brzdění z ráfku pneumatiky až na styčnou plochu pneumatiky s povrchem vozovky.

4 - *Patní lana*, plní úlohu vyztužení patky a pomáhají držet pneumatiku na ráfku kola. Uvádí se, že vydrží zátěž až 1800 kg bez rizika přetržení.

5 - *Ohebné pryžové bočnice*, pomáhají chránit pneumatiku proti proražení, které by mohlo poškodit plášť, jedná se např., o menším nárazy o obrubníky, výmoly a jiné. Místo, kde se pneumatika dotýká ráfku, je bočnice zpevněna tvrdší směsí.

6 - *Ocelové nárazníky*, jsou oboustranně pogumované ocelové lanka. Dva ocelové nárazníky (někdy jich bývá i větší počet), jsou přiloženy k sobě na plochu běhounu a svírají úhel asi 60° . Ocelová dráty kříží tkaninu pláště pneumatiky, s níž tvoří vyztužné trojúhelníky. Trojúhelníková metoda, též nazývaná triangulace, podporuje pevnost. Pogumované ocelové kordy obepínají pneumatiku po celém jejím obvodu a splňovat tyto parametry: musí mít dostatečnou pevnost, tak aby nebyly nataženy odstředivou silou, přičemž zachovávají průměr pneumatiky za všech podmínek. Taktéž musí být pevné i ve směru příčném, aby odolaly tlakům a namáháním při změnách směru jízdy. Ve svislém směru jsou ohebné, tak aby "absorbovaly" deformace vznikající nerovnostmi na povrchu vozovky a jinými překážkami.

7 – *Běhoun*, je jednou z nejdůležitějších součástí pneumatiky, protože je v přímém kontaktu s vozovkou. Pro osobní automobily je hlavní složkou směsi pro běhouny přírodní kaučuk s přídavkem kaučuku syntetického. Takto vyrobená běhounová pryž musí mít velmi dobrou pevnost v tahu, soudržnost a dobré elastické vlastnosti. Samozřejmostí musí být dobrý rozvod tepla a dobrá odolnost vůči ohřevu při jízdě. Dezén a běhounová směs musí dále splňovat funkci adheze, frikce, odvodu vody a sněhu, tak aby byly splněny všechny požadavky na bezpečnost.[7]

Pro dosažení potřebných vlastností pneumatiky, dle druhu použití, je potřebné doplnit kaučuky vhodnými přísadami, které jednotlivé vlastnosti přímo ovlivňují. Jejich stručný přehled je popsán v (Tabulce 4).

Tabulka 4 Materiály ve směsích pro výrobu pneumatik[8].

Materiály směsí pneumatik	popis
Přírodní a syntetický kaučuk (NR)	Přírodní kaučuk, vzniká na plantážích, srážením latexu se zředěnými kyselinami např. kyselina mravenčí, octová, nebo fluorovodíková. Dodává se ve variantách: uzený kaučuk, bílá krepa, žlutá krepa.
Syntetický kaučuk (BR,SBR, IR, IIR, atd.)	Pro nedostatek přírodního kaučuku. Každý syntetický kaučuk má specifické vlastnosti. Používáme jej ve všech odvětvích gumárenského průmyslu.
Síra	Hlavní činidlo pro vulkanizaci. Přeměna měkké kaučukové směsi ve směs elastickou a tvrdou. Do přírodního kaučuku je dávkováno o něco více síry než do syntetického kaučuku.
Urychlovače	Zkracují dobu a snižují potřebné teploty při vulkanizačním procesu. Jsou to organické látky a rozdělují se na pomalé, střední a rychlé. Rychlý urychlovač pod obchodním názvem Hermat, je organická sloučenina.

Aktivátory a retardéry (zpomalovače)	Organické i anorganické látky, které zesilují účinek urychlovačů. Např. zinková běloba. Retardéry naopak účinky urychlovačů zpomalují.
Změkčovadla	Zvyšují lepivost a ulehčují zpracovatelnost vyráběné směsi. Používají se např. minerální oleje a dehty.
Plniva a ztužovadla	Mají za úkol zředit, nebo ztužit kaučukovou směs. Dělíme je na aktivní a inaktivní. Aktivní např. saze, které působí jako ztužovadla a u směsí pro běhouny zvyšují pevnost při oděru. Naproti tomu inaktivní slouží ke zředění kaučukové směsi, např. křída či kaolin.
Rozpouštědla	Slouží k přípravě lepivých roztoků, taktéž nazývaných cementů např. aceton, benzín, benzol a jiné
Regenerát	Zpracování starých pneumatik, vhodných pryžových odpadů z výroby. Použití pro protektorování, nebo znovu zpracování těchto materiálů. Z chemického pohledu se jedná o degradaci vulkanizátu, dochází ke štěpení řetězců makromolekul, přičemž činidla pro regeneraci jsou teplo a mechanická práce. Využívají se z chemicko-mechanického a ekonomického hlediska.

1.2.5 Opotřebení pryže

Opotřebení pryže je složitý jev, který ovlivňuje celá řada faktorů. Hodnota opotřebení je nespécifickou vlastností, jelikož je závislá na podmínkách a způsobu jejího zjištění. Jisté je, že pevnost, strukturální pevnost a tvrdost má jistý vztah k opotřebení, avšak tento vztah

není přímý a zdaleka jednoduchý. Jednou z příčin je, skutečnost kdy frikční opotřebení pryže v reálném použití nastává za rozdílných teplot, kdežto již zmíněné statické zkoušky, jsou provázeny při pokojové teplotě.

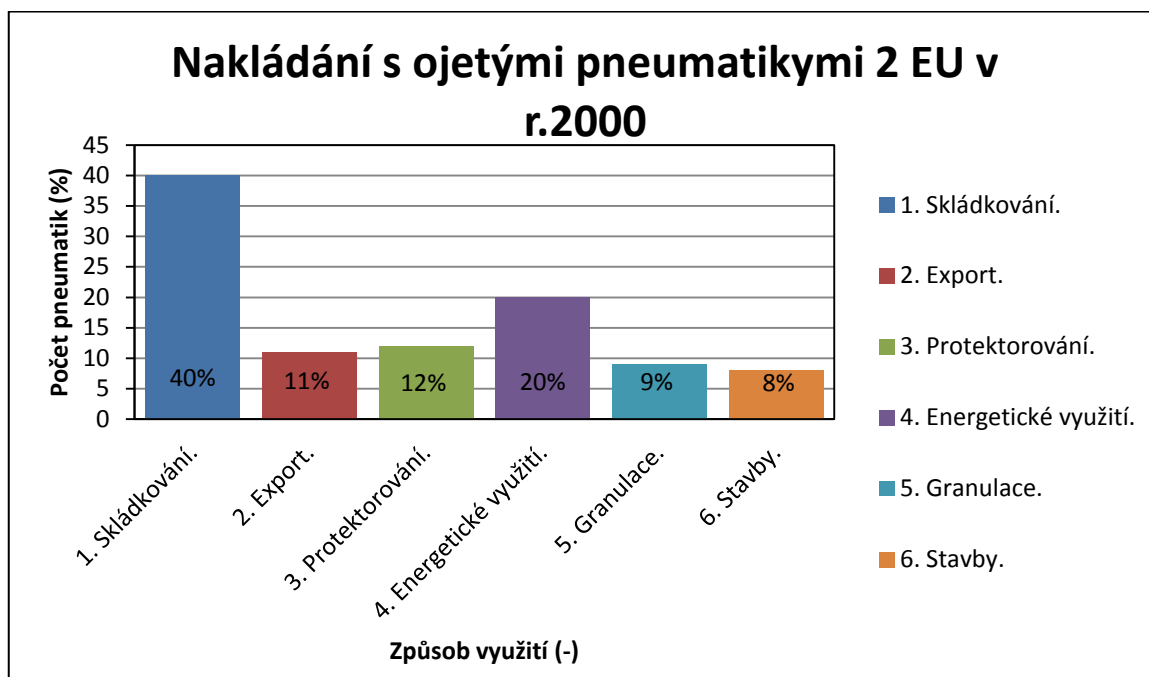
Laboratorně se nejčastěji stanovuje ztráta při opotřebení přitlačením vzorku určitým tlakem na pohyblivý brusný materiál. Zpravidla je brusný materiál smirkový papír, nebo karborundový kotouč. Výsledky měření se nejčastěji interpretují objemovou ztrátou. Buď za určitý počet otáček, za jednotku času, nebo jako dráha vykonaná vzorkem po brusném materiálu. Aby byly výsledky přesnější, je ztráta přepočítána na ztrátu vzorku standardu (pryž známých hodnot), přičemž zkoušky probíhají za stejných podmínek.

Laboratorní výsledky jsou skresleny druhem uspořádání přístrojů, podmínkách při měření, povahou pryže s ohledem na množství změkčovadel a jiné. I přes tyto faktory ovlivňující přesnost výsledků, jsou laboratorní zkoušky potřebné pro kontrolu a vývoj směsí. Odolnost vůči opotřebení je ukazatel v praxi velmi důležitý např. pro běhouny pneumatik, podpatky, podrážky, dopravní pásy. Laboratorní zkoušky sice nedosahují vždy uspokojivých výsledků, ale i tak se značně přibližují praxi. Důležitým faktorem v praxi je tvrdost pryže. U měkčí směsi mají fyzikální vlastnosti sestupnou tendenci, naproti tomu tvrdší směsi nejsou tak pružné a více se drolí.

Výzkum kaučuků věnuje velkou pozornost jevům, které nastávají v pryži, při působení stálého, nebo rychle se opakujícího zatížení. Fyzikální vlastnosti, jež tyto zkoušky hodnotí, jsou nazývány dynamickými vlastnostmi pryže, avšak častokrát se zkoušky provádí statickým namáháním. Tento výzkum je provázen na základě úzké souvislosti rostoucí teploty, takto namáhaných výrobků a složením směsí.[1]

1.2.6 Recyklované pneumatiky

Mezi možnosti jak nakládat s pneumatikami při recyklaci patří granulace, energetické využití, použití při stavbách, protektorování a export. Skládkování by mělo být až na posledním místě. V dřívějších dobách se skládkovalo poměrně ve velkém rozsahu, což lze vidět v *Grafu 4*.



Graf 4 Nakládání s ojetými pneumatikami v Evropské unii v roce 2000[10].

1.3 Metody recyklace pryží – pneumatik

1.3.1 Drcení

Drcení pryží, je proces přípravy drti z pryže, též nazývané hrubé částice ELT (End of life tyre) umožňující jednodušší manipulaci, zpracovatelnost a ekonomickou přepravu této suroviny.

Při výrobě ELT jsou zpracovávány použité pneumatiky a jiný odpad z pryže vhodný k recyklaci v souladu s platnými normami a legislativou. Vysoký podíl je tvořen pneumatikami z osobních automobilů, lehkých užitkových vozidel a z nákladních automobilů. V prvním kroku je všechen přijatý materiál roztříděn podle druhu, stupně znečištění a velikosti. Pokud je pryž znečištěná nebezpečnými látkami není k recyklaci na ELT vhodná a tudíž se nepoužívá. Silně znečištěné pneumatiky jsou využívány k energetické recyklaci. Roztřízená pryž je dále předzpracována na přídatných zařízeních (průmyslové nůžky, vytrhávač patních lan a jiné). Druh pneumatik vybraných k recyklaci a zvolený způsob zpracování může podstatně ovlivnit kvalitu gumového granulátu. K výrobě granulátu se uplatňují postupy založené na úpravě v drticích linkách klasickým mechanickým nebo kryogenním způsobem, případně se k rozkladu gumy používá působení ozónu.

Klasický mechanický způsob granulace pneumatik je založený na rozsekání systémem nožů za normální teploty nebo při teplotách vyšších. V průběhu recyklačního procesu jsou magneticky odděleny kovové prvky a pomocí vzduchu se separují textilní části vstupního recyklátu. Postupně je snižována velikost částic, což probíhá v jednom, nebo několika sériových granulátorech. Poté je materiál proséván řadou sít a prochází tak síťovacím procesem, díky kterému jsou získány frakce jednotné velikosti částic. Makrostruktura vazeb v takto připraveném ELT zůstává nezměněna a výsledný granulát má tak materiálové charakteristiky z původní pryže pneumatik (potřebnou elasticitu v širokém rozmezí teplot, vysokou pevnost a odolnost proti opotřebení). Jednotlivé částice granulátu se vyznačují nepravidelným tvarem.[11]

Kryogenní způsob přípravy granulátu z pryže a pneumatik je založen na ochlazení recyklátu kapalným dusíkem nebo jiným chladícím médiem na velmi nízkou teplotu, což způsobí zkřehnutí pryže. Proces se skládá ze čtyř fází: počáteční zmenšení velikosti částic, zchlazení, separaci a drcení. V prvním kroku je materiál ochlazen v mrazicí komoře pod teplotu skelného přechodu. Pryž se stává křehkou a lze ji lámat na potřebnou velikost. Vzhledem ke křehkosti recyklátu se snadno oddělují vlákna a kovy. Granulát poté prochází několika magnetickými sítmi a síťovací jednotkou, kde se odstraňují poslední zbytky nečistot. Kryogenním postupem získáme granule s hladkým povrchem a pravidelnými částicemi. Kryogenní systémy jsou často provozovány souběžně s linkou na rozmělnění za normální teploty. V mnoha případech jsou oba procesy spojeny a umožňují těžit z výhod a vlastností každé z nich, čímž lze dosáhnout snížení celkových výrobních nákladů.[11]

Výsledná velikost granulí je obvykle v rozmezí 1-10 mm. V každé frakční skupině se však vyskytují i fragmenty a částice, odlišné velikosti. Pro výběr výrobků a využití granulátu v nich je však velikost částic a rozdělení částic dle velikosti jedním z klíčových faktorů[11]

1.3.2 Regenerace

Při regeneračním procesu nastává trhání sítě makromolekul, tím pádem ke zkracování řetězců a následnému vzniku nových dvojných vazeb, díky nimž je možno uskutečnit novou vulkanizaci. Hlavním kritériem pro vznik kvalitního regenerátu je pryž zbavena textilu a oceli. V současnosti se v gumárenském průmyslu přidává cca. 10 % regenerátu přepočítáno na nový kaučuk.

V souvislosti s procesem vulkanizace bylo vynalezeno mnoho postupů jak zpracovávat použitou pryž s cílem získat její regenerát. Jedním z nejstarších je zcela určitě mechanický

způsob rozemletí až na jemný prášek, který se aplikoval do nových směsí (občas se tento způsob užívá dosud – přičemž je jediným způsobem pro regeneraci tvrdé pryže). Mezi další způsoby zhotovení regenerátu patří, zpracování tepelně a chemicky (působení vodní páry, alkálií, roztoků solí, organických rozpouštědel, olejů). Oleje jsou zde použity vždy jako změkčovadlo a proces regenerace probíhá v autoklávu.[12]

1.3.3 Pyrolýza

Pyrolýza též nazývaná destruktivní destilace je proces, ve kterém jde o chemickou konverzi, nebo termické odbourávání organických sloučenin, při němž vzniknou oleje podobné ropě a saze.

Rozemleté pneumatiky, jsou za pomoci magnetických separátorů zbaveny ocelových součástí. Pyrolýza je prováděn při teplotě 800 – 900 °C v inertní atmosféře. Produkty pyrolýzy pneumatik jsou uhlí (33 – 38 %), oleje (38 – 55 %) a plyny (10 – 30 %). Plyny vyprodukované při pyrolýze pneumatik jsou z vodíku, oxidu uhličitého, oxidu uhelnatého, metanu, etanu a butadienu. Pyrolýzou získáme nejen směsi uhlovodíků, ale taktéž využitelné saze.[13]

1.3.4 Protektorování

Teplé protektorování spočívá v použití horké vulkanizované směsi pro pneumatiky. V prvním kroku je kostra pneumatiky odrásána. Na kostru je aplikována vrstva surové pryže. Pneumatika je dále lisována v horkém vulkanizačním lisu při teplotě cca. 150 °C. Vulkanizační lis obsahující vzorovou matrice, díky níž je zhotoven nový dezén běhounu a bočnice pneumatiky, čímž se u finálního produktu docílí vzhledu nové pneumatiky a potřebných vlastností s ohledem na bezpečnost.[13]

Studené protektorování spočívá ve spojení předem zvulkanizovaného běhounu pneumatiky na předem připravenou kostru. Kostra pneumatiky se před položením běhounu odrásá. Na kostru pneumatiky je položena tenká vrstva vylisované adhezivní gumy a následně je na ni aplikován zvolený pás běhounu. Proces je zakončen lisováním v tlakové komoře (autoklávu), tím je zajištěno dokonalé spojení jednotlivých částí protektorované pneumatiky.[13]

1.4 Spotřeba pneumatik

1.4.1 Množství prodaných pneumatik v EU

Kolik se jich vyrobí v ČR, Evropa a svět

Dle statistik ETRMA (Europa Tyre&Rubber Manufacturers' Association) byl prodej (export/import) osobních a nákladních pneumatik v EU v roce 2012 zhruba $261,6 \cdot 10^6$ kusů a v roce 2013 dokonce $263,9 \cdot 10^6$ kusů pláštěů. Což naznačuje nárůst poptávky o 10,8%, respektive o $1,3 \cdot 10^6$ kusů.[14]

Tabulka 5 Statistika prodeje pneumatik v EU v roce 2012 a 2013 dle ETRMA [14].

Prodej (export/import) pláštěů v EU	2012 [kusů]	2013[kusů]	Nárůst [%]	Nárůst [kusů]
Osobní pláště	$252 \cdot 10^6$	$253 \cdot 10^6$	0,4	$1 \cdot 10^6$
Nákladní pláště	$9,6 \cdot 10^6$	$10,9 \cdot 10^6$	10,4	$1,3 \cdot 10^6$
Celkový počet pláštěů	$261,6 \cdot 10^6$	$263,9 \cdot 10^6$	10,8	$0,4 \cdot 10^6$

1.4.2 Množství prodaných pneumatik v USA

Celková poptávka po pneumatikách v USA by měla být mírně vyšší než v roce 2014 a to zhruba $311 \cdot 10^6$ kusů v roce 2015, podle nejnovější prognózy RMA (Rubber Manufacturers Association), národní ochranné sdružení pro výrobce pneumatik v USA. To představuje mírný nárůst oproti roku 2014 v celkové spotřebě. U první výbavy osobních, lehkých nákladních a středně / těžkých nákladních pláštěů je očekáván nárůst v roce 2015. U náhradních pneumatik (druhá výbava) a to osobních a lehkých nákladních pláštěů se předpokládá mírný pokles, zatímco u středně / těžkých nákladních pláštěů by se měla zvýšit.[15]

Tabulka 6 Předpoklad spotřeby pneumatik v USA dle studie RMA 2015[15].

První výbava pláštů				
USA	2014 [kusů]	2015 odhad [kusů]	Změna [%]	Změna[kusů]
Osobní pláště	47,8.10 ⁶	49,0 mil.	2,4	1,2 mil.
Lehké nákladní pláště	4,6.10 ⁶	4,7.10 ⁶	1,9	0,1 mil.
Středně těžké nákladní pláště	5,7.10 ⁶	5,9.10 ⁶	3,0	0,2 mil.
Druhá výbava (náhradních) pláštů				
USA	2014 [kusů]	2015 odhad [kusů]	Změna [%]	Změna[kusů]
Osobní pláště	206,5.10 ⁶	205,3.10 ⁶	-0,6	-1,2 mil.
Lehké nákladní pláště	28,7.10 ⁶	28,5.10 ⁶	-0,7	-0,2 mil.
Středně těžké nákladní pláště	17,4.10 ⁶	17,8.10 ⁶	2,3	0,4 mil.

2 METODY MĚŘENÍ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ

2.1 Mechanické vlastnosti

Při měření mechanických vlastností používaných materiálů nás většinou zajímá, jaká je mechanická pevnost zkoušeného materiálu vůči působením různých sil. Používané zkušební metody lze rozdělit do tří kategorií:

Statické zkoušky – jsou založeny na namáhání zkoušeného materiálu, přičemž síly působící na zkušební těleso se mění pozvolna a rovnoměrně se zvyšuje, většinou do okamžiku porušení zkušebního tělesa.

Dynamické zkoušky – pokud je změna působící síly rázem, nebo za velmi krátký časový interval. Další možností je, že působení síly je dlouhodobé, avšak její velikost je měněna v krátkém časovém úseku a v opakujících se periodách.

Únavové zkoušky – Mechanické vlastnosti materiálů jsou testovány dlouhodobě a to za předepsaných podmínek časově proměnného namáhání, obvykle až do porušení materiálu. Pro jednotlivé druhy materiálů tyto zkoušky bývají rozličné. Mechanické zkoušky jsou obvykle prováděny na zkušebních vzorcích, jež mají předepsaný tvar a rozměr.[16]

2.1.1 Kondicionování vzorků

Před započítím zkoušky pryžové struktury je zapotřebí pro dostatečně přesné výsledky měření vzorky kondicionovat za předepsaných standardních podmínek jako jsou: teplota musí být v rozsahu 23 ± 2 °C a hodnota relativní vlhkosti v rozmezí 50 ± 10 % popřípadě: hodnota teploty v rozmezí 27 ± 2 °C a velikost relativní vlhkosti v rozsahu 65 ± 10 % (pro měření v oblastech s tropickým podnebím). V testech gumárenských výrobků a materiálů z pryže, však nemá vliv relativní vlhkosti na výsledky příliš zásadní charakter, proto je dostačující, řídit se pouze teplotou. Vlhkostí je potřebné se zabývat, pokud jde o výrobky vyrobené z latexu nebo pro zkoušky elektrických vlastností. Jestliže budeme uvažovat jen o teplotě při kondicionování, doba potřebná k samotné kondicionace je minimálně 3 hod. Pokud se řídíme teplotou a také vlhkostí, doba kondicionace je minimálně 16 hodin. Všeobecně jsou dostačující tři hodiny na vzduchu k dostatečnému dosažení rovnováhy při normálních teplotách 23 °C a 27 °C bez ohledu na to jaký je tvar vzorku. Zařízení, ve kterých je prováděno samotné kondicionování vzorků, jsou např. klimatizované pokoje, vlhkoměry, teploměry, přístroje pro zvýšené a sub-normální teploty.[17]

2.1.2 Tahová zkouška

Jedna z nejpoužívanějších a nejstarších mechanických zkoušek kovů plastů a pryží, která hodnotí jejich pevnost je zkouška tahová. Při zkoušce tahem je zkušební těleso namáháno silou, až nastane jeho porušení. Pokud by byl materiál izotropní, napětí by bylo v celém průřezu rozloženo rovnoměrně. Tento ideální stav se v praxi takřka nevyskytuje, vlastnosti pryží a plastů se v různých místech odlišují a tahové napětí tak není rozloženo rovnoměrně. Vznikají smyková napětí. Důležité je uvědomit si pochody při namáhání tahem. Pokud působíme na průřez tělesa S silou F , tak bude osově napětí působící v průřezu tohoto zkušebního tělíska při zkoušce tahem[18]:

$$\sigma = \frac{F}{S_0}. \quad (1)$$

Průřez tělesa se mění do okamžiku, ve kterém je dosaženo rovnováhy mezi napětím a deformací. Pokud je těleso zatěžováno i po dosažení této rovnováhy, dostaneme se do okamžiku, kdy je těleso přetrženo. Jelikož je průřez tělesa při této zkoušce stále odlišný, je skutečného napětí obtížné zjistitelné. V praxi obvykle pracujeme se smluvním napětím, což je síla vztažená na počáteční průřez zkušebního tělesa (vztah č. 1)

Při tahové zkoušce dochází k prodlužování tělesa a tím se mění jeho původní délka l_0 na l . Tento jev vyjadřujeme jako relativní, nebo poměrné prodloužení (deformace v tahu)[18]:

$$\varepsilon_i = \frac{l-l_0}{l_0} [-] \quad (2)$$

Pro počáteční část tahové křivky platí Hookův zákon, ten říká, že deformace je úměrná použité síle:

$$\varepsilon = K \cdot \sigma \quad [-] \quad (3)$$

Kde:

ε - poměrné prodloužení

K - součinitel úměrnosti

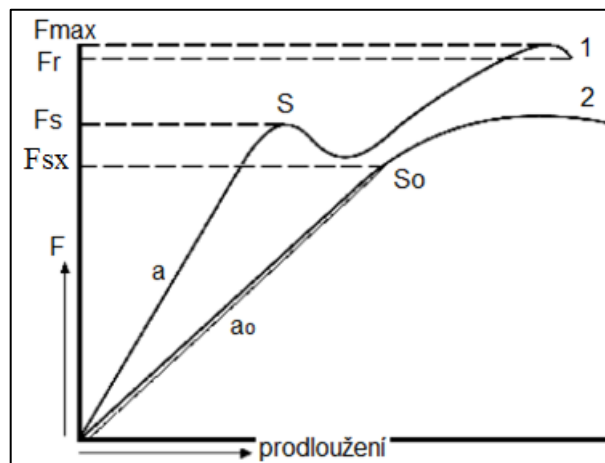
σ - napětí v tahu

Součinitel úměrnosti K , je poměrná délková změna při jednotkovém napětí. Jedná se o cotg úhlu, jež svírá tečna křivky v napětíovém diagramu a je to poměrné prodloužení s osou ε . Jelikož takto dostáváme poměrně nízké hodnoty, je v praxi používána jeho převrácená hodnota. E označujeme jako modul pružnosti, nebo též Youngův modul.[18]

$$\frac{1}{K} = E \quad [MPa] \quad (4)$$

Shora uvedené vztahy platí pouze přibližně, jelikož pouze lineární závislost prodloužení na napětí není u žádného materiálu. Což je příčinou menší nebo větší odchylky od Hookova zákona v praxi. Průběh tahových křivek je velmi podobný až po mez úměrnosti v tahu. Po překročení této meze nastávají odlišné průběhy křivek.

Obecná tahová křivka polymerů je obdobná tahové křivce kovů. Idealizovaná je znázorněna na Obr. 1. V průběhu zkoušky je trvale měřena síla a prodloužení zkušební vzorku. Z křivky „síla – prodloužení“ je možné vyhodnotit charakteristické veličiny tahové zkoušky[18].



Obr. 1. 1Tahová křivka (síla-prodloužení).

Kde:

Křivka 1- materiál vykazuje mez kluzu

Křivka 2 - materiál nevykazuje mez kluzu

A, a₀ - přímkové oblast na počátku křivky

S - mez kluzu

x - úsek na ose prodloužení pro stanovení meze kluzu

F_x, F_{sx} – síla smluvní meze kluzu, síla konce přímkové oblasti [N]

F_r – síla při přetržení [N]

F_{MAX} – maximální síla [N]

Mez úměrnosti v tahu - chápeme jako mezní napětí, při kterém ještě je deformace úměrná napětí. Až do tohoto bodu je průběh tahové křivky takřka přímkový (na obr. č. 1.) úsek *a* platí zde Hookův zákon. V praxi však i při poměrně malém napětí nastává na zkušebním vzorku jistá trvalá deformace.[16]

Dolní mez kluzu - je bod na tahové křivce, který udává kam, až pokračuje pokles napětí při dalším prodlužování vzorku. Od tohoto bodu má napětí tendenci stoupat, jelikož bylo celé těleso zpevněno orientací molekul. Dochází tak k homogennímu protahování dlouženého tělesa.[16]

Horní mez kluzu - je místo na tahové křivce, do kterého se zvyšuje prodloužení se stoupajícím napětím. Za tímto bodem se také zvyšuje deformace, přičemž napětí klesne. Napětí klesá až do dolní meze kluzu. Deformace již není homogenní. Tenčí místo způsobené protahováním zkoušeného tělesa se nazývá krček. Krček má menší průřez než původní vzorek a napětí v této oblasti protažení klesá, jelikož se průřez krčku zmenšuje. Současně s tímto jevem dochází, k orientaci makromolekul důsledkem čehož se odpor proti deformaci zvyšuje.[16]

Mez pevnosti v tahu - se označuje maximální napětí, resp. je to síla vztažená na plochu průřezu tělesa na počátku měření S_0 . Do výpočtu dáváme vždy maximální hodnotu síly, i když k přetržení došlo později v okamžiku při nižším napětí. Teoreticky vypočítaná pevnost na základě mezimolekulárních vazebných sil je vždy vyšší než skutečnost, protože jsou ve struktuře přítomny defekty, jež představují místa, kde je nižší pevnost, než má okolní hmota v materiálu. Dochází ke vzniku mikrotrhlin. Ty se dále šíří až nastane lom lomu tělesa v makroměřítku.[16]

Modul pružnosti v tahu E je podíl napětí v tahu σ_t a poměrného prodloužení ε_t v oblasti s lineární závislostí napětí a prodloužení:[16]

$$E = \frac{\sigma_t}{\varepsilon_t} [MPa] \quad (5)$$

Kde:

E - modul pružnosti v tahu,

σ_t - podíl napětí v tahu,

ε_t - poměrné prodloužení.

2.1.3 Tlaková zkouška

V jistých případech je tlaková zkouška lepší než tahová s ohledem na reálné aplikační podmínky deformací. Zkušební tělesa mají zpravidla tvar nízkého válce, nebo kolečka. Na vulkanizát působí tlaková síla, přičemž je těleso stlačováno mezi dvěma rovnoběžně umístěnými deskami. Tlaková zkouška je prováděna na trhacím přístroji v tlakovém režimu za konstantní rychlosti stlačování vzorku jednou s desek. Záznamem z měření je síla a deformace. Jsou dva způsoby, jak tlakovou zkoušku provádět:[19]

- Při dokonalém skluzu,
- dokonalé adhezi mezi vulkanizátem a plochami, které jej stlačují.

2.1.4 Zkouška oděru

U mechanismu oděru pryžového vzorku jsou nejzásadnější děje naseknutí povrchu a únava vulkanizátu. Neméně důležité faktory jsou i strukturní pevnost, odrazová pružnost, tvrdost a tepelná stabilita pryžové struktury. Dle charakteru průběhu oděru jej můžeme rozdělit jako:

- *Abrazivní oděr*, způsoben ostrými nerovnostmi při vysokých hodnotách tření a zahrnuje naseknutí, plastickou i elastickou deformaci pryže.
- *Únavový oděr*, jako důsledek lokálního zatěžování části povrchu, způsobenou třením na rovných plochách, nebo hrubším povrchu s tupými hranami.
- *Adhezní oděr*, způsoben adhezními silami mezi vzorkem a jiným povrchem, obvykle jej můžeme pozorovat u rovných povrchů.
- *Svitkový oděr*, způsobený odtržením pryže za tvorby svitků.

Nejčastěji se pro zkoušky využívají brusné kotouče, brusné papíry a tkaniny, popřípadě kovové nože. Při použití brusné metody Bunsen-Schlobach, je vzorek ve tvaru válečku přitlačován na buben potažený smirkovým papírem, který se otáčí konstantní rychlostí. Tato metoda je velmi rychlá a snadná, což je výhodné pro rychlou kontrolu kvality.

Výstupem těchto laboratorních testů je obvykle objemový, nebo hmotnostní úbytek po zkoušce, popřípadě je měřena změna tloušťky. Pokud je při testu použit standardní vzorek můžeme odolnost vůči oděru vyjádřit jako:[19]

$$I_A = \frac{V_S}{V_R} \cdot 100 \quad [\%] \quad (6)$$

Kde:

I_A -index odolnosti proti oděru,

V_S - objemový úbytek standardu,

V_R - objemový úbytek zkoušeného vulkanizátu.

2.1.5 Měření hustoty

Měření hustoty patří mezi rychlé a jednoduché metody stanovení kvality kaučukových směsí. Hustotu definujeme jako hmotnost tělesa vydělenou jeho objemem. Umožňuje stanovit odchylky ve složení způsobené např. rozdíly při navažování jednotlivých složek a rozdíly při míchání. Hustota pryží je obvykle stanovena na principu vážení vzorku vulkanizátu nejprve na vzduchu a poté ve vodě. Při měření ve vodě je vzorek umístěn na tenkém vlákně a smočen v lihu. Pokud vzorek obsahuje bubliny, nebo plave tak používáme jinou kapalinu s nižší viskozitou. Používají se nejrůznější váhy s odlišným stupněm automatizace.

Jestliže požadujeme změřit přesnější hodnoty hustoty, nabízí se zkouška v hustotní koloně. Ta spočívá v pomalém míšení dvou kapalin s rozdílnou hustotou do hustotní kolony se stejným gradientem hustoty po celé její délce. Kalibrace hustotního gradientu vytvořené kolony, se provede plovákem, jehož známe hustotu a poté je hustota pryžového vzorku stanovena z umístění vzorku v koloně a kalibračního grafu.[19]

2.1.6 Přenosový útlum

Tři hlavní parametry, které určují dynamické charakteristiky a odezvy akustických přenosů v materiálech jsou:[20]

- vlastními frekvencemi,
- tvary kmitů,
- modálním tlumením.

Tlumení zapřičiňuje disipaci (ztrátu) energie systému. Jedná se o přeměnu mechanické energie při vibracích v materiálu na jinou formu energie především tepelnou. Tento děj je však nevratný.

Kromě rezonance se tlumení u mechanických struktur v podstatě neuplatňuje. Při buzení se budící silou dodává energie do struktury, tím vzrůstá amplituda kmitavého pohybu až do hodnoty, při níž dochází k rovnováze mezi energií dodávanou a energií ztracenou v důsledku tlumení. Tlumení u odlišných materiálů se mění v širokých mezích, což platí i u dynamických odezev jednotlivých modů rezonance.

Tlumicí vlastnosti materiálů, jsou obvykle prezentovány *činitelem vnitřních ztrát* η , jenž je funkcí frekvence kmitání a je definován vztahem:[20]

$$\eta = \frac{E''}{E'} = \operatorname{tg} \delta \quad (7)$$

Kde:

η - činitelem vnitřních ztrát,

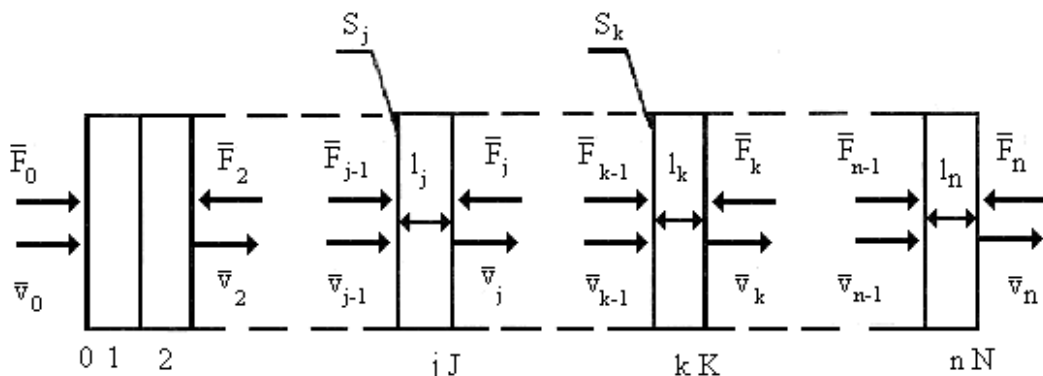
E'' - je imaginární část modulu pružnosti,

E' - je reálná část modulu pružnosti.

Zvýšení vnitřního tlumení materiálu má za následek:

- rychlejší zánik volných kmitů (rychlejší doznívání),
- zrychlená ztráta volně se šířících strukturálních vln v materiálu se vzdáleností od zdroje vzniku vibrací, čímž je zmenšuje plocha vyzařující akustickou energii,
- pokles amplitud vibrací v rezonanci,
- pokles vyzářené akustické energie i mimo rezonance materiálu,
- pokles hodnoty vzrůstu vibrací a tím i hluku při přechodu rezonančních oblastí,

Přenosový útlum vrstevnaté vibroizolační soustavy pomáhá zjistit kmitočtovou závislost přenosového útlumu v kmitavé soustavě tvořené n ve které, jsou členy zapojeny sériově, ty vytváří podélné či příčné kmity. Jednotlivé členy této kmitavé soustavy mohou být jak spojitá prostředí, tak diskrétní prvky (hmoty, pružiny, viskózní tlumiče). Spojitá prostředí mohou taktéž být i lineární s viskoelastickými vlastnostmi (např. polymerní materiály a kompozity z nich).[20]



Obr. 1. 2 Schéma kmitavé soustavy

Mechanická energie, jež se přenáší materiálem, pochází ze zdroje a ten vždy působí na „vstupu“ do kmitavého prostředí silou F_0 resp. kmitání rychlostí v_0 obecných časových průběhů. Na „výstupu“ N z kmitavé soustavy pak působí přenášená síla F_n a kmitá rychlostí v_n . Pro přenosový útlum mezi „vstupem“ 0 a „výstupem“ K z libovolného členu k , kmitavé soustavy jsou důležité tyto vztahy: [20]

$$D = 20 \log. \frac{|v_0|}{|v_k|} \quad (8)$$

respektive

$$D = 20 \log. \frac{|F_0|}{|F_k|} \quad (9)$$

Kde:

$|v_0|$ - je amplituda rychlosti kmitání na „vstupu“ 0 do kmitavé soustavy,

$|v_k|$ - je amplituda rychlosti kmitání na „výstupu“ K ze členu k , kmitavé soustavy,

$|F_0|$ - amplituda síly na „vstupu“ 0 do kmitavé soustavy,

$|F_k|$ - amplituda síly na „výstupu“ K ze členu k , kmitavé soustavy.

2.2 Vliv klimatu na pryž

Veškeré změny fyzikálních a mechanických vlastností pryží (vyrobeny z přírodního i syntetického kaučuku), které nastávají při dlouhodobém skladování, nebo používání nazýváme stárnutí pryže. Na rychlost stárnutí obecně má zásadní vliv druh, složení a stavba polymeru, což platí i pro pryže. U pryže je stárnutí doprovázeno snížením pevnosti struktury, protažením a zásadní změnou pružnosti, změnou povrchu materiálu a zhoršení dielektrických vlastností. Hlavními činiteli, které mají za následek tyto fyzikální změny, jsou kyslík, ozon, světlo, zvýšená teplota, soli některých kovů, statické a dynamické namáhání. Většinou působí výše uvedené činitele současně.[9]

2.2.1 Vliv teploty na pryž

Tepelné stárnutí výrobků z pryže je obvykle spojeno s přítomností kyslíku, jelikož jsou používány hlavně ve vzdušném prostředí. Tepelné stárnutí je závislé na teplotě, dále na koncentraci kyslíku, důležité jsou i složení směsi a součinitel vulkanizace. Pokud jsou prováděny dynamické zkoušky, souvisí se stárnutím přepětí pryže. Při vyšších teplotách pev-

nost klesá a plasticita vzrůstá. Pokud by vzrostla teplota struktury z 0°C na 100°C, pevnost klesne téměř o 1/3. Se vzrůstem teploty je spojena rychlejší oxidace materiálu. Tepelné stárnutí při vyšších teplotách a to jak tvrdých, tak měkkých pryží doprovází odštěpování sirovodíku. Vulkanizáty ze syntetických kaučuků při stárnutí za vyšších teplot většinou tvrdnou vlivem další vulkanizace s čímž, je spojen pokles pružnosti na rozdíl od tepelného stárnutí vulkanizátů z přírodního kaučuku, které měknou díky destrukci kaučukových molekul. Syntetické vulkanizáty vykazují větší odolnost proti tepelnému stárnutí. Např. butadien-styrenový kaučuk získává při tepelném stárnutí vyšší pružnost, kdežto u přírodního kaučuku pružnost klesá úměrně s dobou stárnutí. Při opakované deformaci je pružnější pryž zahřívána méně. Nesmíme však opomenout, že na stárnutí pryže při dynamickém namáhání mají vliv i jiné faktory a to změna tuhosti, pevnosti a strukturní pevnosti struktury.[9]

2.2.2 Vliv kyslíku na pryž

Je již dlouho známo, že fyzikální změny pryžových výrobků, jež nastanou při stárnutí, jsou způsobeny vzdušným kyslíkem. Pryž obsahuje ve své struktuře nenasycené vazby, které snadno podléhají oxidaci a stačí i velmi malé množství kyslíku ke snížení fyzikálních vlastností těchto struktur. Výrobky z přírodního kaučuku při oxidačním stárnutí měknou a stávají se lepkavými, výrobky ze syntetického kaučuku obvykle tvrdnou.

Vliv kyslíku na stárnutí pryže je rozdílný s ohledem na množství a druhu urychlovače, množství síry a dalších přísad. Stárnutí vulkanizátu probíhá rychleji než stárnutí kaučuku surového a probíhá při něm celá řada reakcí:

- Větší propustnost vulkanizátu pro plyny, resp. rychlejší difuzi,
- absorpci kyslíku přísadami ve směsi, např. saze uvolňují absorbovaný kyslík při vulkanizaci,
- snadné vázání kyslíku některými přísadami ve struktuře, např. kyselinou olejovou a kalafunou,
- oxidací volné síry na kyselinu sírovou a siřičitou s následkem rozpadu pryže.[9]

2.2.3 Vliv únavy na stárnutí pryže

Porušení pryžových struktur při trvalém ohybu, stlačení, protažení a zvláště při opakované cyklické deformaci probíhá rychleji, než když je struktura v klidu. Stárnutí pryže při únavě, hlavně při dynamickém namáhání, je vlastně způsobováno oxidací vzdušným kyslíkem,

která je urychlována světlem a vyšší teplotou, což vzniká při dynamickém namáhání. Někdy je vzrůst teploty i tak velký, že dojde k depolymeraci kaučukových molekul, resp. pryž regeneruje. Světlo zrychluje oxidaci pryže, čímž se vytváří nepružný tvrdý povrch, který má tendenci při ohybu praskat. Vzniklé trhliny se při dalším namáhání rozšiřují, až pryžová struktura praskne. Vznik těchto trhlín je rychlejší u pryže z přírodního kaučuku, avšak jejich růst je poměrně pomalý. Oproti tomu při namáhání syntetického butadienstyrenového kaučuku se trhliny objevují později, ale rychleji se zvětšují a rozšiřují.

Dalším faktorem mající vliv na degradaci pryže důsledkem únavy je teplota. Teplota závisí na hysterezních ztrátách pryžové struktury, to jest na množství energie přeměněné na tepelnou energii u každého cyklu. U většiny pryžových struktur hystereze klesá, zvyšuje-li se teplota v normálním rozsahu teplot. Pokud je překročena teplota minimální hystereze, která je závislá hlavně na složení směsi a druhu kaučuku, nastává tepelná degradace s následkem zničení pryžové struktury.[9]

2.2.4 Vliv světla a ozonu na stárnutí pryže

Poškození pryže vlivem světla a ozonu za atmosférických podmínek je jednou z nejintenzivnějších forem stárnutí. Světlo a ozon nelze při posuzování jejich účinnosti na destrukci polymeru od sebe oddělit. Je obtížné rozhodnout, jestli povrchová oxidace výrobků z pryže je způsobena katalytickým vlivem světla při oxidaci kyslíkem, nebo zda je způsobena ozonem. Pokud nastane oxidace pryže kyslíkem na světle je zhruba dvacetkrát rychlejší než oxidace ve tmě. Účinek světla a ozonu se obvykle začíná projevovat změnami na povrchu pryže. Jednotlivé druhy změn jsou zřetelně odlišné a můžeme je rozdělit do několika kategorií:

- *Sítování* se projevuje jemnými nepravidelnými trhlinkami v nepružném pryskyřičném povlaku. Sítování je zahájeno světlem katalyzovanou oxidací kyslíkem. Pokud jsou oxidační produkty v kontaktu s vodou např. při dešti, vyluhují a prasklinky na povrchu ještě více vyniknou. Je-li oxidací narušený povrch namáhán za vyšších teplot, dochází k rozšíření prasklin.
- *Odprašování* nastává při uvolnění plnidel v pryži a projevuje se jemným práškem na povrchu materiálu, který jde setřít, nebo odplavit. Projevuje se hlavně u vysoce plněných směsí. Může se také projevovat jemným a hustým popraskáním povrchu, který se stává matný.

- *Praskání* se projevuje jako trhliny na povrchu materiálu u výrobků, jež jsou namáhány nějakým pnutím. Trhliny pak vždy v kolmém směru na směr ohýbání a mají různou hloubku a hustotu. Tyto trhliny vznikají za světla i tmy. Trhliny jsou způsobeny ozonem. Výrobek z pryže není homogenní a není tak pnutí v různých místech materiálu stejné. V místech s větším pnutím začíná praskat.[9]

II. PRAKTICKÁ ČÁST

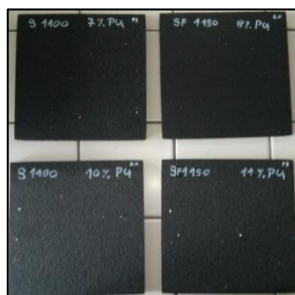
3 LABORATORNÍ MĚŘENÍ

Praktická část práce byla zaměřena na testování mechanických vlastností jednotlivých pryžových bloků (recyklovaných a lepených). Tyto bloky měly čtyři různé druhy procentuálního zastoupení adheziva pro soudržnosti směsi. Podkladem byl materiál od firmy GELPO s.r.o., která poskytla jak materiály, tak požadavky na zkoušky, které se prováděly s ohledem na použití v praxi.

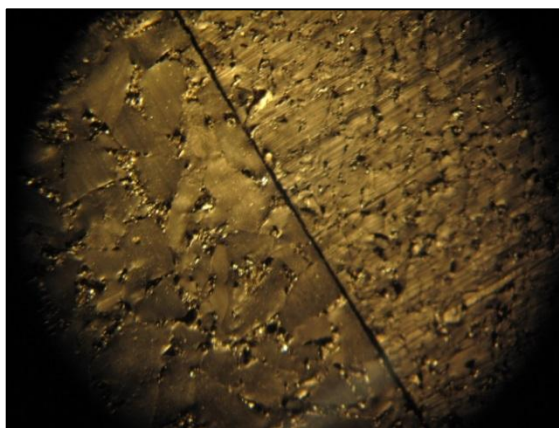
3.1 Materiály pro měření

Pro měření mechanických vlastností byly dodány čtyři sady vzorků ve tvaru čtvercových desek o délce jedné strany ($19,7 \pm 0,5$ mm) a tloušťce desek (20 ± 1 mm).

Dvě sady s označením S1100 se vyznačovaly většími částicemi pryžové drti lepeny (7%PU a 10%PU), další dvě sady s označením SF1150 z jemnější drti pryže lepeny (8%PU a 11%PU).



Obrázek 4 Vzorky recyklátu ve formě čtvercových plátů, které byly použity pro vyseknutí vzorků (shora 7,8,10,11% PU)



Obrázek 5 Povrchová struktura vzorku před počátečním měřením – rozdíl hrubé a jemné směsi, S1100,10%PU - zvětšeno 6x (vlevo) a SF1100,11%PU 6x(vpravo).

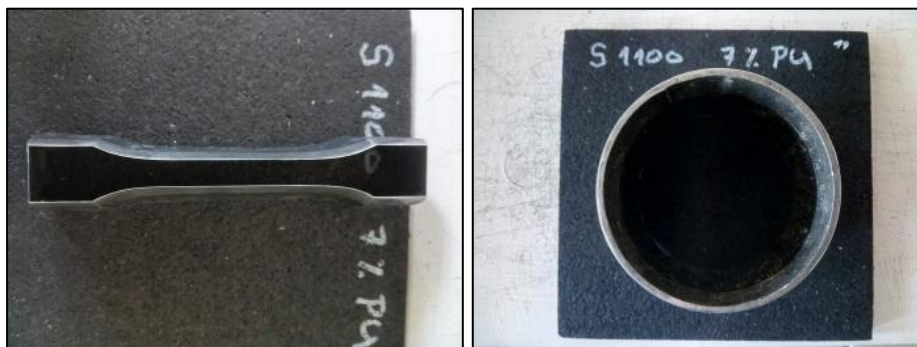
3.2 Měřicí zařízení

Měřicí zařízení bylo použito na Ústavu fyziky a materiálového inženýrství. Jednalo se o následující přístroje a zařízení:

- AGX Shimadzu s měřicími hlavami (tahová a tlaková zkouška)
- Bruel and Kjaer – snímače, generátor, multianalyzátor (přenosový útlum)
- Stroj na oděr (vlastní konstrukce)
- Chladicí zařízení pro -20°C a horkovzdušný sterilizátor
- Vysekávací nože – lopatky, kruhy
- Váhy pro měření hustoty
- Vysekávací lis (využito pro velké série vzorků)
- Tloušťkoměr, metr, nůžky

3.3 Příprava vzorků

Pro měření tahových, tlakových a akustických vlastností pryžových materiálů, bylo nutné připravit vzorky o přesně stanovených rozměrech. Vyseknutí vzorků provedeno na hydraulickém vysekávacím stroji ZPS 06102 P1 za pomoci vysekávacích nožů, tak aby rozměry vyseknutých těles vyhovovaly normě ČSN EN 527-1.



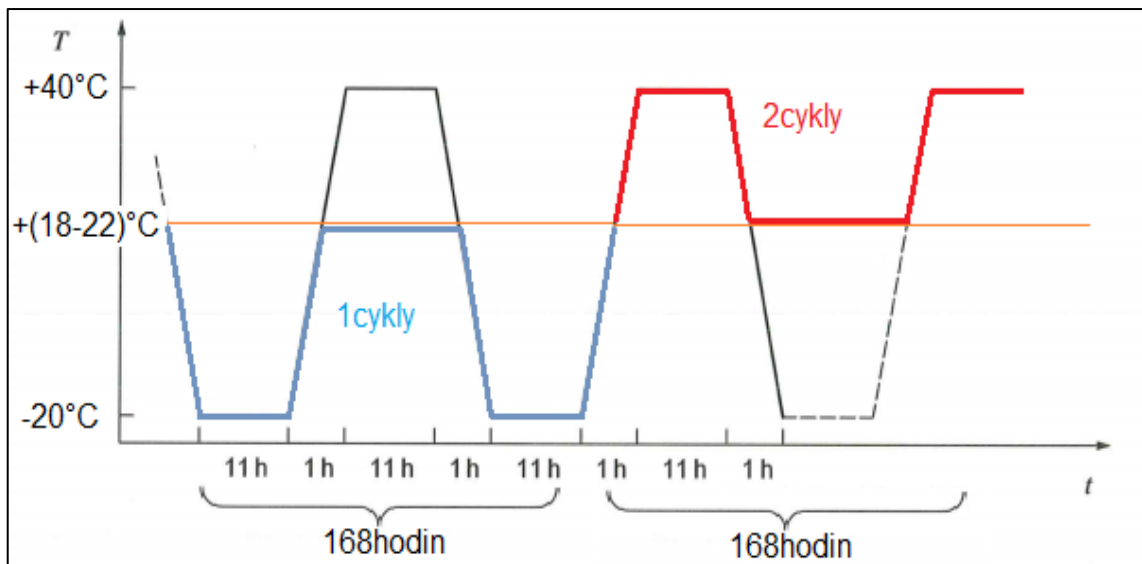
Obrázek 6 Foto deska a nástroj pro vyseknutí tahovou zkoušku (vlevo) a tlakovou zkoušku (vpravo).



Obrázek 7 Hydraulický vysekávací stroj ZPS 06102 P1 pro vysekávání vzorků, které byly předmětem měření.

3.4 Harmonogram měření

Popis měření v čase, které je zobrazeno v následujícím obrázku, bylo předlouhou pro zvození jednotlivých časů při teplotní zátěži vzorků.



Graf 5 Průběh klimatestů v čase.

Měření cyklu: Klimatesty byly prováděny dle normy DIN 45673-8. Vzorky se podrobovali změnám teplot v intervalu:

- 7x (11+1h -20°C; následuje pokojová teplota 11+1h) a
- 7x (11+1h +40°C a 11+1h pokojová teplota).

Celková doba jedno cyklu byla 168h. Poté byl materiál ponechán při pokojové teplotě, tak aby proběhla kodicionace před zkouškou. Pro cyklus teploty pod bodem mrazu bylo využito chladicího zařízení, které bylo nastaveno na -20°C. Působení zvýšené teploty na vzorky recyklátu se prováděly v sušárně, která byla nastavena na 40°C.



Obrázek 8 Horkovzdušný sterilizátor HS 574.

Tabulka 7 Měření v čase.

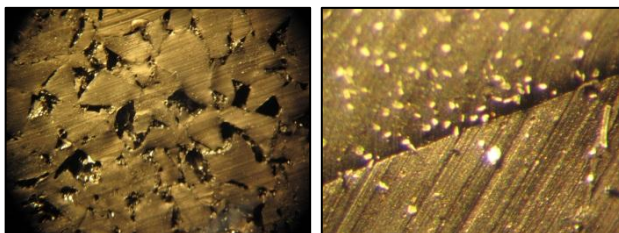
22.01.2015 1 Vstupní měření	Vstupní měření
	Zkouška tahem
	Zkouška tlakem
	Přenosový útlum
	Měření hustoty
	Zkouška oděru
	Charakterizace
28.02.2015 2 Měření po 1 cyklus	Měření po 1 cyklu
	Zkouška tahem
	Zkouška tlakem
	Přenosový útlum
	Měření hustoty
	Zkouška oděru
25.03.2015 3 Měření po 2 Cyklus	Měření po 2 cyklu
	Zkouška tahem
	Zkouška tlakem
	Přenosový útlum
	Měření hustoty
	Zkouška oděru
Charakterizace	

20.04.2015 4Měření po 3Cyklus	Měření po 3cyklu
	Zkouška tahem
	Zkouška tlakem
	Přenosový útlum
	Měření hustoty
	Zkouška oděru
Charakterizace	

3.4.1 Povrchová charakterizace

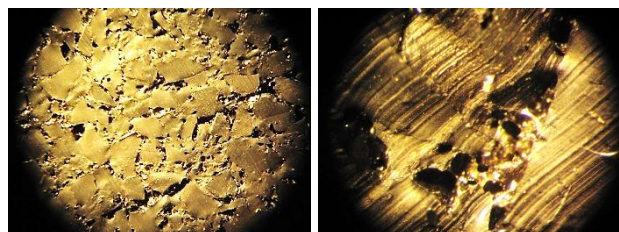
Mezi vizuální hodnocení materiálů bylo provedeno zobrazení ve dvojnásobném zvětšení a to 8x a 50x. Toto zvětšení bylo zvoleno pro rozdělení velkého povrchu a konkrétního detailu povrchu pro snadnější identifikaci změn v průběhu střednědobého měření. V průběhu jednotlivých klimacyklů byly provedeny jednotlivé fotografie, které jsou prezentovány v následujících podkapitolách, a které ukazují konkrétní povrchy vzorků.

3.4.1.1 S1100 7%PU



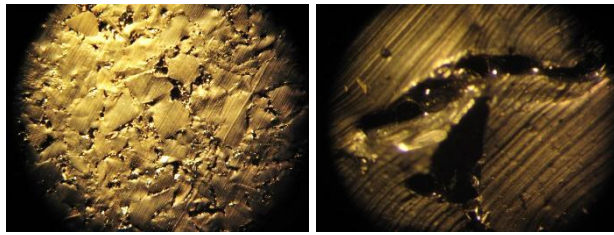
Obrázek 9 Povrchová struktura vzorku před počátečním měřením

S1100,7%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



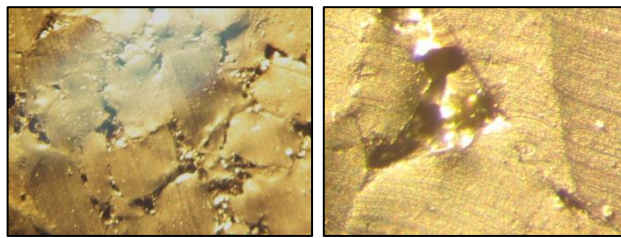
Obrázek 10 Povrchová struktura vzorku po prvním cyklu

S1100,7%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



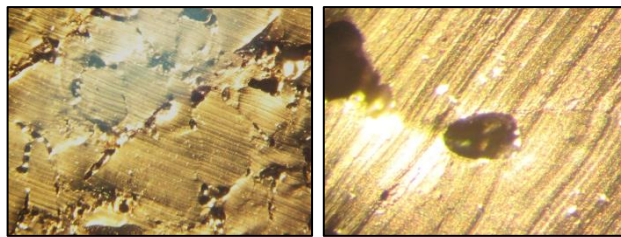
Obrázek 11 Povrchová struktura vzorku po druhém cyklu

SF1100, 7%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



Obrázek 12 Povrchová struktura vzorku po třetím cyklu

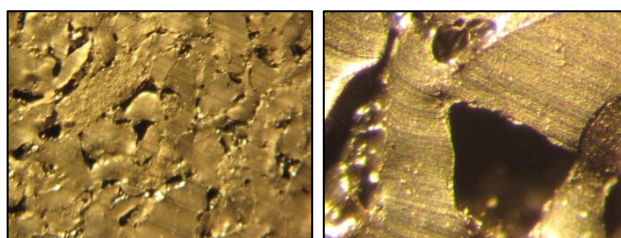
SF1100, 7%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



Obrázek 13 Povrchová struktura vzorku po čtvrtém cyklu

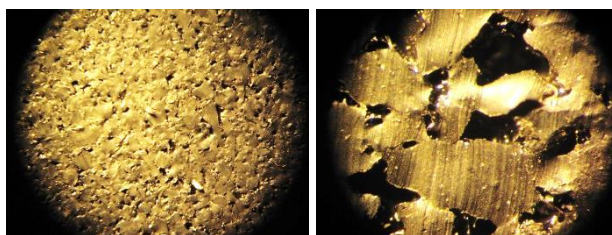
SF1100, 7%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.

3.4.1.2 SF1150, 8%PU

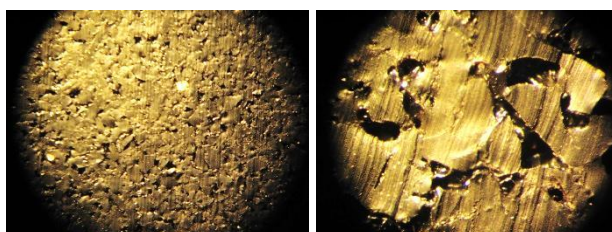


Obrázek 14 Povrchová struktura vzorku před počátečním měřením

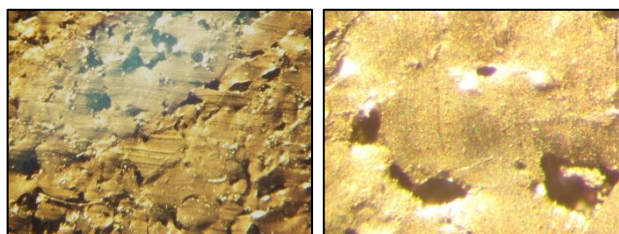
SF1150, 8%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



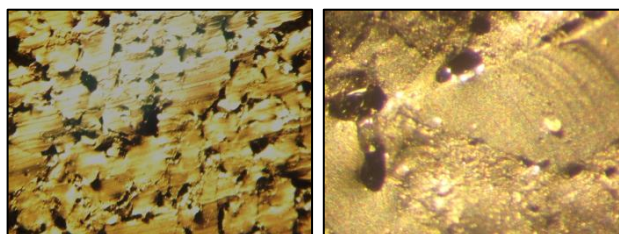
Obrázek 15 Povrchová struktura vzorku po prvním cyklu
SF1150,8%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



Obrázek 16 Povrchová struktura vzorku po druhém cyklu
SF1150,8%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.

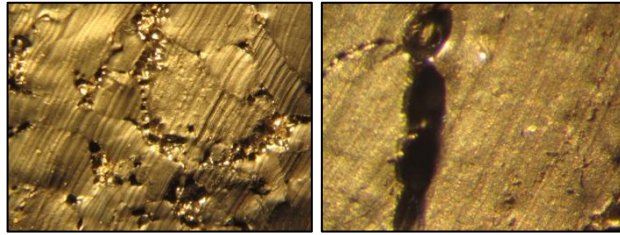


Obrázek 17 Povrchová struktura vzorku po třetím cyklu
SF1150,8%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.

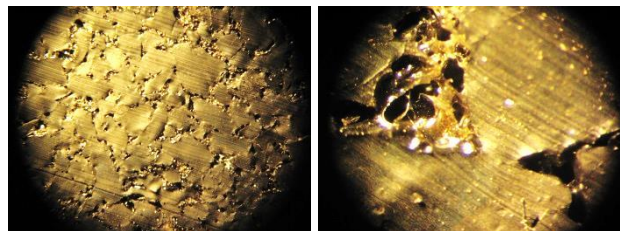


Obrázek 18 Povrchová struktura vzorku po čtvrtém cyklu
SF1150,8%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.

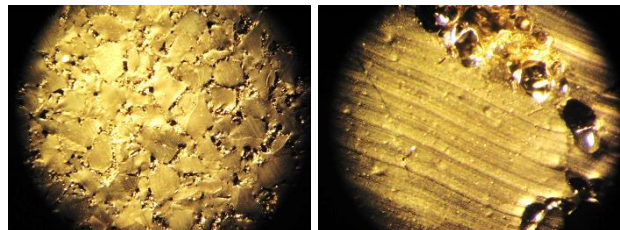
3.4.1.3 S1100 10%PU



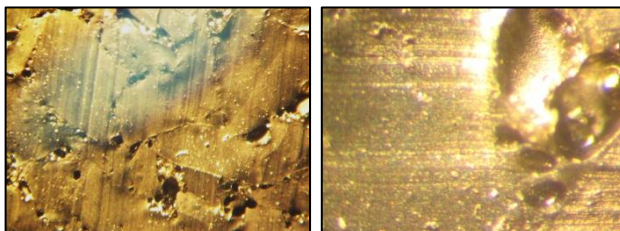
Obrázek 19 Povrchová struktura vzorku před počátečním měřením
S1100,10%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



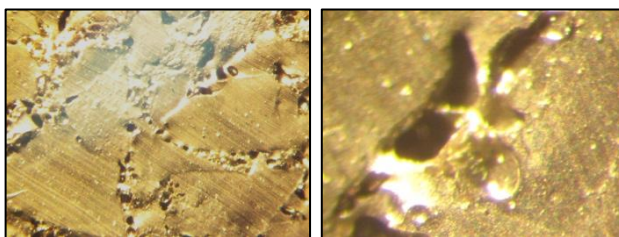
Obrázek 20 Povrchová struktura vzorku po prvním cyklu
S1100,10%PU - zvětšeno 6x (vlevo) a 50x.



Obrázek 21 Povrchová struktura vzorku po druhém cyklu
S1100,10%PU - zvětšeno 6x (vlevo) a 50x.



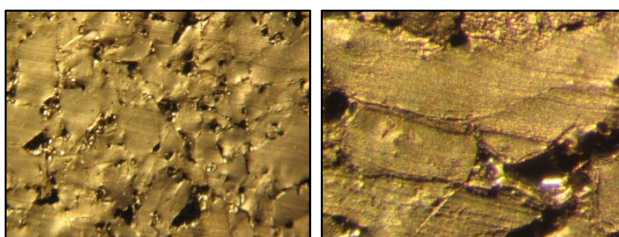
Obrázek 22 Povrchová struktura vzorku po třetím cyklu
S1100,10%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



Obrázek 23 Povrchová struktura vzorku po čtvrtém cyklu

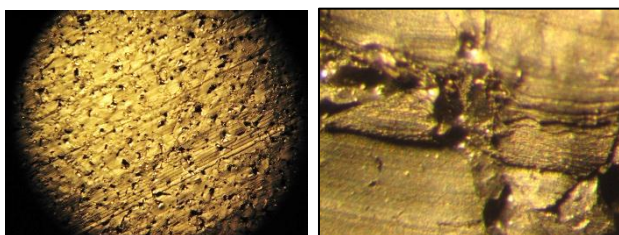
SF1100, 10%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.

3.4.1.4 SF1150 11%PU



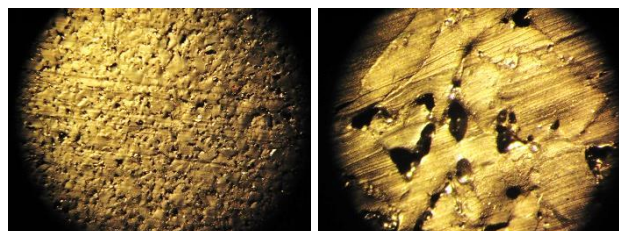
Obrázek 24 Povrchová struktura vzorku před počátečním měřením

SF1150, 11%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



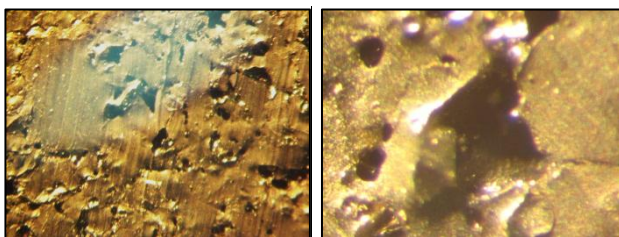
Obrázek 25 Povrchová struktura vzorku po prvním cyklu

SF1150, 11%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



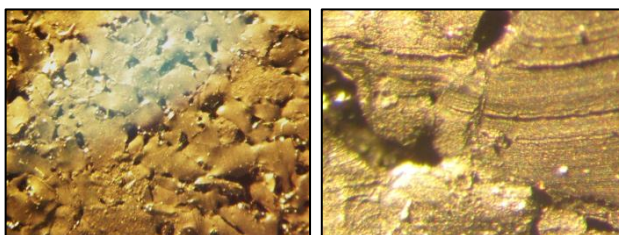
Obrázek 26 Povrchová struktura vzorku po druhém cyklu

SF1150, 11%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.



Obrázek 27 Povrchová struktura vzorku po třetím cyklu

SF1150,11%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.

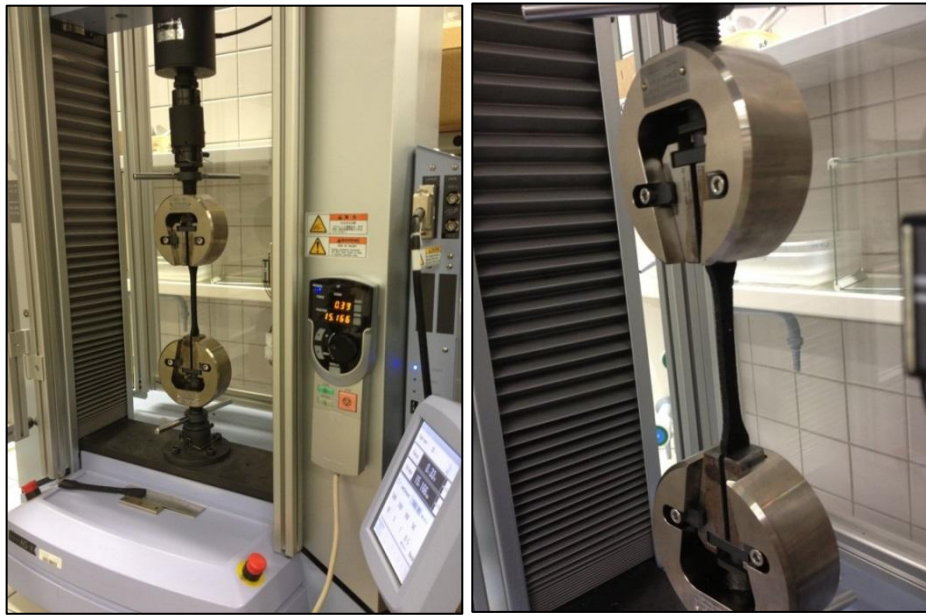


Obrázek 28 Povrchová struktura vzorku po čtvrtém cyklu

SF1150,11%PU - zvětšeno 8x (vlevo) a 50x.

3.5 Tahová zkouška

Pro měření mechanických veličin, které byly uvedeny v předešlých kapitolách, bylo použito trhacího stroje Instron (s měřicí hlavou do 10 000N) a vzorky použité pro měření trhací zkoušky na stroji (jedná se o standardizované tvary vzorků, tzv. lopatky, které byly vyseknuty na předepsané rozměry). Tato aparatura a zařízení jsou uvedeny na následujícím obrázku. Prováděné zkoušky byly v souladu s normou pro tahové zkoušky plastických materiálů a to dle ČSN EN ISO 527 – 1-5 (dříve značená verze normy 64 0604).

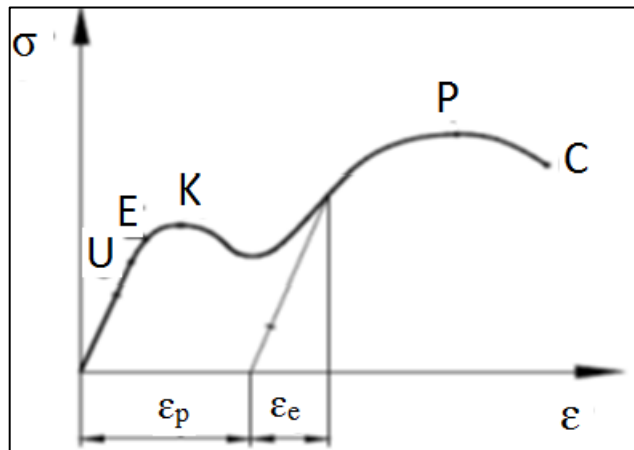


Obrázek 29 Foto uchycení vzorku do čelistí pro průběh tahové zkoušky.

Tahové a tlakové vlastnosti pryžových komponentů byly testovány současně, tak jak doporučuje metodika tahové zkoušky normy ČSN. Výstupem měřicí metody je graf, který znázorňuje křivku závislosti napětí σ (MPa) a relativního protažení ϵ (%) nad „původní“ délku vzorku l (mm).

Pro tahovou zkoušku byly zvoleny lopatky dle normy ČSN EN 527-1 s pracovní délkou 110mm.

- Pro tahovou zkoušku byly zvoleny lopatky dle normy ČSN EN 527-1 s pracovní délkou 110mm.
- Rychlost pro posun čelisti byla stanovena na 50mm / min (dle možnosti z normy ČSN EN 527).
- Šířka vzorku vysekávacího nože = 10 mm.



Obrázek 30 Diagram tahové zkoušky.

Kde:

ϵ_e – pružná, elastická deformace (%)

ϵ_p – plastická deformace (%)

U, σ_U – mez úměrnosti

E, σ_E – mez pružnosti elastičnosti

K, σ_K – mez kluzu, vzniká již trvalá deformace, dá se přesně zjistit u houževnatých materiálů, je výchozí hodnotou pro výpočty

K, σ_P – mez pevnosti, materiál praská, je důležitá u křehkých materiálů

C – dochází k přetržení zkušebního tělíska

σ - napětí v tahu (MPa)

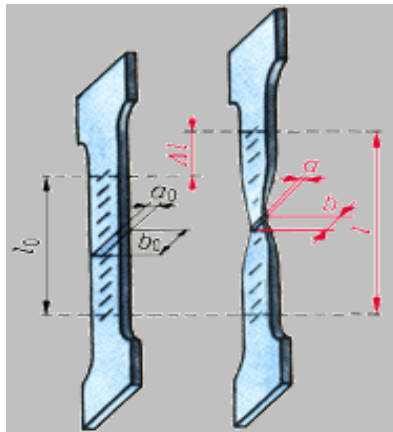
$$\sigma = \frac{F}{S}$$

(10)



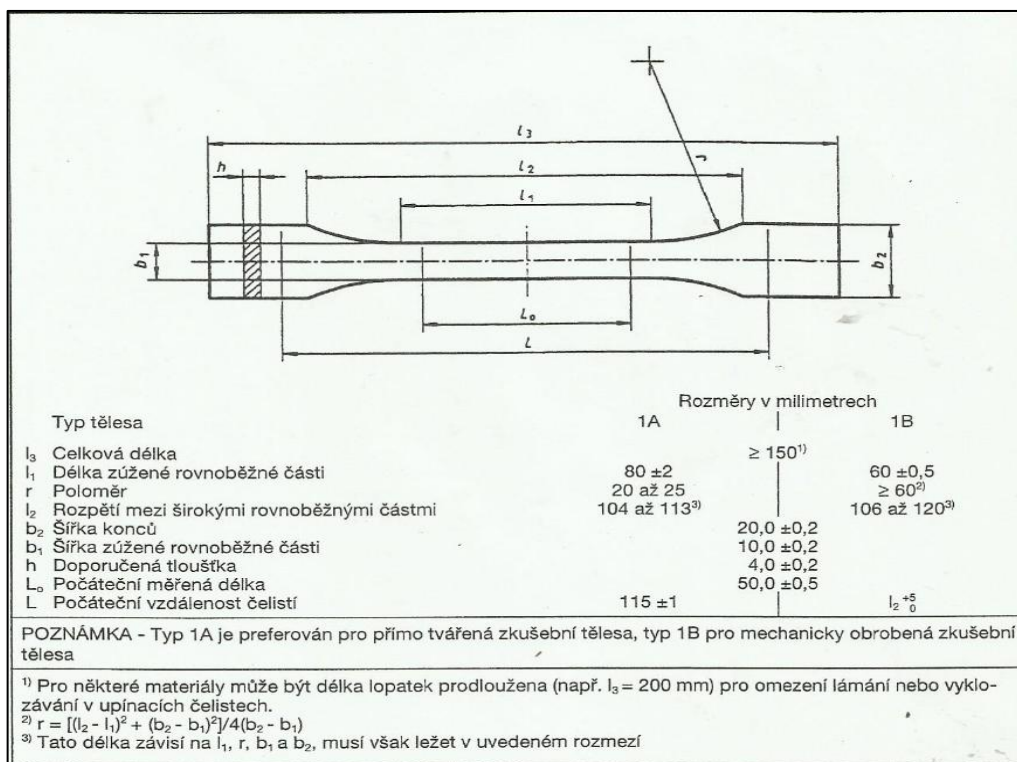
Obrázek 31 Vyseknuté lopatky před zkouškou a po zkoušce (vpravo).

Popis jednotlivých rozměrů v rámci měření tahové zkoušky je popsán v níže uvedeném obrázku. Tyto vzorky byly připraveny vyseknutím dle normy ČSN EN 527 pro tahové zkoušky polymerů a pryží.



Obrázek 32 Lopatky před zkouškou a při zkoušce (vpravo).

Lopatky jsou děleny na několik parametrů, které je nutné respektovat při tvorbě samotného vzorku ve tvaru lopatky. Jedná se o šířku, výšku a délku pracovní části lopatky. Dále jsou to koncové části lopatky, které se umísťují do čelistí pro samotnou zkoušku tahem. Veškeré parametry, které jsou dány normou pro tahovou zkoušku, a jsou zobrazeny na níže uvedeném obrázku.



Obrázek 33 Rozměry lopatky dle normy ČSN EN ISO 527-2.

3.5.1 Popis tlakové zkoušky

Kapitola popisuje získaná data pro 7, 8, 10 a 11% obsah adhesiva ve vzorku. Stejně jako u všech vzorků jsou zpracovány vstupní hmotnosti jednotlivých sérií a vstupní rozměry zkušebních vzorků. Takto charakterizované zkušební tělesa byly poté zkoušeny tahovou zkouškou, která byla popsána v kapitole 3.5.

3.5.1.1 Vzorek S 1100, 7%PU

Tabulka 8 Váha lopatek pro tahovou zkoušku S1100, 7%PU.

S1100 7%PU	m(g)	m(g)	m(g)	m(g)	m(g)
lopatka č. 1-5	21,37	20,35	20,73	21,46	21,29
lopatka č. 6-10	20,99	20,33	20,87	21,85	21,24
lopatka č. 11-15	21,32	20,28	20,67	21,59	21,45
lopatka č. 16-20	21,42	20,48	20,81	21,69	20,92
lopatka č. 21-25	21,35	20,75	20,67	21,29	21,18
lopatka č. 26-30	21,4	20,53	20,7	21,45	21,04
lopatka č. 31-35	21,22	20,1	20,73	21,39	21,38
lopatka č. 36-40	21,43	20,62	20,63	21,6	21,54
lopatka č. 41-45	21,14	20,42	20,66	21,61	20,91
lopatka č. 46-50	20,97	20,49	20,71	21,45	21,2
AP	21,261	20,435	20,718	21,538	21,215
SmodchAP	0,0548624	0,0579511	0,0230844	0,0513333	0,067202
Výsled. váha	21,26±0,06	20,44±0,06	20,72±0,03	21,54±0,06	21,22±0,07

Tabulka 9 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.

Měření/ č.lopatky l(mm)	č. 1, šířka (mm)	č. 2, šířka (mm)	č. 3, šířka (mm)	č. 4, šířka (mm)	č. 5, šířka (mm)
1měření	10,927	10,71	10,849	10,945	11,184
2měření	10,671	10,974	10,783	10,808	10,625
3měření	11,02	10,642	10,66	10,974	10,964
4měření	10,916	10,683	10,911	11,007	11,086
5měření	10,828	11,025	10,937	11,083	10,95
AP	10,8724	10,8068	10,828	10,9634	10,9618
SmodchAP	0,058822275	0,079819421	0,049729267	0,045169237	0,09443961
Výsled. šířka	10,87±0,06	10,81±0,08	10,83±0,05	10,96±0,05	10,96±0,10

Tabulka 10 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.

měření/č.lopátky l(mm)	č. 6, l(mm)	č. 7, l(mm)	č. 8, l(mm)	č. 9, l(mm)	č. 10, l(mm)
1měření	11,318	10,913	10,579	10,644	10,772
2měření	10,95	10,969	10,741	10,657	10,994
3měření	10,915	11,13	10,956	10,72	11,015
4měření	10,618	10,697	10,75	10,676	11,016
5měření	10,953	10,724	10,972	10,933	11,087
AP	10,9508	10,8866	10,7996	10,726	10,9768
smodchAP	0,111103285	0,080348367	0,073736422	0,053324478	0,053562487
Výsled. Šířka	10,95±0,12	10,89±0,08	10,80±0,08	10,73±0,06	10,98±0,06

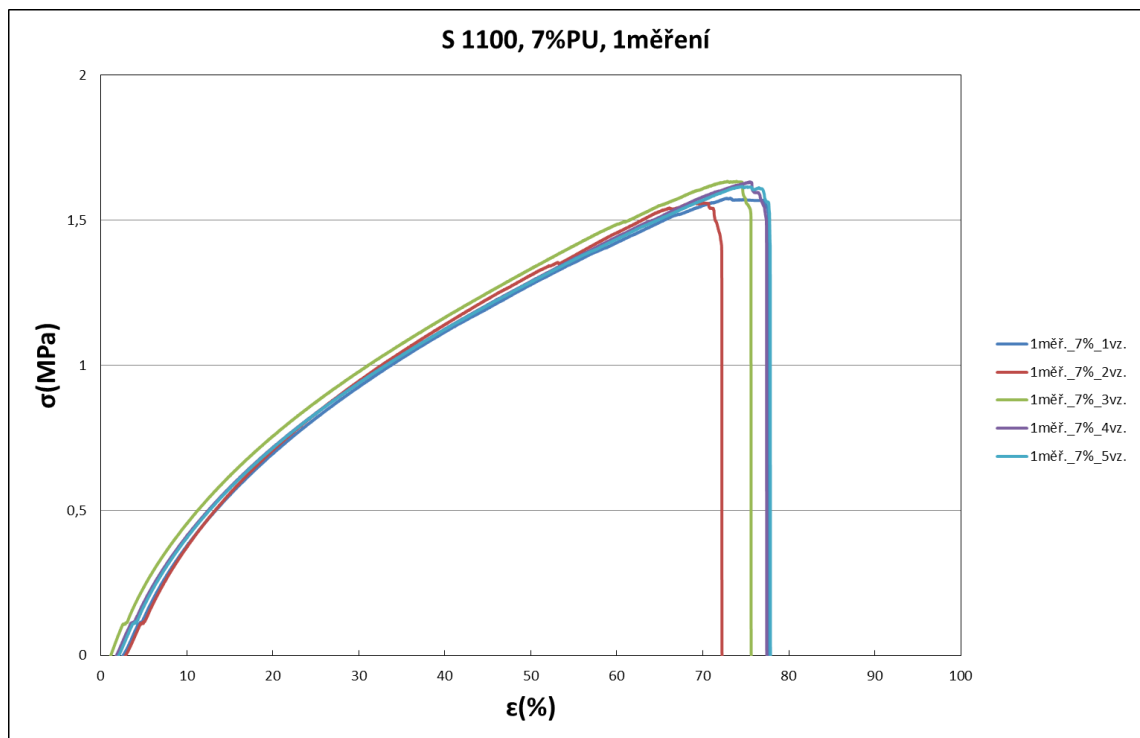
Tabulka 11 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.

měření/č.lopátky l(mm)	č. 11, l(mm)	č. 12, l(mm)	č. 13, l(mm)	č. 14, l(mm)	č. 15, l(mm)
1měření	10,828	11,125	11,02	10,969	11,079
2měření	10,98	10,939	11,074	10,682	11,05
3měření	11,102	11,004	11,021	10,666	11,01
4měření	11,079	11,14	11,038	10,99	10,992
5měření	11,053	11,206	11,011	11,063	11,042
AP	11,0084	11,0828	11,0328	10,874	11,0346
smodchAP	0,049540488	0,048538026	0,011186599	0,083165498	0,015302287
Výsled. Šířka	11,01±0,05	11,08±0,05	11,04±0,02	10,87±0,09	11,03±0,02

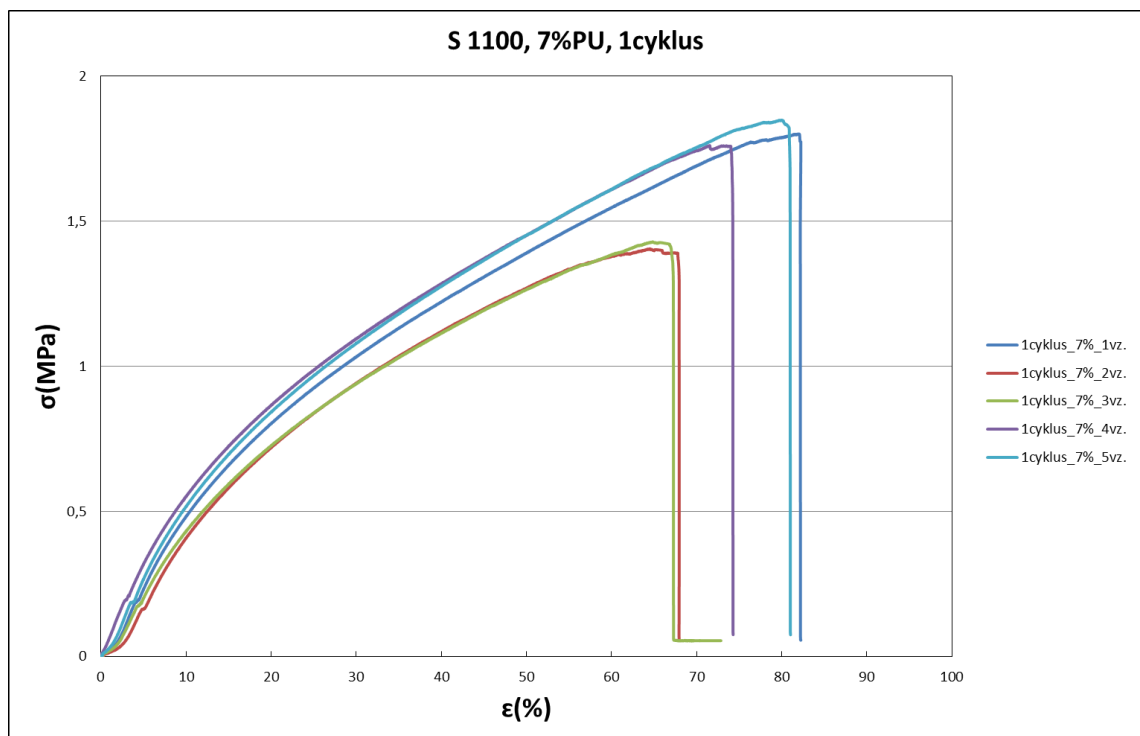
Tabulka 12 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.

měření/ č.lopátky l(mm)	č. 16, l(mm)	č. 17, l(mm)	č. 18, l(mm)	č. 19, l(mm)	č. 20, l(mm)
1měření	10,986	11,184	11,186	11,036	10,825
2měření	10,955	11,194	11,552	11,133	11,089
3měření	11,257	11,036	11,536	10,971	11,254
4měření	11,081	11,197	11,352	11,019	11,16
5měření	10,836	11,227	11,043	10,98	11,461
AP	11,023	11,1676	11,3338	11,0278	11,1578
smodchAP	0,070385368	0,033672838	0,098802024	0,028916085	0,104086214
Výsled. Šířka	11,02±0,07	11,17±0,04	11,33±0,10	11,03±0,03	11,16±0,11

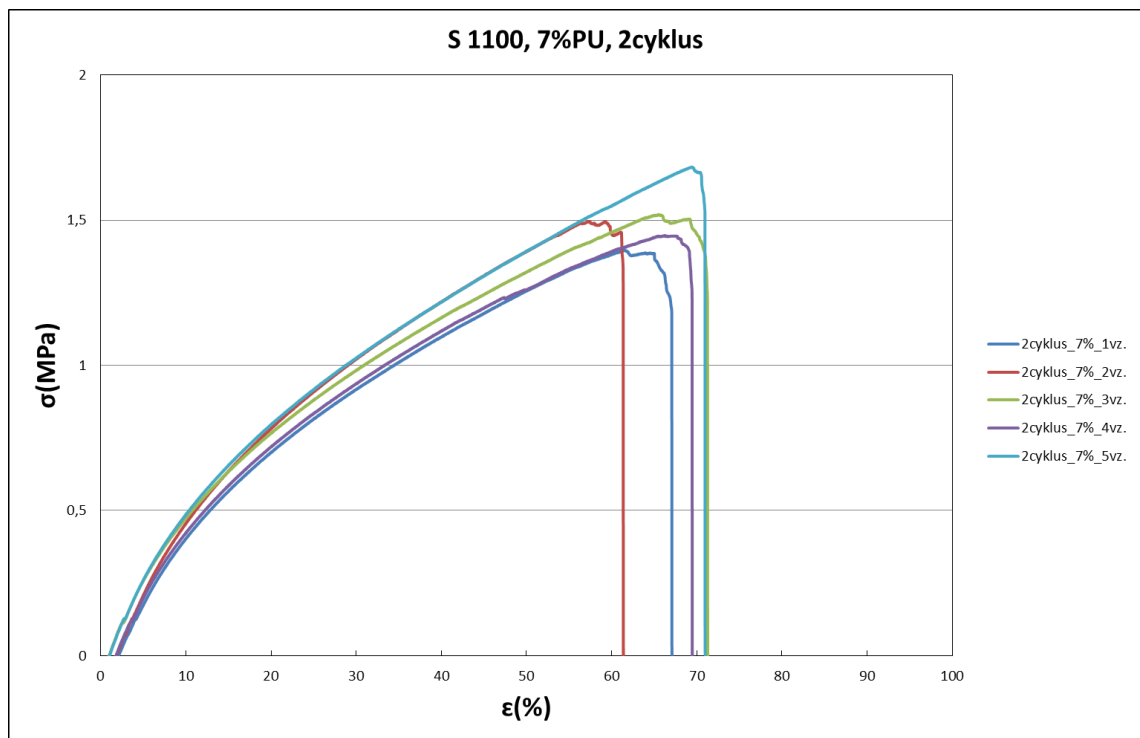
Grafická závislost naměřených hodnot z tahové zkoušky je reprezentována následujícími grafy, ve kterých je závislost napětí na poměrném prodloužení vzorku. Na úvod první série vzorků bylo provedeno vstupní měření a následně vždy po jednom cyklu bylo měření opakováno za stejných podmínek.



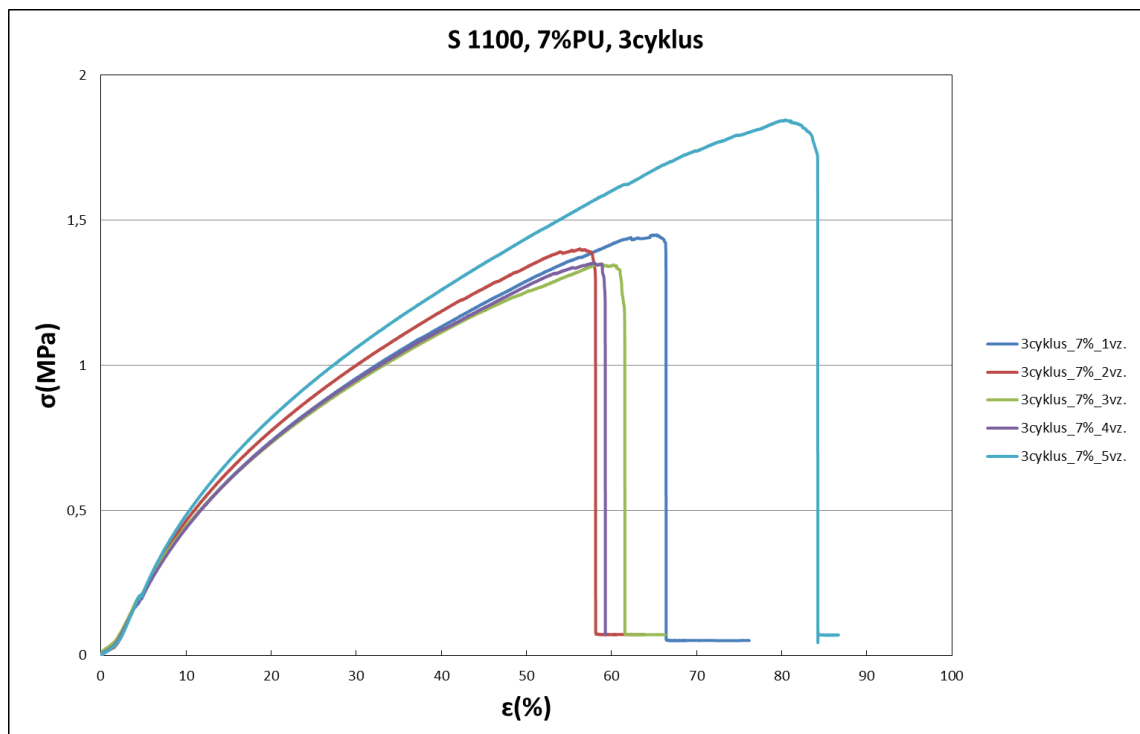
Graf 6 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 7 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 8 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 9 Závislost napětí na relativním prodloužení.

3.5.1.2 Vzorek SF 1150, 8%PU

Tabulka 13 Váha lopatek pro tahovou zkoušku SF1150 8%.

SF1150 8%PU	m(g)	m(g)	m(g)	m(g)	m(g)
lopatka č. 1-5	20,21	21,92	20,92	21,26	20,98
lopatka č. 6-10	20,07	21,54	21,59	21,31	21,09
lopatka č. 11-15	20,29	21,34	21,26	21,34	21,26
lopatka č. 16-20	19,97	21,54	21,82	21,66	21,32
lopatka č. 21-25	20,21	21,91	21,67	21,46	20,67
lopatka č. 26-30	20	21,75	21,48	21,26	21,29
lopatka č. 31-35	20,23	21,49	21,68	21,83	20,9
lopatka č. 36-40	20,1	21,88	21,11	21,35	21,35
lopatka č. 41-45	20,07	21,96	21,56	21,48	20,68
lopatka č. 46-50	20,12	21,51	21,79	21,76	21,01
AP	20,127	21,684	21,488	21,471	21,055
SmodchAP	0,0331679	0,0709804	0,0945492	0,0662562	0,0800174
Výsled. váha	20,13±0,04	21,68±0,08	21,49±0,1	21,47±0,07	21,06±0,09

Tabulka 14 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.

měření/č.lopatky l(mm)	č. 1, l(mm)	č. 2, l(mm)	č. 3, l(mm)	č. 4, l(mm)	č. 5, l(mm)
1měření	10,929	11,056	10,975	11,081	11,115
2měření	11,261	10,865	10,987	11,16	10,908
3měření	10,689	10,821	11,084	11,199	10,748
4měření	11,107	11,002	11,119	11,084	10,651
5měření	10,708	10,949	10,7872	11,022	10,885
AP	10,9388	10,9386	10,99044	11,1092	10,8614
smodchAP	0,111325828	0,0431029	0,057809113	0,031367818	0,078793781
Výsled. Šířka	10,94±0,12	10,94±0,05	11,00±0,06	11,11±0,04	10,85±0,08

Tabulka 15 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.

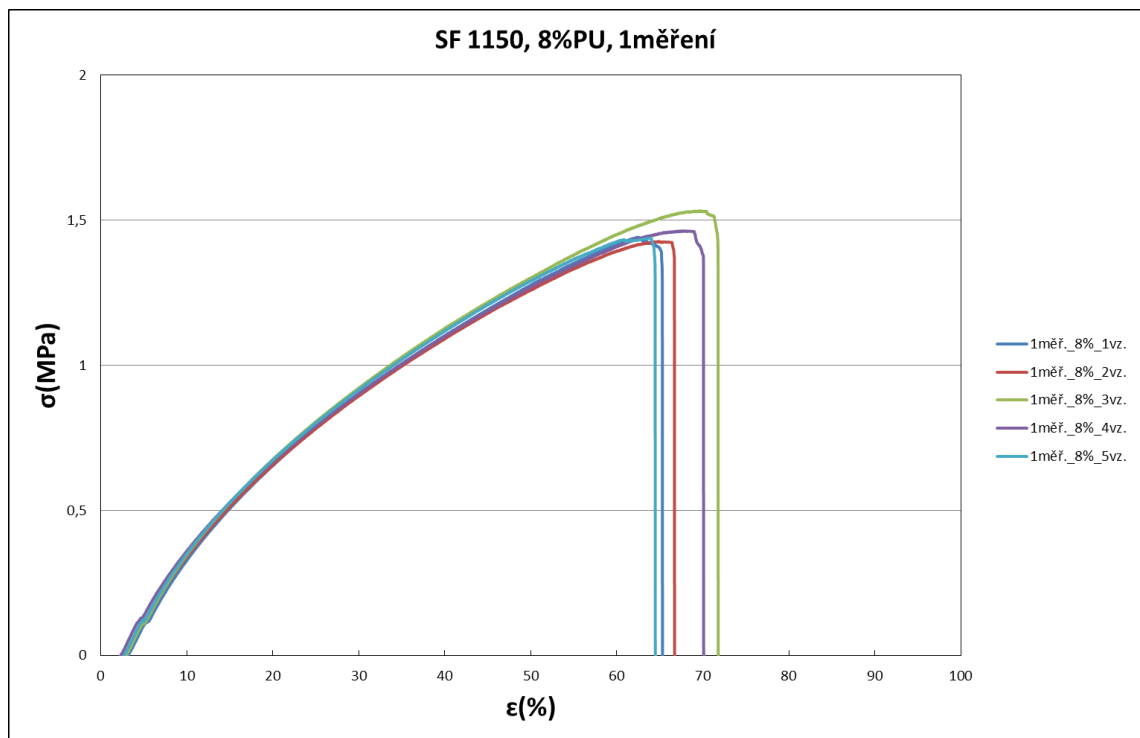
měření/č.lopatky l(mm)	č. 6, l(mm)	č. 7, l(mm)	č. 8, l(mm)	č. 9, l(mm)	č. 10 , l(mm)
1měření	10,659	10,987	10,878	11	10,838
2měření	10,647	10,996	11,154	11,346	10,798
3měření	10,789	10,626	11,073	11,486	10,98
4měření	10,9	11,213	11,19	11,249	10,681
5měření	10,96	10,684	10,987	11,226	11,073
AP	10,791	10,9012	11,0564	11,2614	10,874
smodchAP	0,062692105	0,108737942	0,056697972	0,079793233	0,068977533
Výsled. Šířka	10,80±0,07	10,90±0,11	11,06±0,06	11,26±0,08	10,87±0,07

Tabulka 16 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.

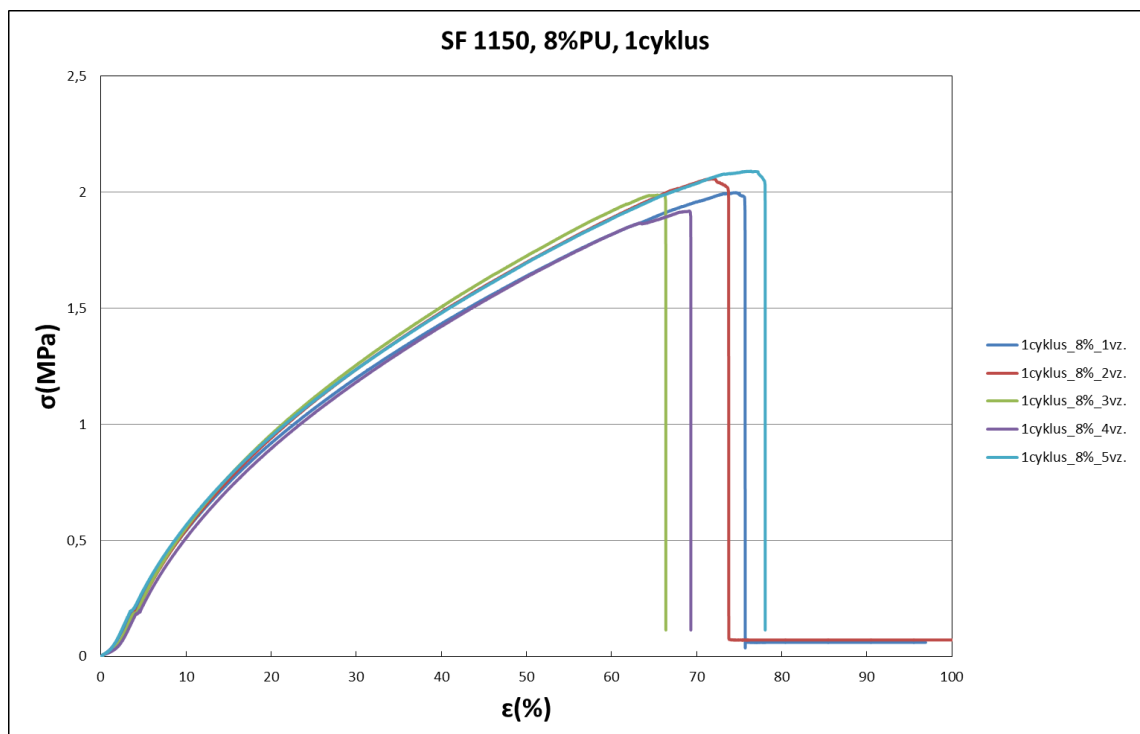
měření/č. lopatky l(mm)	č. 11, l(mm)	č. 12, l(mm)	č. 13, l(mm)	č. 14, l(mm)	č. 15, l(mm)
1měření	10,602	10,681	10,927	10,991	10,77
2měření	10,747	10,915	10,898	10,838	10,974
3měření	10,49	10,667	10,88	10,858	11,074
4měření	10,881	10,702	10,993	10,603	11,221
5měření	10,643	10,879	10,807	10,596	10,937
AP	10,6726	10,7688	10,901	10,7772	10,9952
smodchAP	0,066396235	0,052939966	0,030352924	0,077173441	0,074748512
Výsled. Šířka	10,67±0,07	10,77±0,06	10,90±0,03	10,80±0,08	11,00±0,08

Tabulka 17 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.

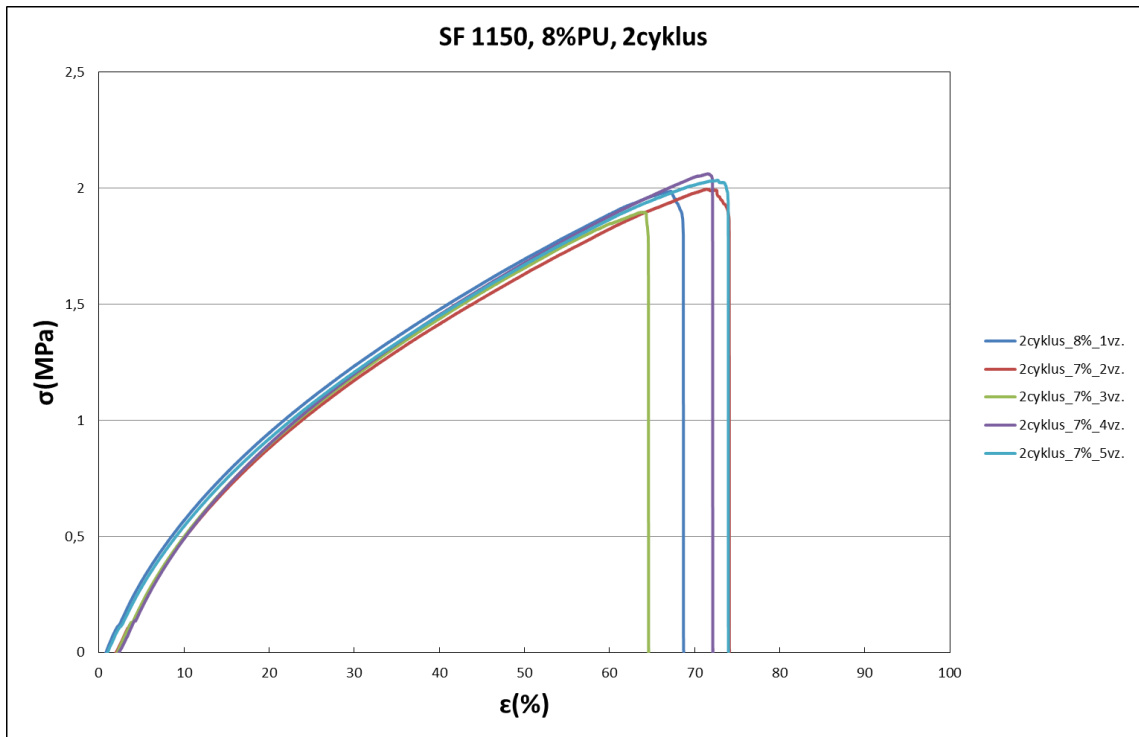
měření/č. lopatky l(mm)	č. 16, l(mm)	č. 17, l(mm)	č. 18, l(mm)	č. 19, l(mm)	č. 20, l(mm)
1měření	11,285	10,998	10,841	11,163	10,962
2měření	11,133	10,97	11,003	11,006	10,956
3měření	11,08	11,19	11,034	11,146	11,238
4měření	11,077	11,011	10,966	10,948	11,084
5měření	10,975	11,072	11,029	10,956	11,277
AP	11,11	11,0482	10,9746	11,0438	11,1034
smodchAP	0,050679384	0,039174481	0,035508591	0,046351268	0,067212796
Výsled. Šířka	11,11±0,05	11,05±0,04	10,97±0,04	11,04±0,05	11,10±0,07



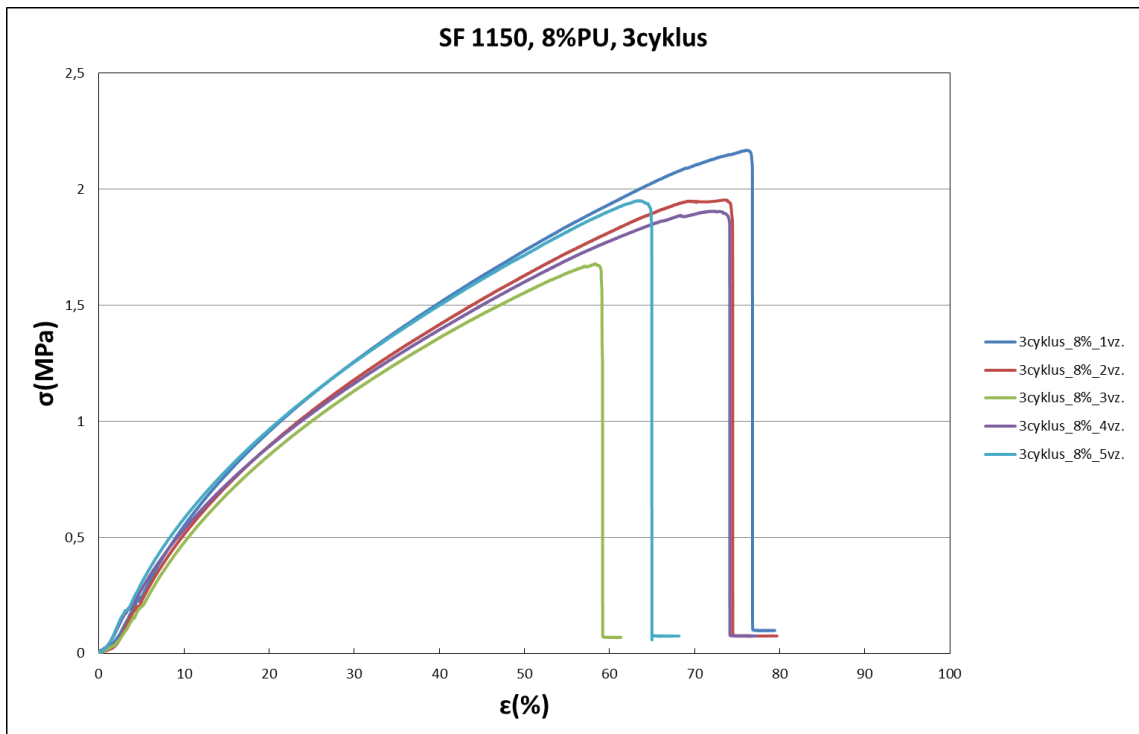
Graf 10 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 11 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 12 Závislost napětí na relativním prodloužení.

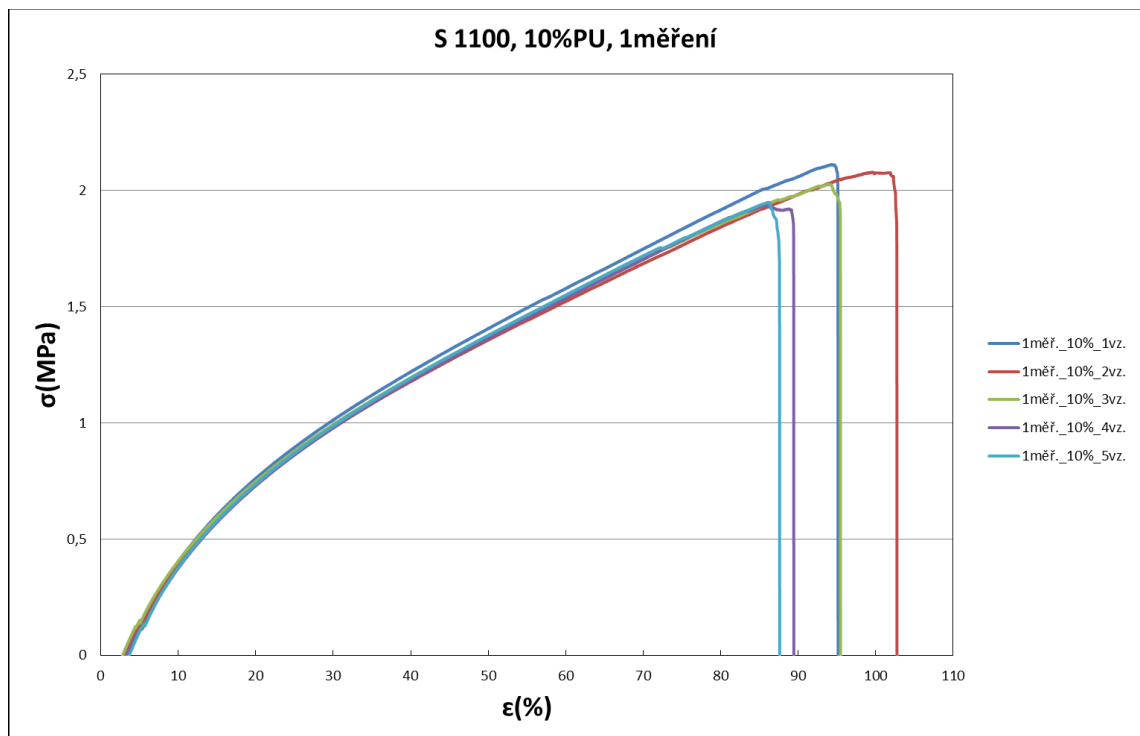


Graf 13 Závislost napětí na relativním prodloužení.

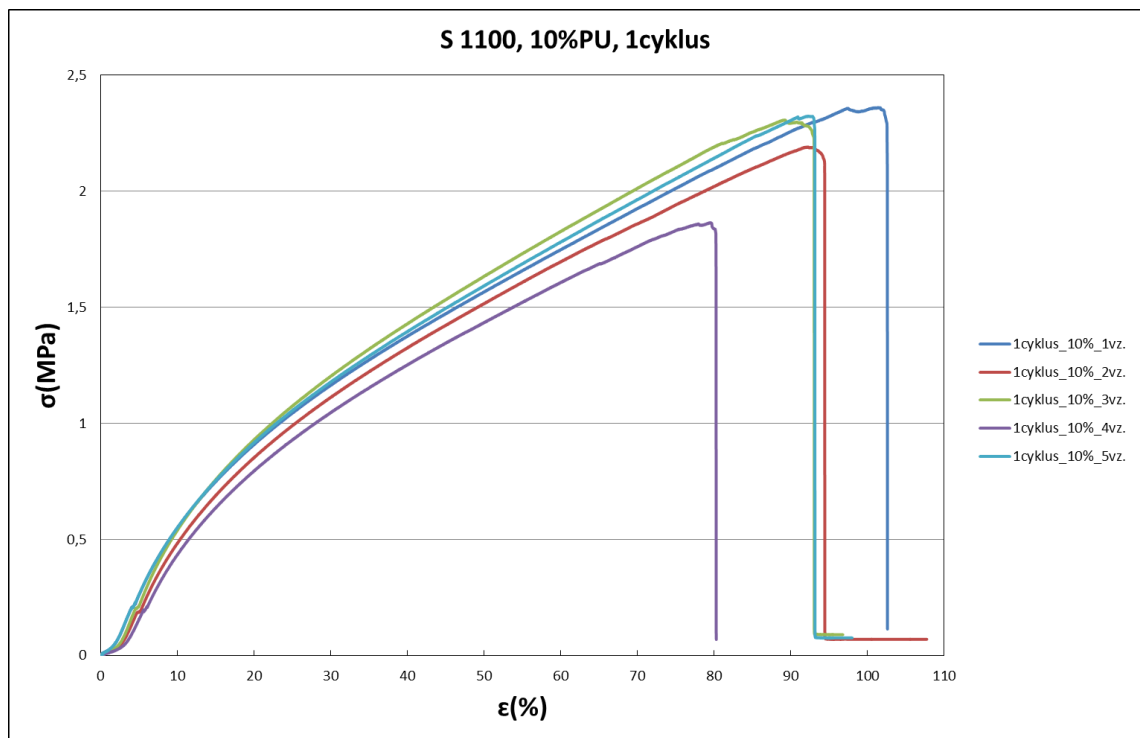
3.5.1.3 Vzorek S 1100, 10%PU

Tabulka 18 Váha lopatek pro tahovou zkoušku.

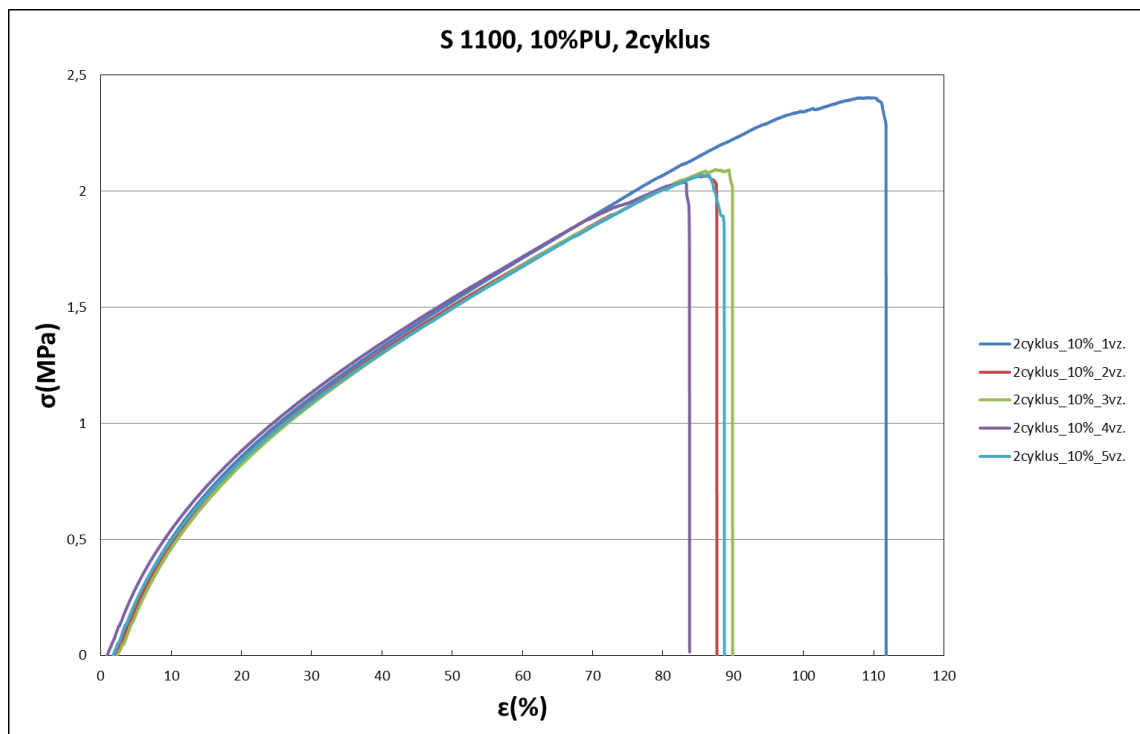
SF1100, 10%PU	m(g)	m(g)	m(g)	m(g)	m(g)
lopatka č. 1-5	21,45	20,45	20,75	21,59	21,5
lopatka č. 6-10	21,21	21,4	20,47	21,46	21,68
lopatka č. 11-15	21,47	21,29	21,05	21,72	21,64
lopatka č. 16-20	21,4	21,26	20,5	21,44	21,52
lopatka č. 21-25	21,37	21,25	20,75	21,16	21,12
lopatka č. 26-30	21,5	20,68	20,19	21,66	21,7
lopatka č. 31-35	21,33	20,96	20,7	21,28	21,43
lopatka č. 36-40	21,56	21,4	20,31	21,31	21,54
lopatka č. 41-45	21,38	21,21	21	21,71	21,32
lopatka č. 46-50	21,25	21,03	21,06	21,72	21,65
AP	21,392	21,093	20,678	21,505	21,51
SmodchAP	0,0345060	0,0999561	0,0970315	0,0649487	0,0574650
Výsled. váha	21,4±0,04	21,1±0,1	20,68±0,1	21,505±0,07	21,51±0,06



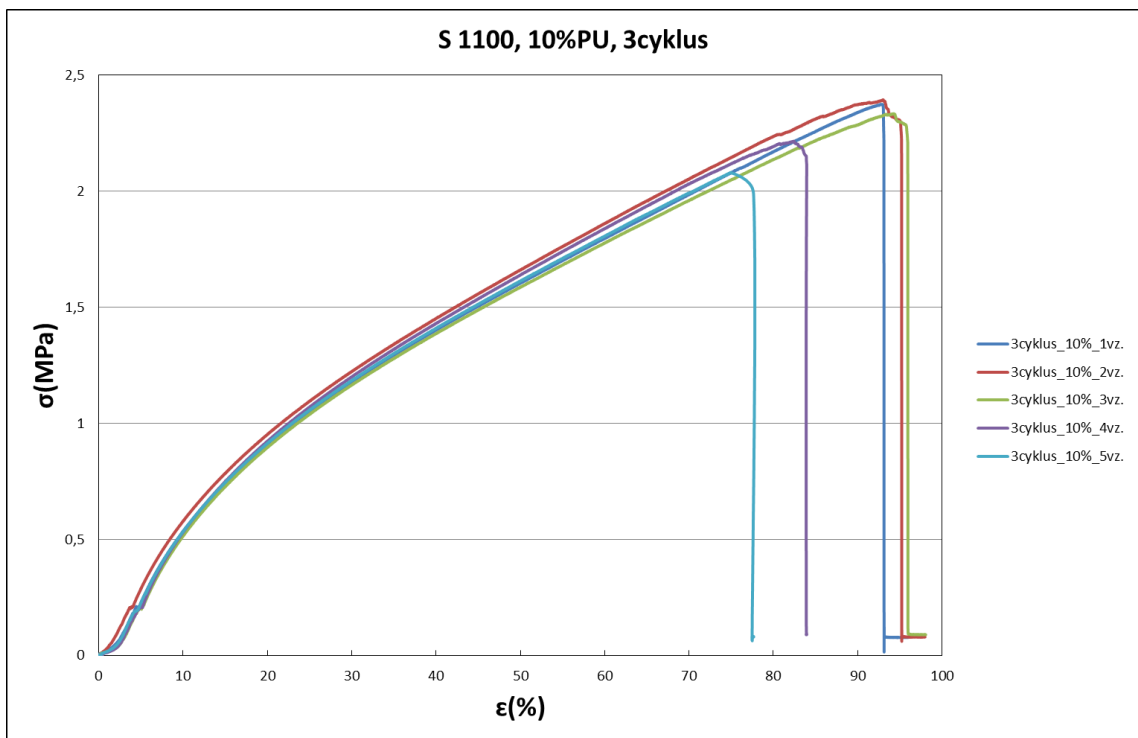
Graf 14 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 15 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 16 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 17 Závislost napětí na relativním prodloužení.

3.5.1.4 Vzorek SF 1150, 11%PU

Tabulka 19 Váha lopatek pro tahovou zkoušku SF1150, 11%PU.

SF1150 11%PU	m(g)	m(g)	m(g)	m(g)	m(g)
lopatka č. 1-5	20,66	21,16	20,13	20,51	20,49
lopatka č. 6-10	21,03	21,04	19,99	20,8	20,69
lopatka č. 11-15	20,16	21,29	20,16	20,67	20,8
lopatka č. 16-20	20,17	21,1	19,89	20,52	20,69
lopatka č. 21-25	21,14	21,17	19,97	20,83	20,47
lopatka č. 26-30	21,14	21,14	20,07	20,83	20,78
lopatka č. 31-35	20,68	21,2	20,1	20,62	20,6
lopatka č. 36-40	20,34	21,04	19,8	20,67	20,59
lopatka č. 41-45	21,07	20,73	19,98	20,85	20,41
lopatka č. 46-50	20,92	21,46	19,97	20,74	20,49
AP	20,731	21,133	20,006	20,704	20,601
SmodchAP	0,1236433	0,0595361	0,0351884	0,0400611	0,0429327
Výsled. váha	20,73±0,2	21,13±0,06	20,01±0,04	20,7±0,05	20,6±0,05

Tabulka 20 Tloušťka lopatek pro tahovou zkoušku.

měření/ č. lopatky l(mm)	č. 1, l(mm)	č. 2, l(mm)	č. 3, l(mm)	č. 4, l(mm)	č. 5, l(mm)
1měření	10,587	10,705	11,249	10,484	10,992
2měření	10,698	10,558	10,591	10,562	11,189
3měření	10,521	11,071	10,926	10,557	10,709
4měření	10,982	10,851	10,831	10,7829	10,854
5měření	10,661	11,089	10,999	10,995	10,769
AP	10,6898	10,8548	10,9192	10,67618	10,9026
smodchAP	0,079164007	0,102989514	0,107395717	0,094130082	0,085938699
Výsled. Šířka	10,69±0,08	10,86±0,11	10,92±0,11	10,68±0,10	10,9±0,09

Tabulka 21 Tloušťka lopatek pro tahovou zkoušku.

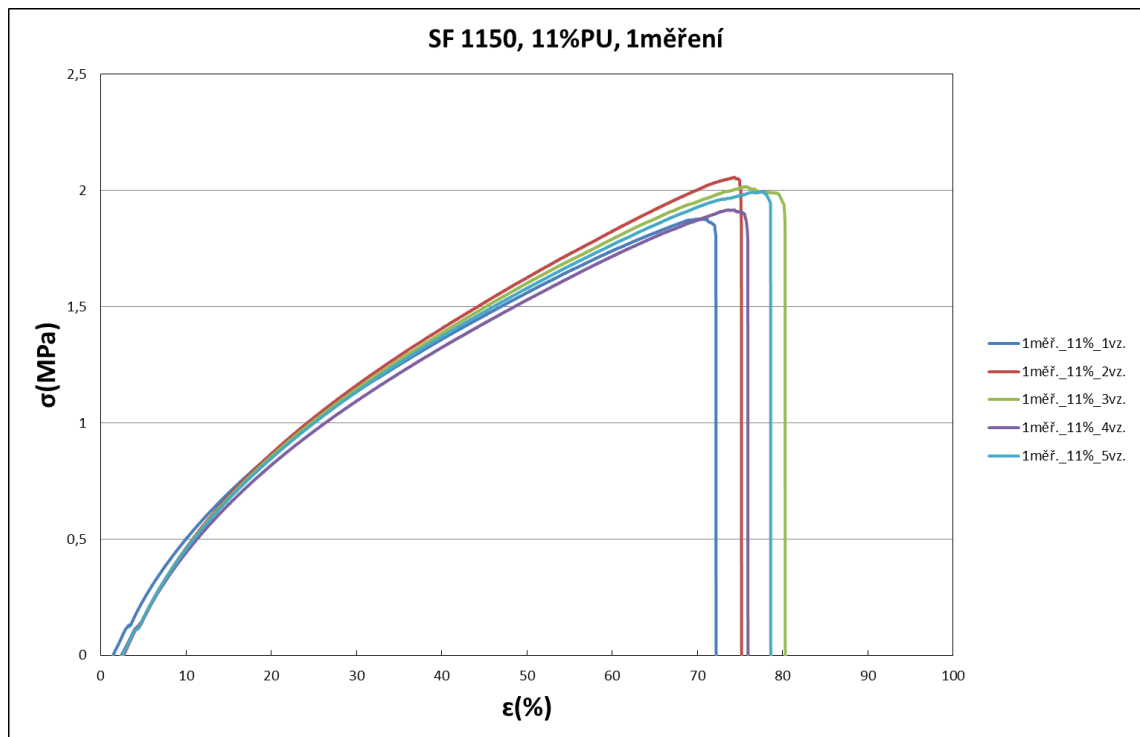
měření/ č. lopatky l(mm)	č. 1, l(mm)	č. 2, l(mm)	č. 3, l(mm)	č. 4, l(mm)	č. 5, l(mm)
1měření	10,821	10,767	10,642	11,035	10,677
2měření	10,446	10,397	10,648	11,284	10,841
3měření	10,632	10,963	10,696	10,779	10,79
4měření	10,732	10,904	10,856	10,601	10,891
5měření	11,014	10,426	10,758	10,93	10,657
AP	10,729	10,6914	10,72	10,9258	10,7712
smodchAP	0,09465622	0,118699031	0,039864771	0,115605969	0,045548216
AP tloušky	10,73±0,10	10,69±0,12	10,72±0,04	10,93±0,12	10,77±0,05

Tabulka 22 Tloušťka lopatek pro tahovou zkoušku.

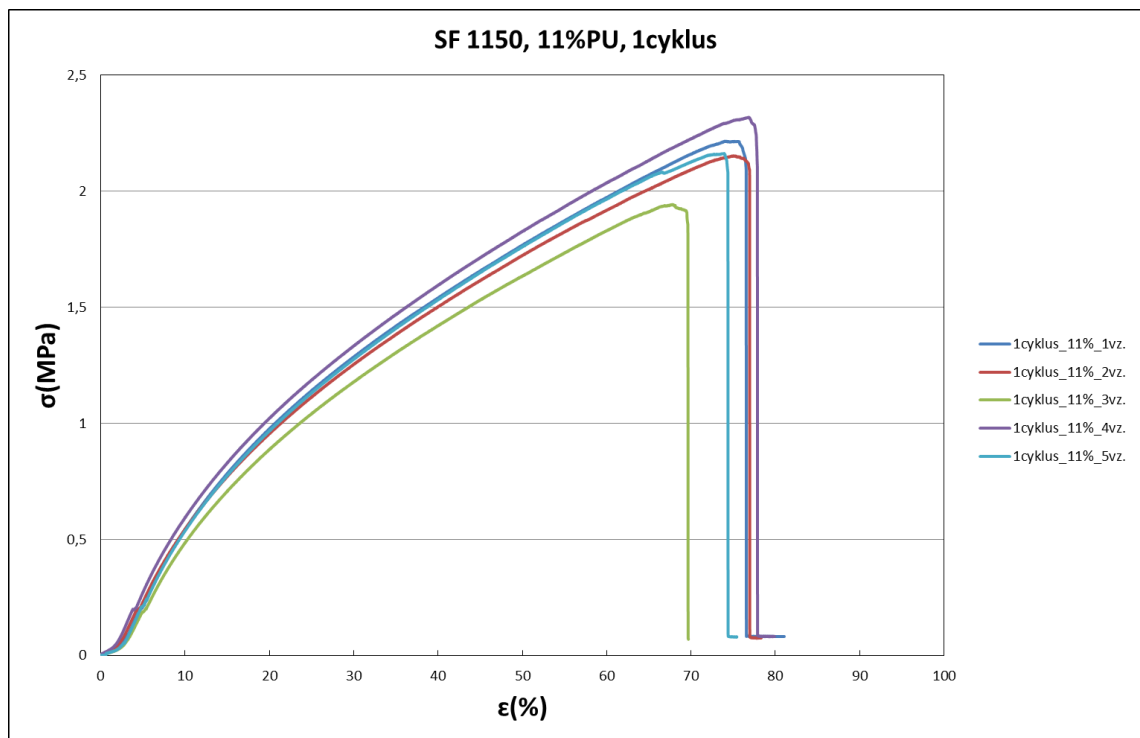
měření/č.lopatek l(mm)	č. 1, l(mm)	č. 2, l(mm)	č. 3, l(mm)	č. 4, l(mm)	č. 5, l(mm)
1měření	10,732	10,906	10,897	10,832	10,616
2měření	10,873	10,961	10,589	11,058	10,653
3měření	10,864	10,973	11,042	11,037	10,628
4měření	10,637	10,987	10,919	10,665	10,774
5měření	10,657	10,933	10,66	10,648	10,666
AP	10,7526	10,952	10,8214	10,848	10,6674
smodchAP	0,04991653	0,014532722	0,08484256	0,087625909	0,028077749
AP tloušky	10,75±0,05	10,95±0,02	10,82±0,09	10,85±0,09	10,67±0,03

Tabulka 23 Tloušťka lopatek pro tahovou zkoušku.

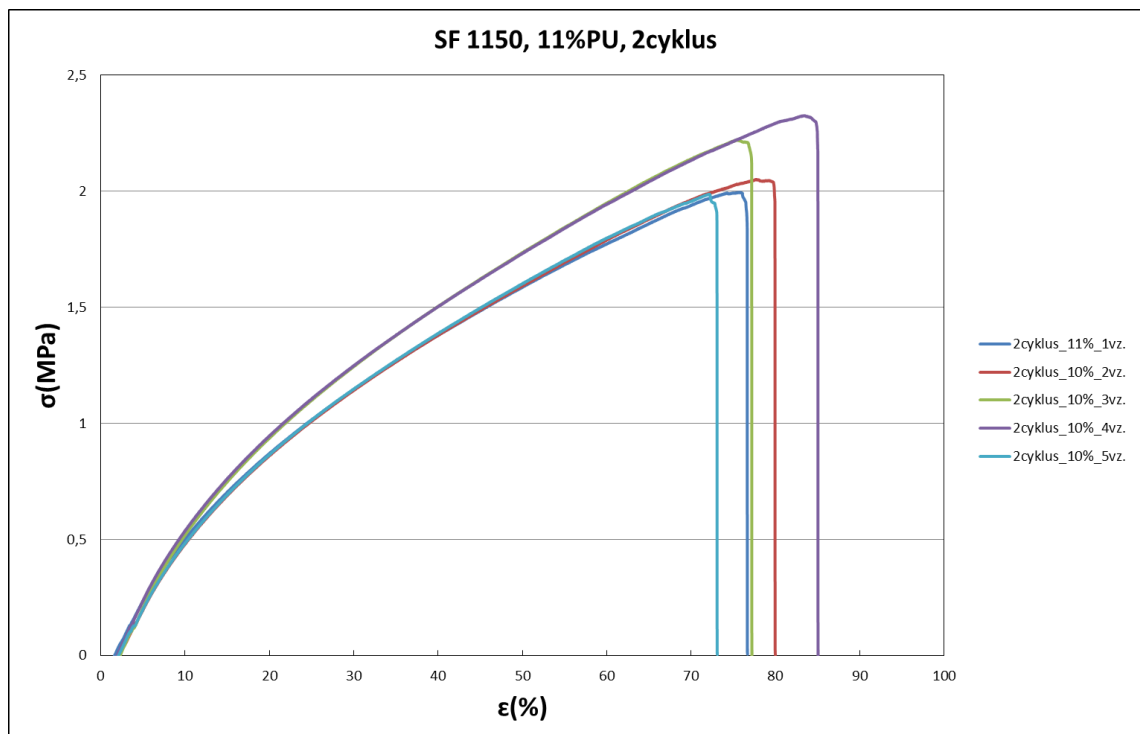
měření/č.lopátky l(mm)	č. 1, l(mm)	č. 2, l(mm)	č. 3, l(mm)	č. 4, l(mm)	č. 5, l(mm)
1měření	10,452	11,018	10,635	10,559	10,749
2měření	10,657	10,879	10,699	10,628	10,647
3měření	10,625	10,66	10,895	10,65	10,58
4měření	10,693	10,886	10,917	10,609	10,785
5měření	10,569	10,962	10,831	10,683	10,835
AP	10,5992	10,881	10,7954	10,6258	10,7192
smodchAP	0,042062335	0,060909769	0,055224632	0,020744638	0,046484836
AP tloušky	10,60+/-0,05	10,88+/-0,06	10,80+/-0,06	10,63+/-0,02	10,72+/-0,05



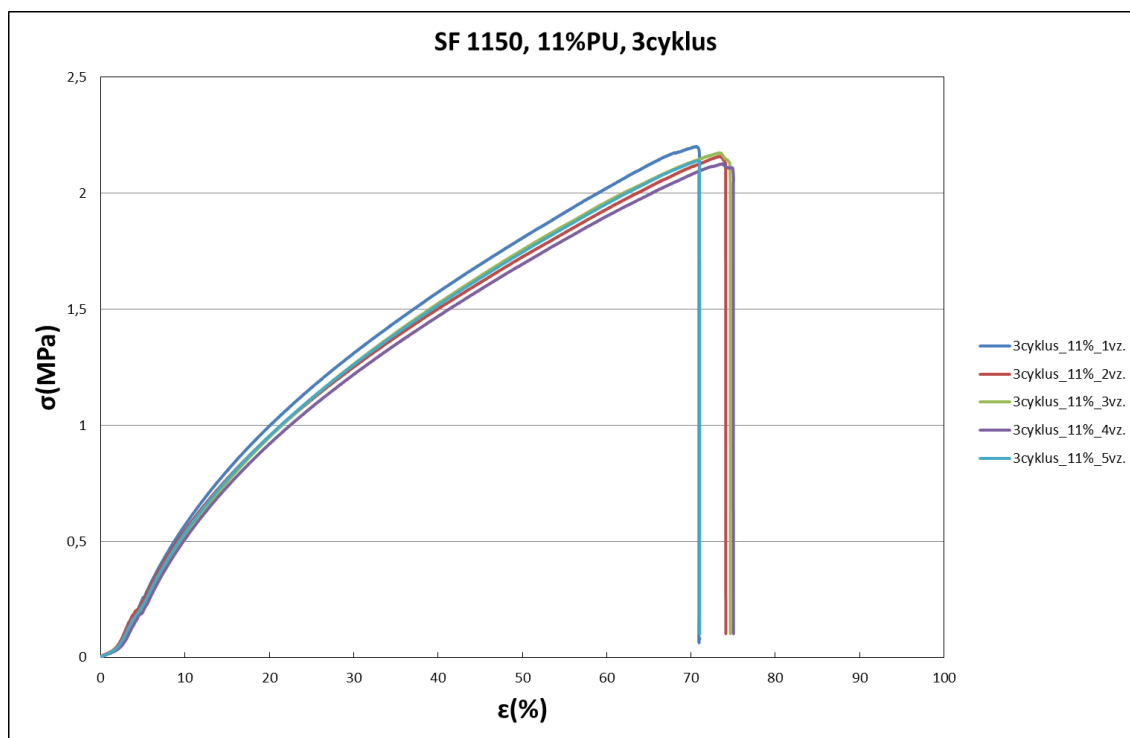
Graf 18 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 19 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 20 Závislost napětí na relativním prodloužení.



Graf 21 Závislost napětí na relativním prodloužení.

3.5.2 Celkové zhodnocení tahové zkoušky

Veškeré získané hodnoty vykazují trend, který je zobrazen v níže uvedené tabulce. Tato tabulka ukazuje hodnoty maximálních sil dosažených pro přetržení tělíska u potřebných pěti vzorků v dané sérii a pro daný typové obsažení adheziva uvnitř recyklované směsi.

Tabulka 24 Maximální síly tahové zkoušky.

	Fmax 1vz.-7%- 1měř. (N)	Fmax 1vz.-8%- 1měř. (N)	Fmax 1vz.-10%- 1měř. (N)	Fmax 1vz.-11%- 1měř. (N)
	157,625	144,157	211,164	187,729
	134,444	142,679	207,885	205,685
	163,411	153,271	202,645	191,638
	163,19	146,313	193,763	180,612
	161,656	143,725	194,896	199,515
AP	156,0652	146,029	202,0706	193,0358
smoch.AP	4,494228517	1,738803708	3,144560179	3,864425888
AP max.síly	156±5	146±2	202±4	193±4

Tabulka 25 Maximální síly tahové zkoušky.

	Fmax 1-7%- 2měř. (N)	Fmax 1-8%- 2měř. (N)	Fmax 1-10%- 2měř. (N)	Fmax 1-11%- 2měř. (N)
	180,06	199,852	235,999	221,548
	140,499	205,787	219,065	215,267
	142,932	198,8	230,681	194,262
	176,075	191,917	186,459	231,826
	184,87	209,095	232,347	216,252
AP	164,8872	201,0902	220,9102	215,831
smodch.AP	9,569503986	2,975420196	9,067057838	6,141014623
AP max. síly	165±10	201±3	221±10	216±7

Tabulka 26 Maximální síly tahové zkoušky.

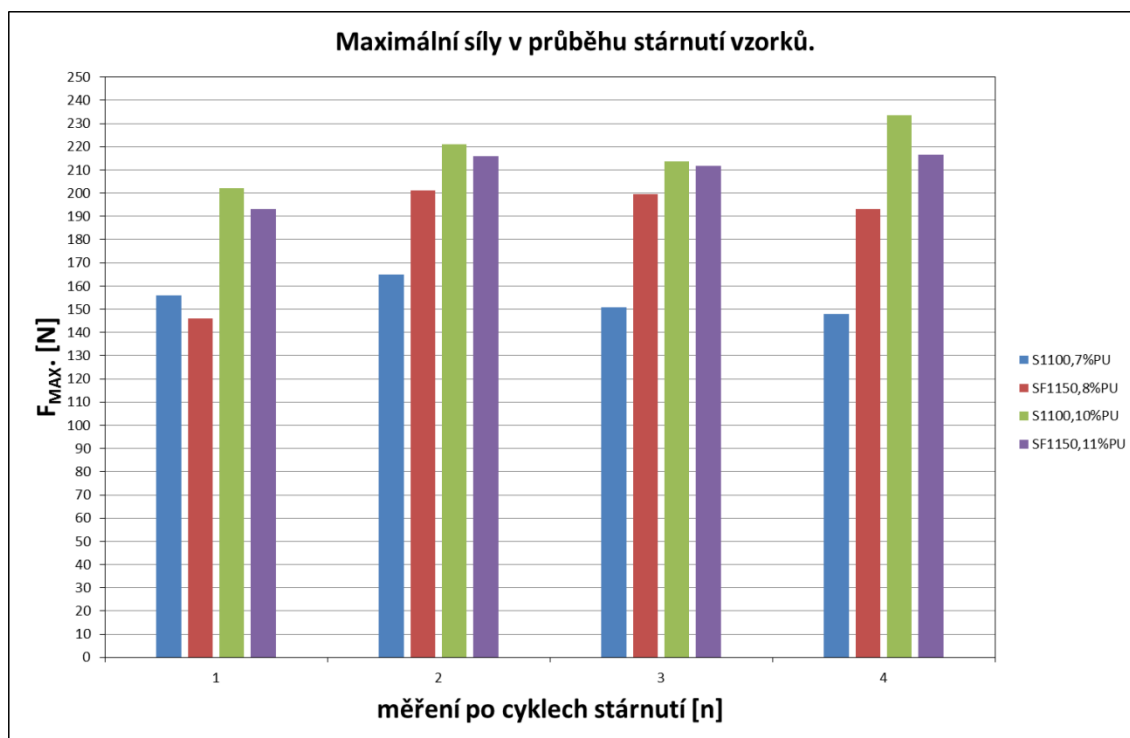
	Fmax 3-7%- 3měř. (N)	Fmax 3-8%- 3měř. (N)	Fmax 3-10%- 3měř. (N)	Fmax 3-11%- 3měř. (N)
	139,678	198,693	240,347	199,509
	149,598	199,655	206,649	205,091
	151,941	189,695	209,405	222,136
	144,687	206,204	203,97	232,554
	168,332	203,505	206,966	198,7
AP	150,8472	199,5504	213,4674	211,598
smodch.AP	4,430830541	2,564048225	6,184575495	6,140869761
AP max. síly	151±5	200±3	213±7	212±7

Tabulka 27 Maximální síly tahové zkoušky.

	Fmax 4vz.-7%- 4měř. (N)	Fmax 4vz.-8%- 4měř. (N)	Fmax 4vz.-10%- 4měř. (N)	Fmax 4vz.-11%- 4měř. (N)
	144,936	216,786	237,428	220,132
	140,166	195,32	239,398	215,89
	134,978	167,907	233,361	217,376
	135,422	190,528	221,527	212,763
	184,585	195,082	236,136	216,54025
AP	148,0174	193,1246	233,57	216,54025
smodch.AP	8,507347146	7,103938835	2,890441388	1,085694646
AP max. síly	148±9	193±8	234±3	216±2

3.5.3 Zhodnocení tahové charakteristiky

Průběh maximálních sil, kterých bylo dosaženo, je graficky zobrazeno na následujícím grafu. Tento graf ukazuje průběh a změnu maximálních sil v jednotlivých cyklech, které byly měřeny. Grafická závislost je vztažena k danému cyklu a jeho maximální síle, která byla dosažena ve statistickém zpracování.



Graf 22 Průběh průměrné maximální síly u jednotlivých vzorků v čase.

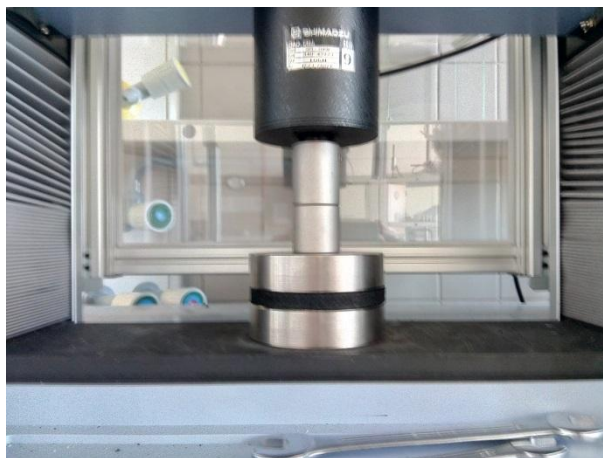
Tahová zkouška byla provedena v celkem čtyřech sériích měření (vstupní + 3 klimacykly). Získané výsledky byly seřazeny dle obsahu % adhesiva a vyhodnoceny do tabulek a grafu, který ukazuje hodnoty průměrných maximálních sil.

3.6 Tlaková zkouška

Tlakové vlastnosti pryžových komponentů byly testovány současně, tak jak doporučuje metodika tahové zkoušky normy ČSN. Výstupem měřicí tlakové metody je graf, který znázorňuje křivku závislosti průběhu síly **F (N)** potřebné ke stlačení kotouče o **1 (mm)** v **500 cyklech**. Pro tlakovou zkoušku byly zvoleny kotouče o průměru 100 mm.



Obrázek 34 Foto vyseknuté vzorky pro tlakovou zkoušku (vpravo).



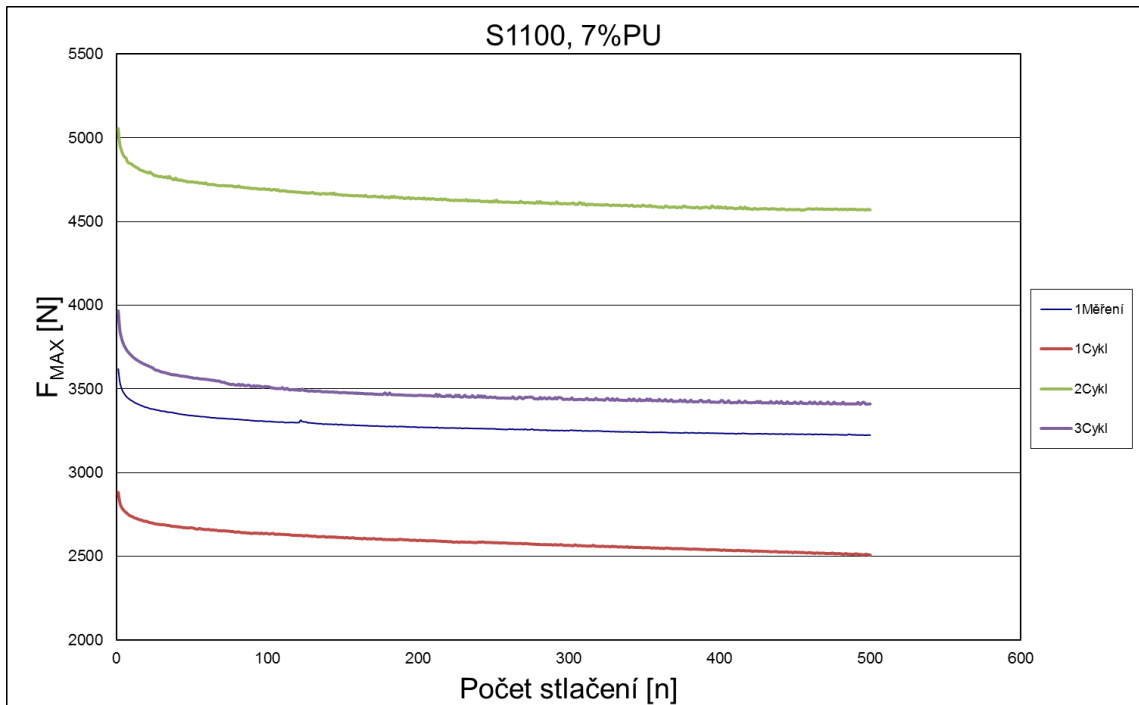
Obrázek 35 Foto tlakové zkoušky (umístění vzorku mezi tlakové hlavy).

3.6.1 Popis tlakové zkoušky

Následující graf ukazuje hodnoty sil v poloze ve stlačení, kdy byl na vzorek vyvíjen tlak odpovídající síle, která je prezentována v grafu. Tato křivka popisuje snižující se silový odpor zkušebního tělesa a to v závislosti na jednotlivých cyklech tlakové zkoušky. Křivky jsou rozděleny dle jednotlivých klimatestů.

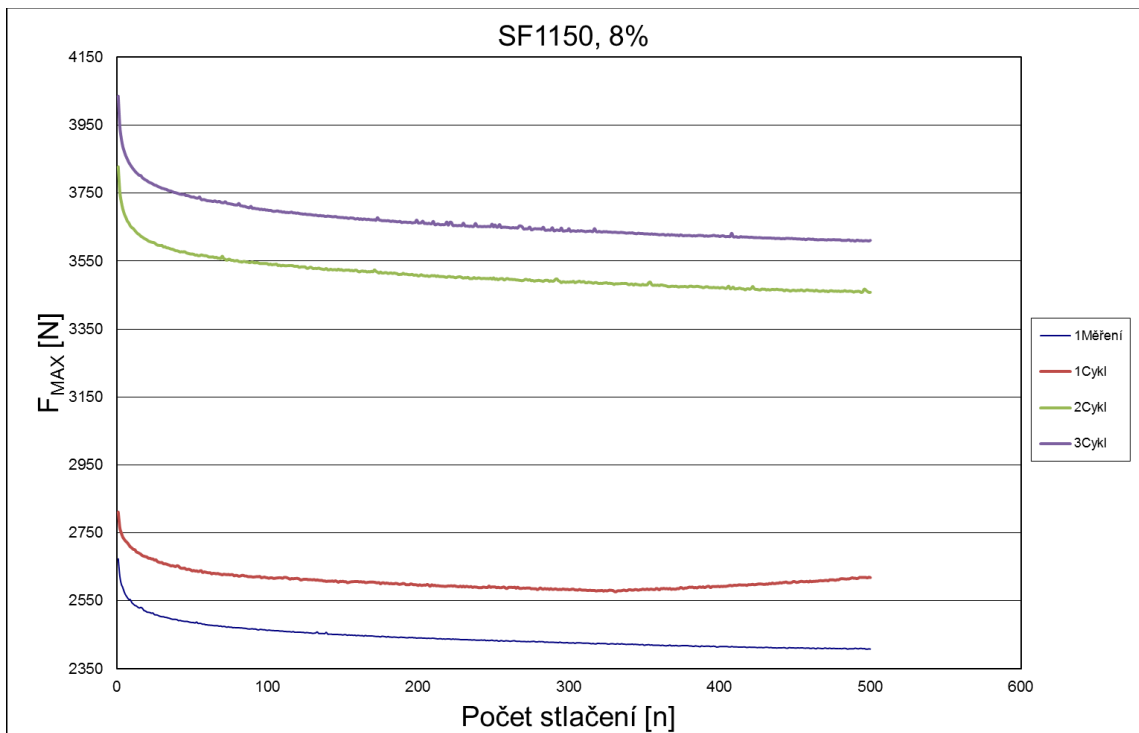
Vzhledem k požadavku na vysokou odolnost těchto pryží z hlediska tlaku (jednotlivé přejezdy různých automobilů – pryž je součástí ocelového rámu kanalizace), tak tato zkouška měla velký význam mezi ostatními zkouškami.

3.6.1.1 Vzorek S 1100, 7 % PU



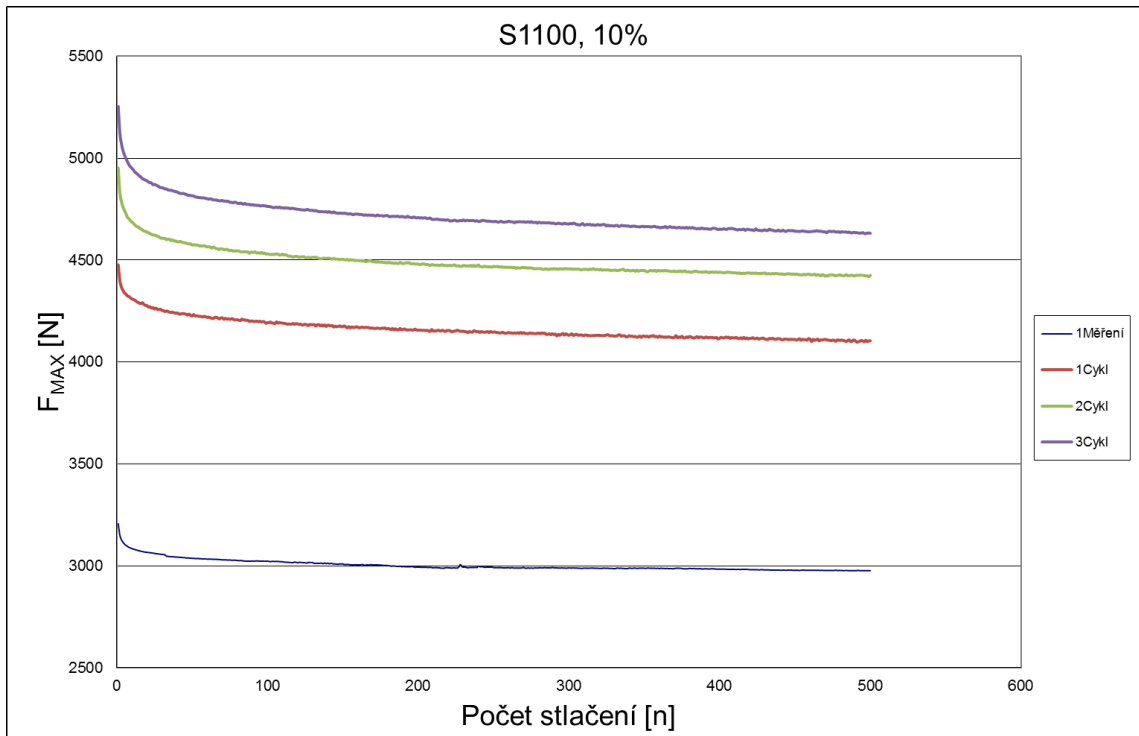
Graf 23 Závislost maximální síly na počtu cyklů stlačení (S1100, 7%PU).

3.6.1.2 Vzorek SF 1150, 8 % PU



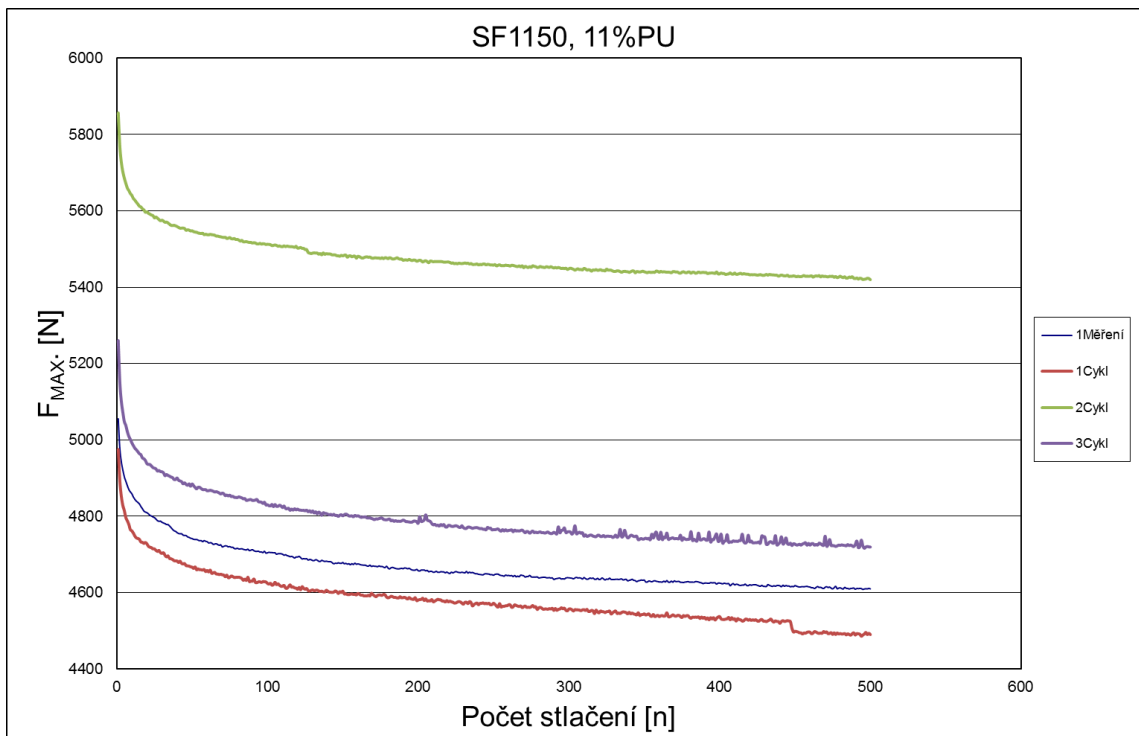
Graf 24 Závislost maximální síly na počtu cyklů stlačení (SF 1150, 8 % PU).

3.6.1.3 Vzorek S 1100, 10 % PU



Graf 25 Závislost maximální síly na počtu cyklů stlačení (S1100, 10%).

3.6.1.4 Vzorek SF 1150, 11 % PU



Graf 26 Závislost maximální síly na počtu cyklů stlačení SF1150, 11%PU).

3.6.2 Zhodnocení tlakové zkoušky

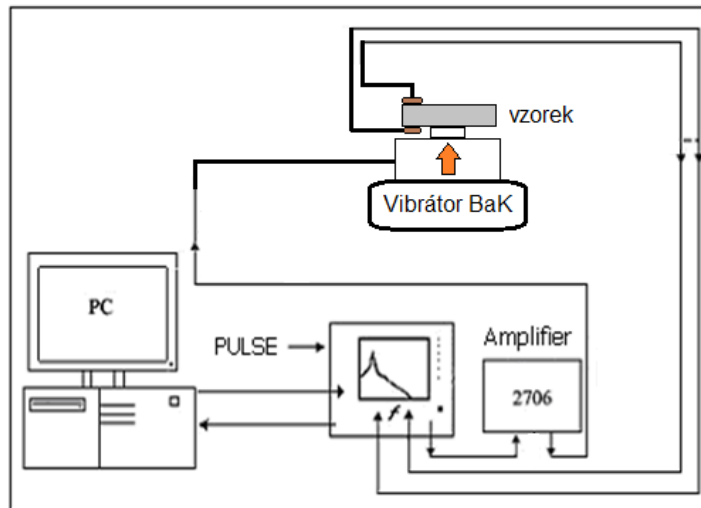
Tlaková zkouška proběhla bez destruktivního chování směsi, a bylo zjištěno, že při vzrůstajícím opakování klimatestu se průměrné maximální hodnoty zvyšují, jak ukazují grafy 23 – 26. Tento trend je viditelný u všech typů vzorků, a v každém časovém kroku klimatestu. Takto získané výsledky by mohly napovídat tomu, že se struktura postupem času rozpadá a jednotlivé části drtí na sebe více doléhají a zároveň tvrdnou.

3.7 Přenosový útlum

Měření přenosového útlumu popisuje schopnost materiálu a jeho struktury pohltit mechanické kmitání ve formě vibrací. Vibrace byly generovány generátorem BaK s výstupem pro frekvence do 1 000 Hz. Tento dynamický frekvenční rozsah do 1 000 Hz měl generující signál s maximem v: 100, 150, 200, 400, 600, 800 a 1000 Hz. Zkušební tělesa byly vyseknuty na rozměr 60x60mm z desky vzorku a přilepeny na plochu měřícího zařízení o stejném rozměru za pomoci lepidla chemopren.



Obrázek 36 Foto aparatury – vibrátoru přenosového útlumu (vlevo), vpravo multi-analyzátoru pro měření signálu akcelerometrů.



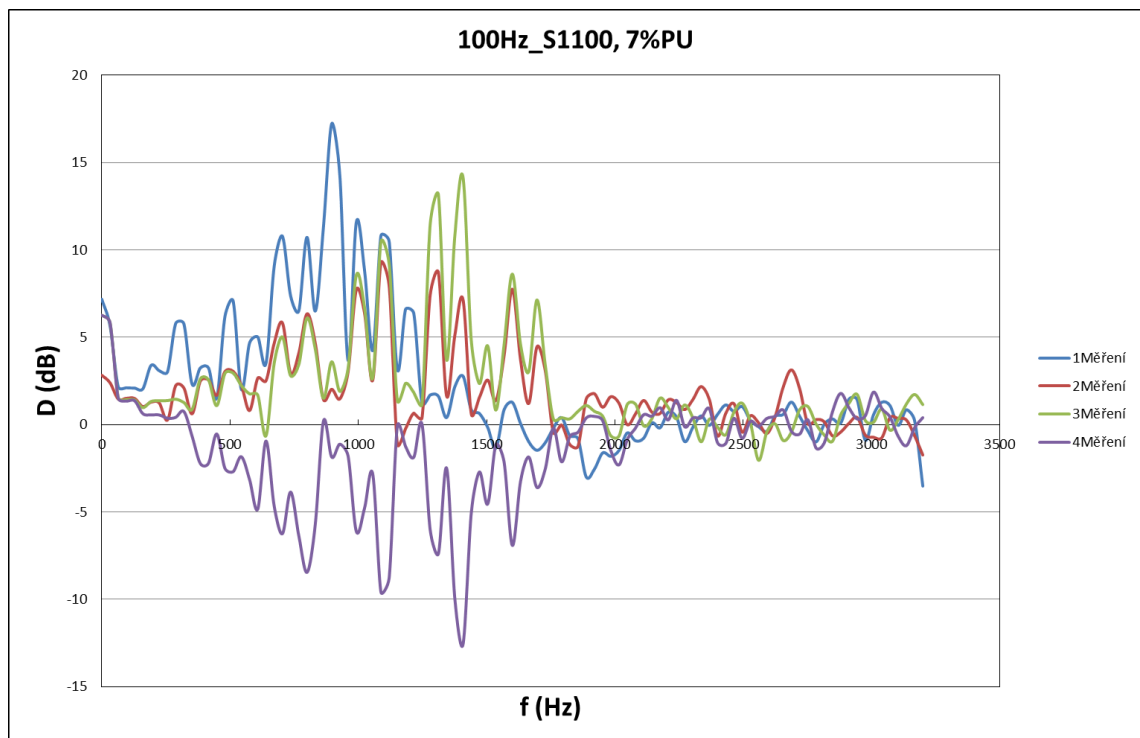
Obrázek 37 Schematické zapojení aparatury na měření přenosového útlumu.

3.7.1 Popis zkoušky

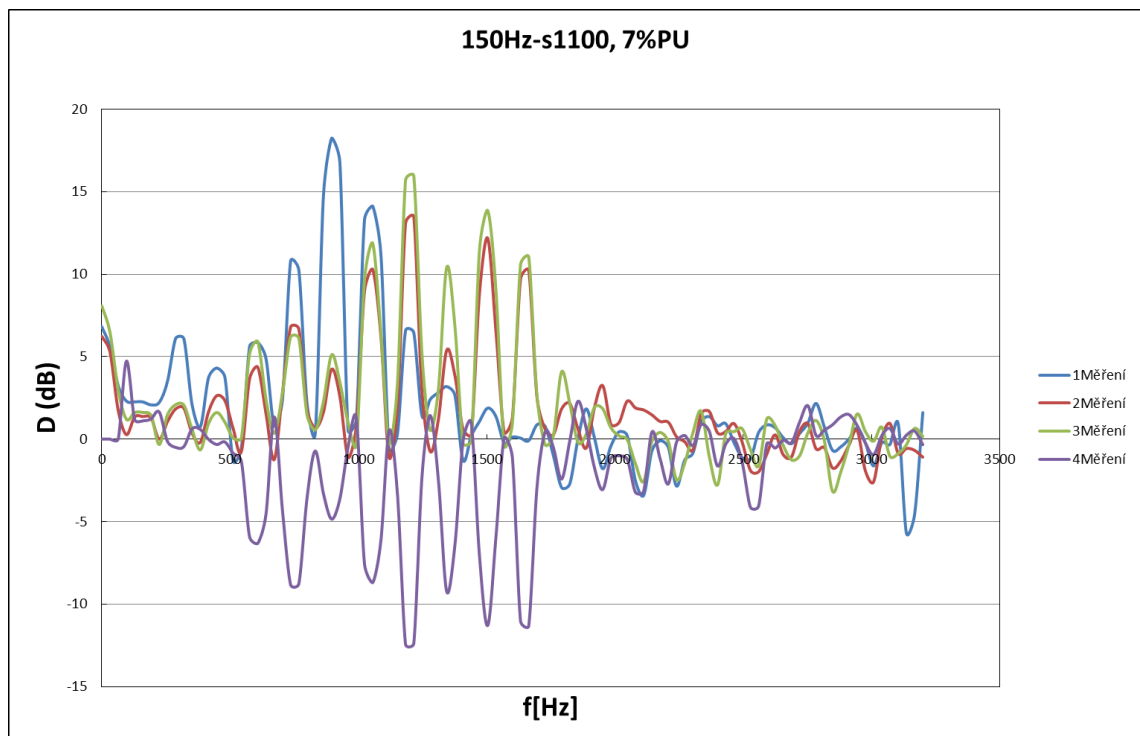
Vzorky, které byly umístěny mezi čelisti, měly plochu 36 cm^2 (respektive se jednalo o vzorek o stranách $6 \times 6 \text{ cm}$). Tato zkouška byla provedena pro mapování strukturální odolnosti vzorků, které jsou vystaveny dynamickému namáhání ve frekvenčním rozsahu do $1\,000 \text{ Hz}$. Generující frekvence byly stanoveny do několika budících frekvencí a od těchto se poté odvíjelo snímání zrychlení na vstupu a výstupu kmitavé soustavy. Bylo použito akcelerometrů BaK, které snímaly jak vstupní, tak výstupní zrychlení.

3.7.1.1 Vzorek S1100, 7%PU

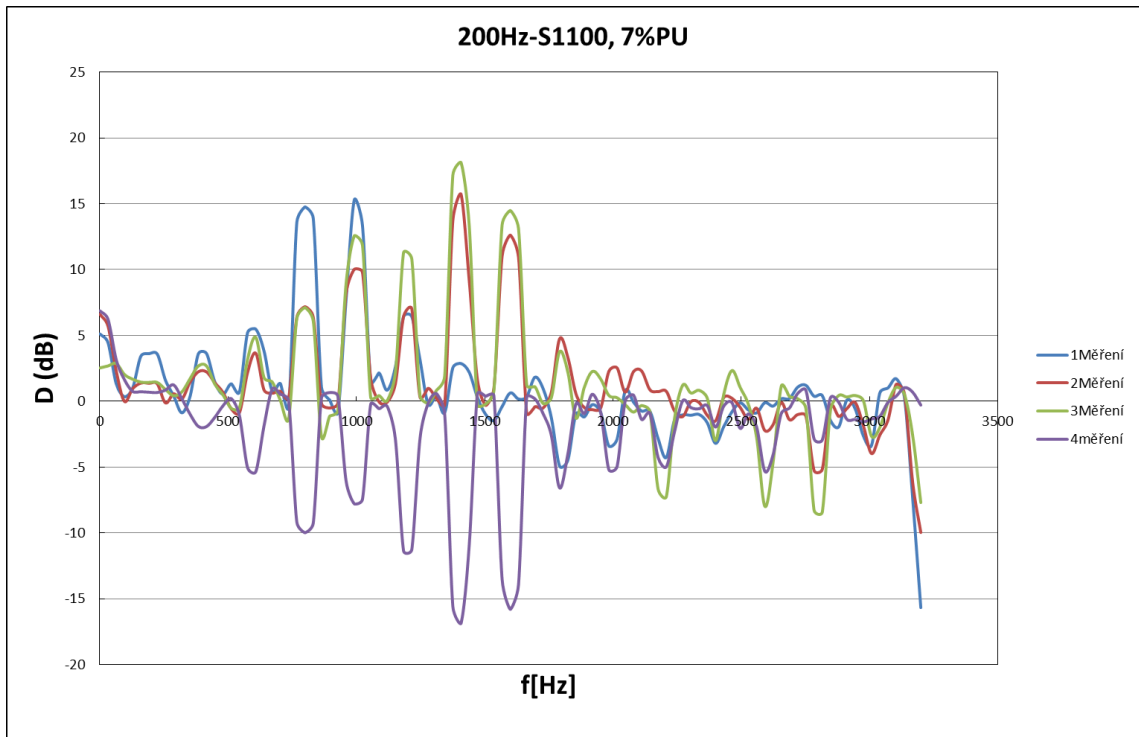
Následující grafy zobrazují decibelovou závislost na frekvenci. Zdrojem byly snímané hodnoty zrychlení pomocí akcelerometrů, které byly zpracovány v rámci programu Lab-Shop na rychlostní charakteristiky a tyto následně na decibelovou závislost.



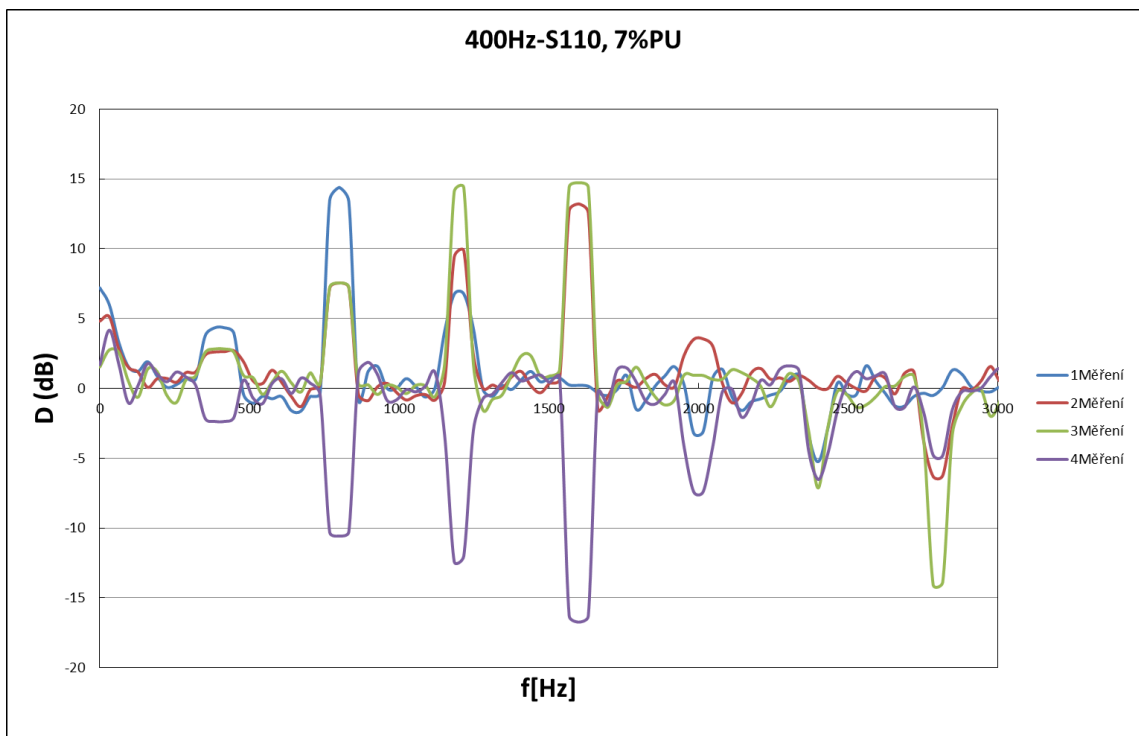
Graf 27 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 100Hz.



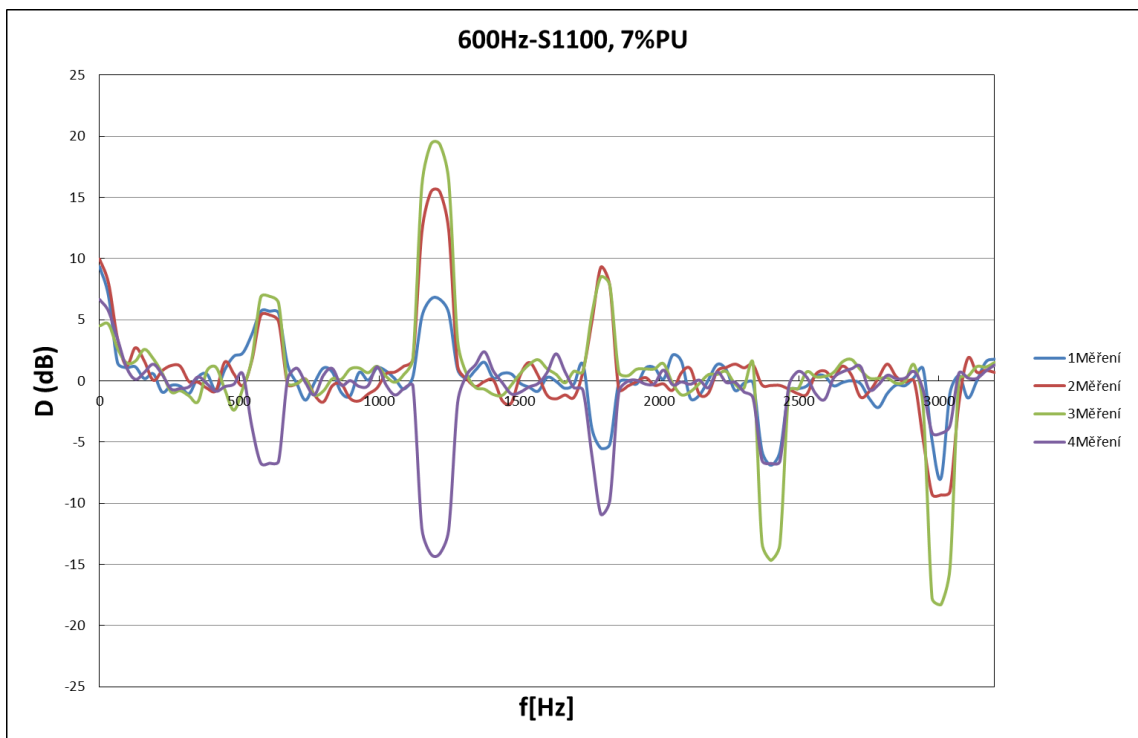
Graf 28 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 150Hz.



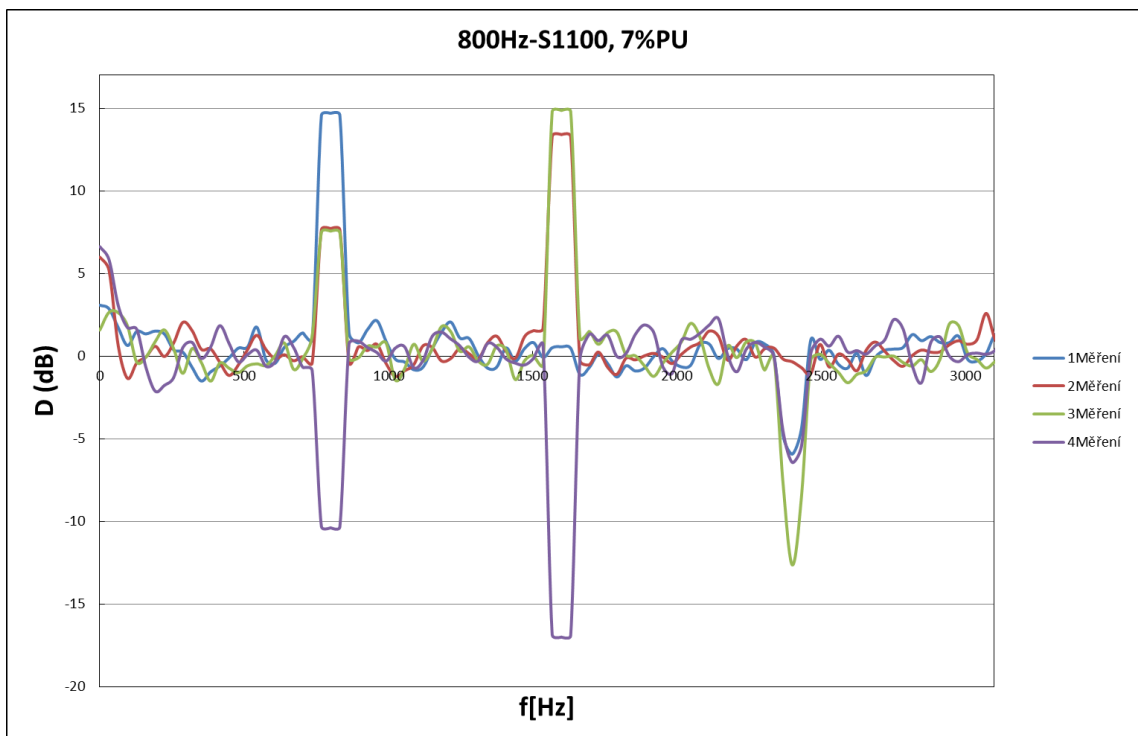
Graf 29 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 200Hz.



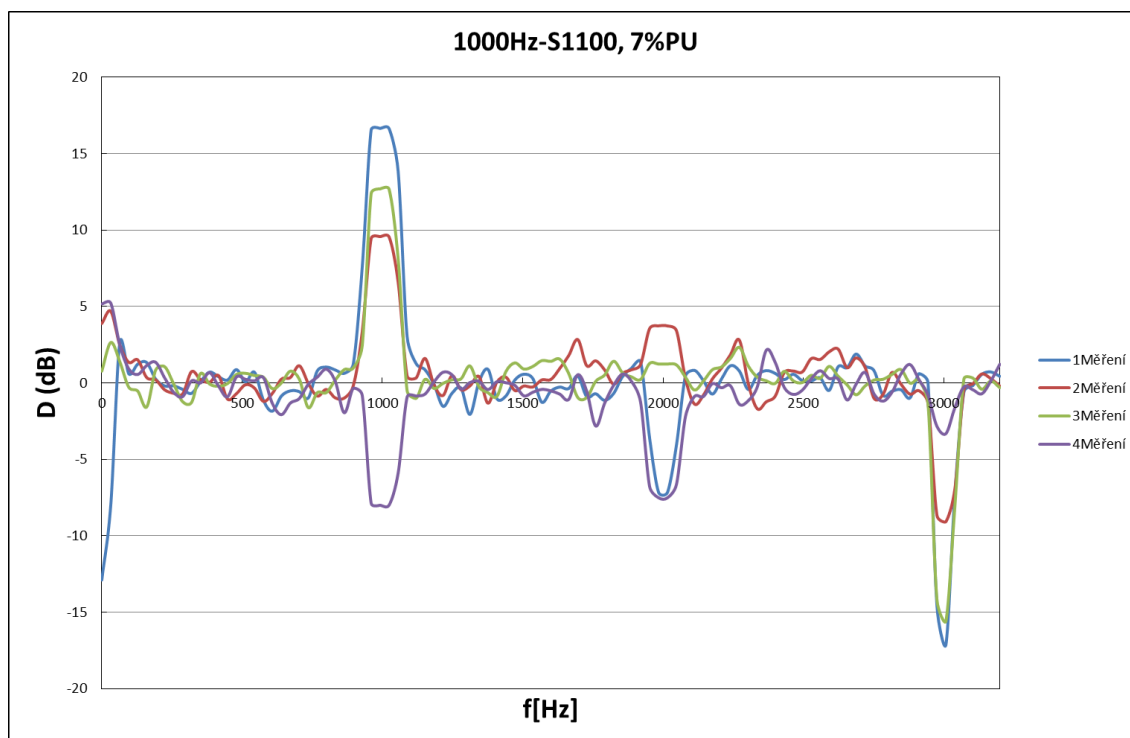
Graf 30 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 400 Hz.



Graf 31 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 600 Hz.

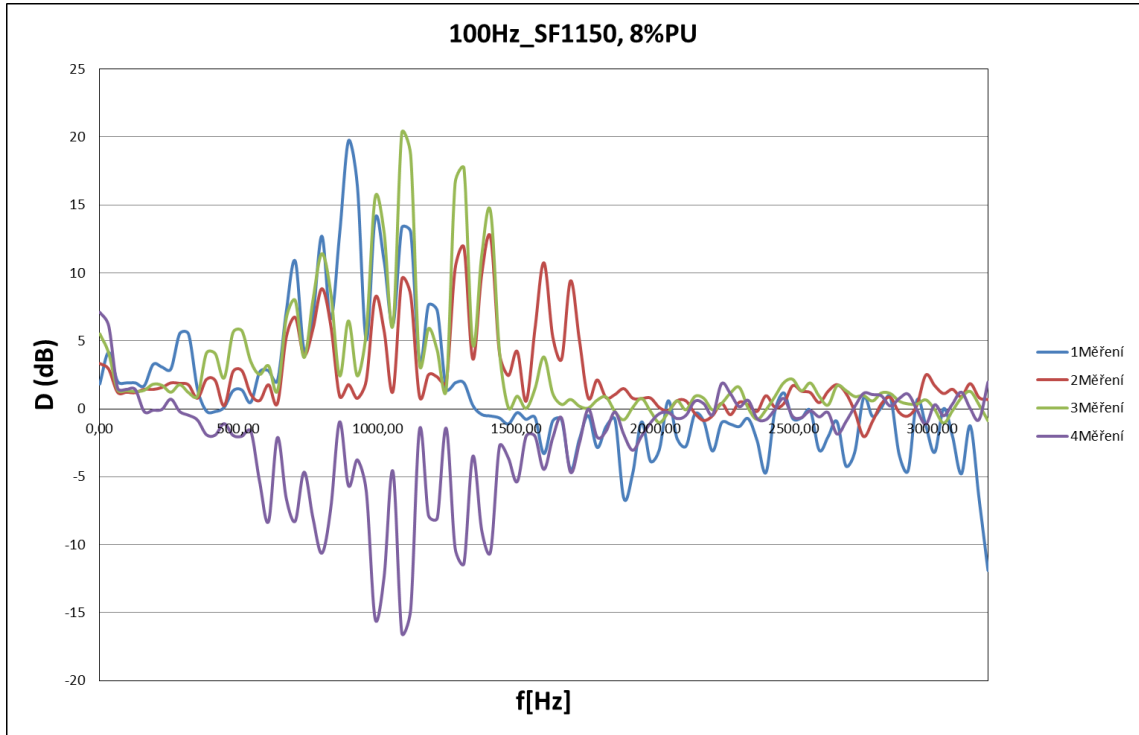


Graf 32 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 800Hz.

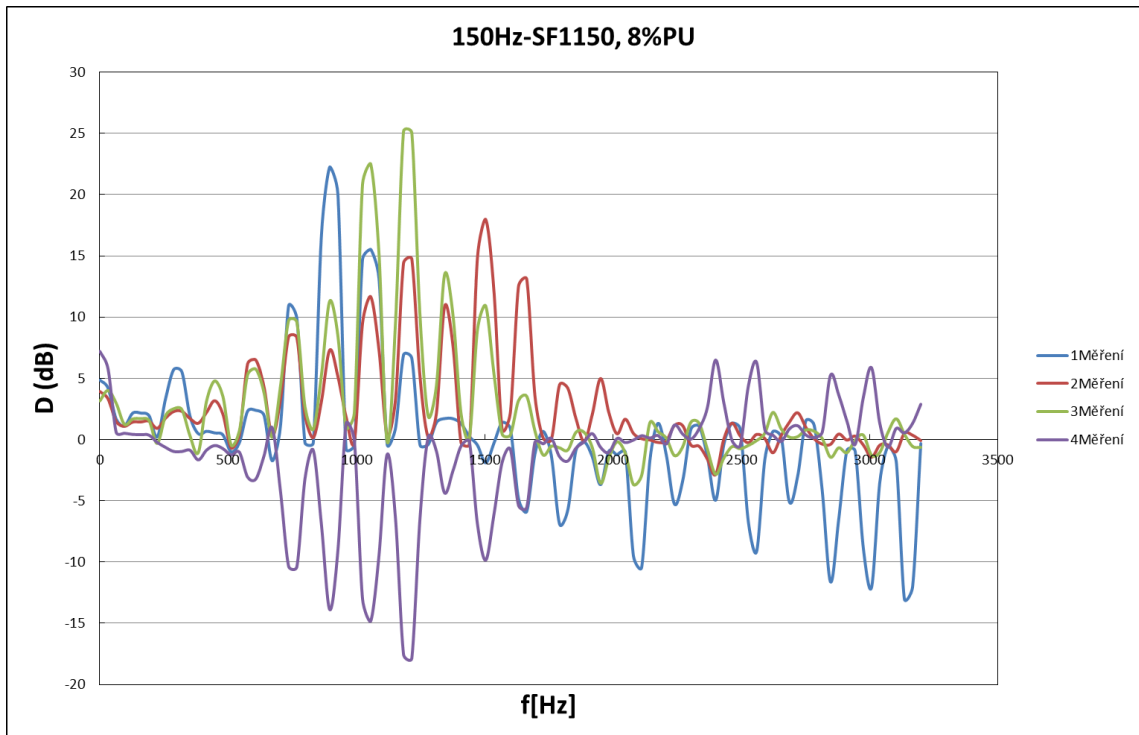


Graf 33 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 1000Hz

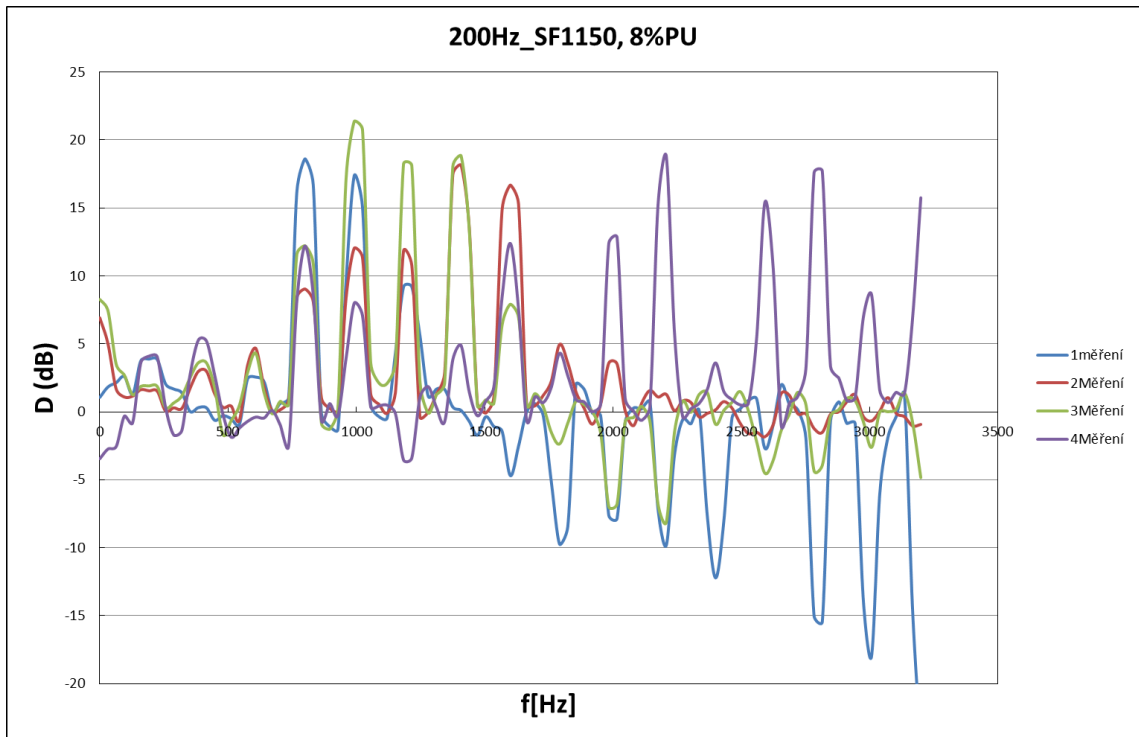
3.7.1.2 Vzorek SF 1150, 8%PU



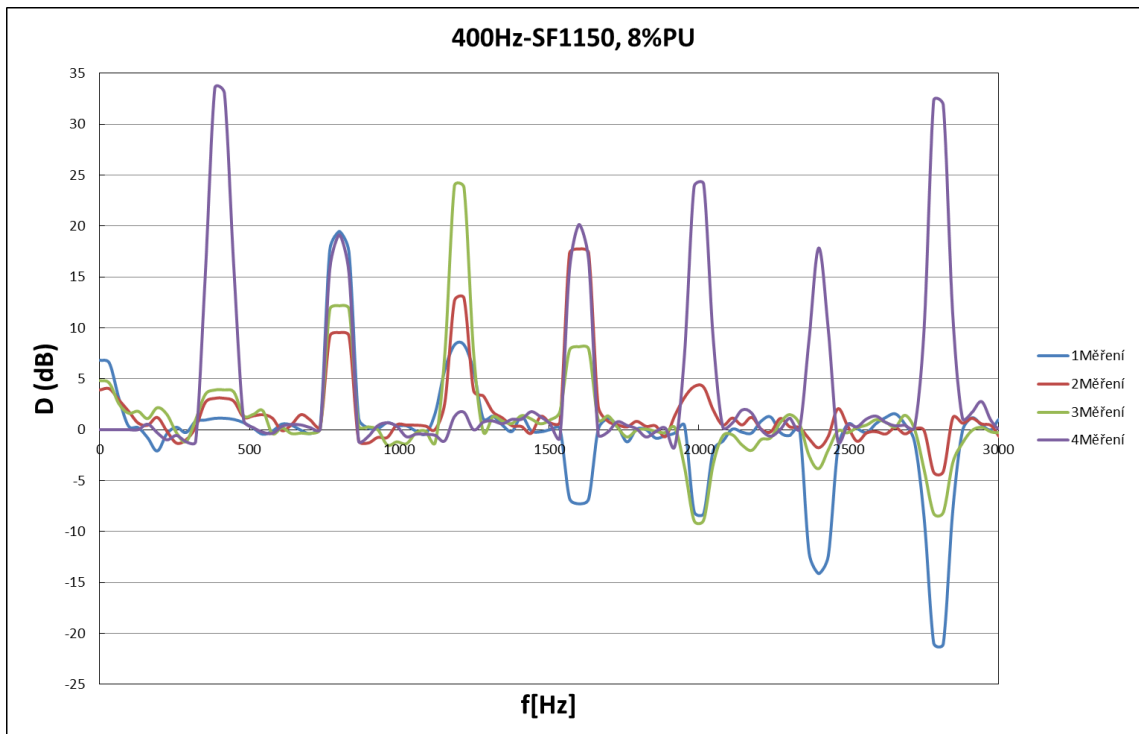
Graf 34 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 100Hz.



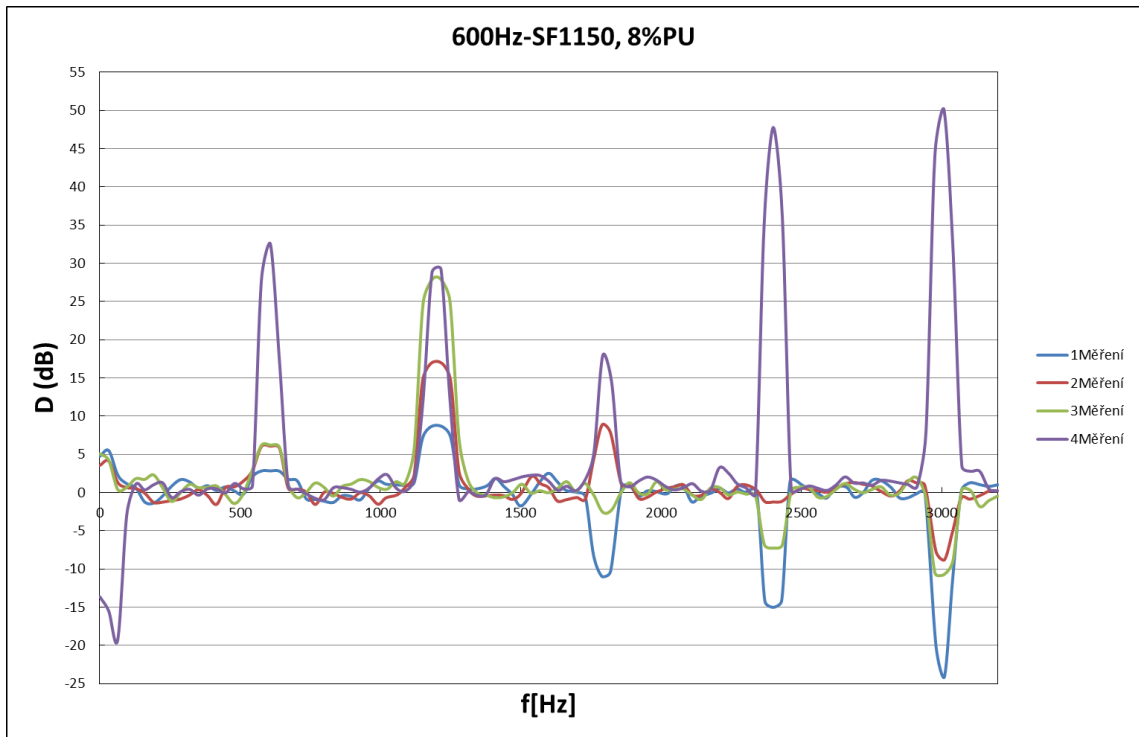
Graf 35 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 150Hz.



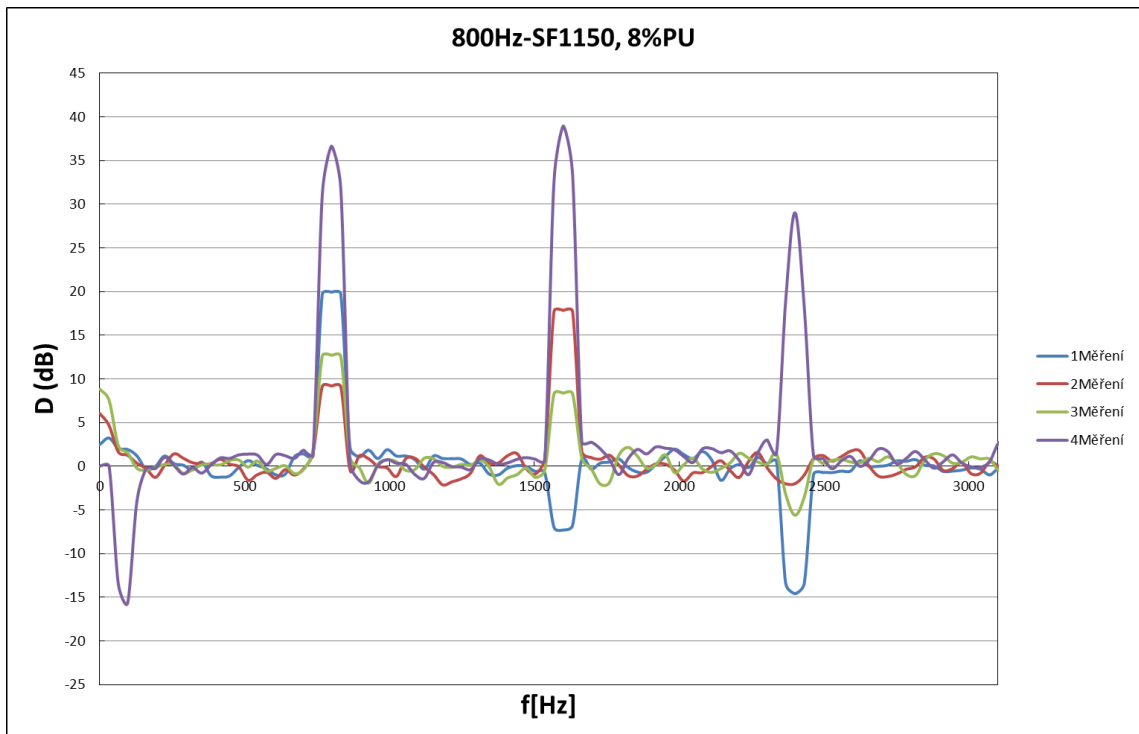
Graf 36 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 200 Hz.



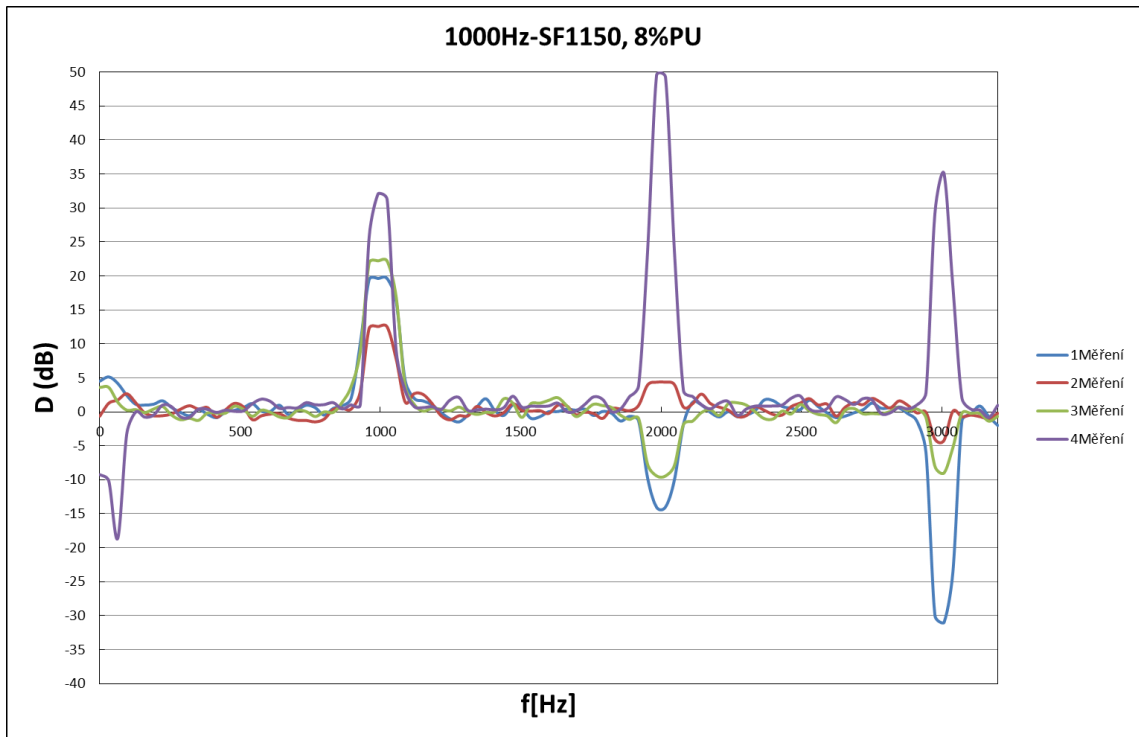
Graf 37 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 400 Hz.



Graf 38 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 600 Hz.

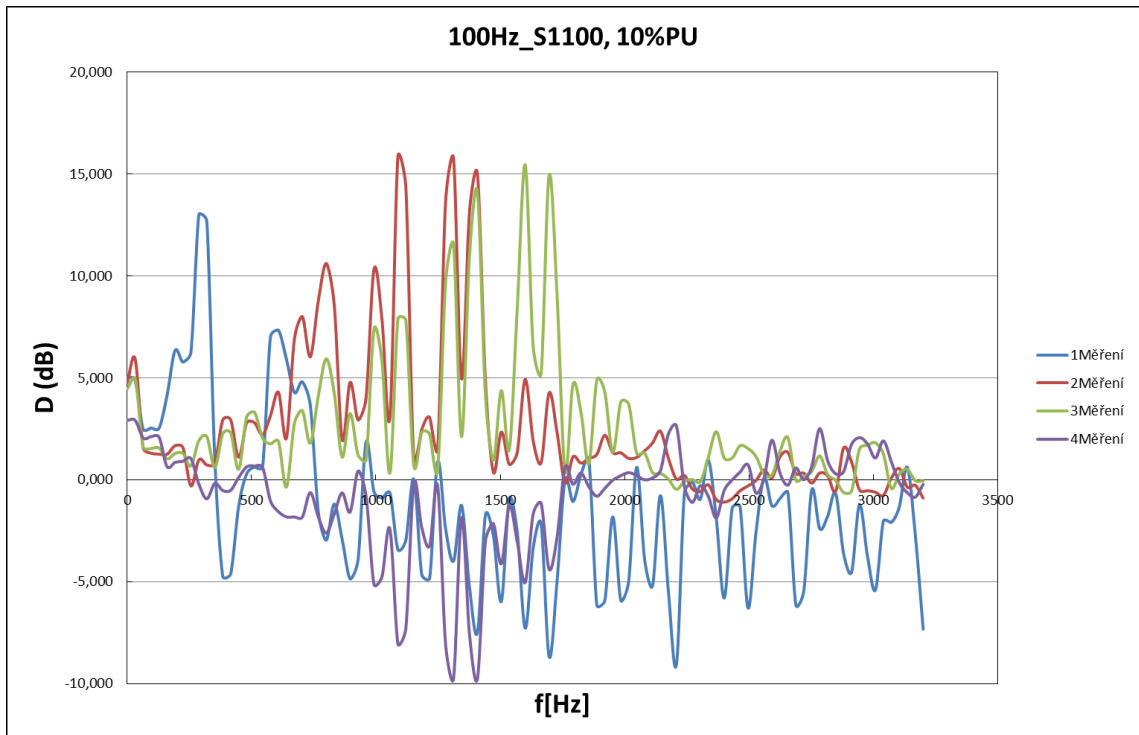


Graf 39 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 800 Hz.

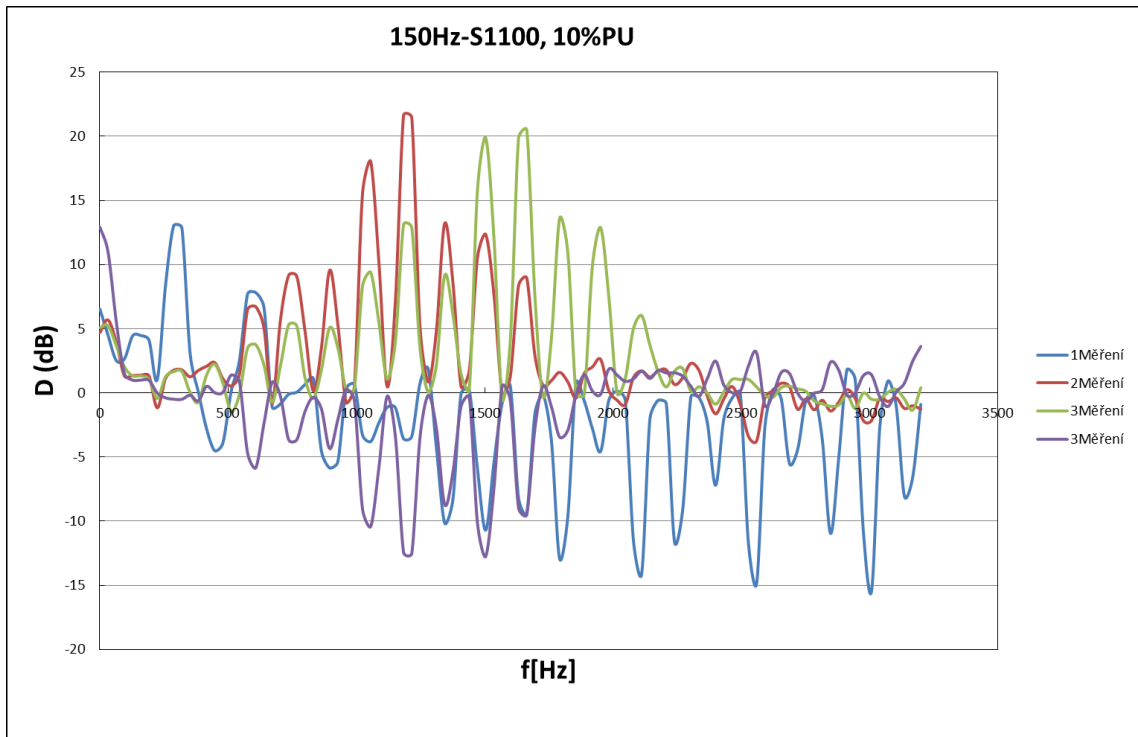


Graf 40 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 1000 Hz.

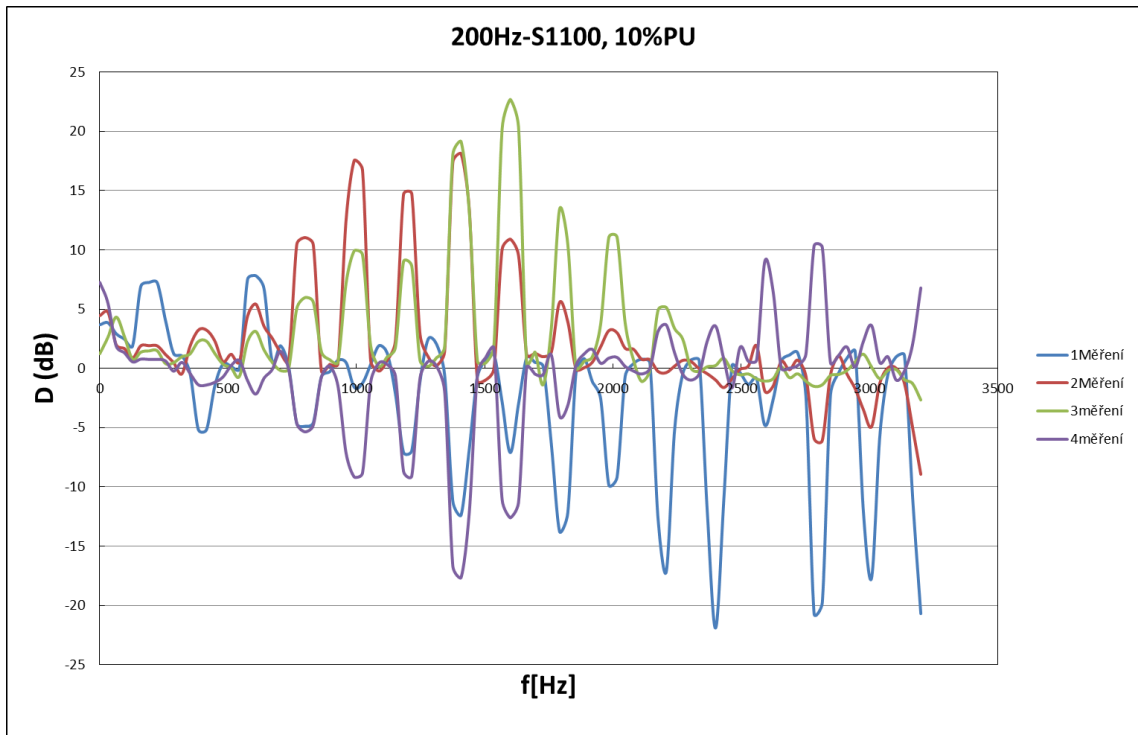
3.7.1.3 S1100, 10%PU



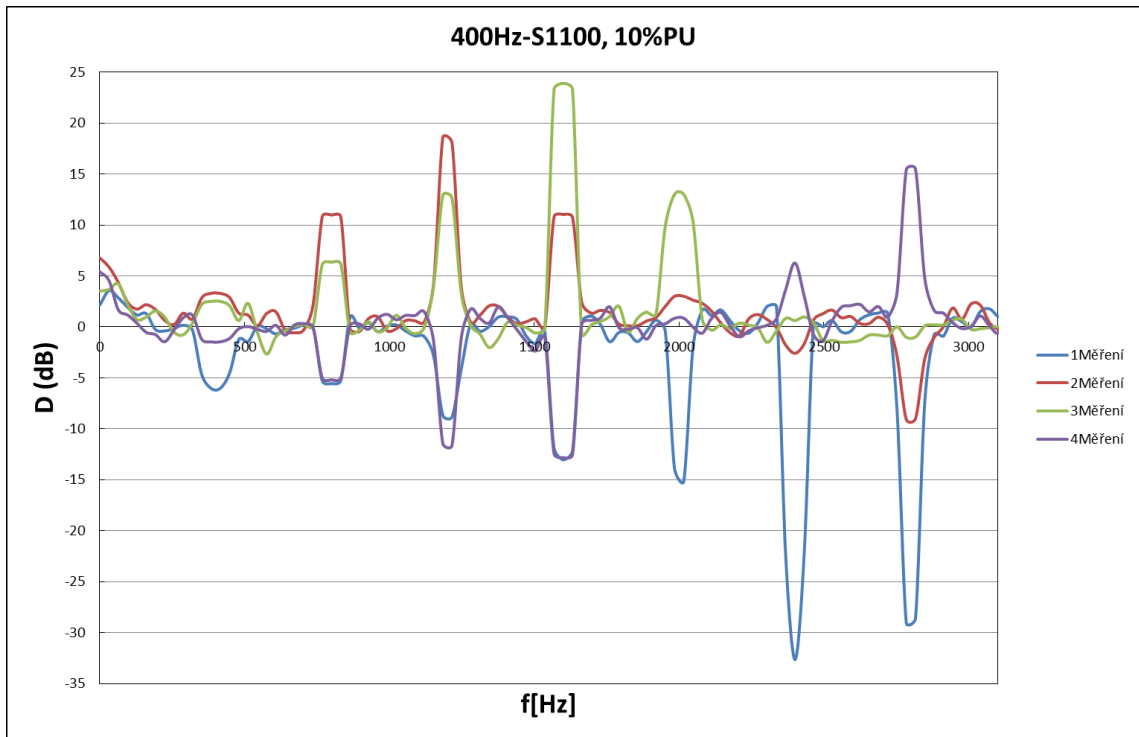
Graf 41 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 100Hz.



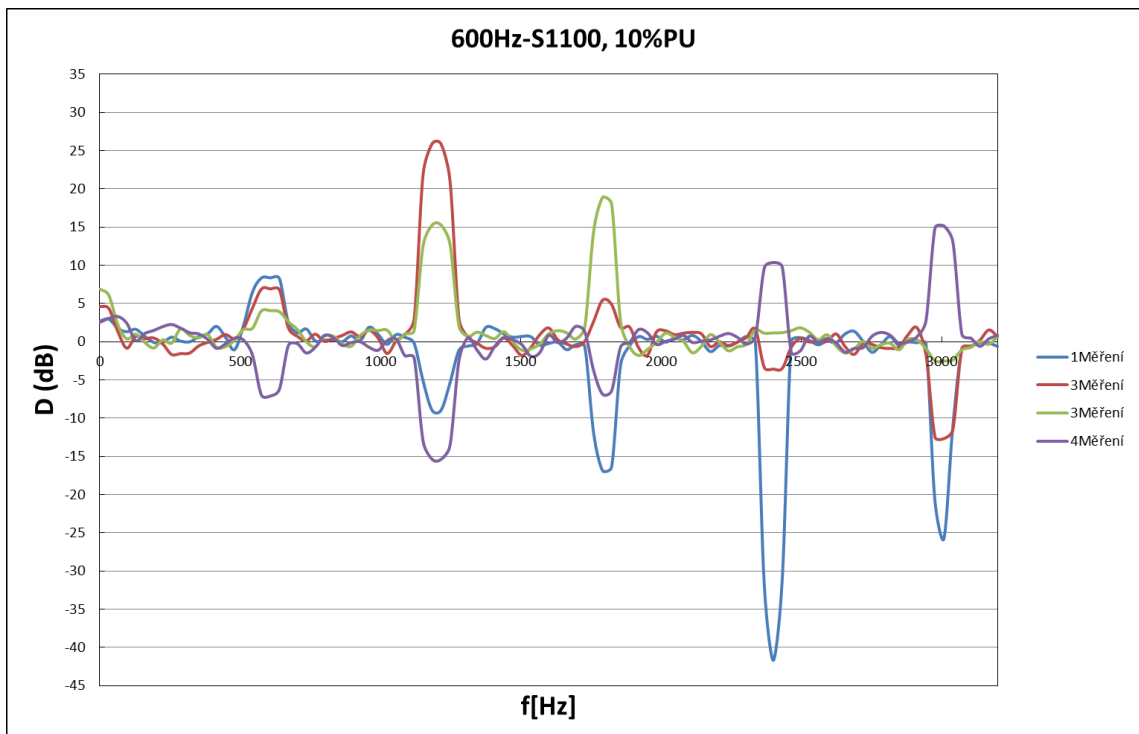
Graf 42 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 150Hz.



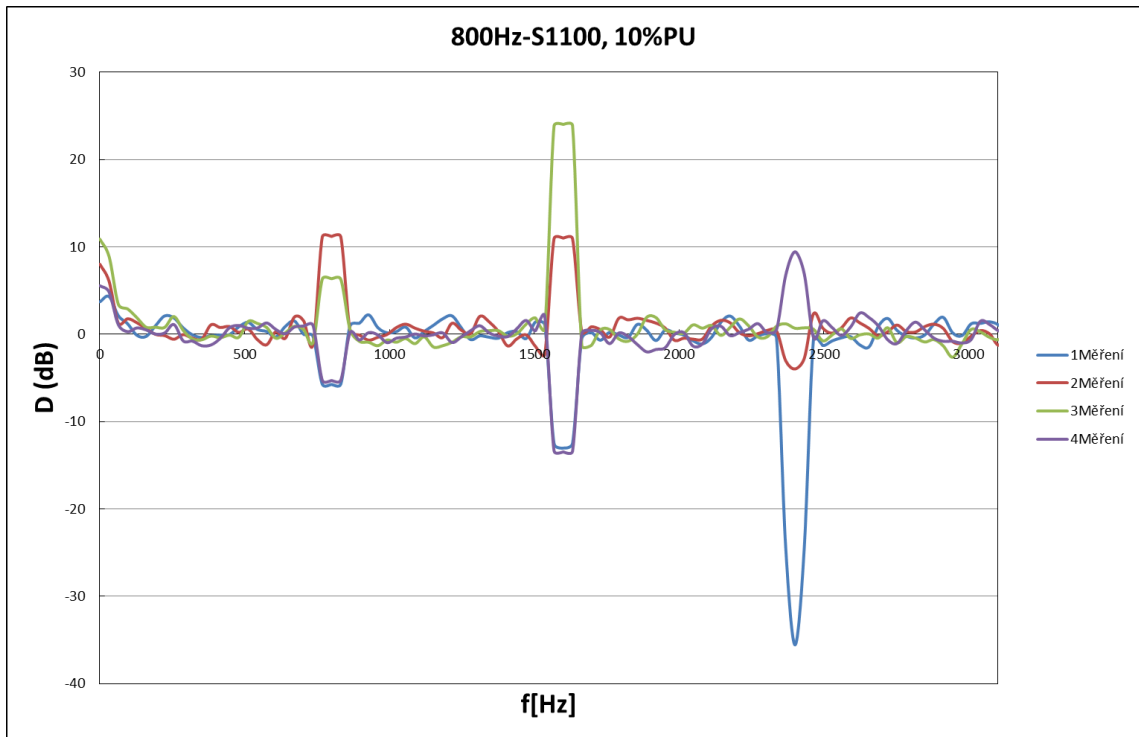
Graf 43 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 200Hz.



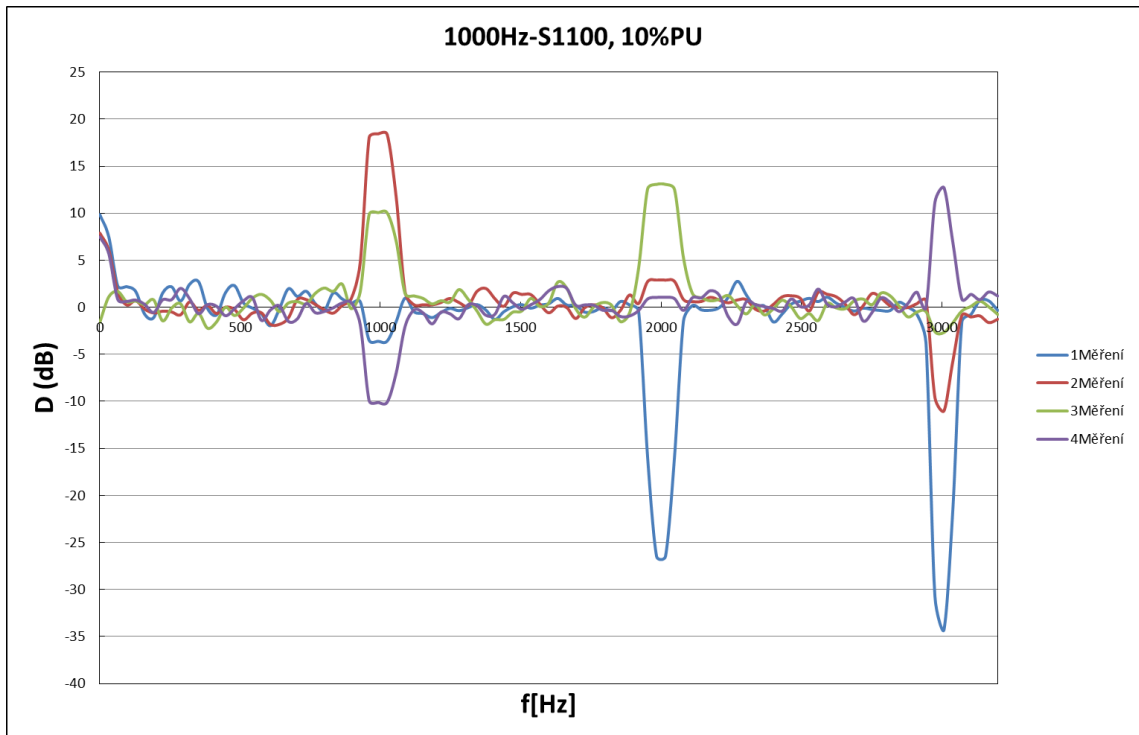
Graf 44 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 400 Hz.



Graf 45 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 600 Hz.

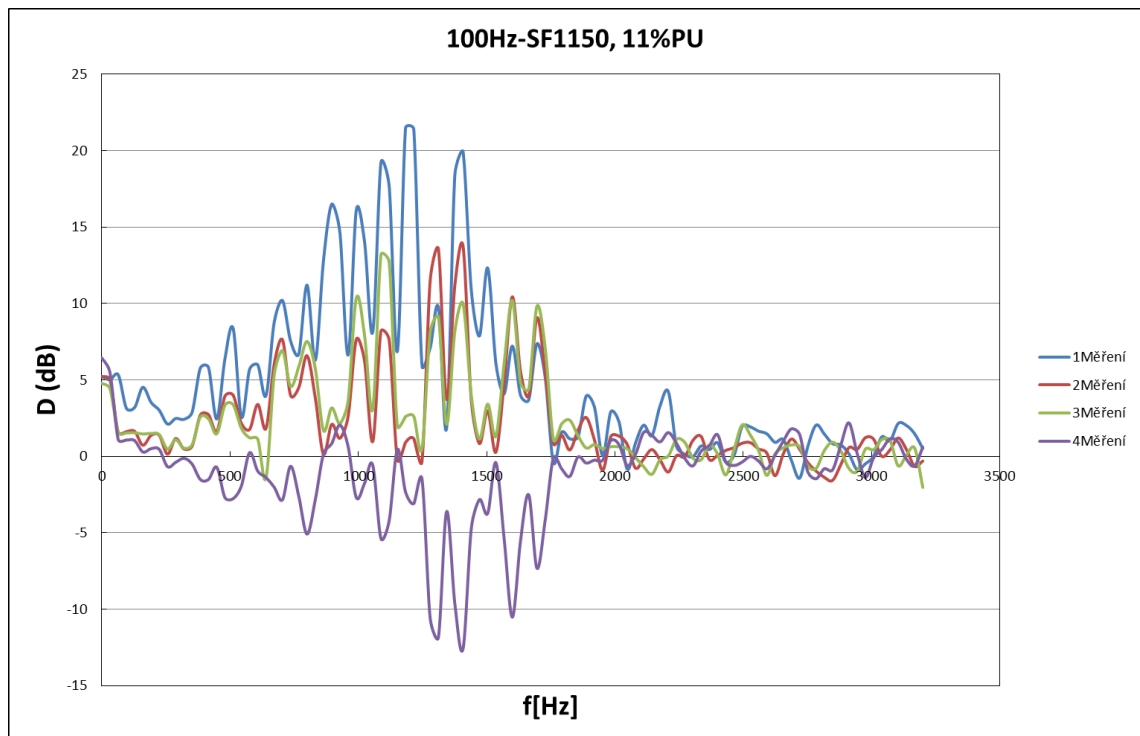


Graf 46 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 800 Hz.

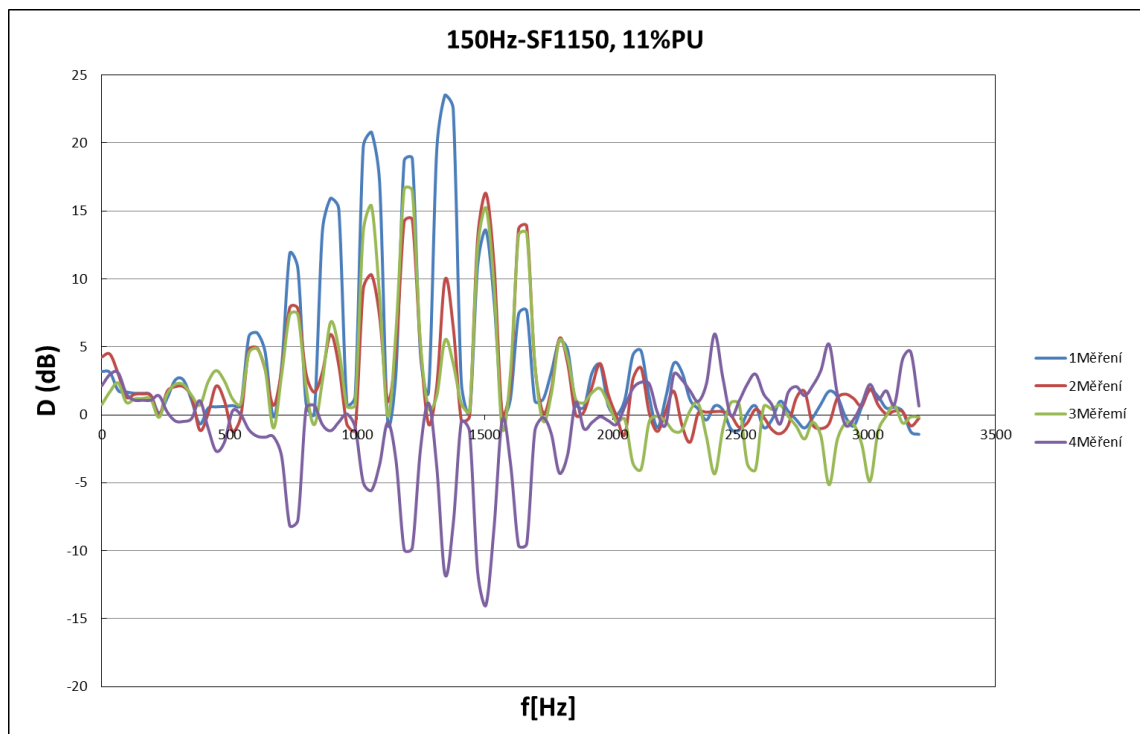


Graf 47 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 1000 Hz.

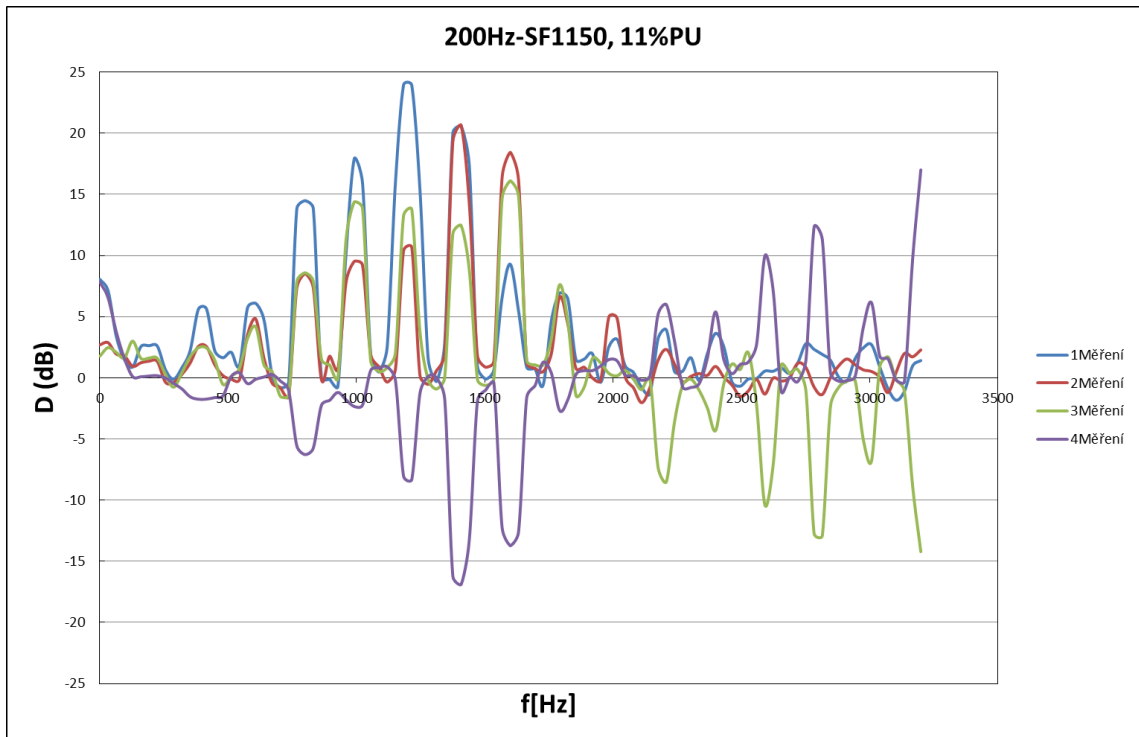
3.7.1.4 SF1150, 11%PU



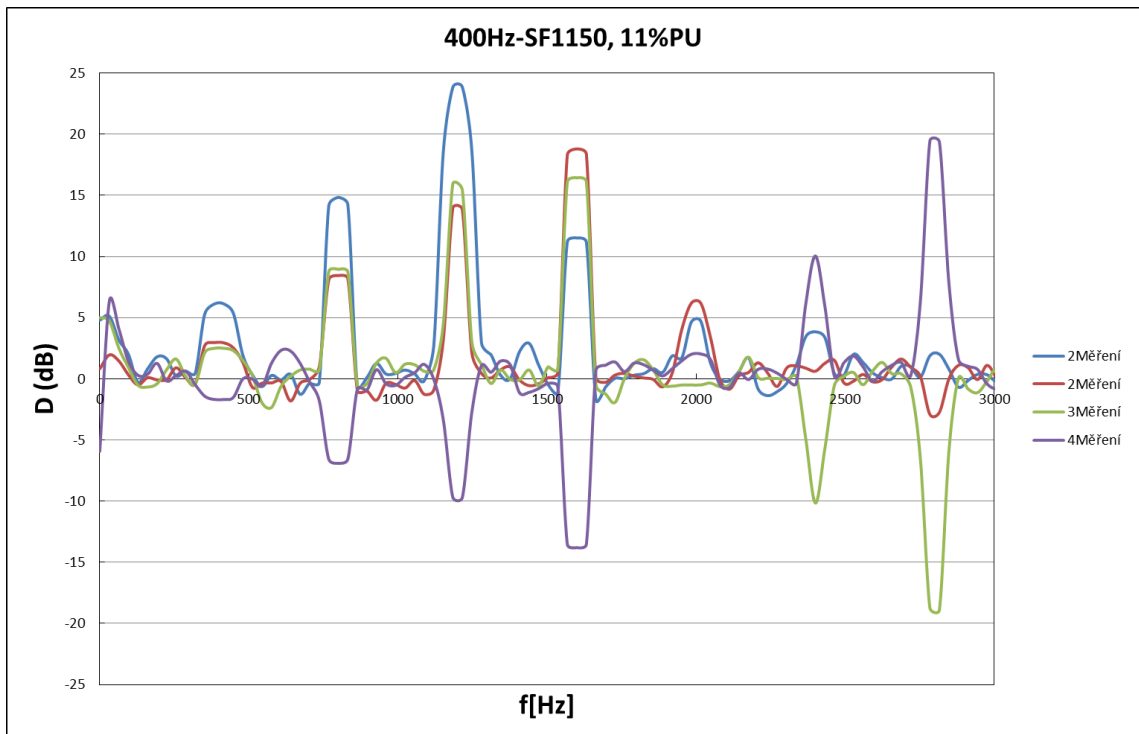
Graf 48 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 100Hz.



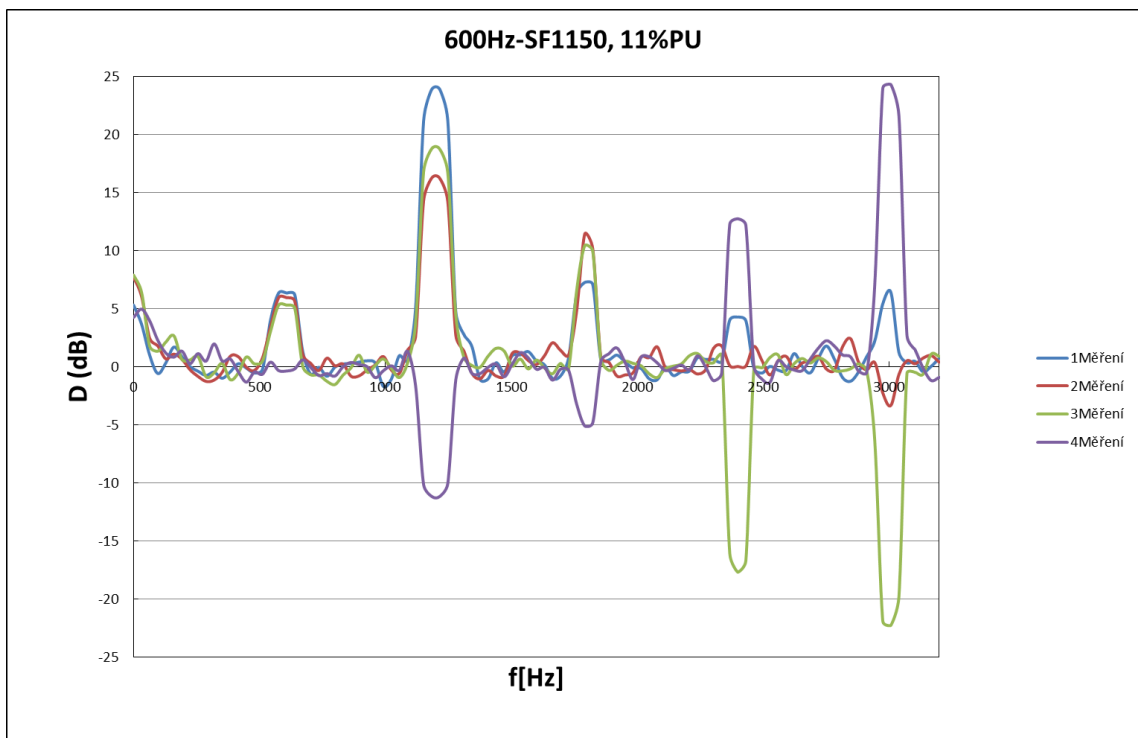
Graf 49 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 150Hz.



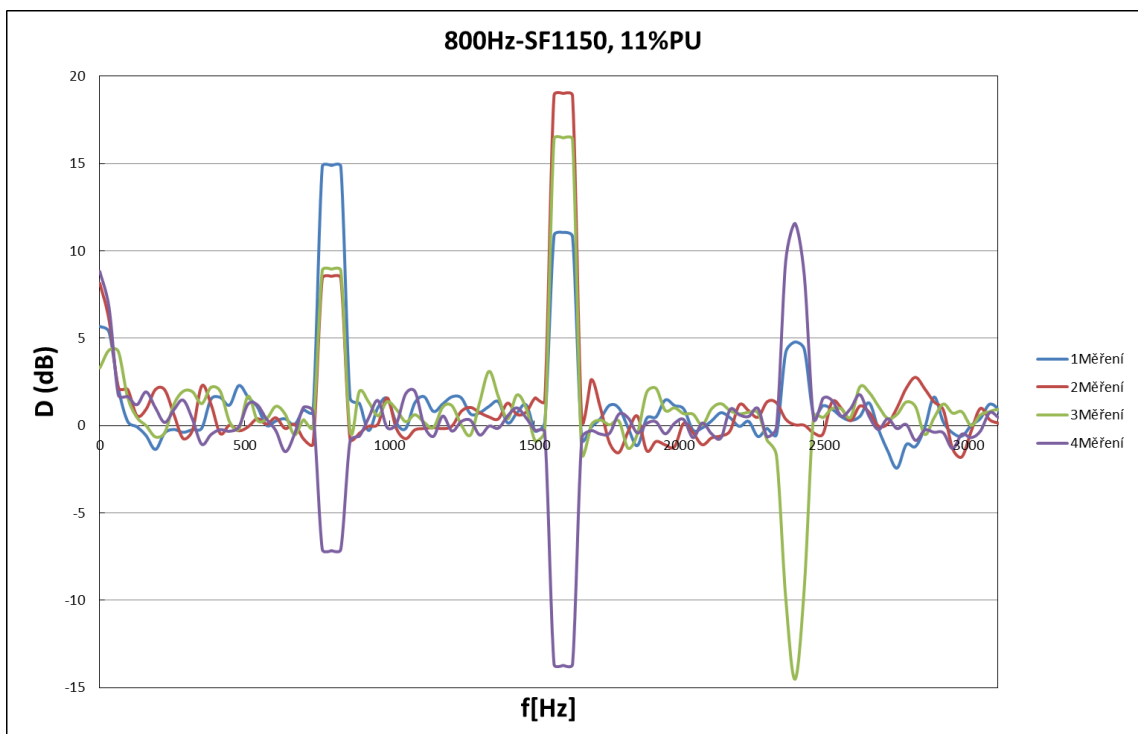
Graf 50 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 200Hz.



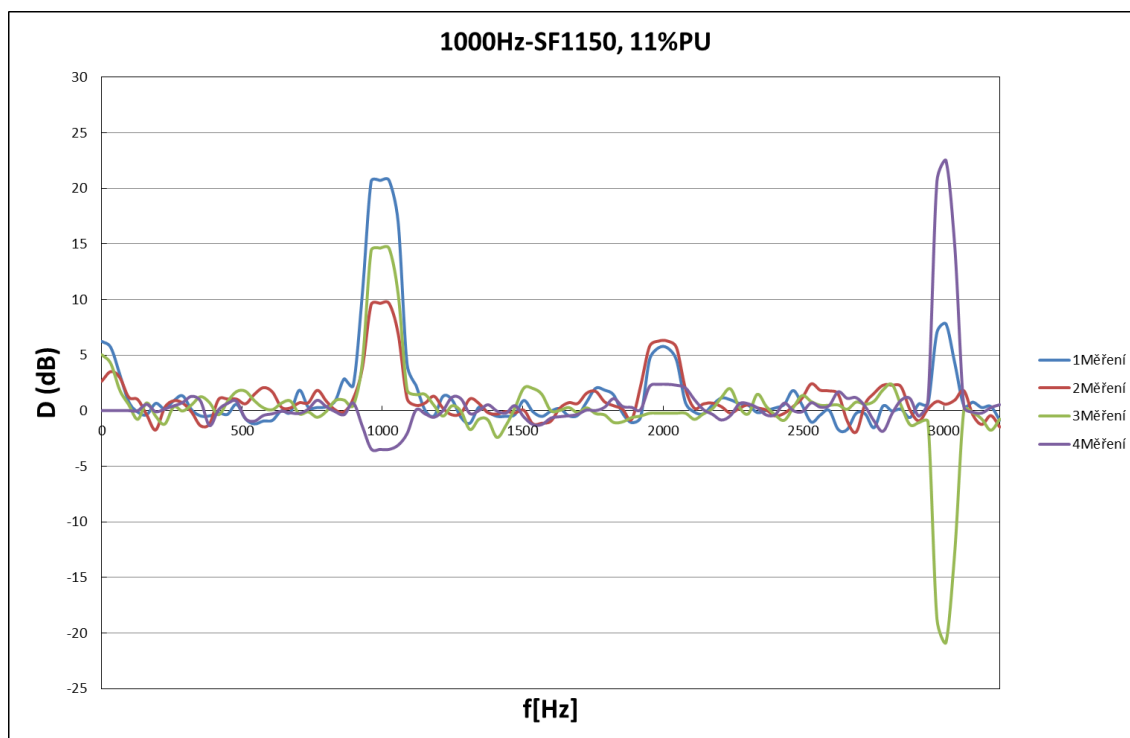
Graf 51 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 400Hz.



Graf 52 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 600Hz.



Graf 53 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 800Hz.



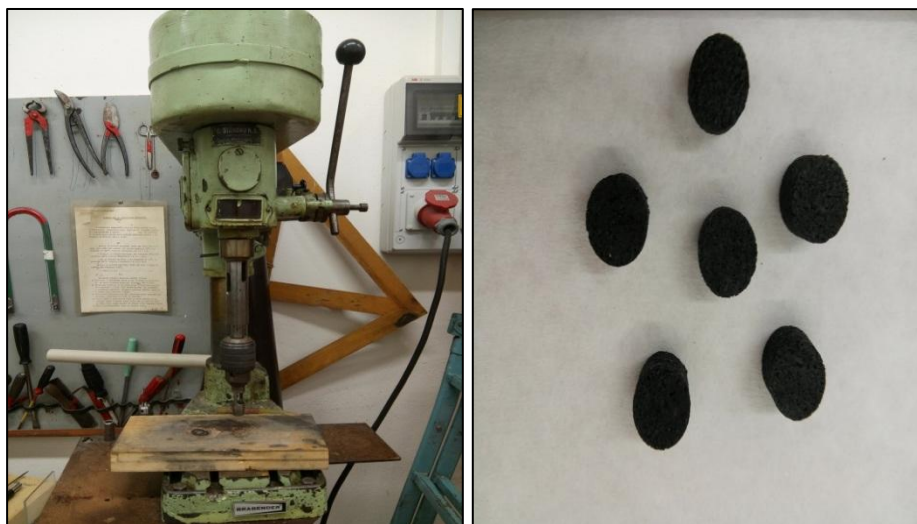
Graf 54 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 1000Hz.

3.7.2 Zhodnocení přenosového útlumu

Přenosový útlum jako takový byl zvolen pro určité budící frekvence. V průběhu klimatestů bylo zjištěno, že do III. cyklu (celkově 4. měření v pořadí) se vzorky výrazně neměnili, ale po proběhnutí tohoto třetího cyklu docházelo u většiny vzorků k rezonanci. Tento jev je popsán tak, že ze soustavy vystupovalo více dynamické energie, než do ní vstupovalo. S ohledem na strukturu, ze které byly materiály vyrobeny lze konstatovat, že vzniklé rezonance v určité fázi měření poukazují na vnitřní nestabilitu směsi pryže a adhesiva po určitém tepelném namáhání.

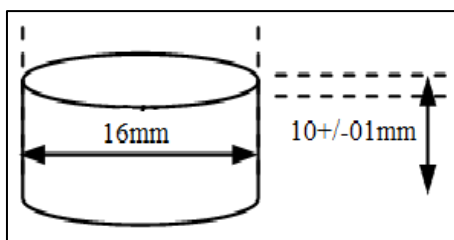
3.8 Zkouška oděru

Cílem tohoto testu bylo posouzení odolnosti vzorků směsí proti oděru dle normy ČSN 62 1466. Obroušením vzorku na rotujícím válci (pokrytém smirkovým papírem) byl zjištěn hmotnostní úbytek materiálu v % u jednotlivých vzorků (celková dráha broušení 40m). Tyto byly procentuálně porovnány. Ze srovnání vyplynula odolnost pryže (vzorku) k tomuto druhu namáhání.

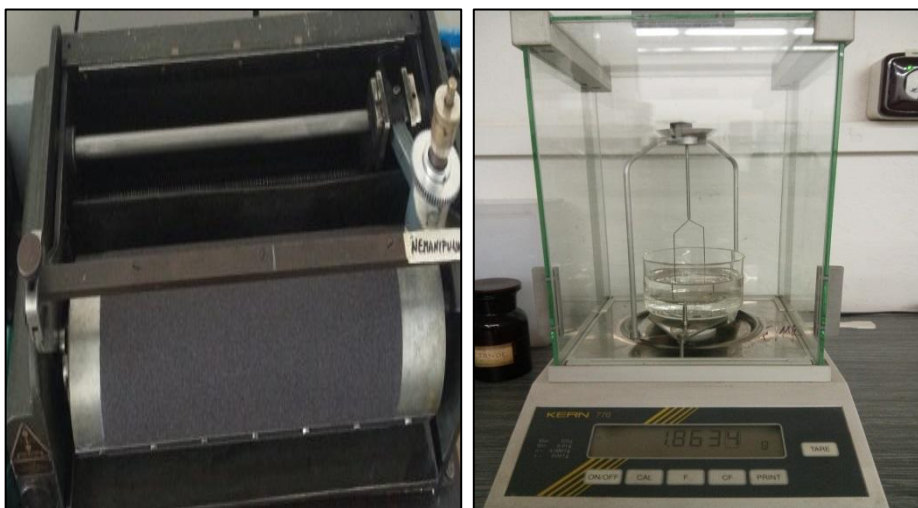


Obrázek 38 Foto přístroje pro vyseknutí (vlevo) a vyseknutých tělísek (vpravo, pro zkoušku oděru dle ČSN)

Nejprve byly vyseknuty zkušební tělíška ve tvaru válečku o průměru 16 mm a výšce $10 \pm 0,1$ mm. Poté byly válečky předbroušeny, očištěny vlasovým štětcem, zváženy na čtyři desetinná místa a tato hodnota zapsána. Po vsunutí zkušebního tělesa do pouzdra přístroje, byla upravena vyčnívající část mikrometrickým šroubkem tak, aby vyčnívala z pouzdra 2 - 2,5 mm. Po oděru na předepsané dráze 40 mm se zkušební tělíško vyjmulo z pouzdra, očištěno vlasovým štětcem a zvážilo. Hodnota byla zapsána (s přesností na 0,001 g). Následně byl vzorek zvážen v kapalině známé hustoty (ve vodě, nebo etanolu) a hmotnost opět zapsána (s přesností na 0,001 g). Hustota etanolu při 22 °C byla $0,7893 \text{ g/cm}^3$.



Obrázek 39 Zkušební tělíško ve tvaru válce.



Obrázek 40 Foto válce pro stanovení oděru (vlevo) a digitální váhy v uspořádání pro vážení hustoty (vpravo).

3.8.1 Vstupní měření zkoušky oděru

Velmi důležitá zkouška, která má své opodstatnění i v jiných oborech. V případě této diplomové práce byly stanoveny základní parametry jak na vstupu, tak po jednotlivých klimacyklech. Popis výsledků jednotlivých zkoušek popisuje následující tabulky.

Tabulka 28 Procentuální úbytek hmotnosti po zkoušce oděru vstupní měření.

vzorek	m ₁ (g)	m _g (g)	m _i (g)	rozdíl m(g)	úbytek m(%)	AP (%)	Výsledek m(%)
7%_1	2,0181	1,7971	0,0228	0,221	10,9509	11,5664	11,6±1,1
7%_2	2,0367	1,7702	0,0293	0,2665	13,0849		
7%_3	2,0472	1,8289	0,0371	0,2183	10,6633		
8%_1	2,1551	1,9373	0,0767	0,2178	10,1063	10,836	10,8±0,8
8%_2	2,1335	1,9116	0,0812	0,2219	10,4007		
8%_3	2,124	1,8691	0,0742	0,2549	12,0009		
10%_1	2,0814	1,9236	0,0458	0,1578	7,5814	7,9487	7,9±0,5
10%_2	2,1361	1,9741	0,0832	0,162	7,5839		
10%_3	2,0874	1,9062	0,0423	0,1812	8,6807		
11%_1	2,1295	1,9051	0,0236	0,2244	10,5377	10,632	10,6±0,4
11%_2	2,1534	1,9341	0,0208	0,2193	10,1839		
11%_3	2,1501	1,9098	0,0326	0,2403	11,1762		

3.8.1.1 Měření po 1 cyklu stárnutí.

Tabulka 29 Procentuální úbytek hmotnosti po zkoušce oděru po 1 cyklu stárnutí.

vzorek	m ₁ (g)	m _g (g)	m _i (g)	rozdíl m(g)	úbytek m(%)	AP (%)	Výsledek m(%)
7%_1	2,2073	2,0512	0,1431	0,1561	7,0720	7,8052	7,8±0,8
7%_2	2,2205	2,0549	0,1325	0,1656	7,4578		
7%_3	2,1664	1,9739	0,1259	0,1925	8,8857		
8%_1	2,1937	1,9238	0,0786	0,2699	12,3034	11,856	11,9±0,4
8%_2	2,1884	1,9316	0,0732	0,2568	11,7346		
8%_3	2,1914	1,9387	0,0571	0,2527	11,5314		
10%_1	2,1183	1,9484	0,0687	0,1699	8,0206	7,8884	7,9±0,9
10%_2	2,1403	1,9485	0,0868	0,1918	8,9614		
10%_3	2,1965	2,0497	0,0782	0,1468	6,6834		
11%_1	2,1479	1,9232	0,0889	0,2247	10,4614	10,617	10,6±0,7
11%_2	2,182	1,9664	0,0942	0,2156	9,8808		
11%_3	2,1406	1,8942	0,0893	0,2464	11,5108		

3.8.1.2 Měření po 2 cyklu stárnutí.

Tabulka 30 Procentuální úbytek hmotnosti po zkoušce oděru po 2 cyklu stárnutí.

vzorek	m ₁ (g)	m _g (g)	m _i (g)	rozdíl m(g)	úbytek m(%)	AP (%)	Výsledek m(%)
7%_1	2,1358	1,9235	0,4794	0,2123	9,9401	8,3187	8,3±1,2
7%_2	2,1236	1,9507	0,4872	0,1729	8,1418		
7%_3	2,1777	2,028	0,5068	0,1497	6,8742		
8%_1	2,0151	1,8122	0,3651	0,2029	10,0690	9,5126	9,5±1,0
8%_2	1,9967	1,7898	0,3595	0,2069	10,3621		
8%_3	1,9774	1,8171	0,3774	0,1603	8,1066		
10%_1	2,1857	2,0484	0,4982	0,1373	6,2817	6,9383	6,9±1,2
10%_2	2,14	1,9561	0,4762	0,1839	8,5935		
10%_3	2,2291	2,0967	0,5272	0,1324	5,9396		
11%_1	2,1617	1,9573	0,4263	0,2044	9,4555	9,7125	9,7+/-0,6
11%_2	2,14	1,9455	0,4172	0,1945	9,0888		
11%_3	2,191	1,9589	0,4464	0,2321	10,5933		

3.8.1.3 Měření po 3 cyklu stárnutí.

Tabulka 31 Procentuální úbytek hmotnosti po zkoušce oděru po 3 cyklu stárnutí.

vzorek	m ₁ (g)	m _g (g)	m _i (g)	rozdíl m(g)	úbytek m(%)	AP (%)	Výsledek m(%)
7%_1	2,2922	2,1337	0,5148	0,1585	6,9148	6,6122	6,6±0,3
7%_2	2,2511	2,1051	0,4958	0,146	6,4857		
7%_3	2,2374	2,0934	0,4884	0,144	6,4360		
8%_1	2,0375	1,8338	0,3512	0,2037	9,9975	9,8101	9,8±0,2
8%_2	2,0498	1,8497	0,3614	0,2001	9,7619		
8%_3	2,0629	1,8634	0,3587	0,1995	9,6709		
10%_1	2,1893	2,044	0,4706	0,1453	6,6368	6,3474	6,4±0,4
10%_2	2,1754	2,0317	0,4725	0,1437	6,6057		
10%_3	2,1725	2,0465	0,4719	0,126	5,7998		
11%_1	2,1365	1,9194	0,4048	0,2171	10,1615	9,6808	9,7±0,6
11%_2	2,1336	1,918	0,3876	0,2156	10,1050		
11%_3	2,1445	1,9563	0,4095	0,1882	8,7759		

3.8.2 Zhodnocení oděru

Zkouška oděru, byla provedena v celkem čtyřech sériích měření (vstupní + 3 klimacykly). Získané výsledky byly seřazeny dle obsahu % adhesiva a vyhodnoceny do tabulek. U takto mechanicky namáhaného zkoušení pryžové směsi bylo zjištěno, že při vzrůstajícím opakování klimatestu se průměrný procentuální úbytek hmotnosti po testu snižuje, jak ukazují tabulky 28 – 31. Tento trend je viditelný u všech typů vzorků, a v každém časovém kroku klimatestu. Takto získané výsledky by mohly napovídat tomu, že se struktura postupem času tvrdne a jednotlivé části drtě na sebe více doléhají.

3.9 Měření hustoty

Měření hustoty bylo prováděno na digitálních vahách uspořádaných v režimu hydrostatického vážení. Zkoumané vzorky byly vyseknuty ve formě válečků. Velikost válečku 1,6x1cm. Nejprve se vzorek zvažil v misce na vzduchu a po uložení navážené hodnoty, bylo provedeno vážení ve zvolené kapalině (etanol). Hustota etanolu při 22°C (0,7893 g/cm³). Vypočtená hodnota hustoty přístrojem byla zapsána. Výsledkem měření je porovnání hustot vzorků před a po jednotlivých cyklech stárnutí.



Obrázek 41 Foto digitální váhy v uspořádání pro měření hustoty.

3.9.1 S1100, 7%PU

Neméně důležitá zkouška, která má své opodstatnění i v jiných oborech. V případě této diplomové práce byly stanoveny základní parametry jak na vstupu, tak po jednotlivých klimacyklech. Popis výsledků jednotlivých zkoušek popisuje následující tabulky.

Tabulka 32 Změna hustoty v čase SF1150, 8%PU.

vzorek	hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	hustota g/cm ⁻³
7%_1vz.	1,030693	7%_1vz.1cykl.	1,043893	7%_1vz.2cykl.	1,052998	7%_1vz.3cykl.	1,024695
7%_2vz.	1,049321	7%_2vz.1cykl.	1,040486	7%_2vz.2cykl.	1,04934	7%_2vz.3cykl.	1,030701
7%_3vz.	1,026883	7%_3vz.1cykl.	1,046617	7%_3vz.2cykl.	1,05199	7%_3vz.3cykl.	1,027744

3.9.2 SF1150, 8%PU.

Tabulka 33 Změna hustoty v čase SF1150, 8%PU.

vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)
8%_1vz.	1,040107	8%_1vz.1cykl.	1,018942	8%_1vz.2cykl.	1,014401	8%_1vz.3cykl.	0,974936
8%_2vz.	1,038776	8%_2vz.1cykl.	1,019748	8%_2vz.2cykl.	1,010941	8%_2vz.3cykl.	1,004058
8%_3vz.	1,038132	8%_3vz.1cykl.	1,026222	8%_3vz.2cykl.	1,012626	8%_3vz.3cykl.	0,973296

3.9.3 S1100, 10%PU.*Tabulka 34 Změna hustoty v čase S1100, 10%PU.*

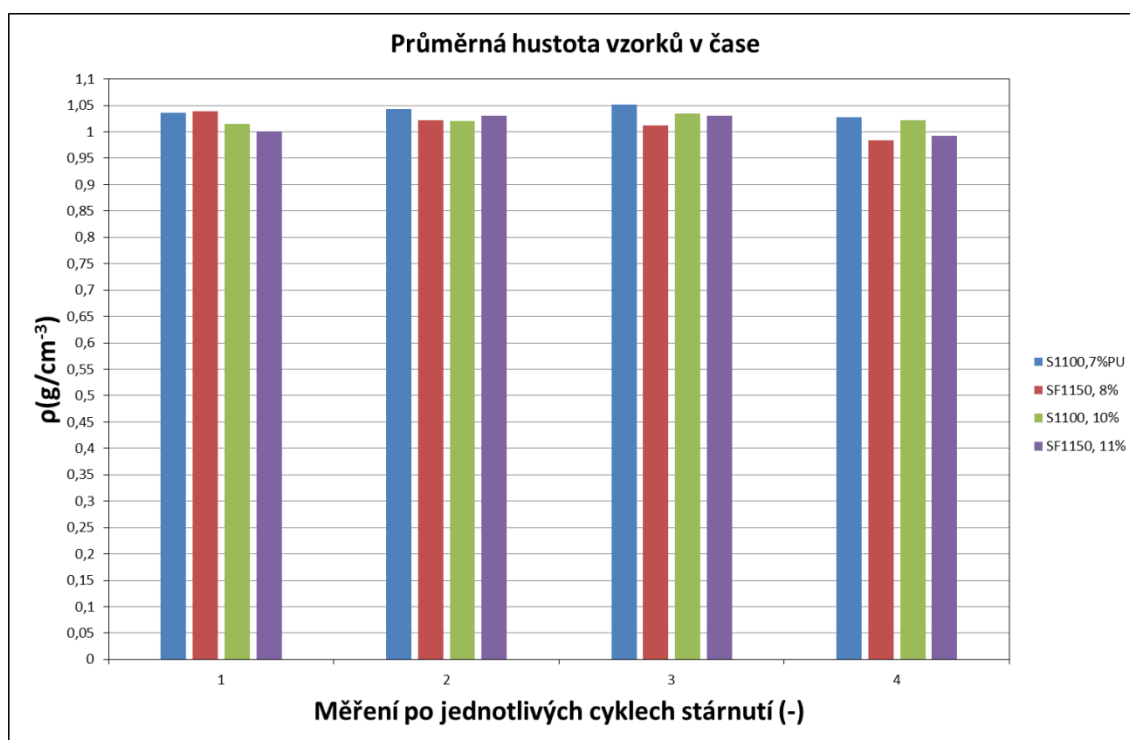
vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)
10%_1vz.	1,019496	10%_1vz.1cykl.	1,017766	10%_1vz.2cykl.	1,030554	10%_1vz.3cykl.	1,019888
10%_2vz.	1,010118	10%_2vz.1cykl.	1,019934	10%_2vz.2cykl.	1,036726	10%_2vz.3cykl.	1,017931
10%_3vz.	1,015648	10%_3vz.1cykl.	1,022314	10%_3vz.2cykl.	1,03836	10%_3vz.3cykl.	1,02636

3.9.4 SF1150, 11%PU.*Tabulka 35 Změna hustoty v čase SF1150, 11%PU.*

vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)	vzorek	Hustota (g/cm ⁻³)
11%_1vz.	1,000884	11%_1vz.1cykl.	1,031229	11%_1vz.2cykl.	1,029836	11%_1vz.3cykl.	1,000415
11%_2vz.	1,00023	11%_2vz.1cykl.	1,033696	11%_2vz.2cykl.	1,027772	11%_2vz.3cykl.	0,986301
11%_3vz.	1,001471	11%_3vz.1cykl.	1,027012	11%_3vz.2cykl.	1,033759	11%_3vz.3cykl.	0,990679

3.9.5 Zhodnocení hustotní charakteristiky

Průběh změny hustoty pryžového recyklátu, které bylo dosaženo, je graficky zobrazeno na následujícím grafu. Tento graf ukazuje průběh a změnu hustoty v jednotlivých klimacyklech, které byly měřeny. Grafická závislost je vztažena k danému cyklu a jeho hustotě, které bylo dosaženo.



Graf 55 Změna průměrné hustoty u jednotlivých vzorků v čase.

Měření hustoty bylo provedeno v celkem čtyřech sériích měření (vstupní + 3 klimacykly). Získané výsledky byly seřazeny dle obsahu % adheziva a vyhodnoceny do tabulek a grafu, který ukazuje hodnoty hustoty v jednotlivých cyklech klimatestů. V průběhu klimatestu nebyly zjištěny výraznější změny v parametru hustoty. Pozorovatelné změny byly spíše minimální, což bylo zapříčiněno pravděpodobně zhroucením vnitřní struktury, která byla vytvořena jednotlivými částicemi drtě a adheziva.

4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ A DISKUSE

Výsledky, které byly získány v průběhu měření byly zhodnoceny v rámci každé kapitoly měření, přesto je v následujících řádcích provedeno celkové hodnocení. Vzorky, respektive materiály, které byly zkoušeny, a jsou v praxi užívané jako ochranná vrstva pro kanalizační rámy, kolejové přejezdy, a podobné krycí a ochranné komponenty. S ohledem na toto použití byly zvoleny konkrétní zkoušky, které jsou níže zhodnoceny.

Mezi hlavní požadavek na hodnocení, který plyne z vlastní praktické aplikace těchto materiálů v silničním provozu, byla vizuální zkouška v průběhu tepelných změn. Pro praktické použití je vizuální zkouška poměrně neurčitým parametrem, protože v průběhu jednotlivých cyklů nebyly na povrchu pozorovány žádné změny.

Tahová zkouška pro všechny 4 druhy % obsahu adhesiva PU 7%, 8%, 10% a 11% vykazovala nestejnorodé maximální síly. Tento parametr byl zvolen s ohledem na potřebu technické aplikace a po konzultaci s výrobcem společností GELPO. Cílem bylo vytvořit časové schéma změny maximální síly v tahu na provedených tepelných změnách. Výsledkem byly nezávislé maximální síly (dále napětí a deformace), které vzorky vykazovaly.

Naproti tomu u většiny vzorků pro zkoušku tlakem, byl zjištěn nárůst sil v rozmezí 100 – 1000N mezi jednotlivými cykly. Toto je důsledek hroucení vnitřní struktury, která doté doby vykazovala určitý mezi-částicový prostor (okrajově by se mohlo označit jako neurčité póry/buňky).

Tento jev byl potvrzen přenosovým útlumem, kdy pro budící frekvence se do 3 měření mohly sledovat žádoucí tlumící vlastnosti, nicméně po provedení 3. cyklu = 4. měření se materiál začal chovat zcela jinak. Vznikající rezonance byly patrné v budících frekvencích, ale také v dalších harmonických frekvencích, které byly pozorovatelné ve frekvenčních rozsazích do 1 000 Hz.

Další zkouškou byla oděru schopnost materiálu po každém klimatestu. Je nutné konstatovat, že tato zkouška je poměrně důležitá a popisuje úbytek materiálu vlivem odírání. V tomto ohledu byly zjištěny změny, které také dokazovaly „tvrdnutí“ materiálu vlivem hroucení a následného zvýšení tvrdosti (jev pozorovaný i u tlakové zkoušky).

Stabilitu vykazovala v průběhu testování hustota, což bylo zřejmé z dosažených výsledků. Hroucení vnitřních mezi částicový prostor nemělo významnější vliv na projev hustoty a její měření v čase.

Následující tabulka ukazuje krátké zhodnocení jednotlivých testů a jejich popis, zda zkouška měla, či neměla vliv na odezvu materiálu v dané oblasti zkoušení.

Tabulka 36 Závěrečné hodnocení

ZKOUŠKA	HODNOCENÍ
Vizuální kontrola	Nelze jednoznačně určit
Tahová zkouška	Nelze jednoznačně určit
Tlaková zkouška	Má vliv (rostoucí síly)
Přenosový útlum	Má vliv (zvyšující se rezonance)
Zkouška oděru	Má vliv (% úbytku)
Změna hustoty	Nelze jednoznačně určit

ZÁVĚR

Cílem diplomové práce bylo měření mechanických vlastností pryžového recyklátu. Podkladem byl materiál od firmy GELPO s.r.o., která poskytla vzorky a požadavky na zkoušky, které se prováděly s ohledem na další technické aplikace v praxi (vnější krycí vrstva na rámy a poklopy kanalizací, vlakové přejezdy a jiné krycí vrstvy v silničním provozu). Regenerát byl dodán ve formě bloků (recyklovaných a lepených). S ohledem na základní klimatické požadavky byly sledovány změny v materiálu (vzorcích), které se projeví výrazněji, a některé zkoušky, se projeví s menší odezvou na povrchu nebo struktuře vzorku.

Povrchové změny v průběhu klimatestů nebyly znatelné, což má v konečném důsledku pozitivní vliv na „design“, ale na druhou stranu je toto poměrně komplikující faktor, protože nejdu odhalit z povrchu změny, které se dějí uvnitř materiálu v průběhu zkoušek. Takto vizuální hodnocení lze brát jako nerelevantní. Relevantním hodnotícím faktorem lze brát v úvahu některé mechanické zkoušky. Výstupy z měření pro tlakovou zkoušku, tahovou zkoušku a zkoušku strukturálního tlumení respektive přenosového útlumu ukazovaly konkrétní údaje, ale jejich závislost na klimatestu nebyla zcela prokazující. Rozdílné výsledky tahové zkoušky byly zřetelné po 3cyklu, kdy lze konstatovat změny ve struktuře vlivem pohybu mezi plusovými a minusovými hodnotami teploty. Toto vede k domněnce, že směs vydrží po jistou dobu v určité soudržnosti, ale v průběhu tepelných změn se dostavuje pozvolná vnitřní degradace. Podobný průběh, ale s opačným efektem byl pozorován při tlakovém zkoušení vzorků, kdy hodnoty průměrných tlaků v cyklech neustále stoupaly, což vede opět ke zjištění, že ve vnitřní struktuře dochází ke zhroucení a jakémusi ztvrdnutí (vyplnění mezi prostory, buněk, pórů) v průběhu změny teplot. Tento jev vnitřní degradace a adhesní soudržnosti je velmi zřetelný i ze zkoušky přenosového útlumu, ze kterého plyne vnitřní nestabilita (vznik rezonancí) při budících frekvencích.

Doplňujícím a v praxi poměrně důležitým testem je měření oděru a hustoty. Se vzrůstajícím opakováním klimatestů, byl pozorován při odírání pokles procentuelního úbytku hmotnosti, což potvrzuje také hypotézu, že vzorky tvrdnou a vnitřní prostory na sebe více přiléhají. Hustota se měnila jen nepatrně a velmi malé odchylky mezi jednotlivými cykly byly zřejmě způsobeny změnami postupnými změnami ve vnitřní struktuře materiálu.

Celkově lze konstatovat následující zjištění, že vzorky (materiál), které byly připraveny určitým procentuálním přídavkem adheziva, mají ze střednědobého časového hlediska stabilní mechanické vlastnosti. Je nutné, ale podotknout, že nakonec všech cyklů by bylo vhodné doplnit zkoušku pro UV zatížení a ozon, která by odhalila prakticky totální degradaci a pevnostní charakteristiky (z důvodů časový a ekonomických k tomuto testování nedošlo). Přesto je tento typ recyklovaných materiálů chopen plnit určité technické aplikace, za předpokladu, že k nim výrobce přihledne. Z hlediska zpětné návratnosti použitých pneumatik do životaschopného uživatelského prostředí, je zkoušení nedílnou součástí přípravy takových materiálů a v budoucnu je nutné k nim přihlížet.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [2] BOŽEK, František, Zdeněk ZEMÁNEK a Rudolf URBAN. *Recyklace*. 1. vyd. Vyškov: [Vysoká vojenská škola pozemního vojska], 2003, 202 s., [20] s. obr. příl. ISBN 8023899198.
- [3] KURAŠ, Mečislav. *Odpady, jejich využití a zneškodňování*. Praha: Český ekologický ústav, 1994. ISBN 80-85087-32-4.
- [4] KUDLÁČEK, Ivan. *Ekologie průmyslu*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2002, 170 s. ISBN 80-01-02495-4.
- [5] SLOBODIAN, Petr. *Nakládání s odpady*. Vyd. 1. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2013, 192 s. ISBN 978-80-7454-252-7.
- [6] 300zmista.eu: *Hřbitov pneumatik v Kuvajtu*. [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=skladkovani&site=odpady>
- [7] Schiestl: **VÍCESTUPŇOVÉ ZARÍZENÍ NA SPALOVÁNÍ NEJRŮZNĚJŠÍCH ODPADŮ S VYUŽITÍM TEPLA**. [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.schiestl.cz/katalog/Vicestupnove-zarizeni-na-spalovani-nejruznejsich-odpadu-s-vyuzitim-tepla>
- [8] PNEUMARTINKA: **Složení pneumatiky**. [online]. [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.pneumartinka.cz/index.php?strana=6&rada=2>
- [9] PITUCHA, Emanuel. *Pneumatiky: výroba, údržba, opravy*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství dopravy a spojů, 1961, 251 s.
- [10] FRANTA, Ivan, et al. *Gumárenská technologie I: Gumárenské suroviny*. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1979. 607 s.

- [11] BOŽEK, František. *Recyklace*. 1. vyd. Vyškov: MoraviaTisk Vyškov, spol. s r.o., 2003, 202 s. ISBN 80-238-9919-8.
- [12] Odpadoveforum.cz: *Nové protihlukové prvky z drcené gumy*. ING. MARTIN LIDMILA, Doc. Ing. Hana Krejčířiková, CSc., Ing. Karel Šafner. [online]. Hustopeče: TVIP, 23.-25.4.2014 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.odpadoveforum.cz/TVIP2014/dokumenty/anotace/211.pdf>
- [13] DOLEŽAL, Jaroslav, SYNKOVÁ, Markéta. *Využití opotřebovaných pneumatik a jejich recyklace*. Semestrální práce z předmětu Životní prostředí. 2001, s. 1-13.
- [14] Goodyear.eu: Postupy při protektorování. GOODYEAR. [online]. 2012 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: http://www.goodyear.eu/cz_cs/tire-advice/retread/retreading-processes/
- [15] ERTMA. EUROPA TYRE & RUBBER MANUFACTURERS' ASSOCIATION: Statistics Edition 2014. ERTMA: ANNUAL REPORT. [online]. 17.10.2014 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: [www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/20150408---statistics-booklet-2014-final-\(modified\).pdf](http://www.etrma.org/uploads/Modules/Documentsmanager/20150408---statistics-booklet-2014-final-(modified).pdf)
- [16] ZIELINSKI, Dan. RubberManufacturersAssociation: *RMA Projects Slight Increase in 2015 Tire Shipments*. ERTMA: ANNUAL REPORT. [online]. WASHINGTON DC, 2 April 2015 [cit. 2015-05-05]. Dostupné z: <http://www.rma.org/category/press-releases/>
- [17] JARUŠEK, Jaroslav. *Metody zkoumání polymerů*. Pardubice: VŠCHT Pardubice, 1984.
- [18] APETAUR, Milan a Jan RÁFL. *Konstrukce automobilů: určeno pro posl. strojní fak. ČVUT*. 1. vyd. Praha: ČVUT, 1994. ISBN 80-010-1224-7.

- [19] BROWN, Roger. *Physical Testing of Rubber*. New York: NY: Springer, 2006, 387s. ISBN 10 0-387-28286-6.
- [20] SCHÄTZ, Miroslav. 1988. *Zkoušení polymerů*. 2. přepr. a dopl.vyd. Praha: VŠCHT, 276 s.
- [21] MALÁČ, Jiří. GUMÁRENSKÁ TECHNOLOGIE: Gumárenské zkoušky. [online].[cit.2015-05-05].
Dostupné z: <http://www.home.karneval.cz/0323339201/text/zkousky.pdf>
- [22] JUŘIČKA, Martin. *Materiály pro tlumení hluku a vibrací v leteckém průmyslu na bázi polyuretanů*. Zlín, 2009. ISBN 9788073188207 8073188201. Disertační práce (Ph.D). Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická.
- [23] SCHÄTZ, Miroslav. *Zkoušení polymerů*. VŠCHT Praha, 1988.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

NR	Přírodní kaučuk
ELT	Hrubé částice (End oflifestyrene)
SBR	Butadienstyrenový kaučuk
MWh	Megavathodina
EU	Evropská unie
PP	Polypropylen
mil.	Milion
Au	Zlato
Ag	Stříbro
Pd	Paládium
Be	Berílium
As	Arzén
F	Fluor
BRO	Biologicky rozložitelný odpad
ČR	Česká republika
PET	Polytetrafluoretylen
PA	Polyamid
PC	Polykarbonát
PVDF	Polyvinylidenfluorid
NO _x	Oxidy dusíku
SO ₂	Oxid siřičitý
HCl	Kyselina chlorovodíková
CO	Oxid uhelnatý
BR	Butadienový kaučuk

PU	Polyuretan
Al	Hliník
Si	Křemík
Fe	Železo
Ni	Nikl
Cu	Měď
Cr	Chrom
IIR	Isobutylen-isoprenový
IR	Izoprenový kaučuk
RMA	Gumárenská výrobní asociace(Rubber Manufacturers Association)
USA	Spojené státy americké (United States of America)
ETRMA	Evropská gumárenská výrobní asociace (Europa Tyre&Rubber Manufacturers' Association)
ABC	Význam první zkratky.
B	Význam druhé zkratky.
C	Význam třetí zkratky.

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Skládka pneumatik v Kuvajtu, pohled z.....</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 2 Schéma spalovny[6].</i>	<i>19</i>
<i>Obrázek 3 Konstrukce pneumatiky[7].</i>	<i>23</i>
<i>Obrázek 4 Vzorky recyklátu ve formě čtvercových plátů, které byly použity pro vyseknutí vzorků (shora 7,8,10,11% PU).....</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 5 Povrchová struktura vzorku před počátečním měřením – rozdíl hrubé a jemné směsi, S1100,10%PU - zvětšeno 6x (vlevo) a SF1100,11%PU 6x(vpravo).</i>	<i>44</i>
<i>Obrázek 6 Foto deska a nástroj pro vyseknutí tahovou zkoušku (vlevo)a tlakovou zkoušku (vpravo).....</i>	<i>45</i>
<i>Obrázek 7 Hydraulický vysekávací stroj ZPS 06102 P1 pro vysekávání vzorků, které byly předmětem měření.</i>	<i>46</i>
<i>Obrázek 8 Horkovzdušný sterilizátor HS 574.....</i>	<i>47</i>
<i>Obrázek 9 Povrchová struktura vzorku před počátečním měřením</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 10 Povrchová struktura vzorku po prvním cyklu</i>	<i>48</i>
<i>Obrázek 11 Povrchová struktura vzorku po druhém cyklu.....</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 12 Povrchová struktura vzorku po třetím cyklu</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 13 Povrchová struktura vzorku po čtvrtém cyklu.....</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 14 Povrchová struktura vzorku před počátečním měřením</i>	<i>49</i>
<i>Obrázek 15 Povrchová struktura vzorku po prvním cyklu</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 16 Povrchová struktura vzorku po druhém cyklu.....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 17 Povrchová struktura vzorku po třetím cyklu</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 18 Povrchová struktura vzorku po čtvrtém cyklu.....</i>	<i>50</i>
<i>Obrázek 19 Povrchová struktura vzorku před počátečním měřením</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 20 Povrchová struktura vzorku po prvním cyklu</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 21 Povrchová struktura vzorku po druhém cyklu.....</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 22 Povrchová struktura vzorku po třetím cyklu</i>	<i>51</i>
<i>Obrázek 23 Povrchová struktura vzorku po čtvrtém cyklu.....</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 24 Povrchová struktura vzorku před počátečním měřením</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 25 Povrchová struktura vzorku po prvním cyklu</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 26 Povrchová struktura vzorku po druhém cyklu.....</i>	<i>52</i>
<i>Obrázek 27 Povrchová struktura vzorku po třetím cyklu</i>	<i>53</i>

<i>Obrázek 28</i>	<i>Povrchová struktura vzorku po čtvrtém cyklu</i>	53
<i>Obrázek 29</i>	<i>Foto uchycení vzorku do čelistí pro průběh tahové zkoušky</i>	54
<i>Obrázek 30</i>	<i>Diagram tahové zkoušky</i>	55
<i>Obrázek 31</i>	<i>Vyseknuté lopatky před zkouškou a po zkoušce (vpravo)</i>	55
<i>Obrázek 32</i>	<i>Lopatky před zkouškou a při zkoušce (vpravo)</i>	56
<i>Obrázek 33</i>	<i>Rozměry lopatky dle normy ČSN EN ISO 527-2</i>	56
<i>Obrázek 34</i>	<i>Foto vyseknuté vzorky pro tlakovou zkoušku (vpravo)</i>	74
<i>Obrázek 35</i>	<i>Foto tlakové zkoušky (umístění vzorku mezi tlakové hlavy)</i>	74
<i>Obrázek 36</i>	<i>Foto aparatury – vibrátoru přenosového útlumu (vlevo), vpravo multi-analyzátoru pro měření signálu akcelerometrů</i>	77
<i>Obrázek 37</i>	<i>Schematické zapojení aparatury na měření přenosového útlumu</i>	78
<i>Obrázek 38</i>	<i>Foto přístroje pro vyseknutí (vlevo) a vyseknutých tělísek (vpravo, pro</i>	94
<i>Obrázek 39</i>	<i>Zkušební tělísko ve tvaru válce</i>	94
<i>Obrázek 40</i>	<i>Foto válce pro stanovení oděru (vlevo) a digitální váhy v</i>	95
<i>Obrázek 41</i>	<i>Foto digitální váhy v uspořádání pro měření hustoty</i>	98

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1. Vliv faktoru na životní prostředí.[3]</i>	13
<i>Tabulka 2 Druhy odpadu a jejich stručný popis.[1]</i>	14
<i>Tabulka 3 Materiály osobního automobilu určené k recyklaci.[4]</i>	15
<i>Tabulka 4 Materiály ve směsích pro výrobu pneumatik[8].</i>	24
<i>Tabulka 5 Statistika prodeje pneumatik v EU v roce 2012 a 2013 dle ETRMA [14].</i>	30
<i>Tabulka 6 Předpoklad spotřeby pneumatik v USA dle studie RMA 2015[15].</i>	31
<i>Tabulka 7 Měření v čase.</i>	47
<i>Tabulka 8 Váha lopatek pro tahovou zkoušku S1100, 7%PU.</i>	57
<i>Tabulka 9 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	57
<i>Tabulka 10 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	58
<i>Tabulka 11 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	58
<i>Tabulka 12 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	58
<i>Tabulka 13 Váha lopatek pro tahovou zkoušku SF1150 8%.</i>	61
<i>Tabulka 14 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	61
<i>Tabulka 15 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	61
<i>Tabulka 16 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	62
<i>Tabulka 17 Šířka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	62
<i>Tabulka 18 Váha lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	65
<i>Tabulka 19 Váha lopatek pro tahovou zkoušku SF1150, 11%PU</i>	67
<i>Tabulka 20 Tloušťka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	68
<i>Tabulka 21 Tloušťka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	68
<i>Tabulka 22 Tloušťka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	68
<i>Tabulka 23 Tloušťka lopatek pro tahovou zkoušku.</i>	69
<i>Tabulka 24 Maximální síly tahové zkoušky.</i>	71
<i>Tabulka 25 Maximální síly tahové zkoušky.</i>	72
<i>Tabulka 26 Maximální síly tahové zkoušky.</i>	72
<i>Tabulka 27 Maximální síly tahové zkoušky.</i>	72
<i>Tabulka 28 Procentuální úbytek hmotnosti po zkoušce oděru vstupní měření.</i>	95
<i>Tabulka 29 Procentuální úbytek hmotnosti po zkoušce oděru po 1 cyklu stárnutí.</i>	96
<i>Tabulka 30 Procentuální úbytek hmotnosti po zkoušce oděru po 2 cyklu stárnutí.</i>	96
<i>Tabulka 31 Procentuální úbytek hmotnosti po zkoušce oděru po 3 cyklu stárnutí.</i>	97
<i>Tabulka 32 Změna hustoty v čase SF1150, 8%PU.</i>	98

<i>Tabulka 33 Změna hustoty v čase SF1150, 8%PU.....</i>	<i>98</i>
<i>Tabulka 34 Změna hustoty v čase S1100, 10%PU.</i>	<i>99</i>
<i>Tabulka 35 Změna hustoty v čase SF1150, 11%PU.....</i>	<i>99</i>

SEZNAM GRAFŮ

<i>Graf 1 Množství využití skládkování z celkového množství likvidace odpadů v daných zemích v %.[4].....</i>	<i>18</i>
<i>Graf 2 Množství využití spalování z celkového množství likvidace odpadů v daných zemích v %[4].....</i>	<i>20</i>
<i>Graf 3 Množství využití recyklace z celkového množství likvidace odpadů v daných zemích v %[4].....</i>	<i>22</i>
<i>Graf 4 Nakládání s ojetými pneumatikami v Evropské unii v roce 2000[10].</i>	<i>27</i>
<i>Graf 5 Průběh klimatestů v čase.</i>	<i>46</i>
<i>Graf 6 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>59</i>
<i>Graf 7 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>59</i>
<i>Graf 8 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>60</i>
<i>Graf 9 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>60</i>
<i>Graf 10 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>63</i>
<i>Graf 11 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>63</i>
<i>Graf 12 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>64</i>
<i>Graf 13 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>64</i>
<i>Graf 14 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>65</i>
<i>Graf 15 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>66</i>
<i>Graf 16 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>66</i>
<i>Graf 17 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>67</i>
<i>Graf 18 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>69</i>
<i>Graf 19 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>70</i>
<i>Graf 20 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>70</i>
<i>Graf 21 Závislost napětí na relativním prodloužení.</i>	<i>71</i>
<i>Graf 22 Průběh průměrné maximální síly u jednotlivých vzorků v čase.</i>	<i>73</i>
<i>Graf 23 Závislost maximální síly na počtu cyklů stlačení (S1100, 7%PU).</i>	<i>75</i>
<i>Graf 24 Závislost maximální síly na počtu cyklů stlačení (SF 1150, 8 % PU).</i>	<i>75</i>
<i>Graf 25 Závislost maximální síly na počtu cyklů stlačení (S1100, 10%).</i>	<i>76</i>
<i>Graf 26 Závislost maximální síly na počtu cyklů stlačení SF1150, 11%PU).</i>	<i>76</i>
<i>Graf 27 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 100Hz.</i>	<i>79</i>
<i>Graf 28 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 150Hz.</i>	<i>79</i>
<i>Graf 29 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 200Hz.</i>	<i>80</i>

<i>Graf 30 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 400 Hz.</i>	<i>80</i>
<i>Graf 31 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 600 Hz.</i>	<i>81</i>
<i>Graf 32 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 800Hz.</i>	<i>81</i>
<i>Graf 33 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 1000Hz.</i>	<i>82</i>
<i>Graf 34 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 100Hz.</i>	<i>83</i>
<i>Graf 35 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 150Hz.</i>	<i>83</i>
<i>Graf 36 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 200 Hz.</i>	<i>84</i>
<i>Graf 37 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 400 Hz.</i>	<i>84</i>
<i>Graf 38 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 600 Hz.</i>	<i>85</i>
<i>Graf 39 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 800 Hz.</i>	<i>85</i>
<i>Graf 40 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 1000 Hz.</i>	<i>86</i>
<i>Graf 41 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 100Hz.</i>	<i>86</i>
<i>Graf 42 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 150Hz.</i>	<i>87</i>
<i>Graf 43 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 200Hz.</i>	<i>87</i>
<i>Graf 44 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 400 Hz.</i>	<i>88</i>
<i>Graf 45 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 600 Hz.</i>	<i>88</i>
<i>Graf 46 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 800 Hz.</i>	<i>89</i>
<i>Graf 47 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 1000 Hz.</i>	<i>89</i>
<i>Graf 48 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 100Hz.</i>	<i>90</i>
<i>Graf 49 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 150Hz.</i>	<i>90</i>
<i>Graf 50 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 200Hz.</i>	<i>91</i>
<i>Graf 51 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 400Hz.</i>	<i>91</i>
<i>Graf 52 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 600Hz.</i>	<i>92</i>
<i>Graf 53 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál v 800Hz.</i>	<i>92</i>
<i>Graf 54 Decibelová závislost na frekvenci – generující signál ve 1000Hz.</i>	<i>93</i>
<i>Graf 55 Změna průměrné hustoty u jednotlivých vzorků v čase.</i>	<i>100</i>
<i>Graf 56 Silová závislost 7%, 1měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>119</i>
<i>Graf 57 Silová závislost 7%, 2měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>119</i>
<i>Graf 58 Silová závislost 7%, 3měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>119</i>
<i>Graf 59 Silová závislost 7%, 4měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>120</i>
<i>Graf 60 Silová závislost 8%, 1měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>120</i>
<i>Graf 61 Silová závislost 8%, 2měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>120</i>
<i>Graf 62 Silová závislost 8%, 3měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>121</i>

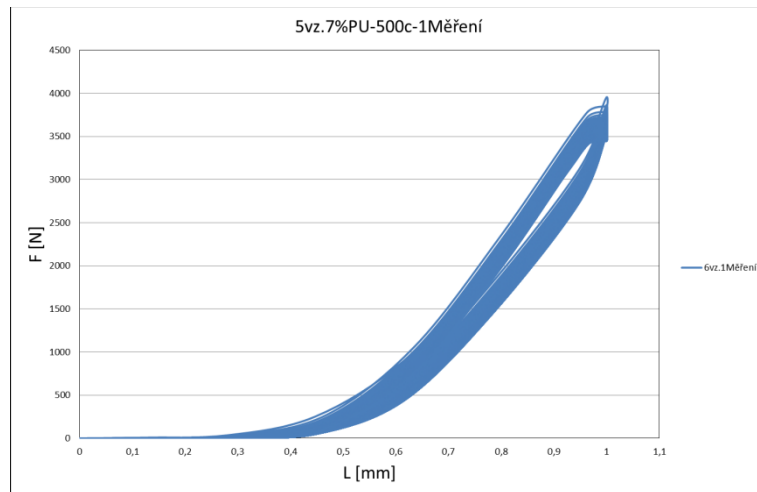
<i>Graf 63 Silová závislost 8%, 4měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>121</i>
<i>Graf 64 Silová závislost 10%, 1měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>121</i>
<i>Graf 65 Silová závislost 10%, 2měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>122</i>
<i>Graf 66 Silová závislost 10%, 3měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>122</i>
<i>Graf 67 Silová závislost 10%, 4měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>123</i>
<i>Graf 68 Silová závislost 11%, 1měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>123</i>
<i>Graf 69 Silová závislost 11%, 2měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>124</i>
<i>Graf 70 Silová závislost 11%, 3měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>124</i>
<i>Graf 71 Silová závislost 11%, 4měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).</i>	<i>124</i>

SEZNAM PŘÍLOH

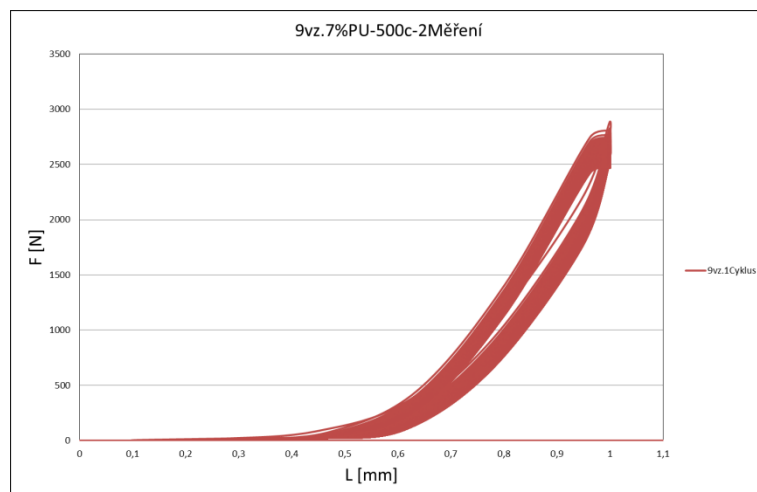
PI Průběh tlakových zkoušek

PII Technický list lepidla

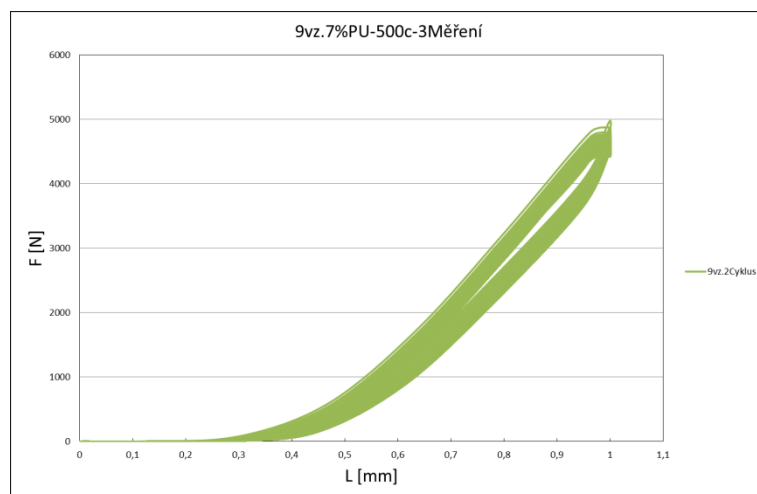
PŘÍLOHA P I: PRŮBĚH TLAKOVÝCH ZKOUŠEK



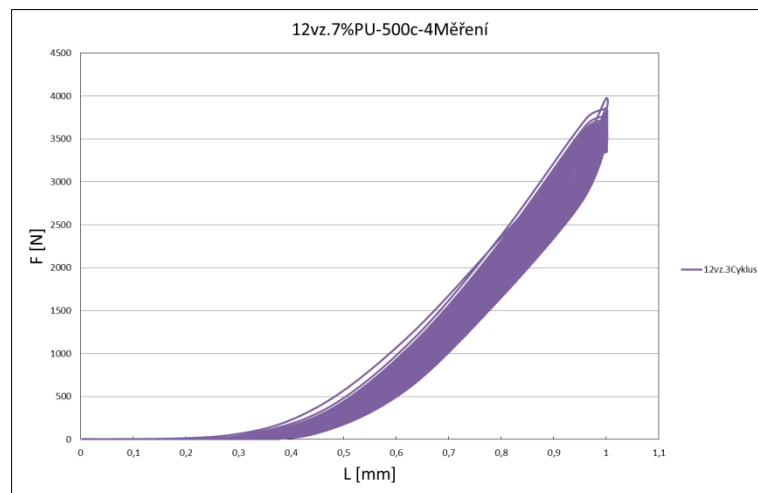
Graf 56 Silová závislost 7%, 1měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



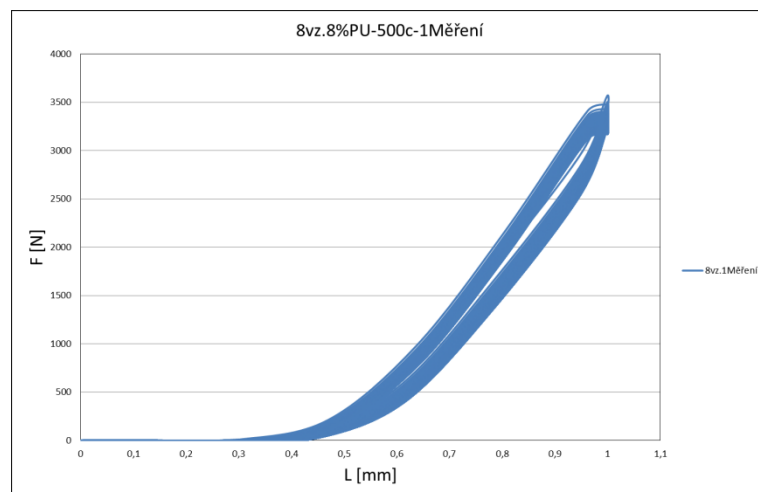
Graf 57 Silová závislost 7%, 2měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



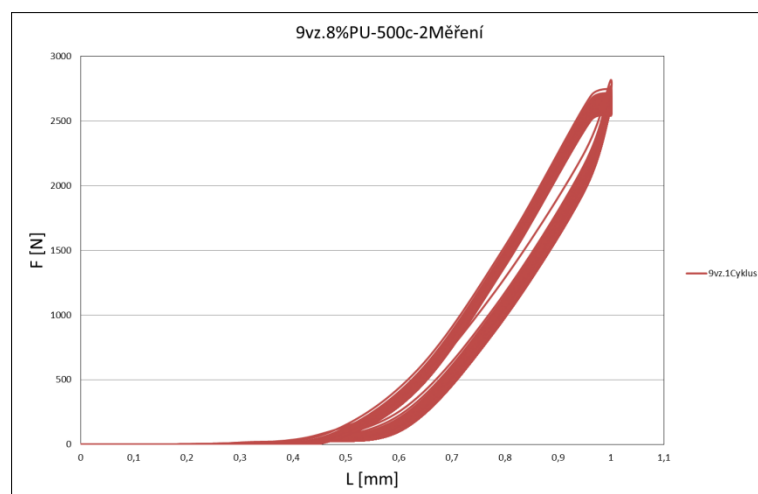
Graf 58 Silová závislost 7%, 3měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



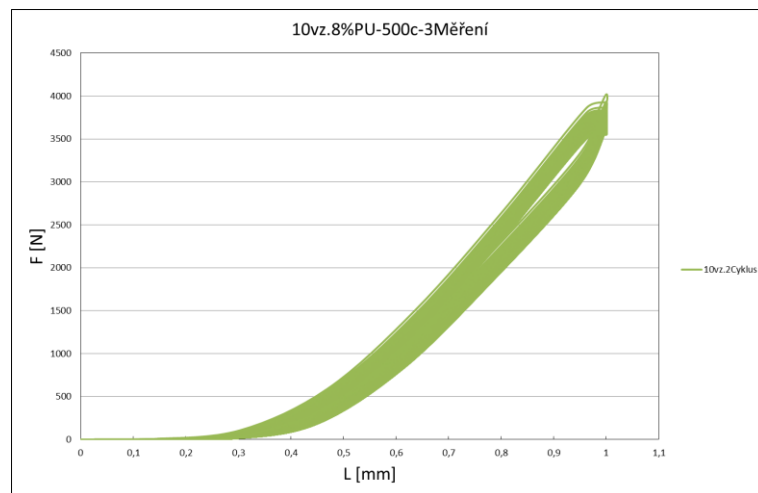
Graf 59 Silová závislost 7%, 4měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



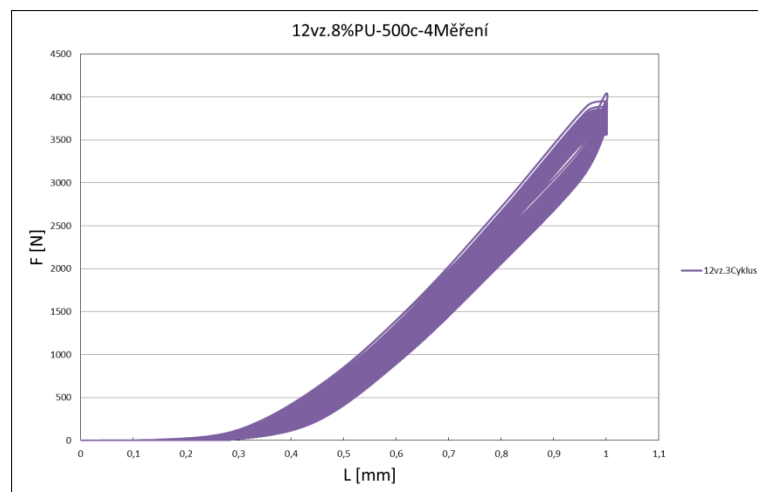
Graf 60 Silová závislost 8%, 1měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



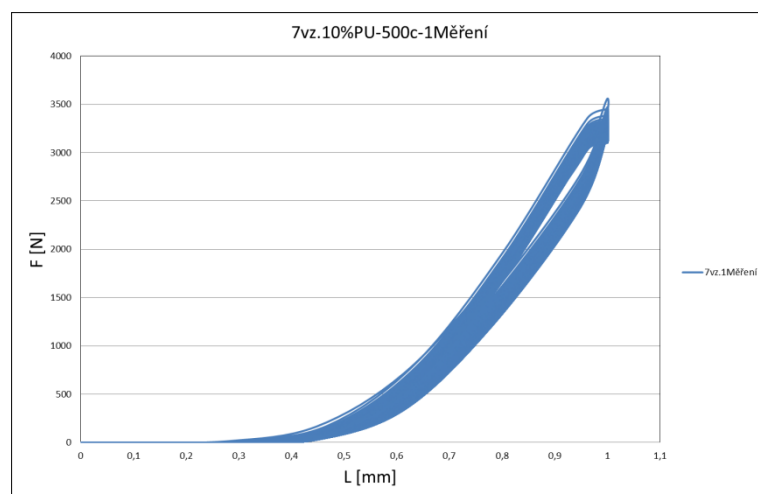
Graf 61 Silová závislost 8%, 2měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



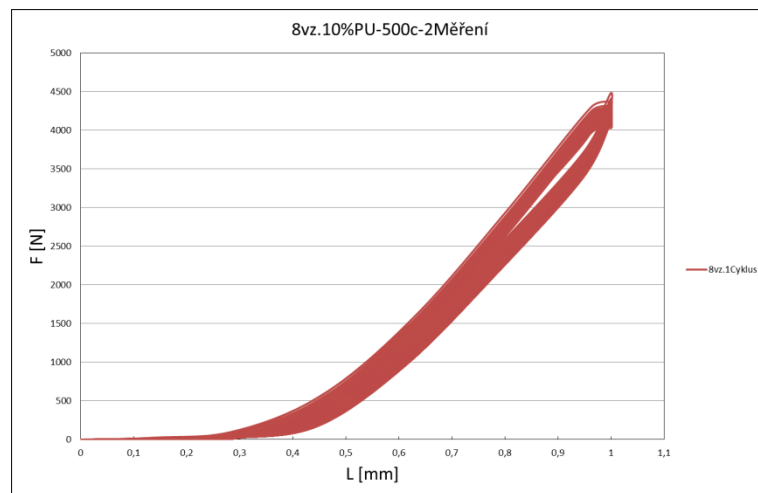
Graf 62 Silová závislost 8%, 3měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



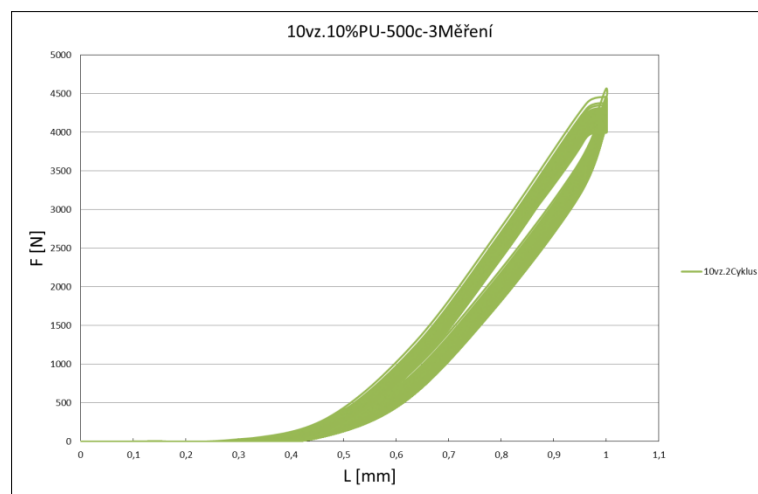
Graf 63 Silová závislost 8%, 4měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



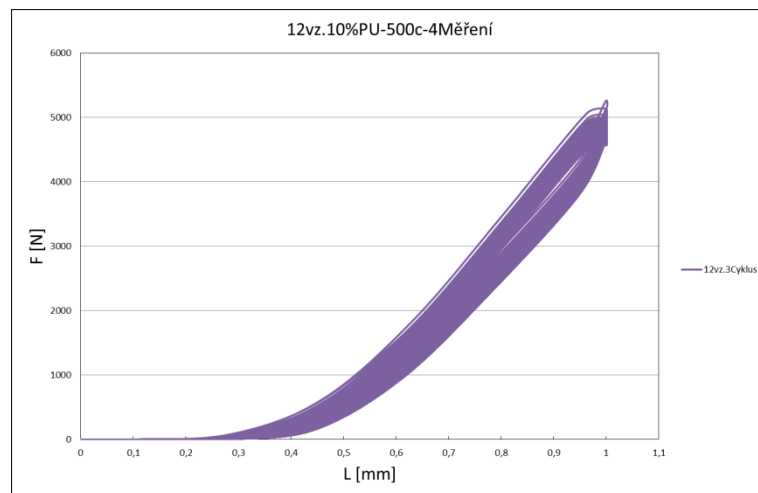
Graf 64 Silová závislost 10%, 1měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



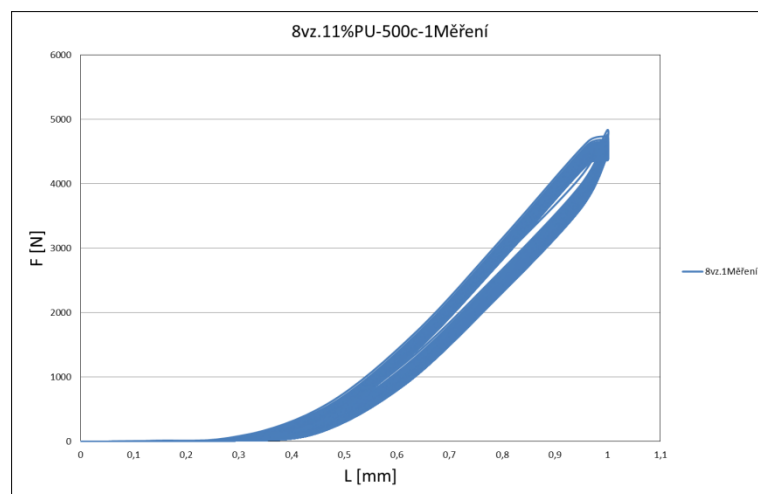
Graf 65 Silová závislost 10%, 2měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



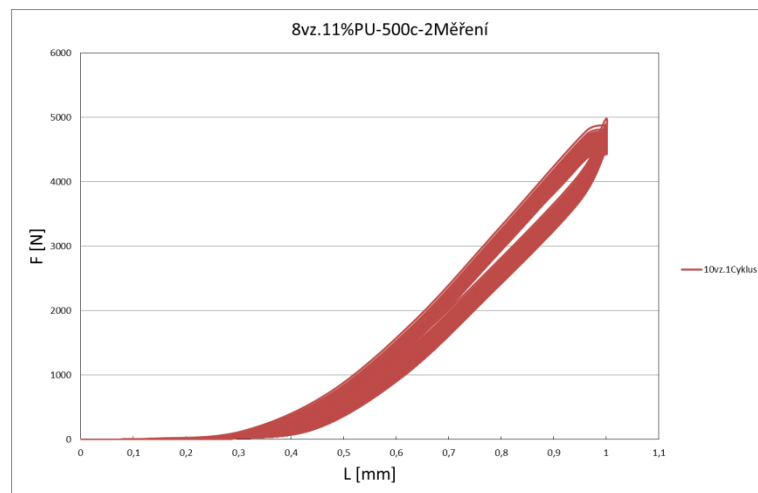
Graf 66 Silová závislost 10%, 3měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



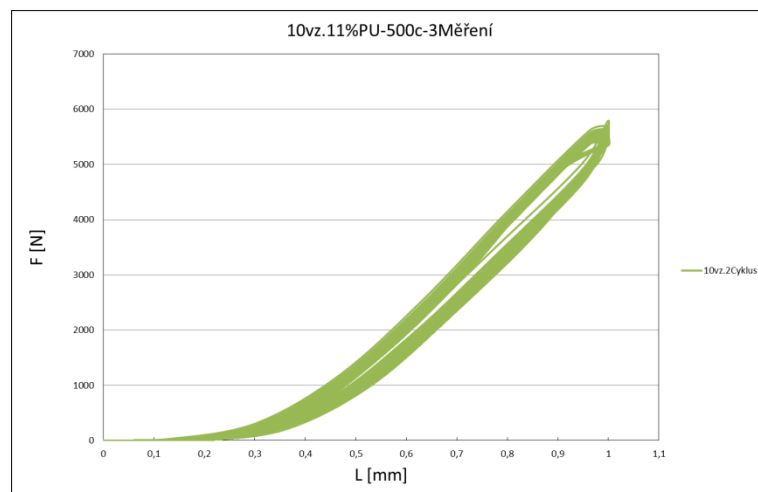
Graf 67 Silová závislost 10%, 4měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



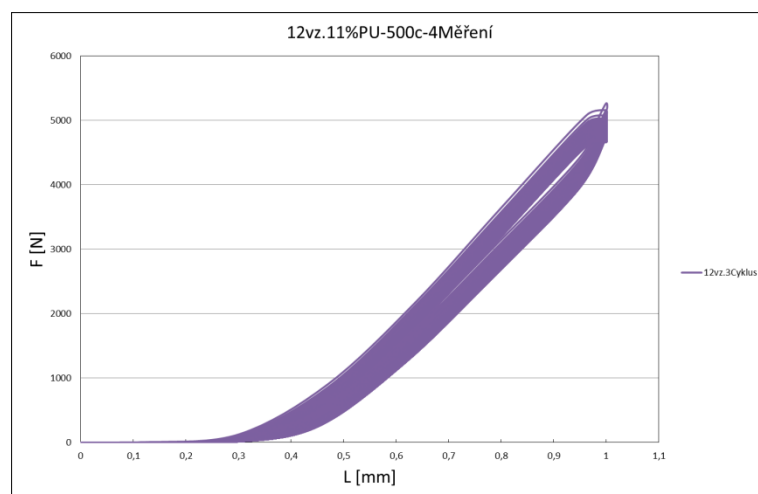
Graf 68 Silová závislost 11%, 1měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



Graf 69 Silová závislost 11%, 2 měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



Graf 70 Silová závislost 11%, 3 měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).



Graf 71 Silová závislost 11%, 4 měření (1mm cyklus stlačení, 500 cyklů).

PŘÍLOHA II: TECHNICKÝ LIST LEPIDLA

Bezpečnostní list materiálu

Obchodní název: Stobicoll® R 382.[..]

V souladu s 2001/58/EEC

Strana 1/7

Datum tisku: 13/04/2006

Revidováno dne: 20.06.05

1 Identifikace látky:**Detaily o produktu:**

Obchodní název: Stobicoll® R 382.[..] [..] = barevný kód

Číslo zboží: 7382[..]

Výrobce/Dodavatel:STOCKMEIER URETHANES France SA
8 rue de l'Industrie
68700 CERNAY FRANCE
Tel.: 03 89 75 70 70

Informační oddělení: Odbor, kde byla látka vyvinuta

Informace v naléhavých případech:Během normální pracovní doby: Odbor, kde byla látka vyvinuta
Telefon: +33 (0) 3 89 75 83 35**2 Složení /Údaje o složkách:****Chemické složení**

Popis: Předpolymer na bázi difenylmetandiisokyanatan / izomery a homology s barvivý. Tento produkt obsahuje minerální barviva v různém množství, které závisí na barevném kódu.

Nebezpečné složky:

Reg.č. podle CAS	Označení	%	Index	R-věty
9016-87-9	Difenylmetandiisokyanatan >25 Izomery/homology		Xn 36/37/38-20-42/43	

3 Údaje o nebezpečnosti látky:

Označení nebezpečnosti: Informace týkající se nejzávažnějších nebezpečí pro člověka a životní prostředí

Xn-NOCIF	R 36/37/38	Dráždivý pro oči, dýchací orgány a pokožku.
Xn	R 20	Škodlivý při vdechnutí
	R 42/43	Může vyvolat zvýšenou citlivost po vdechnutí a při styku s pokožkou

Další informace:

Pro svou vlastní ochranu by se osoby trpící přecitlivostí dýchacího ústrojí (např. astmatici nebo osoby trpící chronickou bronchitidou) měly vyvarovat manipulace s tímto produktem.

4 Poskytování první pomoci**Všeobecné informace**

Příznaky otravy se mohou projevit dokonce až po několika hodinách; tudíž je doporučován lékařský dohled po dobu nejméně 48 hodin po nešťastné události.

Bezpečnostní list materiáluObchodní název: **Stobicol® R 382.[..]**

V souladu s 2001/58/EEC

Strana 2/7

Po vdechnutí

Zajistěte přívod čerstvého vzduchu. Pokud je zapotřebí, proveďte umělé dýchání. Udržujte pacienta v teple. Přivolejte lékařskou pomoc v případě, že symptomy přetrvávají. V případě bezvědomí uveďte pacienta do stabilizované polohy na boku a připravte jej k převozu.

Po styku s pokožkou

Okamžitě začněte omývat zasažené místo vodou a mýdlem a důkladně je oplachujte po dobu několika minut. Pokud podráždění přetrvává, vyhledejte lékařskou pomoc.

Po zasažení zraku

Vyplachujte otevřené oko pod tekoucí vodou po dobu nejméně 15 minut. Pokud symptomy přetrvávají, vyhledejte lékařskou pomoc.

Po požití

NEVYVOLÁVEJTE zvracení. Pokud symptomy přetrvávají, vyhledejte lékařskou pomoc.

5 Protipožární opatření:**Vhodné hasební prostředky**

CO₂, hasící prášek, halony. V případě rozsáhlejších požárů by měla být použita vodní mlha.

Hasící prostředky nevhodné z bezpečnostních důvodů

Voda tryskající plným proudem

Zvláštní rizika spojená s touto látkou, zplodiny vznikající při spalování nebo kouřové plyny:

V případě požáru je možný vznik kyslíčniku uhelnatého, kyslíčniku dusnatého, izokyanátových par a stop kyanovodíku. Hasiči musejí používat osobní dýchací přístroj.

Ochranné prostředky

Nasaďte si dýchací přístroj

6 Opatření v případě náhodného úniku**Opatření týkající se ochrany osob:**

Používejte osobní ochranné pomůcky. Nechráněné osoby se nesmějí přibližovat.

Opatření pro ochranu životního prostředí:

Zamezte proniknutí látky do kanalizačních systémů, vrtů a sklepů.

Postup při čištění / sběru:

Je absorbována kapalnými pojivami (písek, křemelina, kyselinová pojiva, univerzální pojiva).

Likvidujte kontaminovaný materiál jako odpad v souladu s ustanoveními odstavce 13.

Přepravte materiál do odpadní nádoby asi po 1 hodině. Udržujte jej vlhký a v otevřeném prostoru na bezpečném místě (vytváření CO₂), a to po několik dnů; poté může být tento odpad dopraven v rámci likvidace na schválené závazky nebo skládky odpadů. Zajistěte přiměřené větrání.

Kapalně dekontaminanty (procenta dle objemové hmotnosti) :

Dekontaminant 1:

- uhličitan sodný: 5 – 10 %
- kapalný detergent: 0,2 – 2 %
- voda: dodat do 100 %

Dekontaminant 2:

- koncentrovaný roztok amoniaku: 3 – 8%
- kapalný detergent: 0,2 – 2%
- voda: dodat do 100 %

Bezpečnostní list materiáluObchodní název: **Stobicol® R 382** [..]

V souladu s 2001/58/EEC

Strana 3/7

7 Manipulace a skladování**Manipulace****Pokyny pro bezpečnou manipulaci:**

Kontejnery musejí být neustále neprodyšně uzavřeny.

Zajistěte dobrou ventilaci / odsávání pracovního místa.

Zabraňte vytváření aerosolů.

Odsávací ventilace je zapotřebí během zkrápění, nebo je-li teplota suroviny vyšší než 30°C

Skladování**Požadavky na skladovací prostory a kontejnery:**

Kontejnery musejí být neustále neprodyšně uzavřeny a suché. Zabraňte zvýšení teploty produktu nad 30°C a pod 0°C.

Zabraňte kontaktu s potravinami a nápoji.

Pokyny pro skladování v jednom společném skladovacím prostoru: Nejsou zapotřebí.**Další informace o podmínkách skladování:****Třída skladovacích prostor**

Stupeň rizika ohrožení pro vodu (KBwS): 1 – mírné riziko ohrožení vody (KBwS)

8 Stanovení stupně rizika, kterému je personál vystaven

Další informace o konstrukci technických systémů:

Žádné další údaje; viz položku 15.

Je zapotřebí nosit odpovídající ochranný oděv, rukavice a prostředky na ochranu obličeje / očí. Atmosferické koncentrace musejí být sníženy a udržovány na co nejnižším stupni, jak jen je to technicky a rozumně možné, pod kritickými hodnotami vystavení. V podstatě cítíme MDI jediné v případě, že byly podstatně překročeny limitní kritické hodnoty vystavení.

Zaměstnanci, kteří s touto látkou manipulují, nebo jsou vystaveni látce se zcitlivujícím účinkem, by měli být pod stálým lékařským dohledem. Personál, který měl někdy v minulosti potíže s astmatem, bronchitidou nebo zcitlivěním, by neměl pracovat s produkty obsahujícími MDI. Limitní kritické hodnoty uváděné níže v textu neplatí pro osoby, které dříve trpěly zcitlivěním. Osoby trpící zcitlivěním se musejí vyvarovat novému vystavení.

Součásti s kritickými hodnotami vyžadující monitorování na pracovním místě:

Číslo CAS	Označení materiálu	%	Typ	Hodnota	Jednotka
9016-87-9	MDI	-	MAK	0,005	ppm

Osobní ochranné pomůcky**Všeobecná ochranná a hygienická opatření**

Okamžitě svlečte všechny součásti oděvu, které jsou znečištěné nebo potřísněné.

Umývejte si ruce během přestávek a po skončení práce.

Dýchací přístroje:

Při krátkodobém nebo nízkém vystavení použijte dýchací přístroj s filtrem (německý, typ A2-P2). V případě intenzivního nebo delšího vystavení použijte dýchací přístroj, který není závislý na cirkulaci okolního vzduchu. Zařízení určená pro ochranu dýchacího ústrojí s dodávkou čerstvého vzduchu musejí být použita v případě nedostatečné ventilace, nebo když je požadováno provedení nějaké operace. Kde je potřeba použít filtrační masky, je třeba vybrat vhodnou kombinaci masky a filtru tak, aby byl vybrán filtr určený na zachycení organických plynů a par. (ne s bodem varu > 65°C).

Zabraňte kontaktu s potravinami, nápoji a potravou určenou pro zvířata. Zašpiněný nebo potřísněný oděv okamžitě svlečte.

Umývejte si ruce při přestávkách v práci a po ukončení práce.

Ochrana rukou: Pro ochranu rukou jsou doporučovány následující materiály:

Neopren

NBR (nitrile butadiene rubber)

Butylová pryž

PVC vysoké kvality

Vrstvený polyetylen.

Je zapotřebí zabránit používání jemných rukavic na jedno použití v případě dlouhého nebo opakovaného kontaktu.

Bezpečnostní list materiáluObchodní název: **Stobicoll® R 382**[..]

V souladu s 2001/58/EEC

Strana 4/7

Ochranné rukavice musejí být používány i během manipulace s polyuretanem připravovaným za studena, aby bylo zabráněno jakémukoliv kontaktu eventuálními stopami zbytkových produktů, které mohou představovat nebezpečí při styku s pokožkou.

Ochrana zraku: Rukavice z materiálu odolného vůči chemikáliím. Je zapotřebí používat celoobličejovou ochranu, hrozí-li reálné nebezpečí rozstříkávání produktu.

Ochrana těla: Směsový materiál (přednostně silná bavlna) nebo směsový materiál na jedno použití Tyvek-Pro Tech'C, Tyvek-Pro Tech'F'. Kontaminovaný oděv musí být vyčištěn před opětovným použitím. Skladujte pracovní oděvy odděleně. Umývejte si ruce při každé přestávce v práci a po ukončení prací.

Ochranné oblečení: (symboly)

X X X X X

9 Fyzikální a chemické vlastnosti:

Forma: kapalná
Barva: dle specifikace barvy produktu
Zápach: zemitý, zatuchlý/plesnivý

Změna stavu	Hodnota/rozsah	Jednotka	Metoda
Bod tuhnutí:		< 0 °C	
Bod varu / rozmezí bodu varu:	nestanoveno		
Bod vzplanutí:		>200 °C	DIN 51755
Zápalná teplota:		>400 °C	
Samovznícení:	Látka není samovznítilná		
Nebezpečí výbuchu:			
Tlak páry:	při 20 °C	< 0,00001 mbar	
Hustota:	při 20 °C	1,27 g/cm ³	DIN 53217
Rozpustnost v /misitelnost s vodou	při 20 °C	nerozpustná/reaguje g/l	
Viskozita:	při 20 °C	7000 ±1000 mPas	DIN 53018/1+2

10 Stabilita a reaktivita:

Tepelný rozklad/ podmínky, kterých je zapotřebí se vyvarovat:

Polymerizuje při přibliž. 200 °C s **evolution** CO₂.

Neslučitelné materiály a podmínky:

Exotermické reakce s aminy a alkoholy; reaguje s vodou, vytváří CO₂. V uzavřených nádobách existuje riziko výbuchu a roztržení vlivem zvýšení tlaku.

Nebezpečné reakce: Nejsou známy žádné nebezpečné reakce.

Nebezpečné produkty rozkladu:

Žádné nebezpečné produkty rozkladu nevznikají, pokud jsou skladovány a manipulovány správně.

11 Toxikologické informace:

Akutní toxicita:

Hodnoty LD 50 / LC 50, které jsou relevantní pro klasifikaci:

Složky	Typ	živočišný druh	Hodnota
MDI	LD 50, orálně	krysa	> 15000 mg/kg
	LD 50, vdechnutí	krysa	vdechnutí, 370 mg ve formě aerosolu/m ³ , 4h vystavení

Bezpečnostní list materiáluObchodní název: **Stobicoll® R 382**.[..]

V souladu s 2001/58/EEC

Strana 5/7

Specifické symptomy v průběhu biologických zkoušek:

Při dlouhodobé inhalační zkoušce byly krysy vystavovány více jak 2 roky mechanicky generovaným vdechnutelným aerosolům (aerodynamický průměr 96% menší než 5 um) polymerických MDI (PMDI) v koncentracích 0,2; 1,0 a 6,0 mg PMDI/m³. Skupina živočichů vystavená nejvyšším koncentracím trpěla zvýšeným výskytem plicních nádorů, přetrvávajícími záněty nosu, dýchacích cest a plic. Živočichové ve skupině vystavení 1,0 mg/m³ vykazovali mírné podráždění a zánětlivé změny v nose, v dýchacích cestách a plicích, ale nevyvíjeli se u nich plicní nádory a/nebo ložiska. 0,2 mg/m³ (žádný vliv). Živočichové ve skupině 6,0 mg/m³ trpěli silným podrážděním a silnými chronickými záněty nosu, dýchacího ústrojí a plic. Byla zjištěna akumulace nažloutlých ložisek v plicích. 8 benigních nádorů plic (statisticky to znamenalo velký nárůst). Domníváme se, že nárůst plicních nádorů jen v jediné skupině vystavené nejsilnějším koncentracím je v úzkém vztahu k chronickému dráždění a změnám v dýchacím ústrojí, a rovněž k výskytu nažloutlých ložisek v plicích.

Průměrná smrtelná dávka vstřebávaná pokožkou: > 9000 mg/kg (králík)

Kontakt s očima: výpary, aerosol a kapalina mají dráždivé účinky.**Kontakt s pokožkou:**

Mírně dráždivá látka

Opakovaný a/nebo delší styk může způsobit zcitlivění pokožky.

Testy na zvířatech prokázaly, že dýchací problémy mohou být vyvolány stykem pokožky se známými senzibilizátory dýchacích cest, včetně diisokyanátů. Tyto výsledky potvrdily potřebu ochrany pomocí ochranného oděvu, včetně rukavic po celou dobu práce s těmito chemikáliemi, nebo při údržbových pracích.

Průměrná smrtelná dávka vstřebávaná pokožkou: > 9000 mg/kg (králík)

Vdechnutí:

Tento produkt je dráždidlo a potenciální senzibilizátor dýchacích cest: opakované vdechování výparů nebo aerosolu v úrovních převyšujících provozní limity vystavení by mohlo způsobit senzibilitu dýchacích cest. Symptomy mohou zahrnovat podráždění očí, nosu, hrdla a plic, doprovázené suchem v hrdle, svírání hrudníku a obtíže s dýcháním. Symptomy respiračních potíží se mohou objevit až za několik hodin po vystavení. Hyperaktivní reakce i na minimální koncentraci MDI se může rozvinout u nadměrně citlivých osob.

Zcitlivění: Zcitlivění může nastat vdechnutím a stykem s pokožkou.**Další toxikologické informace:** Tento produkt vykazuje následující nebezpečí vypočtené dle metody uváděné v „General EC Classification Guidelines for Preparations“ v posledním platném znění:

Škodlivý

Dráždivý

12 Ekologické informace:**Všeobecná upozornění:**

Zabraňte vniknutí látky do podzemních vod, vodních toků nebo kanalizačních systémů.

Látka není mísitelná s vodou, ale reaguje s vodou a vytváří inertní pevné částice, které nejsou biologicky rozložitelné.

Přeměna v rozpustné produkty, včetně diamino-difenylnmetanu (MDA), je velmi nepravděpodobná za optimálních laboratorních podmínek, kdy je zajištěn dobrý rozptyl a je používána ve slabých koncentracích. Na základě výpočtů a analogie s podobnými diisokyanáty se domníváme, že proces rozkladu probíhající převážně na vzduchu je rychlý a způsobí relativně rychlý útok radikálů OH.

Je nebezpečná pro pitnou vodu i v malém množství, pokud vnikne do půdy. Reaguje s vodou, produkuje CO₂ a vytváří pevné a nerozpustné částice s vysokým bodem tání (polymočovina). Tato reakce je urychlována povrchově aktivními činidly (např. detergenty) nebo rozpouštědly rozpustnými ve vodě.

Bezpečnostní list materiáluObchodní název: **Stobicol® R 382.[..]**

V souladu s 2001/58/EEC

Strana 6/7

13 Pokyny k likvidaci:**Doporučení**

Nesmí být likvidován společně s odpady z domácností. Zabraňte, aby se produkt dostal do kanalizačního systému.

Znečištěné obaly

Prázdné kontejnery mohou být likvidovány až po provedení neutralizace všech látek, které ulpěly na stěnách kontejnerů pomocí směsi izopropanolu, amoniaku a vody a po odstranění veškerých varovných štítků.

Doporučení

Likvidace musí být provedena v souladu s platnými zákony a předpisy.

14 Informace o přepravě:**Pozemní přeprava ADR/RID a GGVS/GGVE (přeshraniční/tuzemská) :**

Třída ADR/RID-GGVS/E:

Kód/dopis:

Identifikační číslo látky (UN-Number):

Označení zboží:

Vnitrostátní přeprava ADN/ADR:

Třída ADN/R:

Kód / Dopis:

Kategorie:

Námořní přeprava IMDG/GGVSEE:

Třída dle IMDG/GGVSea:

Stránka:

Identifikační číslo látky (UN-Number):

Obalová skupina:

EMS číslo (pro sledování zásilek):

MFAG: (opatření lékařské první pomoci při dopravě nebezpečného zboží)

Letecká přeprava ICAO-TI a IATA-DRG:

Třída dle předpisů ICAO/IATA:

Identifikační číslo látky (UN-Number):

Obalová skupina:

Správný technický název: není předepsáno

Poznámky:

Nejedná se o nebezpečný náklad. Uchovávejte odděleně od potravin a nápojů. Nevystavujte produkt teplotám vyšším než +50 °C a pod 0 °C. Uchovávejte odděleně od kyselin, alkálií a oxidáčů.

15 Informace o dodržování právních norem:**Klasifikace / Nařízení o značení zboží:****Označení dle předpisů a doporučení EU:****Označování zboží v souladu s Přílohou I Nařízení 67/548/EEC a jeho doplňků a změn.****Symbol stupně rizika****Xn – NOCIF****Písmeno kódu a označení stupně nebezpečnosti produktu: Xn, škodlivý**

Bezpečnostní list materiáluObchodní název: **Stobicol® R 382.[..]**

V souladu s 2001/58/EEC

Strana 7/7

Obsahuje: difenylmetandiisokyanatan, izomery (homology).

R-věty: (riziko)

R20	Škodlivý při vdechnutí
R 36/37/38	Dráždivý pro oči, dýchací ústrojí a pokožku
R 42/43	Může vyvolat zvýšenou citlivost po vdechnutí a při styku s pokožkou

S-věty (bezpečnost)

S 23	Nevdechujte výpary / aerosoly
S 28	Po styku s pokožkou, umyjte zasažená místa mýdlem a velkým množstvím vody
S 36/37	Oblečte si vhodný ochranný oděv a rukavice
S 38	V případě nedostatečné ventilace, používejte vhodný osobní respirační přístroj
S 45	V případě nějaké nehody, nebo necítíte-li se dobře, vyhledejte okamžitě lékařskou pomoc (pokud je to možné, vezměte sebou identifikační štítek)

Národní předpisy**Klasifikace dle VbF:**

Německé předpisy o hořlavých kapalinách (VbF) dle § 2.4 nejsou aplikovatelné.

Další předpisy, omezení a zákazy

Německé MAK-hodnoty (TRGS 900):

- MDI:	0,005 ppm (ml/m ³) odpovídá 0,05 mg/m ³ (průměrná hodnota za osm hodin)
	Limity nejvyšší koncentrace dle Kategorie I

16 Další informace:

Tyto zde uvedené údaje se opírají o současnou úroveň našich znalostí. Na jejich základě ovšem nelze zaručit, že tento produkt nemá ještě další specifické vlastnosti, a tudíž nemohou být základem jakéhokoliv právního smluvního vztahu.

Odbor vydávající tento bezpečnostní list: STOCKMEIER URETHANES France SA

Odbor, který vyvinul tento produkt

Kontaktní osoba: Mr SZABLEWSKI