

# **Vliv nearomatického oleje na fyzikální a mechanické vlastnosti a zpracovatelnost kaučukových směsí vytlačováním**

Bc. Karel Holý

---

Diplomová práce  
2010



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta technologická  
Ústav výrobního inženýrství  
akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Karel HOLÝ**  
Studijní program: **N 3909 Procesní inženýrství**  
Studijní obor: **Řízení jakosti**

Téma práce: **Vliv nearomatického oleje na fyzikální a mechanické vlastnosti a zpracovatelnost kaučukových směsí vytlačováním**

Zásady pro vypracování:

1. Vypracujte literární studii na dané téma
2. Porovnejte fyzikální a mechanické vlastnosti kaučukových směsí s použitím aromatických a nearomatických olejů
3. Porovnejte vlastnosti směsí při zpracování vytlačováním
4. Vyhodnoťte naměřené údaje

Rozsah práce:

Rozsah příloh:

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

Seznam odborné literatury:

**dle zadání vedoucího DP**

Vedoucí diplomové práce:

**Ing. Michal Staněk, Ph.D.**

Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání diplomové práce:

**19. února 2010**

Termín odevzdání diplomové práce:

**19. května 2010**

Ve Zlíně dne 19. ledna 2010



doc. Ing. Petr Hlaváček, CSc.  
*děkan*



doc. Ing. Miroslav Maňas, CSc.  
*vedoucí katedry*

## 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 <sup>1)</sup>;
- 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 <sup>2)</sup>;
- beru na vědomí, že podle § 60 <sup>3)</sup> 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 <sup>3)</sup> 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, považují 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, 14. 5. 2010

.....



---

<sup>1)</sup> 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 nevdělečně 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.

<sup>2)</sup> 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).

<sup>3)</sup> 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**

Diplomová práce se zabývá porovnáním fyzikálně mechanických vlastností kaučukových směsí a jejich zpracovatelských vlastností. Od 1. 1. 2010 nabyla v platnost evropská směrnice č.79/769/EHS, která stanovuje nutnost používání nearomatických olejů v kaučukových směsí namísto aromatických olejů. Důvodem je škodlivost aromatických uhlovodíků na živé organismy v dosud používaném typu oleje. V práci jsou porovnány fyzikálně mechanické vlastnosti kaučukových směsí s původním olejem a nearomatickým olejem, které jsou stanoveny laboratorními zkouškami firmy Mitas, a.s. Dále jsou v této práci porovnány zpracovatelské vlastnosti obou směsí při zpracování u vytlačovací linky firmy Mitas, a. s. V závěru je popsána následná korekce vytlačovací hlavy (vytlačovací šablony) z důvodů odlišného narůstání směsi za hubicí při zachování stejných vytlačovacích podmínek a odzkoušení pláště s modifikovanou kaučukovou směsí na zkušebně IGTT, a.s.

Klíčová slova:

Kaučuková směs, fyzikálně - mechanické vlastnosti, vytlačování, vytlačovací hlava, nearomatický olej

## **ABSTRACT**

This Diploma thesis is concerned with comparison of physical mechanical properties of rubber compounds and their processing conditions. On the 1.1.2010 the European directive No . 79/769/EHS determining necessity of non - aromatic oils in rubber compound instead of the aromatic ones came into force. The reason is the harmfulness of aromatic hydrocarbons to living organisms in currently used oil. This thesis compares physical mechanical qualities of rubber compounds with the original oil and non-aromatic oil, which are determined by laboratory tests of Mitas company. Further on this work deals with comparison of processing conditions of both rubber compounds by the extrusion at the extruding machine Mitas company. At the conclusion of the thesis is described the subsequent correction of the extrusion die because of different swelling of the compound behind die by preservation of the same extruding conditions and testing of the tyre with modified rubber compound in IGTT testing laboratory.

Keywords:

Rubber compound, physical mechanical properties, extrusion, extrusion die, non-aromatic oil

## **PODĚKOVÁNÍ**

Předně bych rád poděkoval své manželce Zuzaně a dětem za podporu, shovívavost a trpělivost po celý čas mého studia na UTB.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Michalovi Staňkovi, Ph.D., vedoucímu mé diplomové práce, za odborné vedení, pomoc, cenné rady a připomínky, které mi pomohly při tvorbě diplomové práce.

V neposlední řadě patří moje poděkování Ing. Pavlu Priekalovi, Ing. Janě Voldánové při konzultacích řešeného tématu v diplomové práci a dalším zaměstnancům firmy Mitas, a.s. za ochotu a spolupráci při řešení daného tématu.

# OBSAH

<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>I. TEORETICKÁ ČÁST .....</b>	<b>11</b>
<b>1 TECHNICKÁ PRYŽ.....</b>	<b>12</b>
1.1 ELASTOMERY (KAUČUKY).....	12
1.1.1 Přírodní kaučuk.....	12
1.1.2 Syntetické kaučuky .....	13
1.2 PŘÍSADY DO KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ A POMOCNÉ LÁTKY .....	13
1.3 VULKANIZAČNÍ ČINIDLA .....	14
1.4 AKTIVÁTORY VULKANIZACE .....	14
1.5 URYCHLOVAČE VULKANIZACE.....	14
1.6 PLNIVA .....	15
1.7 ANTIDEGRADANTY .....	16
1.8 ZMĚKČOVADLA.....	18
1.8.1 Hlavní typy změkčovadel .....	19
1.8.2 Hlavní druhy změkčovadel používaných v ČR .....	23
1.8.3 Nastavování kaučuků.....	23
1.8.4 Ekonomická stránka výběru změkčovadla .....	24
1.8.5 Vliv změkčovadla na vlastnosti směsí a pryže .....	24
1.8.6 Vliv charakteru změkčovadla na vlastnosti směsí a pryže .....	27
1.8.7 Použití změkčovadel v jednotlivých typech kaučuku.....	33
1.8.8 Použití změkčovadel v kaučucích určených pro všeobecné použití.....	33
1.9 POPIS ZMĚN KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ V MITAS, A.S.....	35
1.9.1 Testované suroviny .....	35
1.9.2 Výroba směsí .....	35
1.9.3 Vlastnosti směsí a vulkanizátů .....	36
<b>2 MÍCHÁNÍ SMĚSÍ.....</b>	<b>37</b>
2.1 MÍCHÁNÍ V HNĚTACÍCH STROJÍCH.....	37
<b>3 VYTLAČOVÁNÍ.....</b>	<b>41</b>
3.1 VYTLAČOVACÍ STROJE .....	41
3.2 ŠNEKOVÉ VYTLAČOVACÍ STROJE.....	41
3.2.1 Vytlačovací hlavy .....	44
3.3 LINKA K VYTLAČOVÁNÍ BĚHOUNŮ NA PLÁŠTĚ PNEUMATIK .....	45
3.4 VŠEOBECNÉ PŘIPOMÍNKY K VYTLAČOVÁNÍ.....	47
<b>II. PRAKTICKÁ ČÁST .....</b>	<b>50</b>
<b>4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST .....</b>	<b>51</b>
4.1 CÍL:.....	51
4.2 CHARAKTERISTIKA POROVNÁVANÝCH KAUČUKOVÝCH SMĚSÍ .....	51

4.3	POROVNÁNÍ FYZIKÁLNĚ MECHANICKÝCH VLASTNOSTÍ .....	52
4.3.1	Vulkanizační charakteristika .....	52
4.3.2	Viskozita Mooney.....	59
4.3.3	Tvrдость Shore A.....	62
4.3.4	Hustota.....	64
4.3.5	Pevnost v tahu, tažnost .....	66
4.3.6	Odolnost proti odírání.....	69
4.3.7	Zkouška únavy na přístroji DPGi .....	71
4.4	ZPRACOVATELSKÉ VLASTNOSTI .....	73
4.4.1	Popis vytlačovací linky .....	73
4.4.2	Vytlačovací hlava .....	75
4.4.3	Porovnání narůstání kaučukové směsi s aromatickými a nearomatickými oleji .....	75
4.4.4	Návrh nové vytlačovací šablony .....	77
4.4.5	Úprava vytlačovací šablony .....	78
4.5	ZKOUŠKA TRVANLIVOSTI V LABORATORNÍ ZKUŠEBNĚ PNEU IGTT, A. S. ....	79
<b>5</b>	<b>DISKUSE VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>81</b>
	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>83</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY: .....</b>	<b>84</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>85</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>86</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>88</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>89</b>

## ÚVOD

Výrobky z pryže lze vyrábět řadou technologií. Jsou to technologie diskontinuální, zahrnující výrobu lisováním a vstřikováním, při použití polotovarů připravených některou technologií např. válcování, vytlačování apod.

Dále to mohou být výrobky z jednotlivých polotovarů, které jsou složeny jako kompozit konfekční technologií. V případě diplomové práce je tímto kompozitem plášť pneumatiky, který je vyroben konfekcí polotovarů a následně vulkanizován ve formě vulkanizačního lisu.

Plášť pneumatiky je jeden z nejsložitějších vyráběných kompozitů s většinovým podílem pryže. Pro efektivní sériovou výrobu je rozhodující stabilita vlastností kaučukové směsi v surovém a zvulkanizovaném stavu. Ty lze predikovat z fyzikálně mechanických vlastností kaučukové směsi a chování při zpracování.

Úkolem praktické části diplomové práce je porovnat fyzikálně-mechanické vlastnosti běhounových kaučukových směsí se změněným typem oleje, navrhnout úpravu nástroje (šablony) pro vytlačování, spojenou s touto změnou, a odzkoušet modifikovaný plášť v laboratoři IGTT, a.s.

Dodavatelem tohoto pláště je firma Mitas, a.s.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

# 1 TECHNICKÁ PRYŽ

Pryž je materiál, který se vyznačuje velkou pružností – elasticitou, poměrně značnou pevností a nepropustností pro plyny a vodu. U technické pryže je však důležitá i řada dalších vlastností, např. odolnost proti olejům, kyselinám a zásadám, proti kolísání teploty, vlivům povětrnosti atd. Tyto vlastnosti jsou v rozhodující míře závislé na správné volbě surovin a na složení kaučukové směsi. [1]

## 1.1 Elastomery (kaučuky)

Tyto látky jsou základní složkou kaučukové směsi. Dělí se na kaučuky přírodní a syntetické. [1]

### 1.1.1 Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuk se získává čepováním z kaučukodárných stromů, jichž se vyskytuje asi 500 druhů, přičemž nejznámější druh je *Hevea Brasiliensis*, který je dnes pěstován na odborně vedených plantážích. I když první zmínky o přírodním kaučuku se objevují již v 15. století v souvislosti s cestami Kryštofa Kolumba a pak v polovině 18. století, kdy členové expedice Francouzské akademie věd zjistili, že domorodci v Jižní Americe používají kaučuku na obuv a k impregnaci tkanin proti vodě, praktické využití a rozšíření spotřeby této suroviny umožnil teprve objev vulkanizace kaučuku r. 1839.

Kaučukové mléko, zvané latex, se získává tak, že kůra vespělých stromů je nařezávána do tvaru písmene V nebo U a vytékající mléčná kapalina se zachycuje do nádobek a denně sbírá. Z největší části se pak dále zpracovává přímo na plantážích.

Přírodní latex během několika hodin stání samovolně koaguluje. Proto se před dalším zpracováním musí stabilizovat amoniakem nebo formaldehydem. Pro průmyslové účely se používá jak kaučuku ve formě latexu (k impregnaci tkanin, k výrobě máčené pryže, barviv a lepidel), tak i kaučuku tuhého. V prvním případě je třeba latex zkoncentrovat, a to nejčastěji na obsah 50 až 60% sušiny, což se provádí rozvrstvováním, odstředováním nebo odpařováním.

Tuhý kaučuk se získává z latexu vysrážením, vymrazováním nebo i mechanicky. Na plantážích se kaučuk vyrábí téměř výhradně srážením kyselinou mravenčí nebo kyselinou octovou. Získané bloky se pak propírají vodou a dále zpracovávají na bílou krepu (Pale



Crepes) nebo na uzený kaučuk (Smoked Sheets). Kaučuk z plantáží se hodnotí a prodává podle mezinárodních zvyklostí. [1]

### 1.1.2 Syntetické kaučuky

Rozvoj výroby a použití syntetických kaučuků se datuje od začátku čtyřicátých let 20. století. I když první stimuly rozvoje syntetického kaučuku byly rázu komerčního a strategického, nejsou již velmi dlouho syntetické kaučuky pouhou náhradou kaučuku přírodního, nýbrž zajišťují svými technickými parametry požadavky, které na gumárenský průmysl klade rozvoj techniky. Nicméně nelze předpokládat, že by přírodní kaučuk zcela ztratil své postavení a byl plně nahrazen kaučuky syntetickými.

K základním druhům syntetického kaučuku, patří: SBR (butadien-styrenový), CR (chloroprenový), IR (polyisoprenový), IIR (butylkaučuk), NBR (butadien-akrylonitrilový), PB (polybutadienový), SI (silikonový) HSR (vysokostyrenový), VP (vinyl-pyridový), T (polysulfidový), EPTR (ethylen-propylenový), FC (fluoro-kaučuk), ABR (akrylátový), karboxylový. [1]

## 1.2 Přísady do kaučukových směsí a pomocné látky

Aby se z kaučuků mohly připravit pryže požadovaných vlastností, musí se smíchávat s různými přísadami. Tyto přísady lze rozdělit na:

- vulkanizační činidla,
- aktivátory vulkanizace,
- urychlovače vulkanizace,
- plniva a ztužovadla,
- prostředky proti stárnutí – antidegradanty,
- změkčovadla,
- pimenty a organická barviva,
- zvláštní přísady,

Přísady se přidávají do kaučukových směsí za účelem zlepšení jejich zpracovatelnosti, umožňují vulkanizaci a dávají hotovému pryžovému výrobku požadované vlastnosti. Přísady lze také nazvat gumárenskými chemikáliemi. Jsou to látky, které se přidávají ke kaučuku v relativně malém množství, přičemž však podstatně ovlivňují vlastnosti směsi,

podmiňují vznik vulkanizátu a v rozhodující míře modifikují jeho užitkové vlastnosti. Obvykle jsou to produkty organické chemie. [6]

### 1.3 Vulkanizační činidla

Vulkanizační činidla jsou látky schopné vytvářet chemickou reakcí příčné vazby mezi řetězci kaučukového uhlovodíku. S nástupem nových syntetických kaučuků se objevují i nové vulkanizační systémy, a tedy i nová vulkanizační činidla.

Ačkoliv od objevu teplé vulkanizace uplynulo již více než 130 let a bylo navrženo mnoho látek, které jsou schopny vytvářet příčné vazby, zůstává síra, použitá již Goodyearem k vulkanizaci, hlavním vulkanizačním činidlem; s rozvojem urychlovačů se však její dávkování ve směsích podstatně měnilo. [2]

### 1.4 Aktivátory vulkanizace

Je to skupina anorganických a organických látek, které ve směsích aktivují účinek vulkanizačních činidel. Sírová vulkanizace je aktivována některými oxidy kovů nebo solemi; funkčně se k nim řadí kyselina stearová i jiné mastné kyseliny, schopné převádět kovové oxidy na formu rozpustnou v kaučuku. [2]

### 1.5 Urychlovače vulkanizace

Organické urychlovače zkracují podstatně vulkanizační dobu (téměř z hodin na minuty), takže s úspěchem lze vulkanizovat i průběžně. Zároveň bylo možno snížit vulkanizační teplotu, čímž se nejen uspoří energie, ale také chrání jiné složky přítomné ve směsích, jako jsou organická barviva nebo materiál s kaučukem kombinovaný, např. textil. Za použití ultraurychlovačů lze k vulkanizaci použít např. teplé vody nebo vulkanizace proběhne odležením při normální teplotě. Organické urychlovače umožnily přímé zpracování latexu.

Protože urychlovače zvyšují síťovací účinnost, lze při jejich použití podstatně omezit dávkování síry. Tím se také zmenšilo množství volné síry ve vulkanizátu, která proto již na povrch pryže nevykvétá. Organické urychlovače dále upravují specifické vlastnosti vulkanizátu, jako je modul, pevnost, odolnost proti opotřebení, proti stárnutí, teplu, dynamické únavě apod. Vulkanizační systém obsahuje přídavek aktivátoru vulkanizace

(oxid zinečnatý) a kyselinu stearovou převádějící aktivátor do formy rozpustné v kaučuku.  
[2]

## 1.6 Plniva

Kaučuk, vulkanizační systém a změkčovadlo tvoří základní směs schopnou zpracování a vulkanizace.

*Tab. 1. Příklad složení (v hmotnostních dílech) a vlastnosti základní směsi.*

NR (RSS)	100	-
SBR	-	100
Síra	2,5	2
ZnO	3	3
Kyselina stearová	1	1
2-merkaptobenzothiazol (MBT)	0,8	1
Difenylguanidin (DPG)	0,2	0,2
Změkčovadlo	1,5	5,0
Pevnost v tahu (MPa)	27,5	2,2
M 300 (MPa)	2,5	1,6
Tažnost (%)	770	350
Tvrdost Shore	39	38
Elasticita (%)	78	52

Pryže získané vulkanizací základních směsí mají některé základní charakteristické vlastnosti, dané použitým elastomerem, např. dobré dynamické vlastnosti při použití přírodního kaučuku, odolnosti proti botnání při použití butadienakrylonitrilového kaučuku, odolnost proti ozónu při použití kaučuku ethylenpropylenového, odolností proti vysokým teplotám u kaučuku silikonového, velkou odolností proti prostupu plynů u kaučuku butylového atd. Vlastnosti takto sestavených směsí lze v malých rozmezích, jež však nestačí pro technické účely, měnit volbou vulkanizačního systému a změkčovadel.

Pryže připravené z krystalujících kaučuků by tedy měly technicky omezené použití, pryže připravené z kaučuků nekrystalujících mají tak špatné mechanické vlastnosti, že by pro většinu technických účelů byly nepoužitelné. Základní směsi se také dosti obtížně zpracovávají a pro většinu účelů by byly příliš drahé.

Základní směsi se proto musí požadavkům, které se na ně při použití kladou, vhodně přizpůsobovat. To se děje plněním.

Plněním se rozumí přidavek většího množství přísad, nejčastěji práškových, do kaučukové směsi. Tyto přísady samy o sobě vulkanizaci neumožňují. Práškové přísady (křída, kaolín apod.) se začaly do kaučuku přidávat, když bylo sestrojeno první zařízení na hnětení a míchání kaučuku. Lněné směsi obsahují menší množství kaučuku, ale při správné volbě plniva a jeho obsahu vyhovují plněné pryže svému účelu lépe než neplněné.

Změny vlastností, k nimž při plnění dochází. Plněním se obecně mění všechny vlastnosti nevulkanizovaných směsí a pryží. Plněním se upravuje zpracovatelnost směsí, zlevňuje pryž, mění se hustota pryže, její modul, tvrdost, pevnost v tahu, tažnost, odolnost proti opotřebením, dynamické vlastnosti apod. Některé vlastnosti se s rostoucím obsahem plniva mění monotónně: modul, tvrdost a hystereze plynule vzrůstají, odrazová pružnost klesá. Jiné vlastnosti se zprvu zlepšují až do určitého maxima a pak dalšími přísadky plniva zhoršují. Tak tomu zpravidla bývá u pevnosti.

Aktivní a neaktivní plniva. Plniva, která zlepšují některé technicky důležité vlastnosti – hlavně vlastnosti destrukční, jako je pevnost v tahu, strukturní pevnost a odolnost proti opotřebením – se nazývají aktivní plniva, ztužující plniva nebo ztužovačla. Ostatní plniva se označují jako neaktivní, popř. prostě jako plniva. [2]

## 1.7 Antidegradanty

Pryž podobně jako jiné materiály mění časem své mechanické vlastnosti; převládají přitom změny nepříznivé a jejich souhrn se označuje jako stárnutí. Stárnutím se nevratně mění řada vlastností významných pro praxi, jako je pevnost, tažnost, modul a tvrdost, a projevují se i změny povrchu. Proto se do směsi přidávají přísady – antioxidanty a antiozonanty – nazývané souhrnně antidegradanty, které mají uvedené změny zpomalovat, aby si výrobek co nejdéle zachoval užité vlastnosti dané pryží skladbou směsi a vulkanizací. Antidegradanty samy nějaké určité vlastnosti nevytvářejí. Hlavním činitelem při stárnutí je kyslík, který je v pryži přítomen v koncentraci dostačující pro průběh chemických reakcí. Povaha a rychlost změn je ovlivňována dalšími faktory, jako je tepelná, světelná a mechanická energie, atmosférické vlivy apod. Vliv teploty a mechanického namáhání a působení některých kovů (Cu nebo Mn) se dříve nebo později projeví změnou vlastností

celé hmoty. Světlo, ozón a ostatní povětrnostní vlivy modifikují převážně povrch pryže do různé hloubky.

V praxi zřídka převládá jen jediný nepříznivý vliv; vlivy jsou nahodile kombinovány, takže je obtížné jednou laboratorní zkouškou stárnutí souhrnně hodnotit.

Nevulkanizovaný přírodní kaučuk obsahuje velmi účinné přírodní antioxidanty, které ho chrání při skladování, takže nedochází k podstatným škodám. Z praxe je známo, že kaučuk i po několikaletém skladování za vhodných podmínek (strategické sklady přírodního kaučuku se obnovují po 5 až 10 letech) si zachovává dobré mechanické vlastnosti. Při zpracování a vulkanizaci jsou tyto přirozené ochranné látky ve značné míře znehodnocovány a je tedy nutno pro náročné aplikace přidávat do směsi prostředky proti stárnutí – antidegradanty.

Do syntetického kaučuku se během výroby přidávají stabilizátory, které zamezují jejich stárnutí během skladování a zpracování.

Antidegradací účinek mají některé urychlovače, např. thiazoly, thiuramsulfidy a dithiokarbamáty; jejich dávkování je ovšem omezeno jejich funkcí jako urychlovačů, takže k ochraně pryže plně nepostačují.

Na skutečný průběh stárnutí reálných pryží má vliv použitý elastomer, vulkanizační systém a ostatní složky směsi. Reaktivnost polymerů vůči kyslíku je určována jejich chemickou strukturou, a proto různé kaučuky mají různou odolnost proti stárnutí.

Antidegradanty byly zavedeny do gumárenství v průmyslovém měřítku roku 1921. Od té doby bylo uvedeno na trh velké množství antidegradantů různého složení a různého účinku. Neexistuje dosud prostředek, který by chránil proti všem nepříznivým vlivům, jimž je pryž během skladování a hlavně při použití vystavena. Jednotlivé antidegradanty mají v menší nebo větší míře vyvinuty různé ochranné vlastnosti a je třeba je kombinovat nebo podle způsobu použití výrobků chránit pryž jen proti některým vlivům.

Funkčně se antidegradanty rozdělují na dvě skupiny: antioxidanty a antiozonanty; ale ani to není jednoznačným dělítkem, protože mnohé antiozonanty jsou zároveň antioxidanty. [2]

## 1.8 Změkčovadla

Tuto skupinu gumárenských přísad tvoří kapaliny, případně pryskyřice s molární hmotností kolem  $300 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ , které se rozpouštějí v kaučuku. Po vmíchání do kaučukové směsi usnadňují její zpracování (míchání, válcování, vytlačování, apod.) nebo snižují její tuhost. V tomto smyslu působí na směs opačně než plniva, která tuhost směsi zvyšují. Tuhost směsi hodnotíme plasticitou např. Mooney nebo Defo. Změkčovadlo obě veličiny výrazně mění. Snižuje plasticitu Mooney podobně jako hodnotu Defo.

Změkčovací účinek neprojevuje změkčovadlo jen na směs, ale také na vulkanizát. Podobně jako plniva lineárně ke své koncentraci (dsk) ve směsi tvrdost zvyšují, stejným způsobem, tj. lineárně, změkčovadla tvrdost vulkanizátů zmenšují. Z kvantitativního hlediska je tento účinek na tvrdost stejný jako u sazí HAF (N 330), neboť ke snížení tvrdosti vulkanizátů z kaučuků pro všeobecné použití o 1 Shore A je třeba 2,1 dsk změkčovadla (oleje).

To znamená, že současné přidání oleje a sazí HAF ve stejné koncentraci se prakticky neprojeví změnou tvrdosti vulkanizátů.

Aby přísada do kaučuku měla změkčovací účinek, musí mít schopnost difundovat mezi řetězce kaučukového uhlovodíku. Účinek změkčovadla na směs spočívá ve zmenšení mezimolekulární soudržnosti řetězců kaučukového uhlovodíku. To se také projevuje možností zpracovávat směsi s větším množstvím plniv, což je ekonomicky výhodné. Současně se však při vhodných koncentracích změkčovadla a plniva mohou zlepšit některé speciální vlastnosti pryže. Takovou je např. adheze běhounu pneumatiky k vozovce. Ta je důležitá hlavně při jízdě na mokré vozovce, kdy její hodnota proti hodnotě adheze za sucha podstatně klesá.

Změkčení vulkanizátu, způsobené přísadou změkčovadla, se projevuje výrazně také v hodnotě modulu pryže. Podobně jako u vlivu plniva, není ani závislost modulu na obsahu změkčovadla lineární. Platí pravidlo, že modul (M 300) pryže klesá úměrně ke čtverci zředění kaučukové fáze změkčovadlem. Znamená to prakticky, že přísada změkčovadla v koncentraci 10 dsk způsobí přibližně dvacetiprocentní pokles modulu pryže. [8]

Klasifikace změkčovadel je obtížná, protože používaných látek je velmi mnoho a jsou často komplikovanými směsmi sloučenin, a mimoto plní změkčovadla v kaučukové směsi a vulkanizátu řadu různých funkcí. Při dělení změkčovadel na skupiny se proto zpravidla vychází jen z některých znaků, jako je chemická povaha, původ nebo hlavní funkce ve

směsi či vulkanizátu. K pochopení mnohostranné funkce změkčovadel v kaučuku a jejich vlivu na vlastnosti směsí a vulkanizátů přispívá znalost mechanismu jejich působení ve vztahu k jejich chemické povaze. [2]

### 1.8.1 Hlavní typy změkčovadel

Změkčovadla jsou látky různé chemické povahy a konzistence. Přirozená klasifikace je dělí podle původu; tento způsob má své oprávnění v tom, že látky z téhož zdroje mají řadu společných vlastností. Hlavní skupiny jsou:

- produkty ropného původu (parafin, oleje, asfalty),
- produkty zpracování uhelných dehtů (oleje, pryskyřice, smoly),
- produkty zpracování dřeva (smrkový dehet, kalafuna),
- syntetická změkčovadla (estery, kapalné polymery, pryskyřice),
- přirozené tuky, oleje.

#### *Změkčovadla ropného původu*

Pocházejí z ropy v různých stádiích zpracování a jsou kapalná, polotekutá i tuhá s různým bodem měknutí. Mají převážně uhlovodíkový charakter, jsou zastoupeny parafiny, isoparafiny, cykloparafiny (nafteny) i alkylované nafteny, olefinické a aromatické uhlovodíky (rovněž alkylované) i sloučeniny obsahující síru, dusík nebo kyslík, nejčastěji jako heteroatomy nebo i ve formě charakteristických skupin (-OH, -SH, -COOH).

Ropné (minerální) oleje jsou nejčastějšími změkčovadly přírodního kaučuku i kaučuků syntetických. Do této skupiny spadají výševroucí frakce ropy: mazací oleje různého stupně rafinace a odpadní produkty, jako jsou extrakty z rozpouštědlové rafinace nebo látky získané z kyselinových kalů o rafinaci kyselinou sírovou. Jejich střední relativní molekulová hmotnost se pohybuje v rozmezí od 250 do 500, hustota od 850 do 1050 kg.m<sup>-3</sup>; chemicky to jsou směsi nejrůznějších uhlovodíků parafinického, naftenického, aromatického i polárního charakteru.

Pro gumárenskou praxi mají význam tzv. skupinové analýzy, pomocí nichž se dělí oleje na frakce; jednotlivé frakce byly dokonce izolovány ve větším množství a zkoumán jejich vliv na vlastnosti směsí a pryže.

Pomocí eluční chromatografie na silikagelovém adsorbentu bylo zjištěno, že v ropných olejích jsou v různém množství zastoupeny tyto frakce:

Nearomatické uhlovodíky (podíl vymývající se heptanem). Do této skupiny přecházejí nižší parafíny (pouze v malém množství; vyšší parafíny se oddělují při odprafinování ropy, a nejsou proto v olejích obsaženy); dále isoprafíny, nafteny a alkylnafteny. Předpokládá se, že nealkylované nafteny a olefiny se zde vyskytují jen v malých množstvích.

Aromatické uhlovodíky (podíl vymývající se benzenem). Sem spadají sloučeniny obsahující jeden nebo několik aromatických kruhů v jinak nasycené molekule, která je alkylovaná.

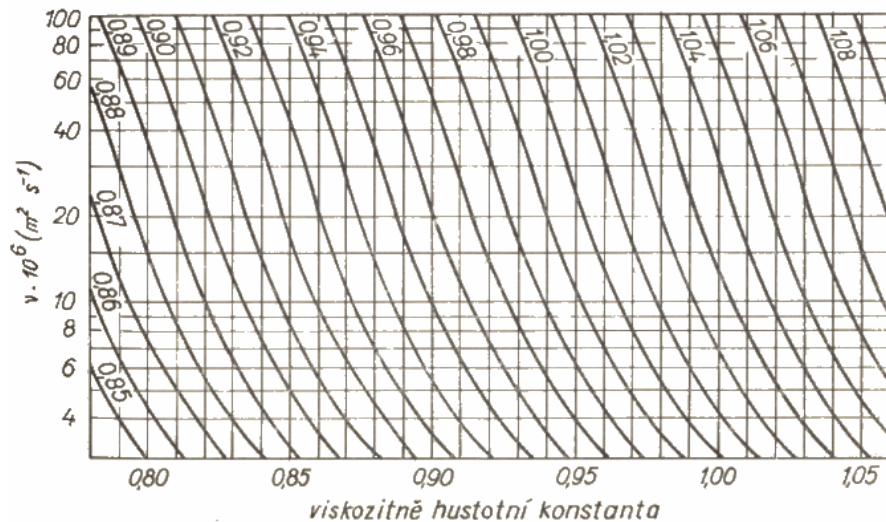
Polární sloučeniny (podíl vymývající se ethanolem) mají podle elementární analýzy i malý procentový obsah dusíku, síry a kyslíku, pravděpodobně v heterocyklických sloučeninách, například thiofenech, ale i v naftenových kyselinách, chinonech a fenolech. Tato frakce tvoří už přechod k ropným pryskyřicím typu

V některých olejích jsou obsaženy i asfaltény (podíl nerozpustný v heptanu). Lze je izolovat jako tmavohnědý prášek, který má velkou relativní molekulovou hmotnost ( $10^3$  až  $10^5$ ). Asfaltény tvoří podstatnou složku destilačních zbytků a asfaltu. Vznikají pravděpodobně z nízemolekulárních pryskyřičných sloučenin různými polykondenzačními a polymeračními reakcemi, jichž se účastní atomy síry a kyslíku.

Pro gumárenské účely navrhl Rostler skupinovou analýzu, která byla po něm pojmenována; podle ní se dělí oleje na frakce podle reaktivity s různě koncentrovanou kyselinou sírovou (při normální teplotě). Z heptanového roztoku oleje se postupně sráží 85%ní kyselinou sírovou složka zvaná N-báze (obsahující převážně dusíkaté báze), 98%ní kyselinou sírovou složka označená jako I. acidafíny a 30%ním olejem složka zvaná II. acidafíny; zbývají parafíny. Charakterizace olejů pomocí Rostlerovy analýzy, dříve běžná, je nyní nahrazována jednoduššími metodami. Význam si zachovalo pouze stanovení obsahu nejreaktivnějších složek N-bází.

V praxi zpravidla postačí k chemické charakterizaci oleje snadno stanovitelná veličina viskozitně-hustotní konstanta (KVH). Její hodnotu je možno odečíst z nomogramu, je-li známa hustota oleje při 15 °C a kinematická viskozita v při 99 °C (Obr.1).





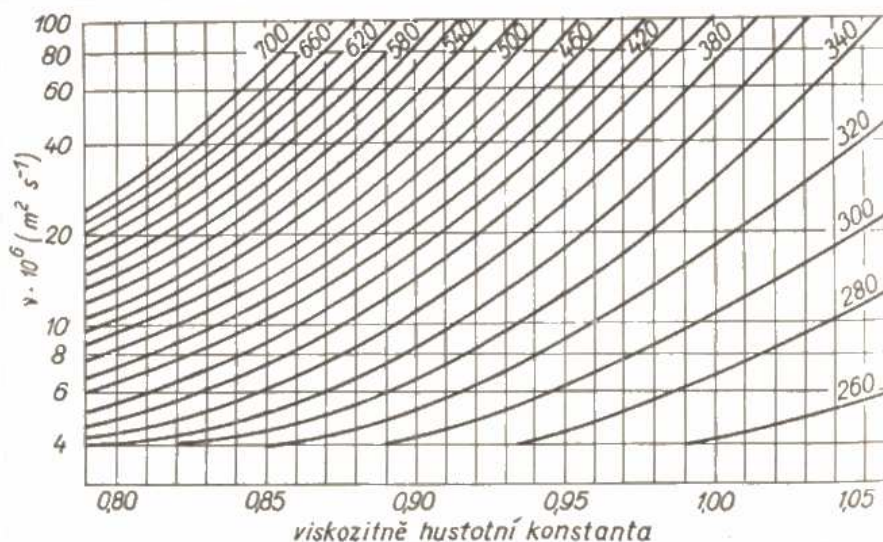
Obr. 1. Nomogram - stanovení KVH oleje

(čísla na křivkách značí hustotu oleje při 15 °C, na ose pořadnic je kinematičká viskozita při 99 °C).

V Tab. 2 je uveden jeden z návrhů, jak třídít oleje na základě viskozitně-hustotní konstanty a viskozity. Na základě těchto dvou údajů lze také odhadnout relativní molekulovou hmotnost oleje podle nomogramu uvedeného na Obr. 2.

Tab. 2. Klasifikace olejů na základě KVH a viskozity.

Viskozitně hustotní konstanta	Třída	Označení	Kinematičká viskozita při 100 °C $\nu \cdot 10^6 \text{ (m}^2\text{s}^{-1}\text{)}$	Třída
0,79 až 0,82	A	parafinický	3,0	0
0,82 až 0,85	B	relativně naftenický	3 až 6	I
0,85 až 0,90	C	naftenický	6 až 12	II
0,90 až 0,94	D	relativně aromatický	12 až 24	III
0,94 až 1,00	E	aromatický	24 až 48	IV
1,00 až 1,05	F	vysoce aromatický	48 až 96	V
>1,05	G	extrémně aromatický	>96	VI



Obr. 2. Nomogram pro odhad relativní molekulové hmotnosti oleje

(čísla na křivkách udávají relativní molekulovou hmotnost oleje, na ose pořadnic je kinematičká viskozita při 99 °C)

Analytické údaje některých našich i zahraničnických olejů jsou jako příklad uvedeny v Tab. 3.

Tab. 3. Vlastnosti některých změkčovadel

Olej	Hustota při 15 °C (g cm <sup>-3</sup> )	Kinematičká viskozita při 99 °C $\nu \cdot 10^6$ (m <sup>2</sup> s <sup>-1</sup> )	Viskozitně hustotní konstanta	Relativní molekulová hmotnost*)
ložiskový 109	0,880	3,0	0,84	290
ložiskový 405	0,925	6,1	0,88	350
Triumf	0,925	39	0,94	430
Naftolen H	1,000	5,5	0,98	280
Naftolen ZD	1,030	18,4	0,99	330
Dutrex R	1,030	19,3	0,99	330
Aftol 18	0,935	15,2	0,87	440

#### Chromatografická analýza

Olej	Asfaltény (%)	Nearomáty (%)	Aromáty (%)	Polární sloučeniny (%)
Triumf	3,5	23,3	55,2	15,5
Naftolen H	0	45,8	44,3	4,3
Dutrex R	0	30,5	58,1	8,4

\*) Relativní molekulová hmotnost byla odečtena z nomogramu na Obr. 2. [2]

### 1.8.2 Hlavní druhy změkčovadel používaných v ČR

#### *Triumf*

Toto v ČR do roku 2009 snad nepoužívanější změkčovadlo je extrakt z rozpouštědlové rafinace destilačních zbytků ropy. Je to viskózní kapalina tmavohnědé barvy obsahující jistý podíl polárních sloučenin. Z chemického hlediska je směsí vyšších naftenických a aromatických uhlovodíků s určitým podílem pryskyřice. Obsahuje proměnné množství parafinu. Je to velmi dobré změkčovadlo kaučuků pro všeobecné použití. Při vulkanizaci sírou neinterferuje s vulkanizačním systémem. Působí ve směsi pouze fyzikálně. Obsah nearomatických uhlovodíků stanovených chromatoraficky činí asi 25%. Podle hodnoty KVH lze Triumf řadit mezi aromatická změkčovadla. Používá se také pro nastavování butadienstyrenového kaučuku (Kralex 1700 jej obsahuje 37,5 dsK).

#### *Paranol 820*

Na rozdíl od Triumfu je toto změkčovadlo bezbarvý olej, vyrobený hydrogenační rafinací těžší frakce ropy. Používá se proto do světlých směsí z přírodního kaučuku a jeho kombinací s polybutadienem či SBR. Pro směsi ze samotného SBR není příliš vhodný, neboť je v něm omezeně rozpustný pro svůj převážně parafinický charakter. Je vhodný zejména pro směsi z EPM, EPDM a také z butylkaučuku.

#### *Další změkčovadla ropného původu*

Kromě výše uvedených změkčovadel se do některých směsí přidávají jako změkčovadla výševroucí frakce ze zpracování ropy, vyráběné pro jiný účel (např. jako maziva do motorů). Jsou to některé levné druhy autoolejů a tzv. kydový olej, který je podobný Paranolu 820 (není však hydrogenový a je levnější). [8]

### 1.8.3 Nastavování kaučuků

Do některých směsí se přidává poměrně velká koncentrace levných přísad, které zlevní směs, ale podstatně nezhorší vlastnosti výrobku. Chovají se tak, jako když nahradí část kaučuku. Takovou přísadou je foukaný asfalt (zbavený těkavých podílů profukováním vzduchu jeho taveninou). Přidává se do levných tmavých směsí, nenáročných na dynamické namáhání.

Velkého uplatnění našlo nastavování syntetických kaučuků, hlavně SBR. Jeho podstatou je výroba polymeru o velmi velké molární hmotnosti ( $ML(1+4)/100^{\circ}C = 100$ ), který by nebyl přímo zpracovatelný. Ještě ve stadiu latexu se do něj vmíchá změkčovadlo (středně aromatický nebo naftenický olej) a pak se provede izolace produktu koagulací. Olej při sušení prodifunduje do kaučuku a získá se tak dobře zpracovatelný kaučuk, který má prakticky stejnou plasticitu, jako kdyby byla polymerace více regulována (tj. opět o hodnotě kolem  $50 ML/1+4/100^{\circ}C$ ). Nastavený SBR obsahuje olej v koncentraci nejčastěji 37,5 dsk. Zpracovává se stejně jako kaučuk nenastavený. Hlavní aplikací nastaveného SBR jsou běhouny osobních automobilů (kde se kombinuje se 40% BR). [8]

#### 1.8.4 Ekonomická stránka výběru změkčovadla

Při výběru vhodného typu změkčovadla pro všeobecné i speciální účely rozhoduje nejenom jeho kvalita, ale i cena. Ta je určena povahou zdroje, pracností výroby, popř. stupněm čistoty. Mezi dostupné typy změkčovadel, patří odpadní látky ze zpracování dehtů a ropy (preparované dehty, černouhelná smola, Mineral Ruber); nákladnější je kumaronová pryskyřice. Cena ropných olejů závisí na typu výrobku: extrakty (Triumf) patří k levným změkčovadlům. Smrkový dehet je dražší než odpadní ropné oleje. Mezi nejdražší změkčovadla, patří syntetická změkčovadla, kapalně polymery a estery. [2]

#### 1.8.5 Vliv změkčovadla na vlastnosti směsí a pryže

Vliv změkčovadel různého druhu na vlastnosti kaučukových směsí a jejich vulkanizátů je určován hlavně třemi faktory. Jsou to:

- koncentrace změkčovadla ve směsi,
- jeho relativní molekulová hmotnost,
- chemická struktura.

Pro jednoduchost je nejprve nutné zvážit, jaký vliv bude mít v nepolárním uhlovodíkovém kaučuku přítomnost nepolárního, uhlovodíkového, chemicky nereaktivního změkčovadla, jakým je např. minerální naftenický olej.

Změkčovadlo, které má podobný chemický charakter jako polymer, do něhož je přidáno, má i podobné mezimolekulové síly jako tento polymer. V důsledku toho se molekuly změkčovadla snadno mísí s makromolekulami polymeru. Polymer a změkčovadlo jsou pak vzájemně snášenlivé, mísí se spolu v každém poměru, změkčovadlo je rozpouštědlem

polymeru. Při přípravě směsi vniká změkčovaadlo snadno do polymeru, zbotnává jej a tvoří s ním směs, která je z hlediska makroskopického i molekulárního homogenní. Přídavkem změkčovadla do směsi se zmenší její odpor proti deformaci, a to hlavně z těchto důvodů: - zmenší se obsah kaučuku v objemové jednotce směsi,

- zmenší se koncentrace fyzikálních uzlů polymeru, neboť ve zředěném systému jsou polymerní řetězce vzájemně méně propleteny,

- molekuly změkčovadla fungují mezi polymerními řetězci jako mazivo a zmenšují tak vnitřní tření při jejich vzájemných přesunech, tj. při toku.

Uvedené faktory způsobují, že směs polymeru se změkčovadlem klade menší odpor deformaci a toku; je měkčí, má nižší viskozitu a menší elastické zotavení po deformaci. Odpor proti deformaci klesá asi s druhou až třetí mocninou objemového zlomku polymeru ve směsi polymer-změkčovaadlo.

Přídavek změkčovadla ve vhodném stadiu míchání směsi dovoluje zamíchat plniva v kratší době a s menší spotřebou energie. Spolupůsobí také snadnější smáčení částecek plniva, a u vysoce plněných směsí je proto přídavek změkčovadla do směsi naprosto nezbytný. Menší viskozita směsi s menším vnitřním třením se projevuje příznivě při tvarovacích operacích, kalandrování, vytlačování a vstřikování. Směsi se méně zahřívají, čímž se příznivě ovlivní zpracovatelská bezpečnost; vytlačené profily se méně srážejí a jsou hladší.

I když se změkčovadla přidávají do směsi převážně k usnadnění zpracovatelnosti, nevyhnutelně působí – podle své povahy a koncentrace – i na vlastnosti vulkanizátů. Přítomnost změkčovadel se projevuje v pryži hlavně ovlivněním viskoelastických vlastností a modifikací struktury trojrozměrné sítě. Tím, že změkčovadla zmenšují obsah kaučuku v objemové jednotce směsi a koncentraci fyzikálních uzlů, zmenšují také fyzikální stupeň vulkanizace výsledné změkčené pryže. Objemová jednotka změkčené pryže obsahuje méně řetězců sítě a tyto řetězce jsou v průměru delší než u sítě vzniklé bez změkčovadla. Důsledky jsou tyto: nižší modul (M100, M300), menší tvrdost a zpravidla trochu větší tažnost. Pokles modulu s přídavkem změkčovadla je přibližně úměrný druhé až třetí mocnině objemového zlomku kaučuku ve směsi kaučuk-změkčovaadlo. To znamená, že přídavkem 10 objemových dílů změkčovadla na 100 objemových dílů kaučuku se síťová hustota a modul zmenší asi o 15 až 25%. Přídavek změkčovadla se dále projeví zmenšením vnitřního tření mezi řetězci sítě, čímž se usnadňují jejich tvarové změny

účinkem vnějších sil. To má příznivý vliv na hysterezní ztráty, odrazovou pružnost, vývin tepla při dynamickém namáhání a ohebnost při nízkých teplotách; bod křehnutí se mírně sníží. Přítomnost oleje v pryži je však současně provázána zeslabením mezimolekulových soudržných sil a to se projeví poklesem těch vlastností, které charakterizují pevnost pryže, a to pevnosti v tahu, strukturální pevnosti apod. Obsahuje-li však směs ztužující plniva, může mít změkčovadlo příznivý vliv na dokonalost jejich dispergace, což má na pevnost příznivý vliv. V takovém případě pevnost při malých koncentracích změkčovadla mírně vzrůstá a teprve při jeho větším obsahu klesá. Vliv přídatku 20 dsk vazelinového oleje do butadienstyrenového kaučuku (60 dsk aktivních sazí) na vlastnosti směsi a pryže ukazuje Tab. 4. V gumárenských směsích se koncentrace přísad označuje dsk (díly na sto dílů kaučuku).

Tab. 4. Vliv inertního sášenlivého změkčovadla na vlastnosti směsi a pryže

Vlastnosti	SBR bez oleje	SBR + 20 dsk oleje
Objemový zlomek kaučuku	1	0,83
Viskozita směsi ML-4	135	59
Defo směsi	2900/31	1180/27
Síťová hustota pryže	140 mol m <sup>-3</sup>	85 mol m <sup>-3</sup>
M100	2,5 MPa	1,3 MPa
M300	13,4 MPa	7,2 MPa
Tvrdost Shore A	74	63
Pevnost v tahu	22,3 MPa	15,0 MPa
Tažnost	460 %	550 %
Strukturální pevnost	55 kN m <sup>-1</sup>	58 kN m <sup>-1</sup>
Odolnost proti růstu trhlin	8100 cyklů	9100 cyklů
Odolnost proti oděru	108%	93%
Odrazová pružnost podle Lüpka při 20 °C a 90 °C	47 % a 48%	48% a 51%

Pryž obsahující změkčovadlo má menší síťovou hustotu, modul, tvrdost, pevnost v tahu, odolnost proti oděru, mírně zvýšenou tažnost a odrazovou pružnost. Strukturální pevnost a odolnost proti růstu trhlin se prakticky nemění. Koncentrace změkčovadla je v tomto příkladu vyšší, než je obvyklé, aby se vliv změkčovadla zřetelně projevil. [2]

I když se změkčovadla přidávají do směsi pro zlepšení zpracovatelnosti, nevyhnutelně působí podle své povahy a koncentrace i na vlastnosti vulkanizátu. Přítomnost

změkčovadel se projevuje ve vulkanizátu hlavně ovlivněním viskoelastických vlastností a modifikací trojrozměrné sítě. Tím, že změkčovadla zmenšují obsah kaučuku v objemové jednotce směsí a koncentrace fyzikálních uzlů, zmenšují také fyzikální stupeň vulkanizace výsledného změkčeného vulkanizátu. Objemová jednotka takového vulkanizátu obsahuje méně řetězců sítě a ty jsou v průměru delší než u sítě vzniklé bez změkčovadla. Důsledkem je nižší modul ( $M_{100\%}$ ,  $M_{300\%}$ ), menší tvrdost a zpravidla trochu vyšší tažnost. Pokles modulu s přidavkem změkčovadla je přibližně úměrný druhé až třetí mocnině objemového zlomku kaučuku ve směsi kaučuk-změkčovadlo. To znamená, že přidavkem 10 objemových dílů změkčovadla na 100 objemových dílů kaučuku se síťová hustota zmenší o 15 až 25%. Přídavek změkčovadla se dále projevuje zmenšením vnitřního tření mezi řetězci sítě, čímž se usnadňují jejich tvarové změny účinkem vnějších sil. To má příznivý vliv na hysterezní ztráty, odrazovou pružnost, vývoj tepla při dynamickém namáhání a ohebnost při nízkých teplotách, bod křehnutí se mírně sníží. Přítomnost oleje ve vulkanizátu je současně provázená zeslabením mezimolekulárních soudržných sil a to se projeví poklesem těchto vlastností, které charakterizují pevnost vulkanizátu a to pevnost v tahu, strukturální pevnost, apod. Jakmile však směs obsahuje ztužující plniva, může mít změkčovadlo příznivý vliv na dokonalost jejich dispergace, což má na pevnost příznivý vliv. [6]

### 1.8.6 Vliv charakteru změkčovadla na vlastnosti směsí a pryže

Základní vlivy přidavku změkčovadla do směsi, které byly popsány v kapitole 1.8.3, jsou dále modifikovány charakterem změkčovadla. Základní faktory, jež určují chování různých změkčovadel ve směsi a v pryži, jsou:

- molekulární struktura
- relativní molekulová hmotnost
- chemická reaktivita

#### *Molekulární struktura změkčovadla*

Jeho chemická povaha, určuje především jeho mísitelnost s polymerem neboli tzv. snášenlivost. Afinita změkčovadla k běžným kaučukům (polydienům), charakterizovaná např. jeho schopností bobtnat nebo rozpouštět polymer, roste přibližně se stupněm jeho nenasyčenosti (aromaticnosti) a zvyšuje se ještě dále přítomností polárních skupin

v molekule. Toto pravidlo ovšem platí jen u dostatečně velikých molekul, jejichž převážná část zůstává uhlovodíková. U malých molekul zvýší zavedení jediné silně polární skupiny celkovou polaritu molekuly natolik, že její mísitelnost s nepolárním kaučukem silně poklesne. Například benzen je rozpouštědlem přírodního kaučuku, anilin nikoli.

Polarita změkčovadla tedy rozhoduje o tom, zda změkčovadlo vytvoří s kaučukem homogenní směsnou fázi, nebo se časem oddělí, „vypotí“ na povrch kaučuku. Polarita stoupá přibližně v této řadě: parafiny, isoparafiny, nafteny, olefiny, aromáty, aromáty obsahující polární skupiny s atomy kyslíku, dusíku nebo síry.

U změkčovadel ropného původu, která jsou v podstatě uhlovodíky, tvoří extrém nepolárnosti parafin a ceresin, které navíc – vzhledem k pravidelnosti stavby molekuly – krystalují. Jejich rozpustnost v kaučuku (např. přírodním) se pohybuje kolem 2%. Snášlivost přírodního kaučuku s parafinickými oleji je už řádově vyšší a roste dále ve směru k naftenickým a aromatickým olejům a pryskyřicím. Rozmezí, při kterém se v této řadě změkčovadel začne projevovat omezená rozpustnost v kaučuku, bude ovšem záviset též na ostatních přísadách, obsahu změkčovadla a polaritě polymeru. Polarita kaučukových polymerů stoupá v této řadě: butylkaučuk a ethylenpropylenový kaučuk, přírodní kaučuk, butadienstyrenový kaučuk, chloroprenový kaučuk, nitrilkaučuk s malým, středním a velkým obsahem akrylonitrilu. Nepolární přírodní kaučuk je mísitelný s velkou většinou změkčovadel, polární nitrilkaučuk jen se změkčovadly výšepolárními. Parafinické oleje jsou dobře mísitelné s přírodním kaučukem, kdežto ve větší koncentraci se nehodí pro polární olejovzdorný nitrilkaučuk.

Se stoupající snášlivostí vzrůstá rychlost vmíchávání změkčovadla do kaučuku (i když viskozita zde má také jistý význam) a ve stejném směru se zpravidla zlepšuje i smáčení a disperze přísad a lepivost nevulkanizované směsi. Nejlepších výsledků ve zlepšení konfekční lepivosti směsi se dosahuje při použití pryskyřic, jako je kalafuna, Koresin, Rubresin, méně už u kumaronové pryskyřice. Extrémně nepolární změkčovadla (parafin, ceresin, vazelína) naproti tomu snižují jak lepivost na válcích, tak i konfekční lepivost; mají však velmi příznivý vliv na zpracovatelnost směsi a zvláště při jejím vytlačování nebo kalandrování přispívají k hladkosti povrchu a menšímu srážení. Zřejmě zde má úlohu omezená rozpustnost těchto změkčovadel (nazývaných běžně maziva) a z ní plynoucí určitá mikroheterogenizta směsi. Při tvarovacích operacích se patrně přesunují celé shluky



makromolekul, „namazané“ na povrchu vrstvičkou parafinu, takže odpor proti deformaci a elastické zotavení jsou malé.

#### *Relativní molekulová hmotnost*

Druhým významným faktorem působení změkčovadel je relativní molekulová hmotnost, která určuje jejich viskozitu. Změkčovadla s malou relativní molekulovou hmotností (malou viskozitou) zlepšují ohebnost makromolekul, pohyblivost jejich úseků za normálních i nízkých teplot a přispívají tak ke zlepšení dynamických vlastností, odrazové pružnosti, hysterezních ztrát, zahřívání při cyklických deformacích, odolnosti proti nízkým teplotám. Bod křehnutí se sníží, a to zvláště významně u polárních kaučuků (nitrilkaučuku), případně snášenlivých změkčovadel malé viskozity; nejúčinnější z nich jsou estery, jejichž viskozita nevzrůstá s poklesem teploty tak silně jako u uhlovodíkových olejů. Použití změkčovadel s velmi malou relativní molekulovou hmotností je omezeno jejich těkavostí; při vulkanizaci nebo při funkci výrobku dochází ke ztrátě změkčovadla.

Změkčovadla s velkou relativní molekulovou hmotností, vysoce viskózní nebo tuhé látky (asfalty, pryskyřice, smoly), zmenšují pohyblivost úseků makromolekul a zvyšují vnitřní tření ve hmotě vulkanizátu. To se projevuje zvláště za normálních a nízkých teplot zhoršením dynamických vlastností. Nevulkanizovaná směs má větší viskozitu než v přítomnosti olejovitých změkčovadel, avšak její elastické zotavení po deformaci je menší (směs má malý „nerv“, je „mrtvá“), což je výhodné ze zpracovatelského hlediska zvláště při vytlačování.

Pevnost vulkanizátů závisí na síle mezimolekulových vazeb. Změkčovadla oslabují tuto mezimolekulovou soudržnost v různé míře v závislosti na své relativní molekulové hmotnosti. V přítomnosti nízkomolekulárních změkčovadel jsou makromolekuly odděleny velkým počtem malých, pohyblivých molekul změkčovadla, které zvětšují pohyblivost polymerních řetězců, avšak na druhé straně značně zmenšují jejich soudržnost. V přítomnosti stejného objemového množství vysokomolekulárního změkčovadla obsahuje objemová jednotka směsi malý počet velkých, málo pohyblivých molekul, které neoddělují polymerní řetězce tak účinně po jejich celé délce jako změkčovadlo nízkomolekulární. V důsledku toho je zeslabení mezimolekulové soudržnosti méně významné než v prvním případě. Lze tedy při použití změkčovadel s velkou relativní molekulovou hmotností dosáhnout – ve srovnání s nízkomolekulárními změkčovadly – vyšších hodnot pevnosti

v tahu, strukturní pevnosti, tažnosti a odolnosti proti růstu trhlin. Krajním případem jsou pak změkčovadla s velkým obsahem asfaltenu, které sice poněkud zlepšují zpracovatelnost nevulkanizované směsi, avšak ve vulkanizátu se projevují spíše jako organické plnivo. Toto pravidlo vystihuje ovšem skutečné poměry jen v hrubých rysech. Obě skupiny fyzikálně mechanických vlastností, charakterizující na jedné straně pevnost, na druhé hysterizi, závisí nejenom na viskozitě změkčovadla, ale při malých rozdílech viskozity i na chemické povaze změkčovadla.

Pro ilustraci je uvedena Tab. 5 fyzikálně mechanických vlastností směsí SBR, které obsahují změkčovadla různé chemické povahy a konzistence v objemové koncentraci 20 cm<sup>3</sup> na 100 g kaučuku. Tento obsah změkčovadla je poměrně velký, takže rozdíly mezi jednotlivými změkčovadly jsou už zřetelné.

Tab. 5. Vliv povahy změkčovadla na vl. směsí a vulkanizátů SBR, 60 dsk sazí, 20 obj. dílů změkčovadla<sup>a)</sup>

Změkčovadlo <sup>a)</sup>	DBF	Vazelínový olej	Ložiskový olej 405	Triumf	Naftolen ZD	MRX	Černouhel ná smola
KVH změkčovadla	-	0,84	0,88	0,94	0,99	-	-
relativní molekulová hmotnost změkčovadla	278	300	350	410	330	>10 <sup>3</sup> až 10 <sup>4</sup>	>10 <sup>3</sup> až 10 <sup>4</sup>
defo směsi	1020/26	1180/27	1160/27	1150/17	1030/20	1500/12	1725/8

*Vlastnosti vulkanizátů*

M100 (MPa)	1,2	1,3	1,3	1,3	1,2	1,6	1,7
M300 (MPa)	7,3	7,2	7,5	7,3	7,4	7,5	7,0
tvrdost (Shore)	62	63	64	65	64	70	80
odrazová pružnost Lüpke při 20 a 90 °C (%)	46 a 48	48 a 51	44 a 49	42 a 47	41 a 48	37 a 40	36 a 37
pevnost (MPa)	14,5	15,0	14,5	16,5	17,0	18,0	17,0
tažnost (%)	520	550	540	600	610	630	680
strukturní pevnost (kN m <sup>-1</sup> )	50	58	66	67	76	94	90
odolnost proti růstu trhlin <sup>b)</sup>	13 000	9 100	17 100	20 000	17 000	32 000	34 000
odolnost proti odíraní (%)	91	93	108	104	114	87	71

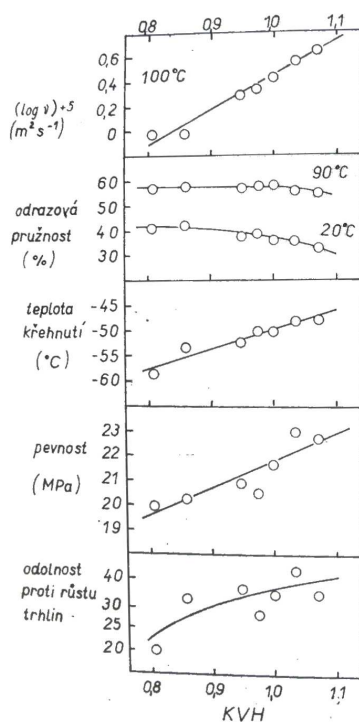
a) Povaha olejů: vazelinový-relativně naftenický, Triumf-relativně aromatický, ložiskový 405-naftenický, Naftolen ZD-aromatický

b) Udává počet cyklů potřebných k rozšíření trhliny ze 2 mm na 12 mm

Obsah sazí GTL ve směsi je 60 dsk. Vulkanizace byla u všech směsí vedena do shodného stupně zesíťování ( $85 \text{ mol.m}^{-3}$ ). Směsi obsahující různá změkčovadla jsou v Tab. 5 uvedeny v pořadí vzrůstající viskozity, popř. hodnoty KVH změkčovadla. V tomto pořadí vzrůstá také tvrdost defo nevulkanizované směsi, tuhost vulkanizátu charakterizovaná hodnotou tvrdosti a M100, pevnost, tažnost, strukturní pevnost a odolnost proti růstu trhlin; naproti tomu klesá elastický podíl defo a odrazová pružnost vulkanizátu. Hodnota M300 se prakticky nemění, což ukazuje, že pro směsi běhounového typu je M300 dobrou mírou stupně zesíťování. Tvrdost a M100 závisí však zcela zřetelně na konzistenci změkčovadla.

U směsi obsahující černouhelnou smolu dosahují vysokých hodnot, vyšších než u neměkčeného vulkanizátu.

Porovnání vlastností butadienstyrenové běhounové pryže obsahující minerální oleje s hodnotami KVH v rozmezí od 0,8 do 1,07 znázorňuje Obr. 3. Jak je patrné, v dané skupině olejů vzrůstá s hodnotou KVH i viskozita olejů, takže na změnách vlastností (růstu pevnosti a odolnosti proti růstu trhliny, zhoršení mrazuvzdornosti a odrazové pružnosti při  $20^\circ\text{C}$ ) se zřejmě podílejí oba faktory.



Obr. 3. Vliv povahy oleje

(charakterizovaného konstantou KVH a kinematickou  $\nu$  při 100 °C) na vlastnosti běhounové pryže SBR (odolnost proti růstu trhlin se udává počtem cyklů potřebných k prodloužení trhlín ze 2 mm na 12 mm)

Při výběru změkčovadel do směsí pro různé aplikace je nutno uvážit, zda jsou rozhodující dobré vlastnosti pevnostní, nebo dynamické či nízkotepelné. Ve velké většině případů lze však dosáhnout dobrého kompromisu a vyvážených vlastností při použití kapalných změkčovadel střední viskozity.

#### *Chemická reaktivita*

Chemická reaktivita změkčovadla se může projevit ovlivněním rychlosti dějů probíhajících při míchání směsí, při vulkanizaci a při stárnutí.

Jestliže změkčovadlo obsahuje reaktivní látky modifikující průběh síťovacích reakcí, mohou mít směsi s různými změkčovadly v optimu vulkanizace rozdílnou síťovou hustotu. V takovém případě budou obecné závislosti mezi vlastnostmi vulkanizátu a konzistencí změkčovadla překryty rozdílnostmi plynoucími z nestejného stavu vulkanizace. Obsahují-li např. tuhé změkčovadlo sloučeniny reagující s vulkanizačními přísadami, bude síťová hustota vulkanizátu menší než u obdobné směsi s olejovitým změkčovadlem a v souhlasu s tím bude nižší i modul, popř. tvrdost.

Uhlovodíková změkčovadla (parafinické a naftenické oleje) a syntetické estery jsou poměrně inertní látky. Některé aromatické oleje s větším obsahem dusíkatých zásad urychlují oxidační odbourávání u kaučuků nastavených olejem a působí jako mírné sekundární urychlovače vulkanizace. V literatuře se též uvádí, že některé aromatické oleje (Naftoleny) obsahují dvojně vazby schopné při vulkanizaci reagovat se sírou, takže se její obsah ve směsi musí zvýšit. Změkčovadla pocházející z dehtů obsahují fenolické sloučeniny, někdy též aktivní dusíkaté skupiny. Jejich komplexní vliv se může projevit zpomalením nebo urychlením vulkanizace i stárnutí. Smrkový dehet obsahuje kyselé funkční skupiny, které přispívají ke zpomalení vulkanizace při nižších teplotách a zmenšují tak nebezpečí navulkanizace. Kromě toho zlepšují lepivost směsi a smáčení přísad. Z těchto všech důvodů je smrkový dehet přes svou poměrně vysokou cenu stále oblíben jako změkčovadlo přírodního kaučuku.

Kyselina stearová plní dvě funkce, které lze odvodit z jejího vzorce: dlouhý parafinický řetězec omezuje její rozpustnost v kaučuku a působí ve směsi svým mazacím efektem.

Naproti tomu karboxylová skupina na konci molekuly je chemicky reaktivní a při vulkanizaci reaguje s kyslíčkem zinečnatým a bazickými urychlovači, takže kyselina stearová je součástí vulkanizačního systému. Kromě toho se kyselina stearová svým karboxylem adsorbuje na povrchu částecek plniva, čímž přispívá k jejich smáčení a ke zlepšení dispergace. Kalafuna (kyselina abietová) zasahuje do síťovací reakce negativně a zpomaluje ji jak svou kyselostí, tak patrně i nenasyceností. [2]

### **1.8.7 Použití změkčovadel v jednotlivých typech kaučuku**

Ze změkčovadel uvedených v kapitole 1.8.1 se některých používá jen pro speciální účely. Látky s malou rozpustností v kaučuku se označují jako maziva a jejich hlavní funkcí je usnadnit vytlačování směsí. Pryskyřice se přidávají pro zlepšení konfekční lepivosti a jejich obsah ve směsi, stejně jako obsah maziv, nepřekračuje zpravidla 2 až 3 dsk. Teprve ostatní látky lze označit jako změkčovadla ve vlastním slova smyslu nebo jako změkčovadla pro všeobecné použití. Usnadňují vmíchávání přísad a snižují tuhost nevulkanizované směsi; jejich obsah ve směsi je větší než 3 dsk, nejčastěji 5 až 10 dsk, v některých směsích i více. Vzhledem k většímu obsahu mají i zřetelnější vliv na vlastnosti vulkanizátu. Podskupinu zde tvoří tuhá změkčovadla, která už mají charakter organických plniv a používají se někdy jako nastavovadla kaučuku. Další podskupinu tvoří estery, jejichž hlavní funkcí je zlepšit dynamické a nízkoteplotné vlastnosti vulkanizátů, zvláště u polárních druhů kaučuků. Označují se někdy jako elastikátory. [2]

### **1.8.8 Použití změkčovadel v kaučucích určených pro všeobecné použití**

Pro pneumatikářské kaučuky se jako změkčovadla všeobecného typu mohou uplatnit produkty dostatečně snášitelné, cenově vyhovující a nepříliš viskózní. Nejlépe se osvědčují naftenické a aromatické ropné oleje. Oleje parafinické se vmíchávají pomaleji a směsi mají zmenšenou lepivost. Podle obecně přijatého hlediska se olej považuje v dávce do 15 dsk za změkčovadlo, nad 15 dsk za nastavovadlo. Informace o nastavených druzích jednotlivých kaučuků jsou uvedeny v příslušných odstavcích.

Ropné oleje většinou neovlivňují vulkanizaci, pokud neobsahují větší podíl reaktivních složek, jako jsou dusíkaté zásady. Ty mohou být i příčinou zhoršeného stárnutí. Vyhovující zpracovatelnost a vyvážené vlastnosti pryže poskytují naftenické a středně aromatické oleje. Používají se v běhounových směsích SBR až do 10 dsk, ve směsích na bázi

přírodního kaučuku asi do 5 dsk. Ropné oleje jsou vhodné pro směsi středně výše plněné, pro houbovou i mechovou pryž. Parafinické oleje se používají pro potravinářskou pryž, aromatické pro technickou pryž i do běhounů.

Z jednotlivých druhů pneumatikářských kaučuků mají polybutadienový kaučuk a trans-polybutadien schopnost snášet velká množství oleje a při zvýšeném dávkování sazí se vlastnosti jen pomalu zhoršují. Možnosti natavovat BR a směsi SBR/BR zvýšeným dávkováním změkčovadel a sazí se hojně využívá i v běhounových směsích.

Oleje pocházející z uhelných dehtů se hodí jen do méně kvalitních směsí. Kumaronová pryskyřice kapalná se používá v NR i SBR; zlepšuje poněkud lepivost a dodává pryži dobré elektrické vlastnosti.

Maziva (parafin, ceresin, ozokerit, vazelína, stearin, montánní vosk, Buna 32) se přidávají v množství do 2 až 3 dsk do směsí pro vytlačování, a to i tehdy, obsahuje-li směs olej. Vytlačené profily jsou hladší, méně se srážejí. Maziva zmenšují lepení na válce a nad mezí rozpustnosti (u parafinu asi 1,5 dsk) snižují konfekční lepivost a zhoršují pevnost spojů. Při obsahu asi nad 2 dsk vystupuje parafin na povrch pryže a tvoří souvislý film, který chrání pryž za statických podmínek proti ozónu. Stearin se ve směsi projevuje jako mazivo a na rozdíl od nepolárních maziv má i jistý dispergační účinek na přísady. V pryži jeho změkčující účinek mizí a svým aktivačním účinkem na vulkanizaci stearin naopak přispívá ke zvýšení modulu.

Problém zvýšení konfekční lepivosti je naléhavější u SBR než u NR. Nejběžnější pryskyřicí ke zvýšení lepivosti je kalafuna. Přidává se do lepidel, směsí pro vtírání i jiných. V NR se dávkuje v množství asi 1 až 2 dsk, u SBR až 3 dsk. Stabilizovaná kalafuna (disproporcionovaná, hydrogenovaná) je obsažena v některých druzích SBR. Ty mají lepší konfekční lepivost než druhy obsahující mastné kyseliny. Koresin se přidává do směsí, častěji však do kaučukových roztoků používaných k ožívání slepovaných míst. Lepidla ze 100%ního butadienstyrenového kaučuku obsahují až 20% Koresinu. Rubresin má poněkud menší vliv na zlepšení lepivosti. Kumaronová pryskyřice neobsahuje polární skupiny a má proto menší účinek na zvýšení lepivosti než kalafun. Ke zlepšení lepivosti se též používají nereaktivní nemodifikované fenolformaldehydové pryskyřice. [2]

## 1.9 Popis změn kaučukových směsí v Mitas, a.s.

Nároky legislativy platné pro členské státy EU nutí výrobce pneumatik snižovat dopady exploatace jejich výrobků na životní prostředí. Od roku 2010 byly v kaučukových směsích nahrazeny klasické typy aromatických olejů méně karcinogenními oleji, jako jsou TDAE, RAE nebo TRAE. Oleje sloužící v kaučukové směsi jako změkčovadla jsou zároveň používány při nastavování syntetických kaučuků, kterých se změna také týká.

Z těchto surovin byly vyrobeny pláště a testovány na homologační zkušební v dostatečném předstihu, aby byl splněn požadavek legislativy EU, že pneu vyrobené od 1. ledna 2010 obsahují pouze schválené oleje z hlediska obsahu karcinogenních látek.

### 1.9.1 Testované suroviny

SBR 1712 - náhrady : SBR Kralex 1723, KER 1783, SBR Kralex 1783

SBR 1721 – náhrady : SBR Europrene 1739 , KER 1789, KER 1739

DAE – náhrady viz Tab. 6.

Tab. 6. Náhrada surovin v kaučukových směsích

Olej	Viskozita při 80°C	Obsah aromatů	Název olejem nastaveného SBR
Triumf DAE	35	35	Kralex 1712,1721
MES	28	14	Kralex 1732
TDAE	34	22	Kralex 1723,1739, KER 1739
RAE	155	27	SBR 1783,1789,KER 1783,1789
TRAE	26	19	Nevyrábí se

### 1.9.2 Výroba směsí

Vzhledem k vysoké viskozitě oleje RAE byla nutná investice do předehřívacího zařízení pro vlakovou cisternu a další rozvody oleje. Od září 2009 začalo dávkování oleje RAE do některých více objemových směsí, aby provozní technologie měla čas reagovat na změny zpracovatelských vlastností směsí. Postupně se sortiment směsí rozšiřoval s náhradou oleje obchodního názvu Triumf. Během prosince 2009 byla ukončena výroba směsí pro pneu s olejem Triumf.

### 1.9.3 Vlastnosti směsí a vulkanizátů

V laboratorním měřítku byly testovány všechny dostupné typy kaučuků a olejů. Jako testovací receptura byla zvolena směs pro motocyklový silniční běhoun. Změna oleje neměla vliv na viskozitu, pevnost a tažnost vulkanizátu, rozdílly se vyskytly pouze v oblasti oxidačního stárnutí. V provozním měřítku byly testovány směsi s oleji TDAE a oleji RAE. Nebyla zaznamenána změna ve fyzikálně mechanických vlastnostech. V současné době se vyrábí v Mitas, a.s. směsi pro pneu s oleji a kaučuky nastavenými TDAE a RAE. Změny ve vlastnostech směsí se vyhodnocují cca po 3-měsíční sériové výrobě. Dosud lze konstatovat, že u směsí s olejem RAE dochází k mírnému prodloužení doby vulkanizace a zvýšení konfekční lepivosti, pokud směs obsahuje vyšší obsah oleje. [7]



## 2 MÍCHÁNÍ SMĚSÍ

Míchání směsí je základní a nejdůležitější proces v gumárenské technologii. Na rozdíl od technologie plastů, kde se většina základních surovin zpracovává přímo nebo jen s malým množstvím příměsí, obsahuje gumárenská směs kromě výchozího kaučuku průměrně až deset složek. Každá z těchto složek má svůj specifický úkol, a proto účelem míchání je zajistit co nejstejněji jejich rozptýlení čili disperzi v kaučukové směsi. [3]

### 2.1 Míchání v hnětacích strojích

Hnětacích strojů se začalo v gumárenském průmyslu používat po roce 1920. Jejich zavedením se sledovalo především zvýšení produktivity při míchání směsí. Vývoj tohoto zařízení neustále postupoval v souladu s teoretickými poznatky a s potřebami praxe. Přitom se ukázalo, že ho lze s výhodou požit i k jiným účelům. V nynějším gumárenském průmyslu se využívá hnětacích strojů k těmto operacím:

- k míchání směsí,
- k plastikaci přírodního a syntetického kaučuku,
- k regeneraci pryže.

Je přirozené, že pro všechny tyto účely neexistuje univerzální stroje a že je nutná speciální úprava.

Směs se míchá v uzavřené komoře pod tlakem. Válce jsou zde nahrazeny dvěma profilovými tělesy, která se otáčejí proti sobě nestejnou rychlostí, tj. se skluzem. Průměrná rychlost otáčení těles bývá u provozních strojů 20, 30 nebo 40 otáček za minutu.

Do horní části komory ústí násypný otvor, kterým se hnětací stroj plní kaučukem a ostatními složkami směs. Otvor se uzavírá tzv. horním trámcem, ovládaným tyčí pístu tlakovzdušného válce, který se při spodní poloze tlačí shora na míchanou směs. Vytvořený tlak je při obvyklém tlaku vzduchu  $6 - 8 \cdot 10^5$  Pa závislý na průměru pístu a na ploše trámci. U běžných standardních typů hnětacích strojů se pohybuje okolo  $1 \cdot 10^5$  Pa, u moderních vysoce výkonných strojů dosahuje  $4 - 5 \cdot 10^5$  Pa, popř. i více.

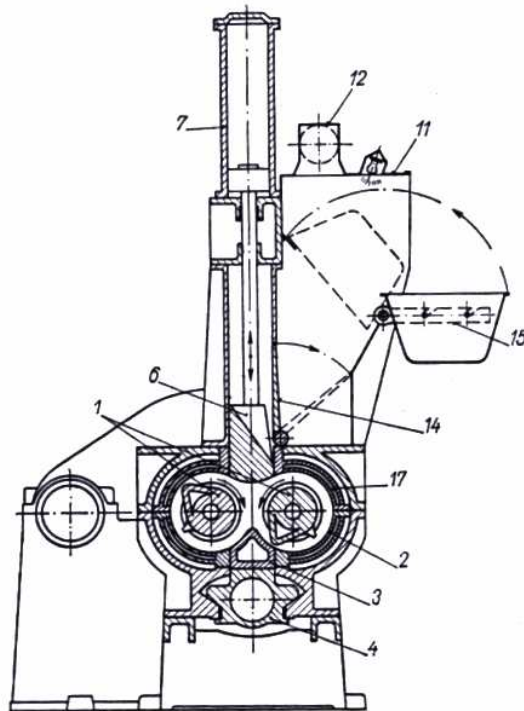
Výpustní otvor ve spodní části komory je nahrazen tzv. spodním uzavíracím trámcem, jenž svým profilem zasahuje do prostoru komory a částečně ho tak rozděljuje na dvě poloviny. Uvolnění výstupního otvoru po skončení míchání směsi nastává pneumatickým

vysunutím trámci do strany. Tento starší způsob se nahrazuje odklápěním části pláště na způsob dveří. Tento poslední způsob zkracuje vyprazdňování až na 5 – 8 sekund ve srovnání s 15 – 20 sekundami při vysouvání trámci. Je to výhodné zejména u krátkých míchacích cyklů dosahovaných u moderních strojů. Směs vypadne prakticky beze zbytků a neznečistí se tak příští směs.

Tlakový způsob míchání vede ke značnému vývinu tepla uvnitř míchací komory, což vyžaduje intenzivní chlazení. Proto jsou stěny komory buď duté, tj. obsahují po celém obvodu chladicí kanálky, nebo se jednotlivé segmenty vnější strany komory chladí sprchami. Ke zvýšení chladicího účinku jsou dutá i obě profilovaná tělesa a spodní uzavírací trámec.

Všechny hnětací stroje jsou opatřeny operačním kontrolním panelem, který slouží k ovládání horního a spodního trámce, ventilů pro vodu a popř. i páru. Záznam o teplotě míchání, o spotřebě elektrické energie apod. Jsou v závislosti na čase.

Popsané zařízení je představováno např. hnětacím stroje typu Banbury (Obr. 4). Velikost strojů se specifikuje buď jako čistý objem komory, nebo jako tzv. užitečné zatížení, které vyjadřuje průměrnou dávku směsi určité hustoty. Při hustotě směsi  $1,0 \text{ g/cm}^3$  činí užitečné zatížení obvykle 55 – 56% z čistého objemu komory.



Obr. 4. Hnětací stroj typu Banbury

*1 – hnětadla, 2 – hnětací komora, 3 – spodní uzávěr, 4 – pneumatický válec, 6 – horní uzávěr, 7 – pneumatický válec, 11 – násypka, 12 – odsávací potrubí, 14 – klapka, 15 – výklopné ústrojí, 17 – prostor pro temperovací médium*

Zavedení vysoce výkonného typu hnětacího stroje do gumárenského provozu vedlo k dalšímu značnému zkrácení doby míchání, avšak současně se tím zvýšila teplota míchání na 150-180°C podle podmínek míchání a složení směsi. Tento vysokoteplotní způsob míchání má své výhody i nevýhody. Proto bylo provedeno mnoho studií na laboratorním hnětacím stroji za přesně kontrolovatelných podmínek. Bylo zjištěno, že obsah vázaného kaučuku u všech běžných druhů vlivem vysoké teploty míchání téměř lineárně stoupá. Plasticita směsí – s výjimkou směsi z butadienakrylonitrilového kaučuku – stoupla, avšak vesměs se zvyšoval elastický podíl defo. U směsí z přírodního a butadienstyrenového kaučuku bylo pozorováno delší nebo kratší prodloužení doby navulkanizování, u směsí z butadienakrylonitrilového kaučuku tomu bylo naopak. Srovnáním hodnot fyzikálně mechanických vlastností se dospělo k závěru, že míchání za vysokých teplot nemá u směsí z přírodního kaučuku žádný podstatnější vliv (u vulkanizátu se projevil určitý pokles modulu a tvrdosti, mírné zvětšení odrazové elasticity, pevnost prakticky beze změny), u směsí ze studeného butadienstyrenového kaučuku působí příznivě (u vulkanizátu nastalo mírné zvýšení pevnosti, modulu a odrazové elasticity, mírný pokles tvrdosti), kdežto u směsí z teplého butadienstyrenového a butadienakrylonitrilového kaučuku nastalo zhoršení zpracovatelských vlastností směsí a pokles hodnot vulkanizátů.

Na vlastnosti směsí míchaných za vysokých teplot má však vliv nejen druh kaučuku, ale i druh plniva, zejména sazí. Srovnávací zkoušky provedené v laboratorním hnětacím stroji při 120, 140, 160 a 180 °C ukázaly, že u směsí z přírodního kaučuku s kanálovými sazemi CK3 a retortovými sazemi HAF nedošlo při zvýšené teplotě ke změně plasticity směsí, značně však stoupl elastický podíl defo. Doba navulkanizování se zkracovala, pevnost a tažnost vulkanizátu zůstaly prakticky neovlivněny, tvrdost klesala postupně, zatímco strukturální pevnost až při nejvyšší teplotě míchání. Odrazová pružnost vzrůstala, odolnost proti růstu trhlin však poklesla. Podobné zkoušky provedené na směsi ze studeného butadienstyrenového kaučuku ve spojení se sazemi ISAF prokázaly opět vzrůst elastického podílu defo, vzrůst pevnosti, modulu, odrazové elasticity a pokles tažnosti. Hodnoty tvrdosti, strukturální pevnosti a trvalého protažení se prakticky nezměnily, odolnost proti odírání a proti růstu trhlin klesly teprve při vyšších teplotách míchání.

Některé nedostatky míchání za vysokých teplot se projeví i při míchání v provozním měřítku. Mimo jiné to bylo zhoršení některých zpracovatelských vlastností směsí, např. větší narůstání vytlačovaných profilů a negativní vliv na odolnost vulkanizátů proti praskání dezénu pláště pneumatiky na drážkách. Proto se projevovala snaha zmenšit vliv vysoké teploty buď tím, že se zintenzívnilo chlazení a délka míchání se řídila nikoli dobou, ale dosažením určitého teplotního intervalu, nebo se doba míchání zkrátila. Toto zkrácení se sice projevilo i snížením teploty (např. základ směsi na běhouny míchaný 6 minut se zahřál až na 170 až 180 °C; zkrátila-li se doba na 2,5-3 minuty, klesla teplota základu na 140-150 °C), avšak zčásti se to u některých typů směsí projevilo zhoršením disperze. Tato okolnost spolu s tím, že za takových teplotních podmínek bylo nemožné přidávat síru a urychlovač do hnětacích strojů, vedla k zavedení dvoustupňového, popř. trojstupňového míchání. Používá se jich, jak z předchozího vyplývá, pouze při míchání na vysokovýkonném hnětacím stroji, a to převážně u směsí s velkým obsahem ztužujících typů sazí, které by za uvedených podmínek dosáhly velmi vysokých teplot. Takovými typy směsí jsou především směsi na běhouny pláštěů.

Dvoustupňové míchání spočívá v tom, že základ směsi – prakticky celá směs bez vulkanizačních přísad – se v prvním stupni krátce zamíchá (2,5-4 minuty podle druhu kaučuku a podle druhu a množství sazí) na vysokovýkonném hnětacím stroji, např. při rychlosti 40 otáček rotoru za minutu, zpracuje se do listů nebo pelet, ochladí a určitou dobu skladuje. Síra a urychlovače se zamíchají v druhém stupni už ve standardním hnětacím stroji při 20 otáčkách za minutu nebo při takovém počtu otáček, aby teplota směsi nepřestoupila 110-115 °C. Míchání ve druhém stupni obvykle trvá 3 minuty.

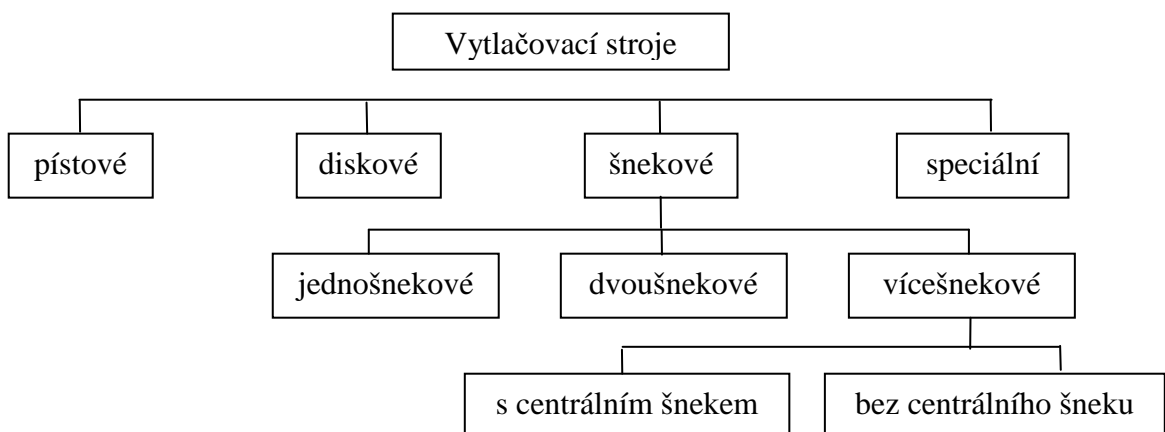
Třístupňové míchání spočívá v tom, že základ zamíchaný v prvním stupni na vysokovýkonném hnětacím stroji se ve druhém stupni přepracuje na témže stroji při snížené teplotě a ve třetím stupni se zamíchá síra a urychlovače obvyklým způsobem při menší rychlosti otáčení.[3]

### 3 VYTLAČOVÁNÍ

Vytlačování je tváření kaučukových směsí, při němž plastický materiál procházející hubicí vytváří profil určitého průřezu a libovolné délky. Tlak lze přerušovaně vyvozovat pístem nebo kontinuálně šnekem. Vytlačování se používá buď přímo k výrobě profilovaného zboží, jako jsou hadičky, šňůry, těsnění atd., nebo k vytlačení profilů např. pro duše jízdních kol a automobilů, běhouny pláště pneumatik, obuv, zboží vyráběné rukodělnou prací, nebo se profilů používá při přípravě součástí pro lisování. Vytlačováním se opatřují obalem nebo pláštěm vodiče nebo hadice. [3]

#### 3.1 Vytlačovací stroje

Vytlačovací stroje jsou určeny ke kontinuální nebo diskontinuální výrobě desek, folií, tyčí, profilů, trubek a jiných výrobků z plastů nebo kaučukových směsí. Princip vytlačování spočívá v převedení materiálu do plastického stavu a vytlačení taveniny profilovaným otvorem do volného prostoru. Po vytlačení následují další operace jako fixace tvaru a rozměru (kalibrace), chlazení ev. vulkanizace a chlazení. Vytlačovací stroje se dělí podle hlavní pracovní části (Obr. 5).



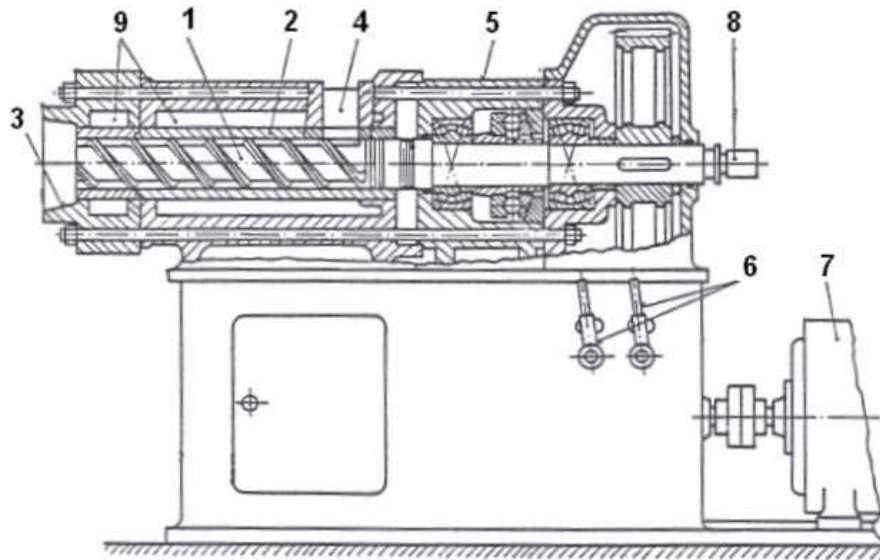
Obr. 5. Rozdělení vytlačovacích strojů

#### 3.2 Šnekové vytlačovací stroje

Vytlačovací stroje zpracovávají kaučuk, kaučukové směsi a téměř všechny druhy polymerních hmot. Hmota se při průchodu vytlačovacím strojem intenzívně hřeje a následně protlačuje hubicí do volného prostoru. Na těchto strojích se zhotovují tyče a pásy různých průřezů, běhouny na pláště pneumatik, fólie, desky a trubky. Dále se na nich

oplášťovávají vodiče a jiné výrobky, čistí se (pasírují) kaučukové směsi, připravují granuláty atd.

Vytlačovací stroje jsou výhodné tam, kde stačí menší hladkost povrchu produktu, kde jsou přípustné větší tolerance a kde lze jejich kontinuální činnosti výhodně využít v plně mechanizovaném i automatizovaném provozu (výrobních linkách).



Obr. 6. Vytlačovací stroj na kaučukové směsi

1 – šnek, 2 – komora, 3 – kužel pro upevnění hlavy, 4 – plnicí otvor, 5 – ložisková skříň, 6 – řadicí páky čtyřrychlostní převodovky, 7 – hnací motor, 8 – vstupní hlava, 9 – komůrky chladicího systému

Vytlačovací stroj nemusí být hlavním strojem soustrojí, může např. připravovat polotovary pro jiné zařízení apod.

Vytlačovací stroje jsou šnekové a pístové. Převládají stroje šnekové, které pracují kontinuálně. Hmotu se v komoře stroje zpracovává i dopravuje otáčením šneku, který se podobá velkému šroubu (Obr. 6). Šnek dopravuje hmotu do násypného (plnicího) otvoru směrem k ústí v hlavě stroje. Přitom ji hněte, mísí, stlačuje, homogenizuje a přivádí do plastického stavu. Šnekové stroje mohou mít dva nebo tři šneky. Nejrozšířenější jsou stroje s jedním šnekem. [3]

Celkem omezené použití mají pístové vytlačovací stroje, ve kterých píst přímočarým pohybem tlačí polymer komorou až do hubice. Pracují diskontinuálně a používá se jen pro některé materiály, jako např. na vytlačování polytetrafluóretylénu.

Šnekové vytlačovací stroje se vyrábějí v mnoha rozmanitých typech, které se však v principu příliš neliší. Pouze různou konstrukcí komory a hlavně šneku jsou přizpůsobeny vlastnostem materiálu, který mají zpracovávat.

Materiál zpracovávaný ve vytlačovacím stroji se ohřívá dvojnásobným způsobem: jednak přeměnou mechanické práce šneku v teplo, jednak teplem, které přestupuje do hmoty ze stěny vyhřívané komory nebo šneku. Kaučukové směsi se mohou zpracovávat obvykle jen při teplotách kolem 100 až 130 °C, a poněvadž mají menší plasticitu, ohřívají se intenzivně teplem vznikajícím přeměnou mechanické práce šneku. Komora stroje se musí chladit, aby se teplota udržela v předepsaných mezích.

Plastické hmoty potřebují ke zpracování vyšší teplotu, obvykle 120 až 250 °C, která se v běžných vytlačovacích strojích, tj. strojích s obvodovou rychlostí šneku  $< 0,3$  m/s, nezíská jen přeměnou mechanické práce šneku.

Komora a popřípadě i šnek se musí vyhřívat. Uplatňují se tzv. rychloběžné vytlačovací stroje s obvodovou rychlostí šneku 0,5 až 0,7 m/s.

Materiál se v nich zahřívá jen intenzivním hnětením, a teprve po dosažení určité viskozity se teplota ustálí na odpovídající výši. Tyto stroje nepotřebují nákladné topné systémy s regulátory a mají až dvakrát větší výkonnost než stejně velké stroje pomaloběžné. Jsou to však většinou stroje jednoúčelové, vhodné pro plastické hmoty s malou viskozitou taveniny, jako např. polyamidy, polykarbonáty, polyetylen aj. Musí mít plnicí otvor opatřen přesným dávkovacím ústrojím. Jejich jednoduchý topný systém se uplatňuje jen při uvádění stroje do chodu.

Velikost vytlačovacího stroje bývá charakterizována průměrem šneku, někdy též jeho délkou. Výkonnost stroje se udává hmotností vytlačené hmoty v kg za hodiny. Výkonnost menších strojů činí obvykle desítky kg/h. Běžné vytlačovací stroje mají výkonnost řádově stovky kg vytlačeného materiálu za hodinu. Největší stroje, používané ve spojení s hnětacími stroji, dosahují výkonností ještě o řád větších. [4]

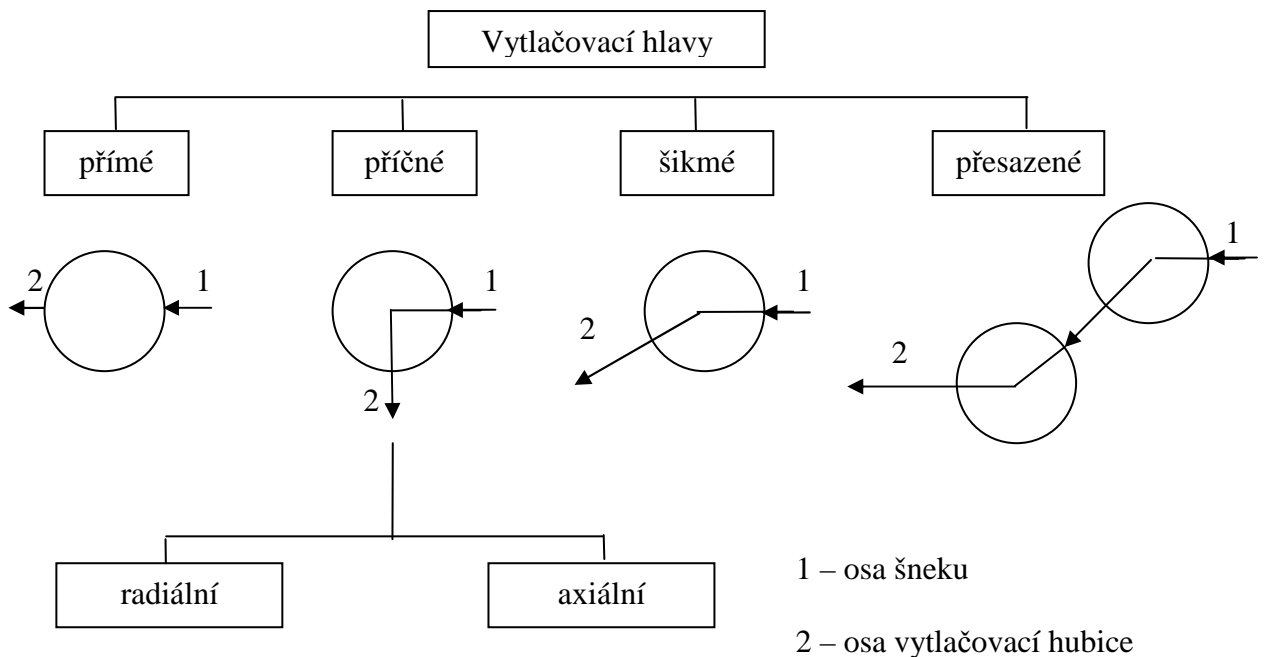
Velikost vytlačovacího stroje je dána průměrem  $D$  a délkou šneku  $L$ , vztahovanou k průměru ( $L/D$ ). Tyto rozměry tvoří tzv. rozměrovou řadu:

D (mm)	20	25	32	45	63	90	125	160	200	250	320	400
L/D	8	10	12	15	(18)	20	(24)	25	30	35		

[5]

### 3.2.1 Vytlačovací hlavy

Vytlačovací hlavy se dělí podle polohy osy šneku a osy vytlačovací hubice

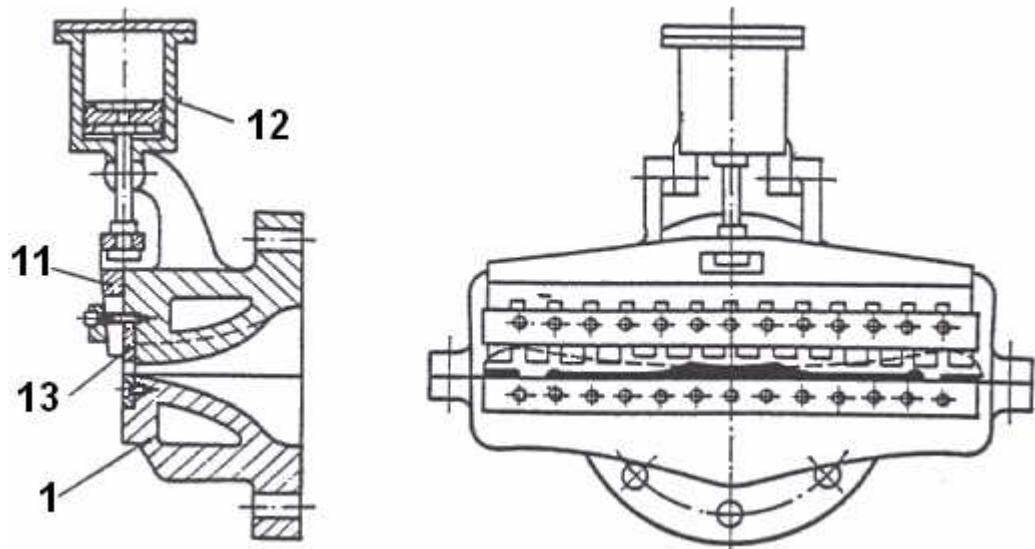


Obr. 7. Rozdělení vytlačovacích hlav

Hlava s hubicí je upevněna k výstupnímu konci komory stroje a formuje vytlačovanou termoplastickou hmotu na požadovaný tvar. Musí být konstruována tak, aby se dala snadno od stroje odpojit, když se má stroj čistit nebo když se mění druh výrobku. S komorou je spojena závitovou, prstencovou nebo bajonetovou objímkou, otočnými šrouby apod. Tento spoj tvoří pevnostně nejméně dimenzovanou část stroje, která chrání stroj před vážnějším poškozením při ucpání hlavy. Vytlačovací hlava a některé její části jsou vyhřívány odporovými pásy (prstenci) nebo indukčně. Topné systémy mají automatickou regulaci teploty.

Stejný tlak hmoty v celém průřezu vytlačovaného produktu je základním požadavkem na vlastnosti z každé hlavy. Proto musí být dutina hlavy hladká, proudnicově řešená, bez koutů, v nichž by vytlačovaná hmota setrvala, navulkanizovala nebo se tepelně rozkládala. Rovnoměrné rozložení tlaku po celém průřezu štěrbinového ústí široké hlavy je tím obtížnější, čím je štěrba užší a delší a čím je hmota viskóznější. Rozdělení tlaku u hlavy na běhouny se dosahuje tím, že válcová dutina hlavy přechází směrem k ústí v táhlou ležatou osmičku (Obr. 8). [4]





Obr. 8. Přímá hlava na běhouny pláštíů pneumatik

1 – hlava, 11 – hřebenový klín, 12 – pneumatický válec, 13 – šablona

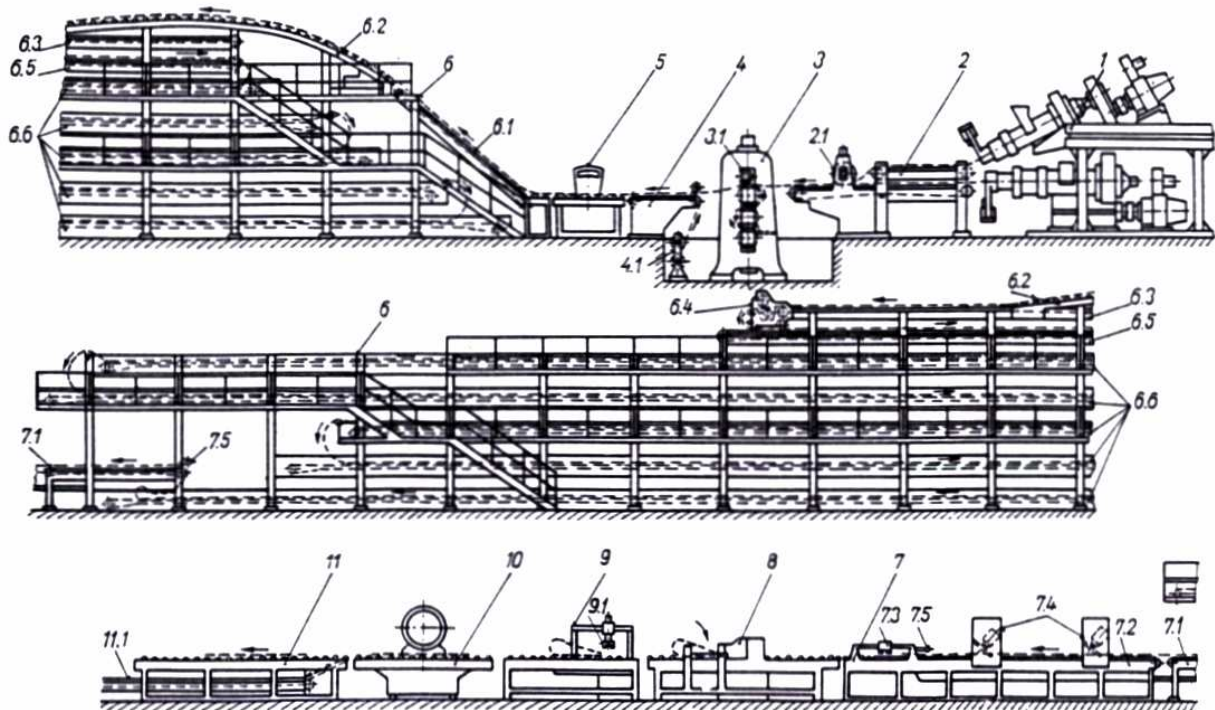
U přímé hlavy na běhouny je průřez běhounu určován výměnnou šablonou 13, jež se upevňuje v hlavě pneumaticky ovládaným hřebenovým klínem 11.

### 3.3 Linka k vytlačování běhounů na pláště pneumatik

Zvýšené nároky na vlastnosti pneumatik si vynutily podstatné změny v příprav jejich jednotlivých dílů, tedy i běhounů. V moderních pneumatikárnách se vyrábějí běhouny několikavrstvé, zhotoven ze dvou nebo tří kaučukových směsí různého složení a různých vlastností. Také konečné rozměry hotového běhounu musí vyhovovat poměrně úzkým tolerancím, aby se při konfekci pláštíů mohla uplatnit v plném rozsahu mechanizace nalepování běhounu na kostru pláště. Na Obr. 9 je znázorněna linka, které může vyrábět běhouny až ze tří vrstev. Běhoun vzniká ze širokého spodního pásu, který tvoří střed běhounu i oba boční pásy. Na něj se za tepla nalepuje užší pás jako koruna běhounu. Oba pásy se vytlačují sdruženým vtačovacím strojem 1. Pro zlepšení adheze ke kostře pláště se na spodní stranu běhounu přilepuje fólie z lepidla. Ta se válkuje na tříválcí 3. Takto vrstvený běhoun prochází chladicím strojem 6, v němž se nejen chladí, ale také smrtví (umrtví), a je odváděn k řezacímu stroji 7. Tam se rozřezává na jednotlivé běhouny podle potřeby konfekční dílny. Kontrolní váhou 10 se ověřuje hmotnost běhounu před uložením do pojízdného zásobníku. Kromě toho jsou v soustrojí ještě pásové nebo válečkové

dopravníky pro dopravu běhounů mezi jednotlivými stroji. K vytlačovacím strojům a k tříválcí přísluší zásobovací dvouválec.

Linka je vhodná jen pro velkovýrobu, neboť jeho zajíždění a seřízení na jiný rozměr a jinou směs je obtížné. Je v něm rozpracováno přes 170 m běhounu a teprve na výstupu je možno spolehlivě posoudit správnost rozměrů běhounu. [4]



Obr. 9. Linka na vytlačování běhounů na pláště pneumatik

1 – sružený vytlačovací stroj, 2 – tažný stroj, 2.1 – přitlačná pneumatika, 3 – tříválec, 3.1 – lamelový válec, 4 – dopravník, 4.1 – odvíjecí ústrojí, 5 – kontrolní úseková váha, 6 – chladicí stroj, 6.1, 6.3 a 6.5 – pásové dopravníky, 6.2 – smršťovací válečková dráha, 6.4 – nanášecí ústrojí, 6.6 – chladicí vany, 7 – řezací stroj, 7.1 a 7.2 – pásové dopravníky, 7.3 – fotorelé, 7.4 – řezací ústrojí, 7.5 – ofukovací trysky, 8 – přehýbací stroj, 9 – natírací stroj, 9.1 – štětec, 10 – kontrolní můstková váha, 11 – odváděcí válečková dráha, 11.1 – pásový dopravník

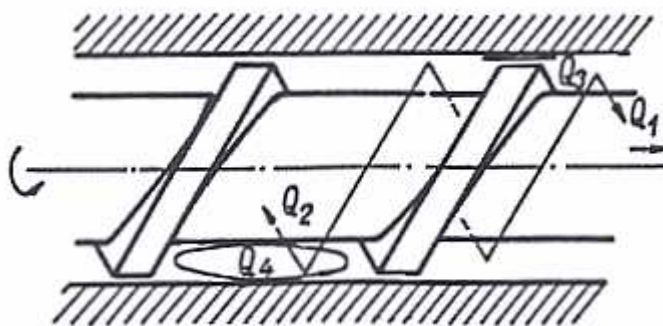
Maximální šířka běhounů zhotovitelných soustrojím je 740 mm. Pracovní rychlost se může regulovat v rozmezí 33 až 330 mm/s. Větší rychlosti se uplatní při výrobě běhounů s menším průřezem. [3]

### 3.4 Všeobecné připomínky k vytlačování

Kaučukové směsi jsou výrazně neneutronovské materiály, tj. jejich koeficient viskozity je závislý na tečném napětí, průběh deformace ve stříhu není v poměru k namáhání ve stříhu, s rychlostí namáhání rychle stoupá odpor. Při daném zatížení rychlost deformace s teplotou stoupá (faktor asi 1,3 pro 10°C). Tok závisí na čase, kaučuk jeví thixotropii, což se zvláště projevuje u směsí se ztužujícími plnivy. [2]

Pohyb materiálu ve vytlačovacím stroji je výslednicí čtyř tokových pochodů (Obr. 10). Jsou to:

- příčný tok, probíhající v rovině kolmé k ose šneku; neovlivňuje postupný tok v plášti, ale způsobuje cirkulační vratný pohyb důležitý pro promíchávání a vyrovnávání  $Q_4$ ,
- posuvný výtlačný tok způsobený dopravou materiálu směrem k hlavě  $Q_1$
- zpětný tlakový tok způsobený odporem v hlavě, působící proti výtlačnému toku  $Q_2$
- zpětný tok způsobený vůlí mezi šnekem a povrchem pláště  $Q_3$ ; u nových strojů je tento tok malý; když se vůle opotřebením zvětší, je pro stejný výkon třeba zrychlit otáčení šneku (nebezpečí navulkanizování)



Obr. 10. Tlaky ve šnekovém vytlačovacím stroji

$Q_1$  – výtlačný tok,  $Q_2$  – zpětný tlakový tok,  $Q_3$  – zpětný tok vůlí,  $Q_4$  – příčný tok

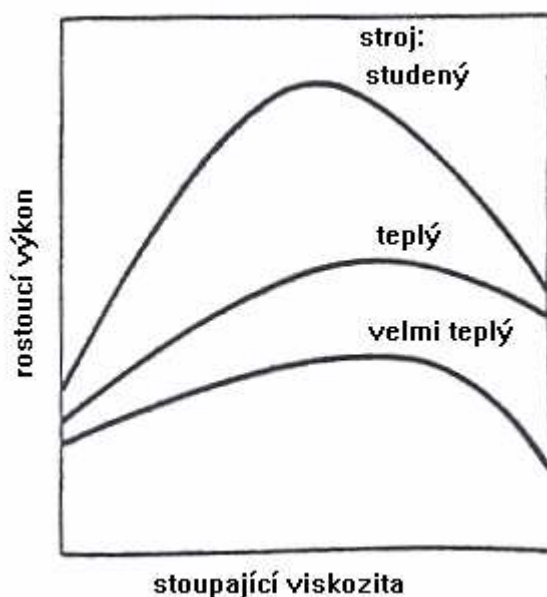
Každou kaučukovou směs nelze vytlačovat, již její složení musí být k tomu zaměřeno. Za předpokladu, že elastomer byl pro daný účel vhodně zvolen, bude rozhodující: viskozita směsi, sklon k deformaci, elastický podíl, navulkanizování a průběh vulkanizace. Při vytlačování se směs poměrně usilovně mechanicky zpracovává, přičemž vzniká přeměnou teplo; čím tužší bude směs, tím větší bude vznikající teplo; příliš plastická směs klade vytlačování malý odpor, výkon je malý a profil se po opuštění hubice bude deformovat. Jak souvisí výkon stroje s viskozitou a teplotou, ukazuje Obr. 11; se stoupající teplotou klesá

výkon, různým teplotám odpovídá optimální viskozita. Plasticita kaučuku se pro vytlačování upravuje buď plastikací, nebo přidávkem změkčovadel do směsi; směs nesmí být však přeměkčena, musí si zachovat nerv.

K vytlačování je jako změkčovadlo nejvhodnější kyselina stearová nebo parafin, tedy změkčovadla s omezenou rozpustností v elastomeru, nazývaná maziva. Účinek těchto přísad je založen na principu: regenerát, SP-rubber jako materiály nerozpustné, ale dobře mísitelné s kaučuky, zvětšují anizotropii směsí; nejsou to materiály zesíťované v celé hmotě, ale drobné fragmenty zesíťovaných podílů v plastickém médiu; navíc při volné vulkanizace zmenšují deformaci teplem, protože jsou méně termoplastické než kaučuky.

Z plniv jsou nejvhodnější ta, která podporují anizotropii, tedy např. saze s vyšší sekundární strukturou, magnésia karbonika, apod.; termické saze bez sekundární struktury nejsou vhodné; směsi mají velké narůstání, povrch není hladký; s větším objemem plnění se ovšem jejich vliv zlepšuje. Volba správných plniv není tak důležitá u přírodního kaučuku jako u některých kaučuků syntetických, kde je rozhodujícím faktorem.

Při hodnocení směsí pro vytlačování se posuzuje výkon (objem nebo délka profilu za stanovených podmínek), povrch, hrany, narůstání, sklon k deformaci a odolnost proti navulkanizování. Používá se k tomu převážně empirických metod, např. vytlačování Garveyovou hubicí, na vytlačeném profilu se hodnotí povrch a hrany pomocí empiricky připravené stupnice a narůstání skutečným povrchem plochy. [2]



Obr. 11. Vztah mezi teplotou, viskozitou a výkonem stroje

Zvláště velkou pozornost nutno věnovat urychlení směsi. Teplota při vytlačování je značně vysoká a může dojít k navulkanizování v hubici nebo dokonce již ve šneku. K navulkanizování může dojít také tehdy, jestliže směs dlouho setrvává ve stroji, např. při velkých dávkách a malém odběru hubicí; materiál se v hlavě dlouho hneje, nastává zpětný tok vůli mezi šnekem a pláštěm a popř. navulkanizování; malé profily vytlačovat je vhodnější na malém stroji. Proto se k urychlení směsi s oblibou používá urychlovačů se zpožděným účinkem.

Navulkanizování a nepravidelnosti při vytlačování může také zavinit nesprávná manipulace s odpadem. Vratný odpad je třeba vždy převálcovat na plásty, ochladit a pak rovnoměrně přidávat do nové směsi; malé množství navulkanizovaného odpadu stačí jako násada (zárodek) způsobit navulkanizování celého množství.

Plynulé vytlačování předpokládá dostatečný pravidelný tlak v hlavě (tlak dosahuje hodnot kolem 20 MPa). To souvisí s teplotou jednotlivých částí stroje a s teplotou směsi (za předpokladu, že stroj je v pořádku a že šnek nemá opotřebením příliš velkou vůli). Plášť se udržuje jen mírně teplý a jeho teplotou lze do jisté míry kontrolovat výkon stroje. Je-li plášť příliš teplý, snižuje se viskozita směsi, klesne tlak v hlavě a tím se zhorší výkon i kvalita. [2]

Důležitá je teplota hubice; studená hubice brzdí průchod směsi, způsobuje velký tlak v hlavě, zvětšuje zpětný tok, profil má špatný povrch; průchodem příliš teplou hlavou a hubicí materiál změkne, výkon klesá a profil se za hubicí deformuje. Vyšší teplota hubice je nutná pro málo plněné směsi s vysokým nermem. Šnek se u větších strojů chladí, aby se zmírnilo tření a snížilo nebezpečí navulkanizování. Vytlačovací stroj lépe pracuje, využívá-li se ho v blízkosti jeho výrobní kapacity (dané šnekem); tok stačí vyplňovat přímo hubici a materiál nezůstává ve stroji déle, než je třeba, a nenastává navulkanizování. Při začátku práce se najíždí menší rychlostí a pak se počet otáček šneku zvyšuje tak dlouho, dokud je kvalita profilu vyhovující. Jsou-li rozměry poněkud větší, než je předepsáno, lze je v určitých mezích upravit tím, že se materiál nebo stroj více ohřeje, zvýší se plasticita a materiál méně narůstá; rozměry lze v malých mezích korigovat také zrychlením odběru. [2]

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 4 EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

### 4.1 Cíl:

1. Vypracovat literární studii na dané téma.
2. Porovnat fyzikální a mechanické vlastnosti kaučukových směsí s použitím aromatických a nearomatických olejů.

V této části diplomové práce byla použita data z fyzikálně-mechanické laboratoře firmy Mitas, a.s. Porovnány jsou tři kaučukové směsi různého složení. Pro porovnání výsledků jsou použity krabicové diagramy.

3. Porovnat vlastnosti směsí při zpracování vytlačováním.

V této části diplomové práce byla porovnána jedna kaučuková směs, která má největší rozdíl ve vlastnostech ovlivňujících zpracování. Zpracovatelské porovnání popisuje vytlačování na vytlačovací lince Mitas, a.s. Vytlačování je zvoleno z důvodu velké náchylnosti na změny ve skladbě kaučukové směsi, které se mohou negativně projevit na kvalitě vytlačovaného polotovaru.

4. Vyhodnotit naměřené údaje.

V závěru práce porovnává změnu aromatických olejů na nearomatické v kaučukových směsích zkouškou trvanlivosti hotového výrobku ve zkušebně IGTT, a.s.

### 4.2 Charakteristika porovnávaných kaučukových směsí

Porovnávané běhounové směsi s označením A, B, C jsou zpracovávány vytlačováním. Tyto směsi pro běhouny jsou používány pro širokou škálu výrobků mimosilničních pneumatik (traktorové pláště, vysokozdvížné vozíky, zemědělská technika, víceúčelové pneumatiky apod.).

Složení směsi A je na bázi kombinace přírodního kaučuku TSR 20 a butadienového kaučuku BR-SKD, plněného sazemi cca 50 dsk, podíl oleje je cca 5 dsk.

Složení směsi B je na bázi kombinace přírodního kaučuku TSR 20 a butadienového kaučuku BR-SKD, plněného sazemi cca 55 dsk, podíl oleje je cca 6 dsk.

Složení směsi C je na bázi kombinace isoprenového kaučuku IR, butadienového kaučuku BR-Buna cis a butadienového kaučuku SBR 1500, plněného sazemí cca 65 dsk, podíl oleje je vysoký cca 20 dsk.

Tab. 7. Jmenovité hodnoty některých fyzikálně mechanických vlastností směsí A, B, C

Směs	Hustota (g/cm <sup>3</sup> )	Tvrdość ShA	Viskozita Mooney (ML)	Pevnost v tahu (MPa)
A	1,12	62	60	18
B	1,14	60	55	15
C	1,12	63	60	18

### 4.3 Porovnání fyzikálně mechanických vlastností

Z laboratorních zkoušek fyzikálně mechanických vlastností jsou porovnány charakteristiky, které jsou významné pro celkovou kvalitu výrobku (pneumatiky) a při zpracování neztulkanizované kaučukové směsi.

Porovnány jsou výsledky kaučukových směsí před změnou (rok 2009) a po změně na nearomatické oleje (rok 2010). U četnosti měření  $n = 50$  je pro vizuální porovnání použito krabicových diagramů generovaných programem Statgraphics. Naměřená data vyhodnocená programem Statgraphics jsou k jednotlivým vlastnostem uvedena v přílohách P1, P2, P3 a P4. Každý zkušební vzorek pro jednotlivé zkoušky byl odebrán z odlišné dávky kaučukové směsi a jeho výsledky zaznamenávány do uvedených formulářů v příloze P6, P7, P8 a P9..

Následující podkapitoly porovnávají vlastností směsí A, B, C popsané v předchozí kapitole.

#### 4.3.1 Vulkanizační charakteristika

Vulkanizační charakteristiky zkoušených směsí jsou porovnány tvarem vulkanizační křivky zaznamenané pomocí vulkametru s kmitajícím diskem dle ČSN ISO 3417. Měření proběhlo na Rheometru MONSANTO MDR 2000 E viz. Obr.12.

Tab. 8. Parametry rheometru Monsanto

Monsanto MDR 2000 E	
Frekvence pohybující formy	100 cyklů za minutu (1,66 Hz)
Oscilační amplituda	Plus mínus 1° (3°, 0,5°)
Objem vzorku	cca 4,5 cm <sup>3</sup> (stanoveno dle typu směsi)
Teplota	195°C
Čas	(dle typu směsi) v případě směsí A,B,C to jsou 2 a 2,5 min

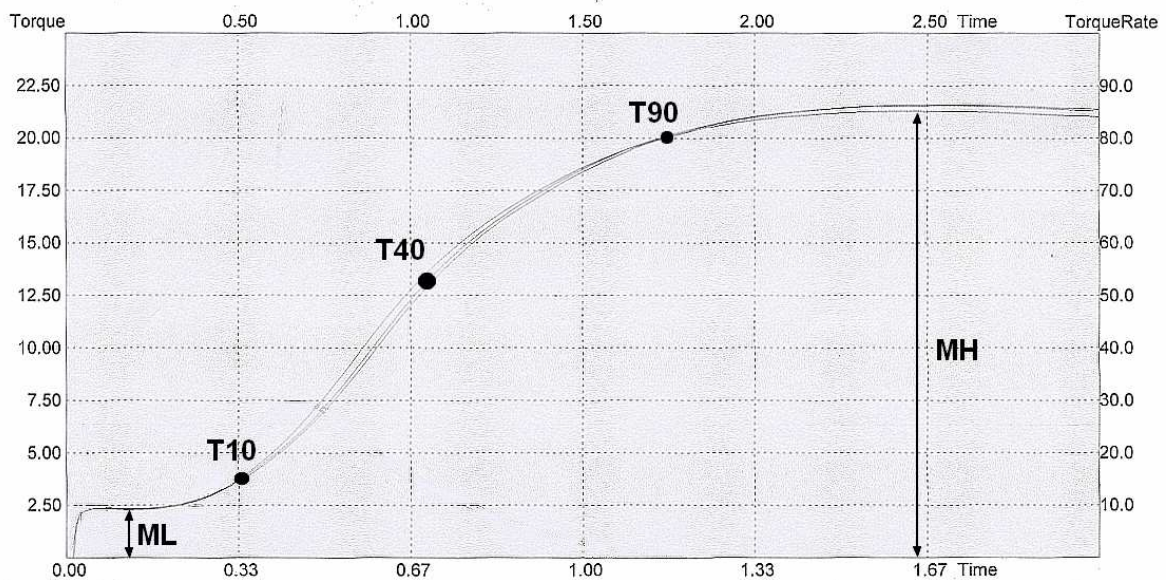


Kroutící moment působící na disk představuje odpor zkoušené kaučukové směsi proti deformaci a zaznamenává se automaticky ve formě křivky závislosti kroutícího momentu na čase.



Obr. 12. Rheometru MONSANTO MDR 2000 E

Proces vulkanizace a jeho stabilita je pro výslednou kvalitu výrobku nejzásadnější. Uvedená změna olejů v kaučukové směsi by neměla výrazně změnit tvar křivky v rámci povolených mezí. Tvar křivky je zaznamenán jako funkce velikosti kroutícího momentu v závislosti na čase. V diplomové práci je popsáno měření v pěti bodech vulkanizační křivky ML, T10, T40, T90, MH viz. Obr. 13.



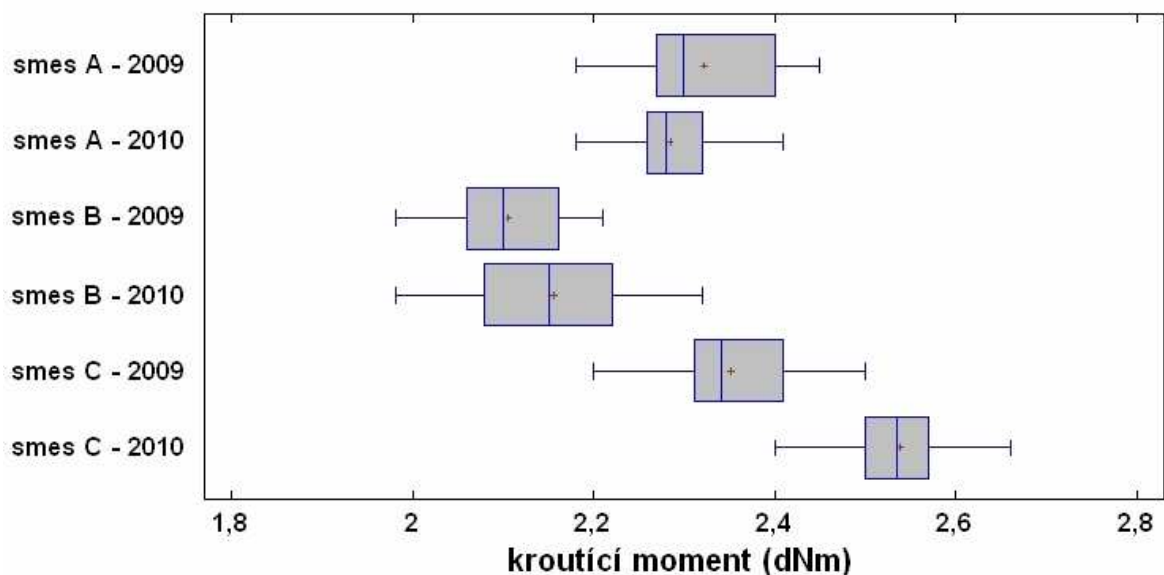
Obr. 13. Vulkanizační křivka MONSANTO MDR 2000 E

Teplota a čas při zkoušení vzorku kaučukové směsi na Rheometru Monsanto byly stanoveny na 195 °C a 2 respektive 2,5 minuty dle typu směsi. Hmotnost zkoušeného vzorku směsi je dána předpisy Mitas, a.s. Tyto předpisy jsou stanoveny tak, aby zkušební vzorek dané hmotnosti optimálně vyplnil objem dutiny mezi disky.

*ML – Nejmenší kroutící moment [dNm]*

Těsně po uzavření zkoušeného vzorku se kroutící moment „ustálí“ na hodnotě ML. Ta odpovídá viskozitě kaučukové směsi při teplotě vulkanizace. Tato charakteristika z průběhu vulkanizační křivky je pro následné zpracování vytlačováním jednou z nejpodstatnějších. Značný rozdíl hodnoty ML v porovnávaných kaučukových směsích může znamenat výrazně odlišné vlastnosti směsi při zpracování.

Obr. 14. a Tab. 9. znázorňují a popisují porovnání průběhů ML u směsí A, B, C s olejem Triumf (rok 2009) a nearomatickým olejem RAE (rok 2010).



Obr. 14. Porovnání ML u kaučukových směsích A, B, C

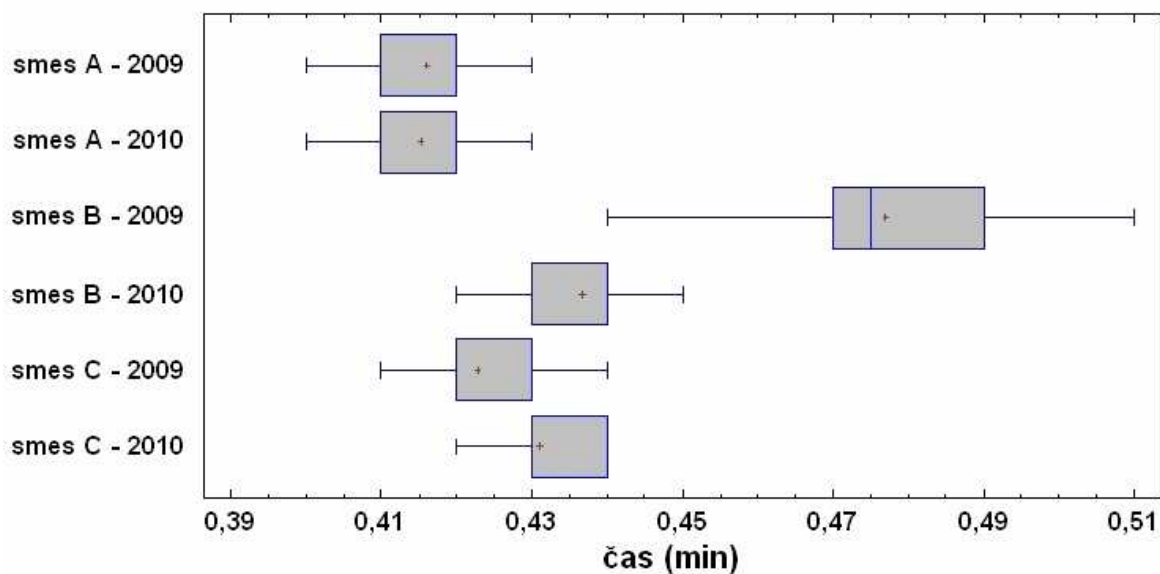
Tab. 9. Statistická data k Obr. 14.

ML (dNm)	Směs A		Směs B		Směs C	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Počet měření	50	50	50	50	50	50
Medián	2,30	2,28	2,10	2,15	2,34	2,54
Průměr	2,32	2,28	2,10	2,16	2,35	2,54
Q1	2,27	2,26	2,06	2,08	2,31	2,5
Q3	2,4	2,32	2,16	2,22	2,41	2,57
IQR	0,13	0,058	0,098	0,14	0,098	0,068
1,5 IQR	0,2	0,09	0,15	0,21	0,15	0,1
Směrodatná odchylka	0,072	0,053	0,078	0,094	0,072	0,063

Všechny hodnoty ML pro jednotlivé směsi A, B, C se pohybovaly v rámci povolených mezí dané charakterem vulkanizační křivky původní směsi (rok 2009). Přesto se lze ze zpracovatelských důvodů zaměřit na směs C, u které je rozdíl průběhu ML nejvýraznější.

*T10 – Čas dosažený při 10%-ním zvulkanizování vzorku [min]*

Počátek síťování kaučukové směsi se projevuje růstem kroučícího momentu. Údaj T10 je důležitý z hlediska tzv. bezpečnosti kaučukové směsi (doba počátku vulkanizace). Kaučuková směs je zvulkanizována z 10%. V případě, že je hodnota T10 výrazněji nižší než stanovují meze tvaru vulkanizační křivky hrozí problémy s navulkanizováním při zpracování směsi na vytlačovacím stroji popřípadě s nižší kvalitou výrobku při vulkanizaci.



Obr. 15. Porovnání T10 u kaučukových směsí A, B, C

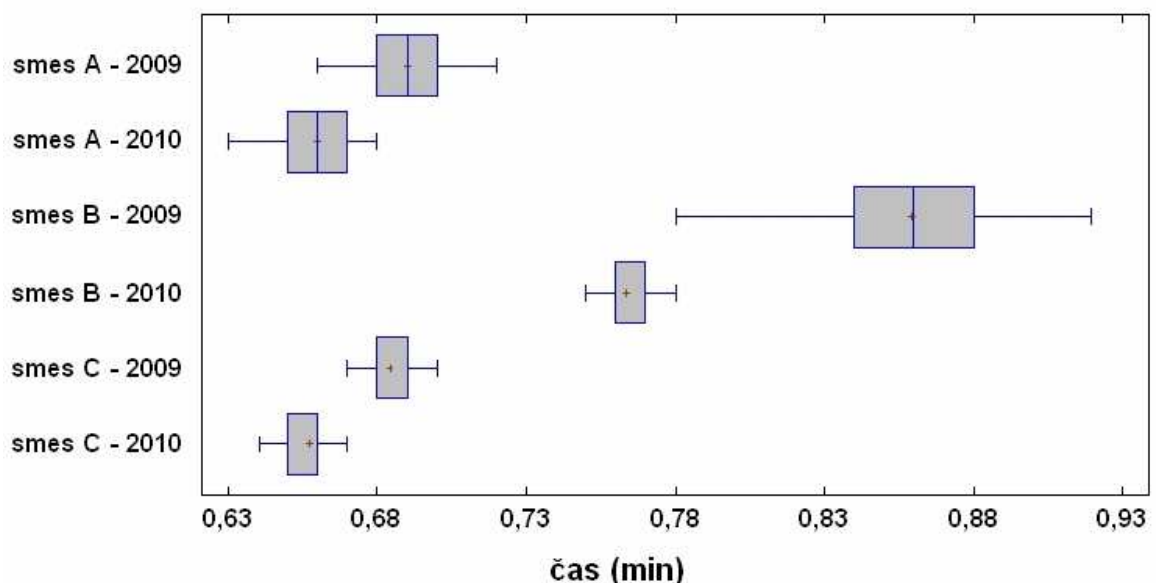
Tab. 10. Statistická data k Obr. 15.

T10 (min)	Směs A		Směs B		Směs C	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Počet měření	50	50	50	50	50	50
Medián	0,42	0,42	0,475	0,440	0,42	0,43
Průměr	0,416	0,415	0,477	0,437	0,423	0,431
Q1	0,41	0,41	0,47	0,43	0,42	0,43
Q3	0,42	0,42	0,49	0,44	0,43	0,44
IQR	0,01	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
1,5 IQR	0,015	0,015	0,03	0,015	0,015	0,015
Směrodatná odchylka	0,011	0,001	0,017	0,008	0,011	0,008

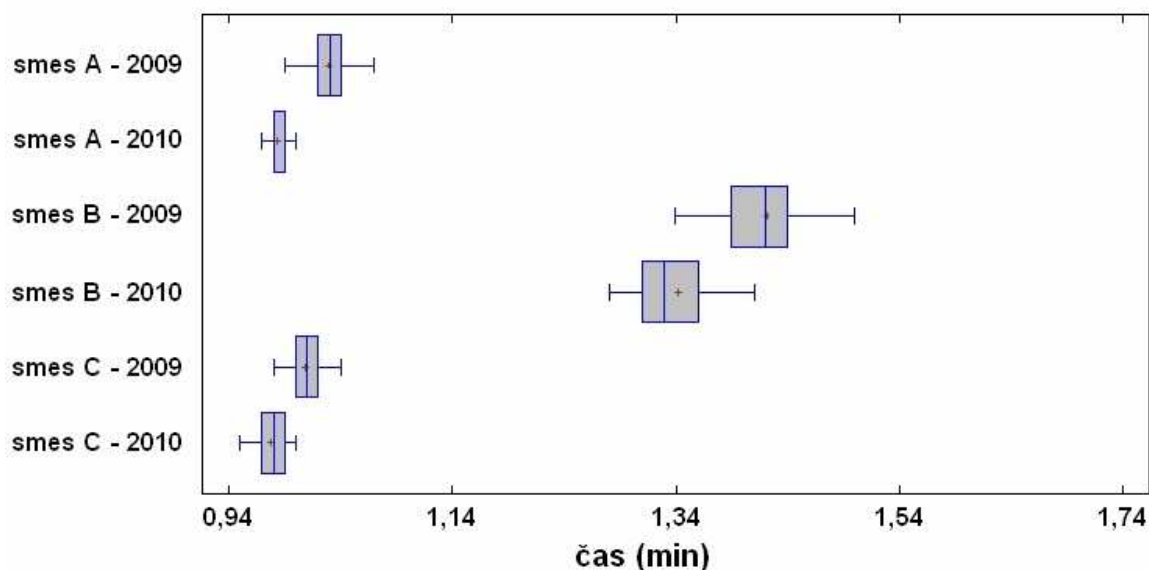
V rámci mezi vulkanizační křivky nedošlo k výrazným odchylkám, které by znamenaly problémy s navulkanizováním kaučukové směsi (Obr. 15. a Tab. 10). Největší rozdíl je u směsi B, který je však v rámci stanovených vulkanizačních mezí zanedbatelný. Z toho důvodu lze bez obav zachovat původní teplotní režim při zpracování vytlačováním a eliminovat tak rozdíl narůstání směsí za hubicí. Změna teplotního režimu při vytlačování by znamenala diferenci v narůstání profilu za hubicí.

*T40, T90 – Čas dosažený při 40%-ním a 90%-ním zvulkanizování vzorku [min]*

Hodnotami T40 a T90 na vulkanizační křivce je charakterizován průběh vulkanizace důležitý pro určení vulkanizační doby výrobku. Hodnota T90 se nazývá optimum vulkanizace. V případě výrazných odchylek hodnot T40 a T90 od mezí tvaru vulkanizační křivky lze předpokládat změna vulkanizační teploty výrobku nebo doby vulkanizace výrobku. Porovnané hodnoty T40 a T90 směsí A, B, C jsou na Obr. 16., 17. a Tab. 11., 12.



Obr. 16. Porovnání T40 u kaučukových směsí A, B, C



Obr. 17. Porovnání T90 u kaučukových směsí A, B, C

Tab. 11. Statistická data k Obr. 16.

T40 (min)	Směs A		Směs B		Směs C	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Počet měření	50	50	50	50	50	50
Medián	0,69	0,66	0,86	0,76	0,68	0,66
Průměr	0,69	0,66	0,859	0,763	0,684	0,657
Q1	0,68	0,65	0,84	0,76	0,68	0,65
Q3	0,7	0,67	0,88	0,77	0,69	0,66
IQR	0,02	0,02	0,04	0,01	0,01	0,01
1,5 IQR	0,03	0,03	0,06	0,015	0,015	0,015
Směrodatná odchylka	0,014	0,012	0,032	0,017	0,016	0,009

Tab. 12. Statistická data k Obr. 17.

T90 (min)	Směs A		Směs B		Směs C	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Počet měření	50	50	50	50	50	50
Medián	1,03	0,99	1,42	1,33	1,01	0,98
Průměr	1,029	0,984	1,422	1,342	1,009	0,978
Q1	1,02	0,98	1,39	1,31	1,0	0,97
Q3	1,04	0,99	1,44	1,36	1,02	0,99
IQR	0,02	0,01	0,05	0,05	0,02	0,02
1,5 IQR	0,03	0,015	0,075	0,075	0,03	0,03
Směrodatná odchylka	0,019	0,013	0,039	0,063	0,018	0,012

T40 a T90 odpovídá času, za který kroutící moment dosáhne hodnoty dle následujících vztahů:

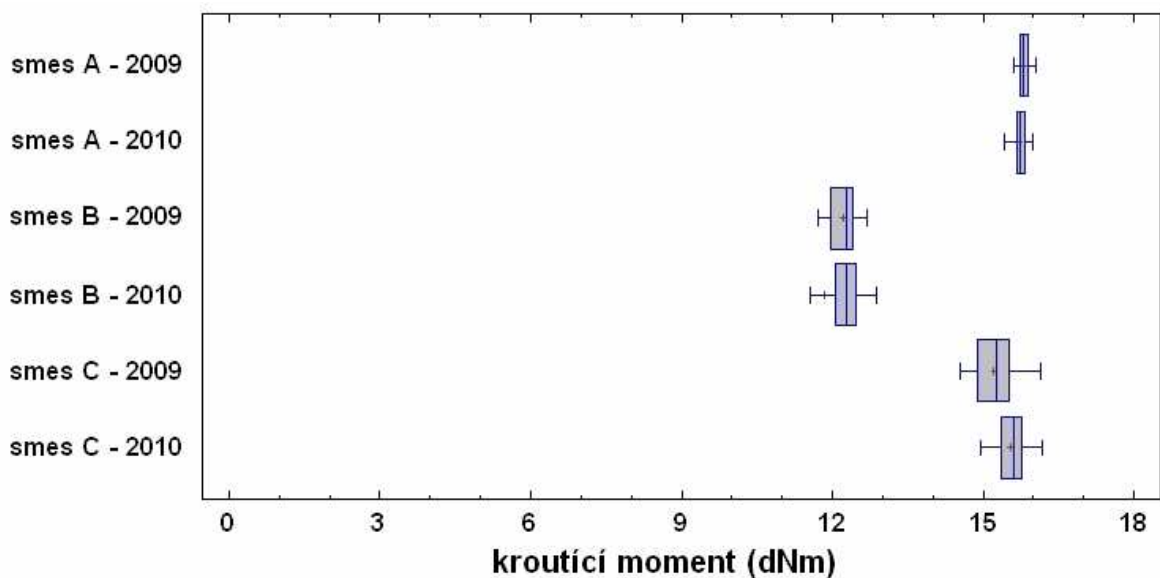
- pro T40:  $ML + 0,4$  (MH-ML)

- pro T90:  $ML + 0,9$  (MH-ML)

Z předchozích dat lze zaznamenat největší rozdíl pouze u T40 směs B. Přesto tento rozdíl není natolik výrazný, aby znamenal na základě těchto měření zásah do vulkanizačních podmínek výrobku. Všechny porovnávané hodnoty T40 a T90 se pohybovaly v rámci povolených mezí předepsaného průběhu vulkanizační křivky.

*MH – Maximální kroutící moment na křivce [dNm]*

Maximální kroutící moment vulkanizační křivky určuje tuhost vulkanizátu a konec vulkanizace. Charakterizuje fyzikálně mechanické vlastnosti z vulkanizované pryže. Tato hodnota je zásadní pro určení celkové doby vulkanizace výrobku. U tvaru vulkanizačních křivek směsí A, B, C po dosažení MH dochází k mírnému poklesu hodnot kroutícího momentu, což odpovídá vulkanizační křivce s reverzí. Porovnané hodnoty MH směsí A, B, C jsou na Obr. 18. a Tab. 13.



Obr. 18. Porovnání MH u kaučukových směsí A, B, C



Tab. 13. Statistická data k Obr. 18.

MH (dNm)	Směs A		Směs B		Směs C	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Počet měření	50	50	50	50	50	50
Medián	15,83	15,77	12,29	12,29	15,28	15,62
Průměr	15,806	15,725	12,223	11,848	15,235	15,562
Q1	15,74	15,68	11,995	12,073	14,91	15,38
Q3	15,905	15,856	12,388	12,46	15,508	15,78
IQR	0,165	0,178	0,393	0,388	0,598	0,4
1,5 IQR	0,248	0,266	0,589	0,581	0,896	0,6
Směrodatná odchylka	0,141	0,187	0,235	0,144	0,367	0,303

Z výsledků porovnání MH pro všechny tři směsi je patrné, že maximální kroutící moment nevykazuje změnu, která by byla natolik zásadní, aby bylo nutné zasahovat do vulkanizačních podmínek výrobku.

Všechny výše uvedené vulkanizační charakteristiky kaučukových směsí A, B, C, které sledují průběh vulkanizační křivky, poukazují na to, že náhrada aromatických olejů za nearomatické nezpůsobila žádný zásadní rozdíl ověřovaných hodnot na reometru Monsanto.

#### 4.3.2 Viskozita Mooney

Viskozita zkoušených směsí je porovnána hodnotou na křivce zaznamenané pomocí viskozimetru Mooney dle ČSN 62 1415, ST SEV 3667-88. Měření proběhlo na rotačním diskovém viskozimetru Mooney viz Obr. 19.



Obr. 19. Viskozimetr Mooney

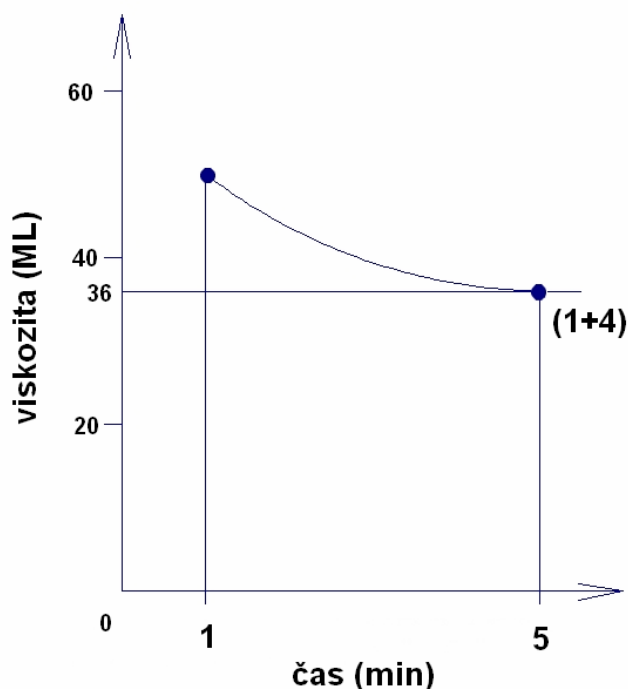
Tab. 14. Parametry viskozimetru Mooney

Viskozimetr Mooney	
Rychlost otáčení smykového disku	0,033 s <sup>-1</sup>
Smykový disk	typ L, velký rotor (Ø 38,1 mm)
Čas zkoušky (1+4)	5 min (1 ⇒ první minuta je doba předehřevu od uzavření formy, 4 ⇒ je doba otáčení rotoru po kterém byla odečtena hodnota viskozity)
Teplota	100 °C

Zkouška s parametry uvedenými v Tab. 14. se zapisuje např. 36 ML (1+4) 100 °C (36 M značí viskozitu v jednotkách Mooney).

Viskozita Mooney vyjadřuje odpor zkoušeného materiálu smykovému namáhání, úměrný krouticímu momentu na ose smykového disku, měřeného při dané teplotě a konstantní rychlosti otáčení za daného časového intervalu.

Naměřené hodnoty se přečtou na stupnici přístroje nebo z křivky závislosti viskozity na době zkoušky (Obr. 20.) s přesností na 0,5 jednotek Mooney.



Obr. 20. Příklad zápisu výsledků stanovení viskozity Mooney

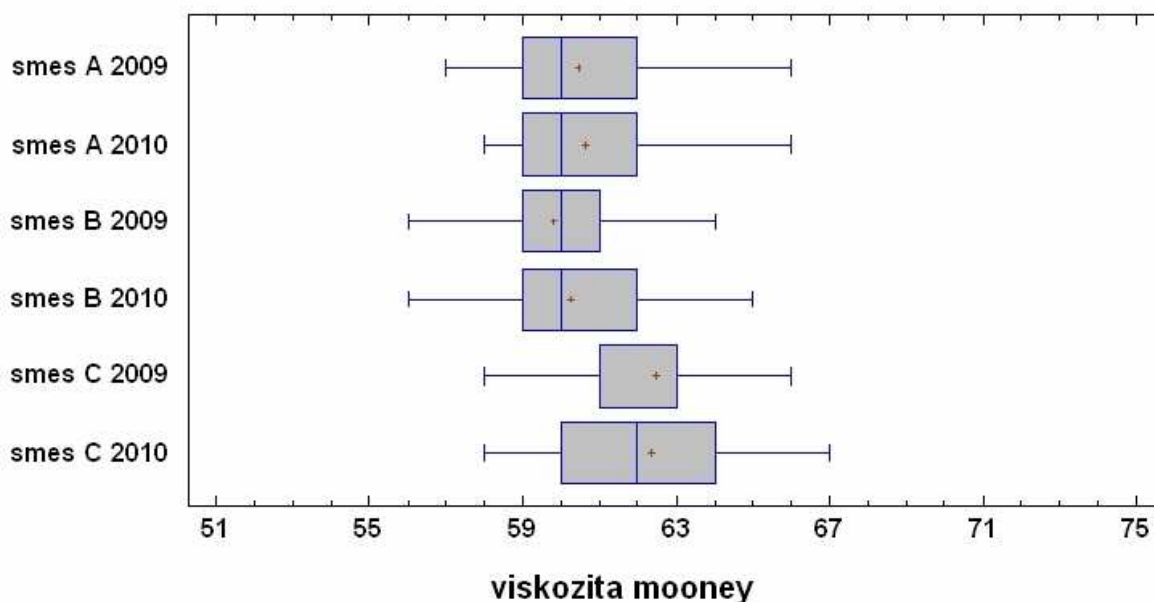
Viskozita Mooney je jedním z nejpoužívanějších ukazatelů zpracovatelských vlastností kaučukových směsí, pro zpracování vytlačováním je tato charakteristika klíčová.



Zkušební těleso se skládá ze dvou kotoučů o průměru 45 až 50 mm. Vysekávají se kruhovým nožem z plástů kaučukových směsí. Ve středu jednoho kotouče se vyřeže otvor o průměru asi 12 mm pro nasazení kotouče na tyč rotoru. Tloušťka jednoho zkušebního kotoučku musí být 6-8 mm.

Značný rozdíl hodnot viskozity Mooney v porovnávaných kaučukových směsí může znamenat výrazně odlišné vlastnosti směsi při zpracování.

Obr. 21. a Tab. 15. znázorňují a popisují porovnání průběhů viskozity Mooney u směsí A, B, C s olejem Triumf (rok 2009) a nearomatickým olejem RAE (rok 2010).



Obr. 21. Porovnání viskozity Mooney u kaučukových směsí A, B, C

Tab. 15. Statistická data k Obr. 21.

Viskozita Mooney	Směs A		Směs B		Směs C	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Počet měření	50	50	50	50	50	50
Medián	60	60	60	60	63	62
Průměr	60,46	60,64	59,80	60,24	62,48	62,36
Q1	59	59	59	59	61	60
Q3	62	62	61	62	63	64
IQR	3	3	2	3	2	4
1,5 IQR	4,5	4,5	3	4,5	3	6
Směrodatná odchylka	2,13	1,89	2,09	2,51	2,18	2,75

Všechny hodnoty viskozity Mooney pro jednotlivé směsi A, B, C se pohybovaly v rámci povolených mezí dané předpisy Mitas, a.s. původních směsí (rok 2009). Přesto se lze ze zpracovatelských důvodů opět zaměřit na směs C, u které lze pozorovat nejvýraznější rozdíl šíře mezikvartilového rozpětí (menší stabilita u směsi C rok 2010 oproti roku 2009).

### 4.3.3 Tvrdość Shore A

Tvrdość zkoušených směsí je porovnána pomocí tvrdoměru Shore typu A dle ČSN EN ISO 868. Měření proběhlo na stolním tvrdoměru Zwick 3100 pro měkčí materiály (30 až 75 dílků stupnice) viz Obr. 22. Podstatou stanovení tvrdosti metodou Shore A je měření odporu proti vtlačení ocelového hrotu do zkoušeného pryžového materiálu.



Obr. 22. Stolní tvrdoměr Zwick 3100 určený pro stanovení tvrdosti Shore A

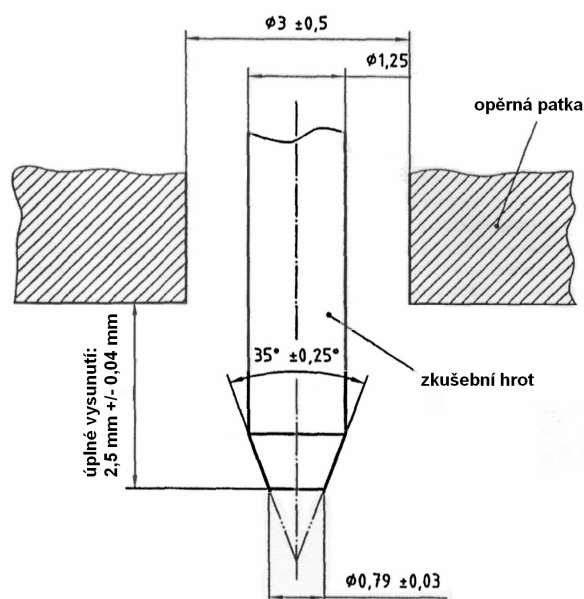
Tato metoda zavádí empirickou zkoušku, která je určena především pro účely kontroly jakosti pryže. Hodnota tvrdosti je nepřímou úměrná hloubce vtlačení hrotu a závisí na modulu pružnosti a na viskoelastických vlastnostech materiálu.

Zkušební těleso se umístí na desku stojanu a pomocí páky se těleso přitlačí k opěrné patce tvrdoměru. Přitlačení musí být bez nárazu (přítlačná síla 10 N).

Tvrdość je odečítána na stupnici přístroje po uplynutí 3 sekund od dosažení prvního dotyku mezi opěrnou patkou a zkušebním tělesem. Tvrdość se měří nejméně na třech místech

zkušebního tělesa vzdálených od sebe 6 mm. Tloušťka zkušebního tělesa je minimálně 4 mm. Ostatní rozměry zkušebního tělesa jsou takové, aby umožnily měření, alespoň 12 mm od kteréhokoliv okraje. Povrch zkušebního tělesa, musí být hladký, bez prohlubin, trhlin a puchýřů a vnějších vad viditelných pouhým okem.

Zkušební hrot je tyčinka z tvrzené oceli o daném průměru s koncem ve tvaru komolého kužele Obr. 23. Při měření vlivem odporu proti vnikání ustupuje hrot do vlastního tvrdoměru a mechanickým převodem ovládá ručičku stupnice. Opěrná patka tvrdoměru, zaručuje, aby zkoušecí hrot vnikal do měřeného materiálu kolmo.

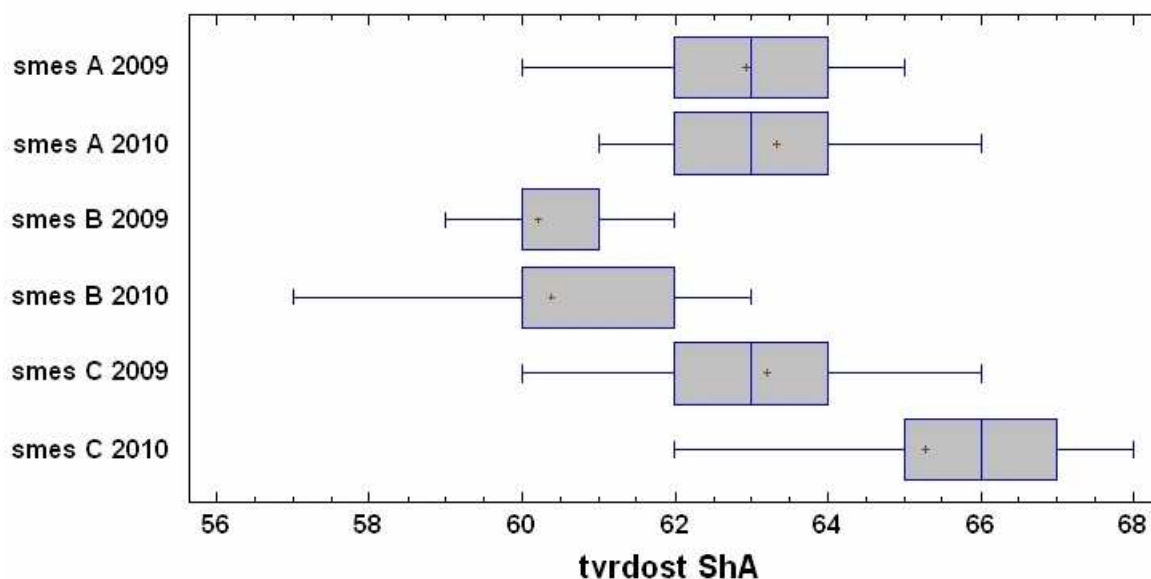


Obr. 23. Hrot tvrdoměru určený pro stanovení tvrdosti Shore A

Výsledkem zkoušky jsou tři měření tvrdosti na různých místech zkušebního tělesa a jejich stanovená střední hodnota zaokrouhlená na celé číslo.

Značný rozdíl hodnot tvrdosti Shore A v porovnávaných kaučukových směsích může znamenat výrazně odlišné uživatelské vlastnosti pryže ve výrobku a také při zpracování kaučukové směsi.

Obr. 24. a Tab. 16. znázorňují a popisují porovnání tvrdosti Shore A u směsí A, B, C s olejem Triumf (rok 2009) a nearomatickým olejem RAE (rok 2010).



Obr. 24. Porovnání tvrdosti Shore A u kaučukových směsí A, B, C

Tab. 16. Statistická data k Obr. 24.

Tvrdost Shore A	Směs A		Směs B		Směs C	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Počet měření	50	50	50	50	50	50
Medián	63	63	60	60	63	66
Průměr	62,94	63,34	60,20	60,38	63,20	65,28
Q1	62	62	60	60	62	65
Q3	64	64	61	61,75	64	67
IQR	2	2	1	1,75	2	2
1,5 IQR	3	3	1,5	2,625	3	3
Směrodatná odchylka	1,35	1,30	1,46	1,65	1,31	2,00

Všechny hodnoty tvrdosti Shore A pro jednotlivé směsi A, B, C se pohybovaly v rámci povolených mezí dané předpisy Mitas, a.s. původních směsí (rok 2009). Přesto se lze ze zpracovatelských důvodů a uživatelských vlastností opětovně zaměřit na směs C, u které lze pozorovat nejvýraznější rozdíl v naměřených hodnotách tvrdosti.

#### 4.3.4 Hustota

Hustota zkoušených směsí je porovnávána pomocí hustotní váhy (hustoměru) Wallace X 16B dle ČSN 62 1405 viz Obr.25. Hustota je hmotnost jednotkového objemu pryže při stanovené teplotě vyjádřená v  $\text{g/cm}^3$ .

Stanovení hustoty se provádí vážením na vzduchu a v destilované vodě. Hmotnost při ponoření do vody je menší než hmotnost na vzduchu o hmotnost vytlačené vody, objem vytlačené vody se rovná objemu zkoušeného vzorku.



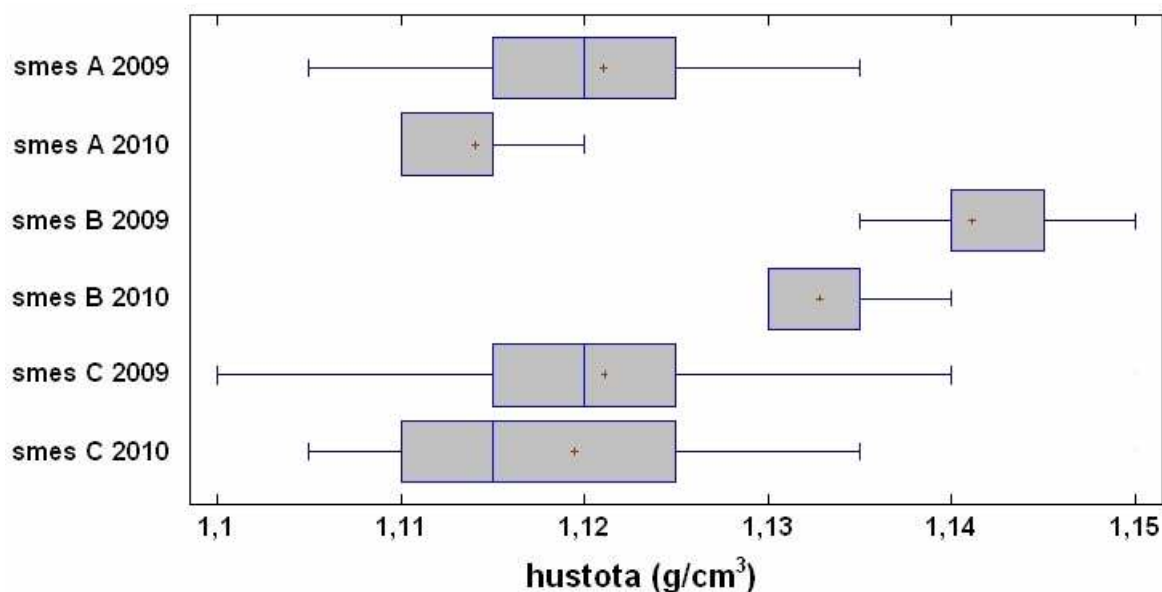
*Obr. 25. Hustoměru Wallace X 16B*

Ke stanovení hustoty pomocí hustoměru Wallace X 16B musí být tloušťka zkušebního tělesa minimálně 4 mm. Povrch zkušebního tělesa musí být hladký, bez prohlubin, trhlin a puchýřů a jiných vad.

Stanovení hustoty je důležité pro kontrolu kvality kaučukových směsí a při výpočtu potřebného množství pryže na vytvoření daného objemu vulkanizátu. Hustota kaučukové směsi určuje hmotnost kaučukové směsi potřebnou ke stanovení předepsaných parametrů polotovarů pro zaplnění formy vyráběné pneu. Celková hmotnost výrobku a jednotlivých polotovarů, z nichž je výrobek složen, je dána právě hustotou kaučukové směsi.

Značný rozdíl hodnot hustoty v porovnávaných kaučukových směsí může znamenat výrazně odlišné hmotnosti polotovarů a výsledného výrobku.

Obr. 26. a Tab. 17. znázorňují a popisují porovnání hustoty u směsí A, B, C s olejem Triumf (rok 2009) a nearomatickým olejem RAE (rok 2010).



Obr. 26. Porovnání hustoty u kaučukových směsí A, B, C

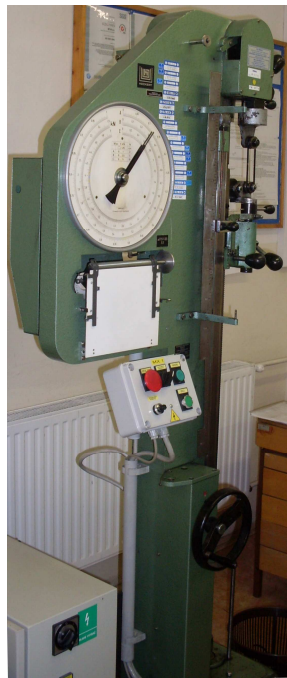
Tab. 17. Statistická data k Obr. 26.

Hustota (g/cm <sup>3</sup> )	Směs A		Směs B		Směs C	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Počet měření	50	50	50	50	50	50
Medián	1,12	1,12	1,14	1,13	1,12	1,12
Průměr	1,12	1,11	1,14	1,13	1,12	1,12
Q1	1,12	1,11	1,14	1,13	1,12	1,11
Q3	1,13	1,12	1,15	1,14	1,13	1,13
IQR	0,01	0,005	0,005	0,005	0,01	0,014
1,5 IQR	0,015	0,008	0,008	0,008	0,015	0,021
Směrodatná odchylka	0,010	0,004	0,005	0,006	0,011	0,009

Hustota kaučukové směsi také může ovlivnit cenu výrobku (zaplnění dutiny formy – běhoun má nejvýraznější podíl⇒vytlačování). Z toho důvodu je pro srovnání hustoty původní směsi rok 2009 (Triumpf) a směsi rok 2010 (RAE) podstatné, že nedošlo z uvedených dat výraznější odchylce. Došlo pouze k zanedbatelným odchylkám, které v náročnosti na sortiment Mitas, a.s. nemusí hrát významnou roli.

#### 4.3.5 Pevnost v tahu, tažnost

Pevnost v tahu a tažnost zkoušených směsí je porovnána pomocí trhacího stroje Heckert dle ČSN ISO 37 viz. Obr.27. Trhací stroj má jednu pevnou a jednu pohyblivou kladku s konstantní rychlostí pohybu  $500 \pm 50$  mm/min. Trhací stroj umožňuje vyjádřit závislost napětí na deformaci.

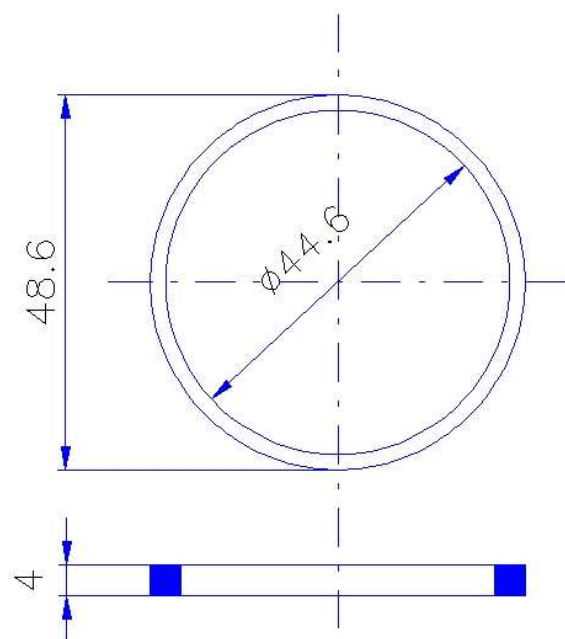


Obr. 27. Trhací stroj Heckert

Pevnost v tahu při přetržení je vyjádřena v MPa. Je to maximální napětí v tahu, zaznamenané v okamžiku přetržení kroužku.

Tažnost při přetržení je vyjádřena v %. Je to hodnota pracovní délky kroužku v okamžiku přetržení vzorku oproti nezatíženému kroužku.

Zkušební vzorek je ve tvaru kroužku standardního typu A vyrobený vyseknutím z vulkanizované pryže viz. Obr. 28.

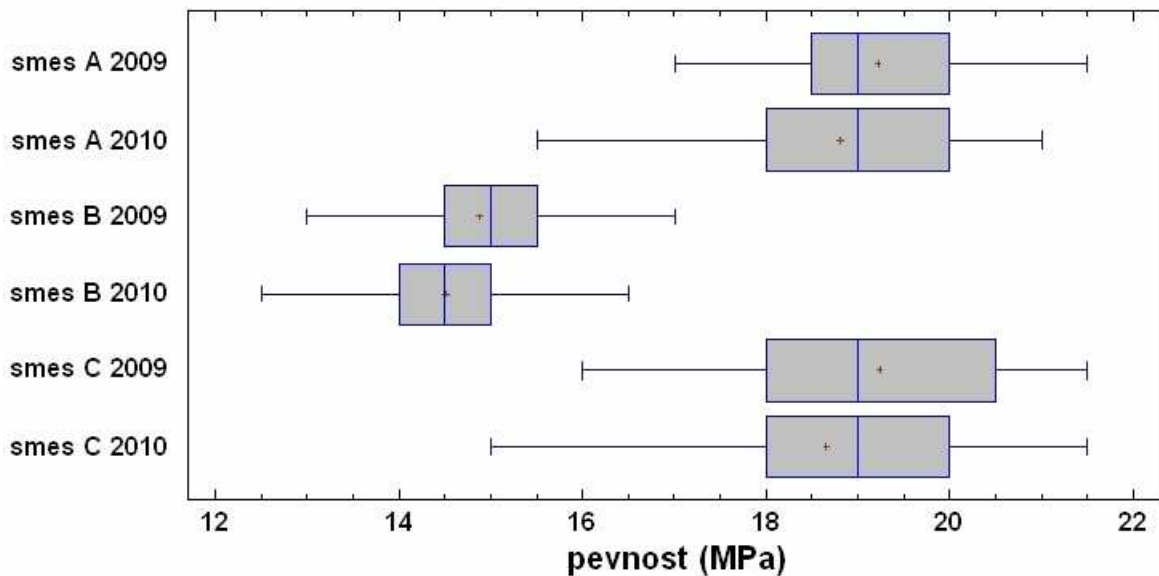


Obr. 28. Kroužek typu A

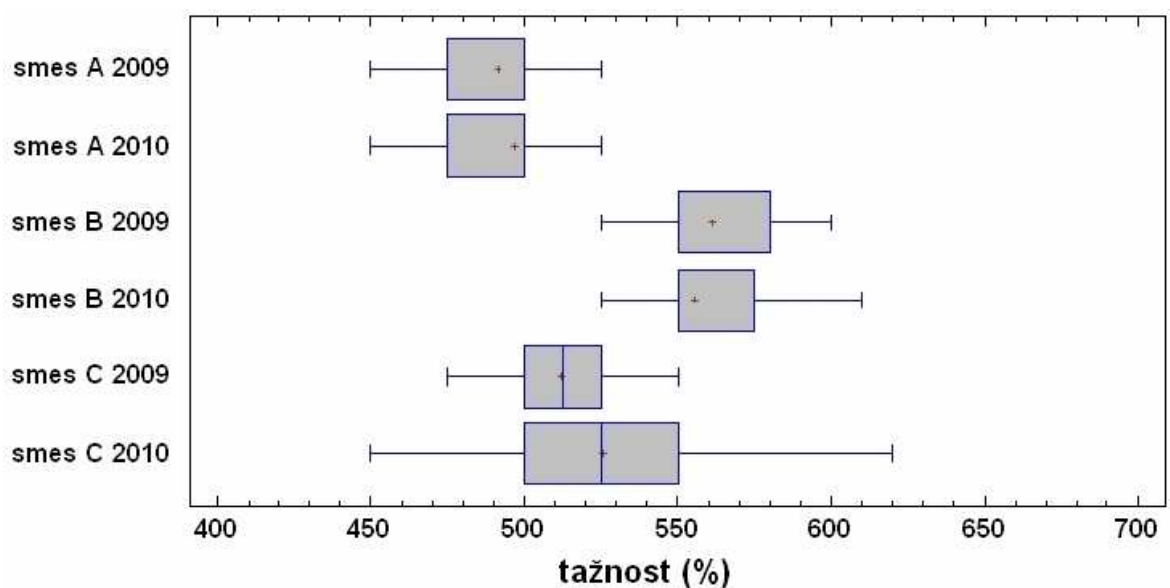


Výsledky tahových zkoušek jsou důležité pro vyjádření a porovnání kvality z vulkanizované pryže. Výsledky tahové zkoušky jsou významně ovlivňovány obsahem a typem změkčovadel a plniv. Z tohoto důvodu jsou pro porovnání kaučukových směsí s aromatickými a nearomatickými oleji zajímavé.

Obr. 29., 30. a Tab. 18. a 19. znázorňují a popisují porovnání pevnosti v tahu repektive tažnosti u směsí A, B, C s olejem Triumf (rok 2009) a nearomatickým olejem RAE (rok 2010).



Obr. 29. Porovnání pevnosti v tahu u kaučukových směsí A, B, C



Obr. 30. Porovnání tažnosti u kaučukových směsí A, B, C



Tab. 18. Statistická data k Obr. 29.

Pevnost (MPa)	Směs A		Směs B		Směs C	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Počet měření	50	50	50	50	50	50
Medián	19	19	15	14	19	19
Průměr	19,22	18,81	14,88	14,52	19,23	18,65
Q1	18,5	18	14,5	14	18	18
Q3	20	20	15,5	15	20,5	20
IQR	1,5	2	1	1	2,5	2
1,5 IQR	2,25	3	1,5	1,5	3,75	3
Směrodatná odchylka	1,23	1,34	0,96	1,04	1,35	1,85

Tab. 19. Statistická data k Obr. 30.

Tažnost (%)	Směs A		Směs B		Směs C	
	2009	2010	2009	2010	2009	2010
Počet měření	50	50	50	50	50	50
Medián	500	500	550	550	512,5	525
Průměr	491,4	496,7	561,1	555,9	511,9	525,5
Q1	475	475	550	550	500	500
Q3	500	500	578,75	575	525	550
IQR	25	25	28,75	25	25	50
1,5 IQR	37,5	37,5	43,125	37,5	37,5	75
Směrodatná odchylka	23,78	29,25	39,52	44,37	33,87	33,17

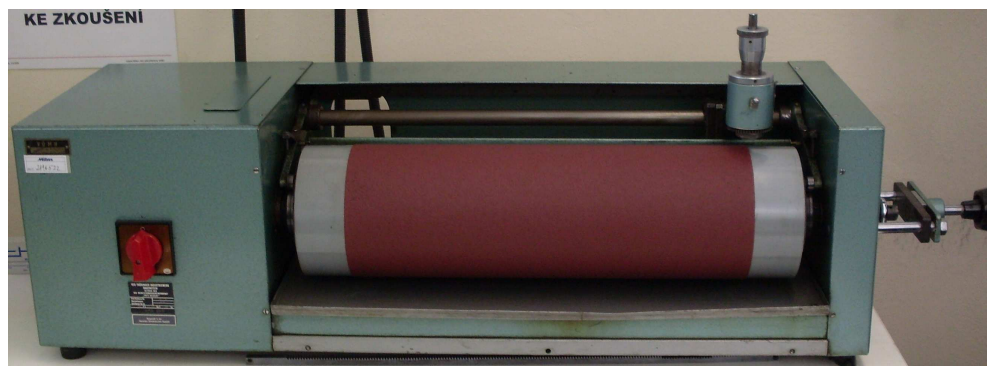
Z porovnaných výsledků je zřejmé, že nedošlo k výrazným změnám pevnosti v tahu a tažnosti v okamžiku přetržení. Záměna olejů u směsí A, B, C neměla na výsledky tahových zkoušek výrazný vliv.

#### 4.3.6 Odolnost proti odírání

Vzhledem ke kapacitním možnostem fyzikálně mechanické laboratoře Mitas, a.s. byla u následujících zkoušek testována pouze směs C. Ta z předchozího porovnání fyzikálně mechanických vlastností vykazuje největší rozdíly a lze tedy předpokládat, že tento rozdíl se může negativně projevit u zpracovatelských vlastností směsi a vlastnostech výrobku. Naměřená data k následujícím vlastnostem jsou uvedena v příloze P5.

Odolnost pryže proti odírání zkoušené směsi C je porovnána pomocí přístroje s otáčivým bubnem WPM dle ČSN 62 1466 viz Obr.31. Oděr pryže je důležitou charakteristikou pro životnost pneumatiky vyjádřený v tomto případě v  $\text{mm}^3$ . Stanovuje se objemový úbytek

pryžového zkušební tělesa při odírání na odíracím prostředku (buben se specifikovanou drsností povrchu – smirkový papír).

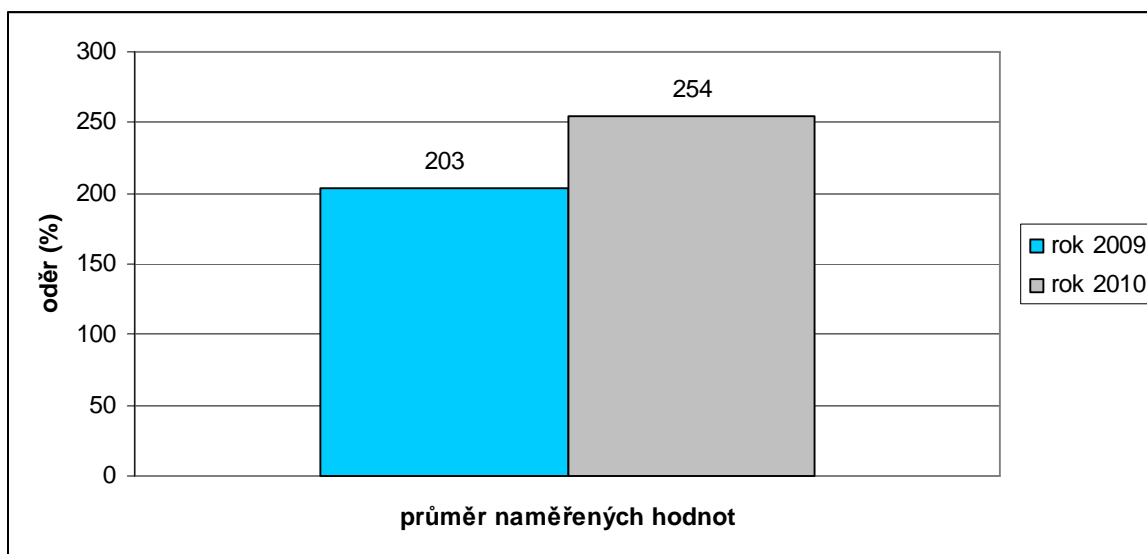


Obr. 31. Zkušební přístroj s otáčivým bubnem WPM

Tab. 20. Parametry zkušební přístroje s otáčivým bubnem WPM

Zkušební přístroj WPM	
Průměr bubnu	150 ± 0,2 mm
Délka bubnu	500 mm
Počet otáček	40 ± 1 min <sup>-1</sup>
Odírací dráha	40 m
Zatížení zkušební tělesa	10 ± 0,2 Nmm

Jde o srovnávací zkoušku, kdy se zjišťuje vztah mezi objemovou ztrátou standardní směsi a zkoušené směsi. Ke stanovení odolnosti pryže proti odírání se používají zkušební tělesa válcovitého tvaru o průměru 16,0±0,2 mm a výšce nejméně 6 mm a nejvíce 16 mm. Byly porovnány tři vzorky ze sedmi odlišných dávek zamíchané směsi. Obr. 32. a Tab. 21. znázorňují a popisují porovnání odolnost oděru u kaučukové směsi C s olejem Triumf (rok 2009) a nearomatickým olejem RAE (rok 2010).



Obr. 32. Porovnání odolnosti oděru u kaučukové směsi C

Tab. 21. Výsledky porovnání odolnosti oděru

Oděr (mm <sup>3</sup> )	Rok 2009	Rok 2010
Počet měření	21	21
Průměr	203	254
Medián	199	252
Q1	189	240
Q3	217	267
IQR	28	27
Směrodatná odchylka	16,1	19,6
Minimum	176	231
Maximum	231	299

Z výsledků je patrné, že zkušební vzorky z kaučukové směsi C s nearomatickými oleji mají nižší odolnost proti oděru než původní směs. Tento výsledek zkoušky oděru nemusí zcela odpovídat chování pryže (výrobku) v reálném prostředí. Z tohoto důvodu je nutné tuto zkoušku doplnit o následné odzkoušení výrobku (pneumatiky) na životnost viz. kapitola 4.5.

#### 4.3.7 Zkouška únavy na přístroji DPGi

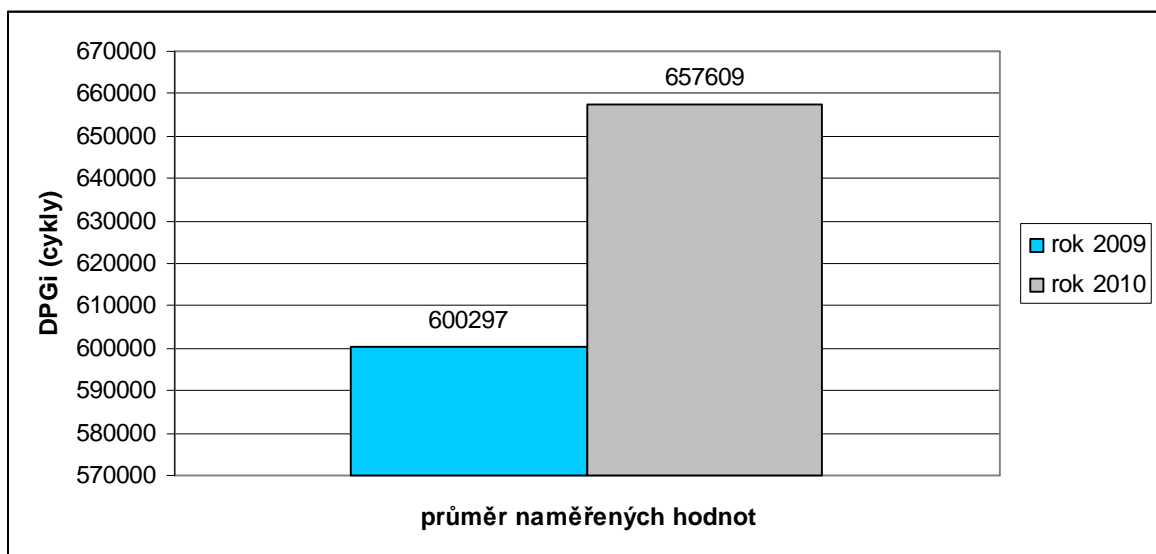
Pneumatiky v provozních podmínkách jsou vystaveny cyklickým deformacím, které mohou znamenat znehodnocení její funkčnosti. Příčinou je únava materiálu. Z tohoto důvodu jsou kaučukové směsi pro výrobu pneumatik testovány dynamickými zkouškami, které tyto cyklické deformace simulují. Jednou z metod zkoušení únavy z vulkanizované kaučukové směsi je zkouška ohybem na přístroji DPGi viz. Obr. 33.



Obr. 33. Přístroj DPGi

Zvulkanizované válcové zkušební těleso o délce  $100 \pm 15$  mm a průměru 20 mm je upnuto ve dvou pouzdrech a ohnuto pod úhlem stanoveným předpisy Mitas, a.s. Takto upnuté zkušební těleso se otáčí kolem své osy rychlostí 900 ot/min. V místě ohybu je zkoušený materiál střídavě namáhán na tah a tlak. Výsledkem zkoušky je porovnání počtu cyklů potřebných k úplnému poškození zkušebního tělesa. Byl porovnán jeden vzorek z dvaceti odlišných dávek zamíchané směsi

Obr. 34. a Tab. 22. znázorňují a popisují porovnání počtu cyklů dynamického namáhání ze směsi C s olejem Triumf (rok 2009) a nearomatickým olejem RAE (rok 2010).



Obr. 34. Porovnání dynamické únavy u kaučukové směsi C

Tab. 22. Výsledky porovnání dynamické únavy

DPGi (cykly)	Rok 2009	Rok 2010
Počet měření	20	20
Průměr	600297	657609
Medián	598710	670206
Q1	577226	623220,3
Q3	623589	680142,5
IQR	46363	56922,25
Směrodatná odchylka	24678	30210
Minimum	564357	605184
Maximum	636834	690133

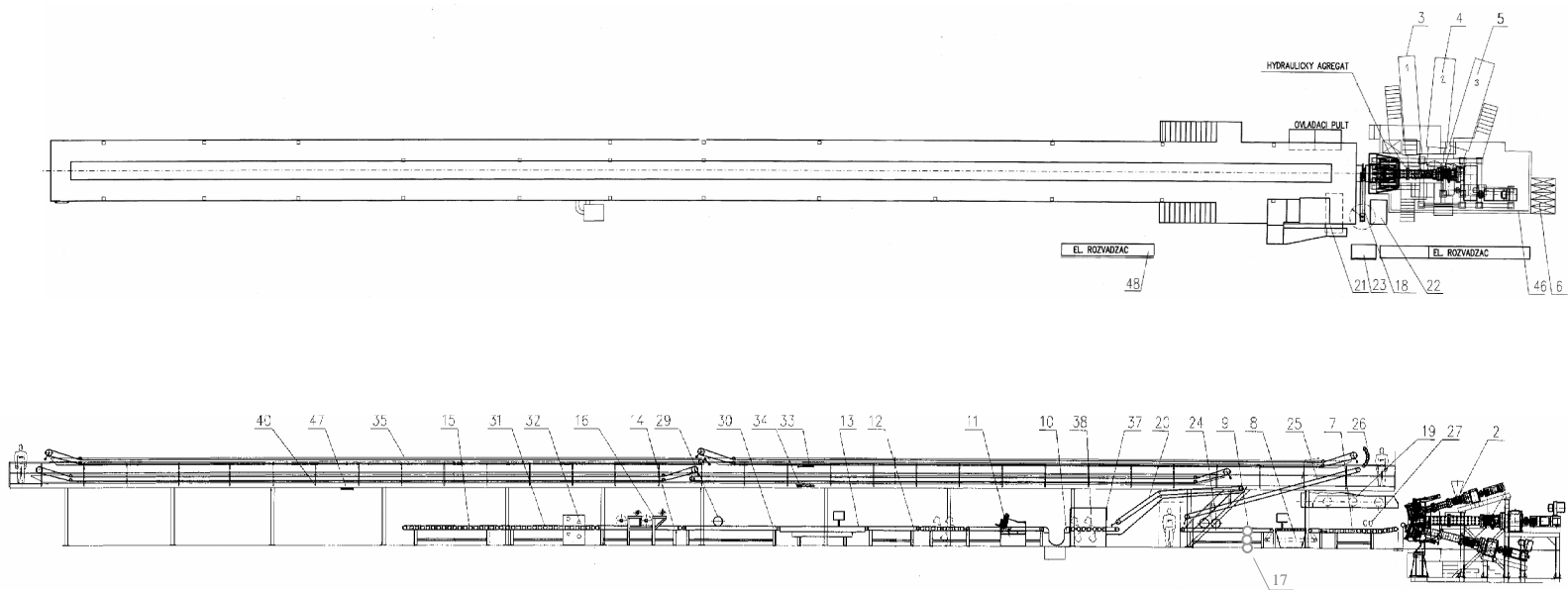
Výsledky dynamické únavy na přístroji DPGi ukazují, že zkušební vzorky z kaučukové směsi C s nearomatickými oleji mají vyšší odolnost proti dynamické únavě než původní směs. Tyto výsledky zkoušky opět nemusí zcela odpovídat chování pryže (výrobku) v reálném prostředí. Z toho důvodu je nutné tuto zkoušku doplnit o následné odzkoušení výrobku (pneumatiky) na životnost viz. kapitola 4. 5.

#### 4.4 Zpracovatelské vlastnosti

Zpracovatelské vlastnosti kaučukové směsi s nearomatickými oleji jsou porovnány na vytlačovací lince. Vytlačování je zpracovatelský proces, při kterém může docházet k největším odchylkám na vyráběných polotovarech pláště. Vytlačovaný polotovar je v tomto případě běhoun pro přední traktorový plášť, který je vyráběn z kaučukové směsi C. Ta dle předchozích laboratorních zkoušek vykazovala nejvýraznější odlišnosti oproti původní směsi s aromatickým olejem. Běhoun je polotovarem, který má v konečném plášti hmotnostně a objemově největší zastoupení a případné zpracovatelské odchylky se u tohoto polotovaru a způsobu zpracování projeví nejvíce.

##### 4.4.1 Popis vytlačovací linky

Vytlačování běhounu proběhlo na vytlačovací lince Triplex firmy Mitas, a.s. Zlín (Obr. 35).



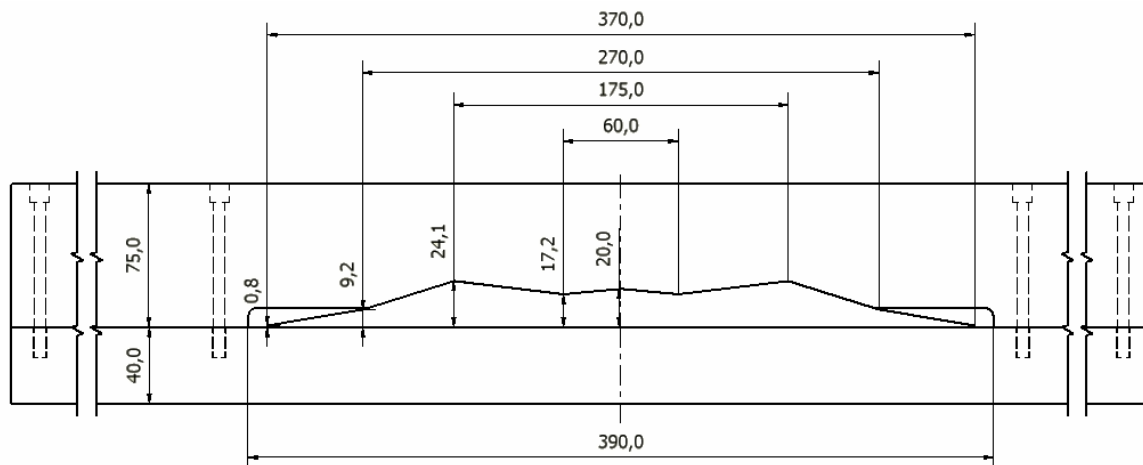
Obr. 35. Popis vytlačovací linky Triplex

Popis:

2-vytlačovací stroje, 3-zásobovací dopravník 1, 4-zásobovací dopravník 2, 5-zásobovací dopravník 3, 6-temparační stanice, 7-srážecí dopravník, 8-úseková váha, 9-pásový dopravník, 10-dopravník, 11-řezací stroj s dopravníkem, 12-pásový dopravník, 13-dopravníková váha, 14-pásový dopravník, 15-odebírací dopravník, 16-navíječka, 17-nalepovací tříválec spojovací podušky, 18-manipulátor, 19-vzduchotechnika, 20-pásový dopravník, 21-temparační pec, 22-stůl, 23-vozíky, 24-značící zařízení, 25-pásový dopravník, 26-automatické navádění profilu, 27-značení barvou, 29-znehodnocovací zařízení, 30-pásový dopravník, 31-válečkový dopravník, 32-cementovací zařízení, 33-přívod vody, 34-odpad a přepad vody, 35-dopravníky chladicích van, 37-ofukování, 38-ofukování na dopravníku, 40-plošina, 46-rozvod vody, 47-rozvod vzduchu, 48-el. zařízení.

#### 4.4.2 Vytlačovací hlava

Tato linka umožňuje vyrábět polotovary z více kaučukových směsí koextruzí ze tří vytlačovacích strojů (VS). V případě výroby běhounu pro přední traktorový plášť se vytlačuje kaučuková směs C ze dvou spodních šneku průměru 150 a 200 mm. Ke koextruzi dochází v předšabloně vytlačovací hlavy, která zajišťuje plynulý přechod kaučukové směsi z obou VS do vytlačovací šablony Obr. 36.



Obr. 36. Původní vytlačovací šablona pro zkoušený běhoun

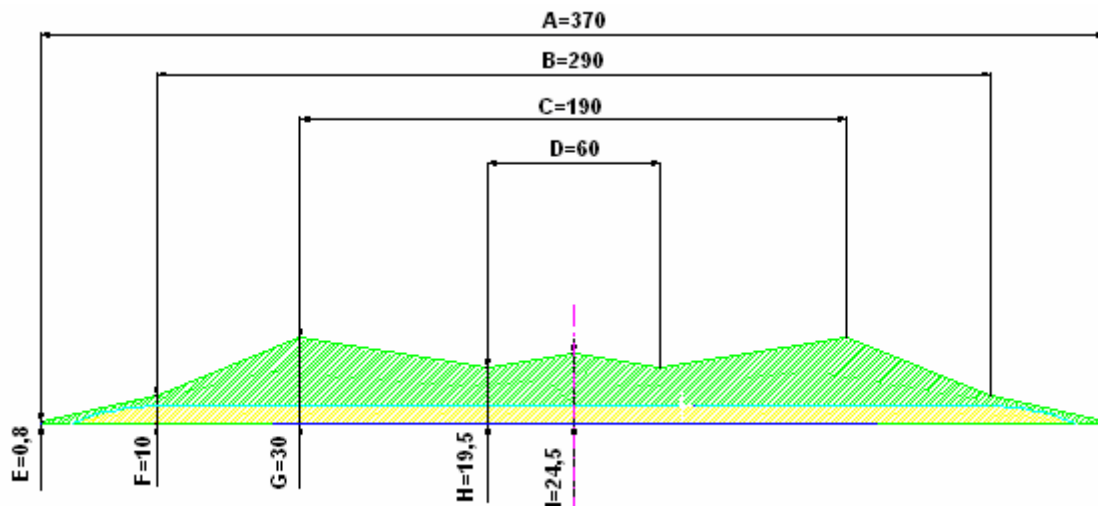
Vytlačovací šablona je ze dvou dílů spojených šrouby. Spodní díl šablony má výšku 40 mm, což koresponduje s výstupem z používané předšablony. Její výstup ze spodního šneku je 40 mm nad základnou vytlačovací hlavy. Od této výšky je do vrchního dílu šablony vyfrézován profil šablony, který zajišťuje požadované parametry běhounu pro přední traktorový plášť. Profil šablony je navržen takovým způsobem, aby narůstání kaučukové směsi za hubicí bylo v souladu s parametry konečné podoby běhounu.

#### 4.4.3 Porovnání narůstání kaučukové směsi s aromatickými a nearomatickými oleji

Vytlačovací šablona na Obr. 36. je navržena pro původní směs C s aromatickým olejem Triumf. Při dodržení stanovených teplotních podmínek, otáček obou šneků a odtahové rychlosti (viz. Tab. 23.) má vytlačovaný běhoun parametry viz. Obr. 37.

Tab. 23. Vytlačovací parametry pro zkoušený běhoun

Odtahová rychlost (m/min)	Otáčky šneku (ot/min)		Úseková hmotnost (g)	Konfekční délka (mm)	Celková hmotnost (g)
	200	150			
8,4	31,5	38,0	7875	1510	12050



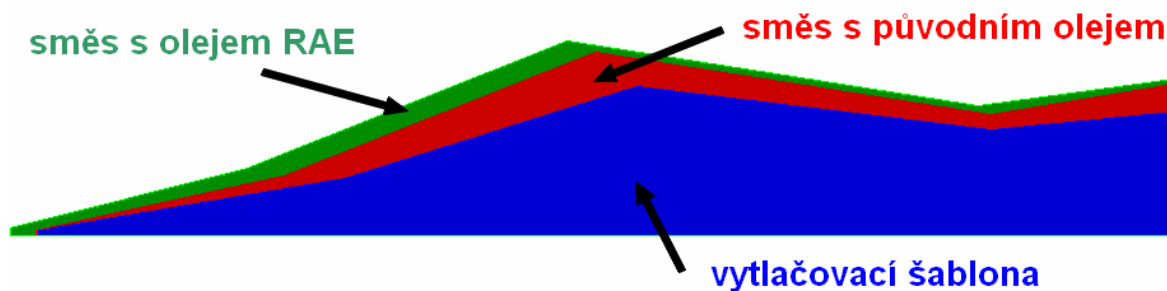
Obr. 37. Běhoun pro přední traktorový plášť

### První zkouška narůstání

Při první zkoušce narůstání kaučukové směsi C s nearomatickým olejem RAE byly zachovány všechny původní podmínky vytlačování pro směs s aromatickým olejem Triumf. Výsledkem byl profil běhounu, který za těchto podmínek narostl více než původní směs a to jak v šířkových tak i tloušťkových parametrech viz. Tab. 24. a Obr. 38.

Tab. 24. Výsledek první zkoušky vytlačování

Odtah. rychl.	Otáčky šneku		Úsek. hmotn.	Konfe- kční délka	Celk. hmotn.	Parametry běhounu - označení kót dle Obr. 37.								
	200	150				A	B	C	D	E	F	G	H	I
m/min	(ot/min)		(g)	(mm)	(g)	Předpis (mm)								
8,5	32,5	30,0	8200	1510	12050	370	290	190	60	0,8	10,0	30,0	19,5	24,5
Původní šablona						370	270	175	60	0,8	9,2	24,1	17,2	20,0
První zkouška - skutečnost														
8,5	32,5	30,0	8845	1508	13002	379	302	198	64	1,2	10,9	31,6	21,0	25,5



Obr. 38. Porovnání narůstání kaučukové směsi C při první zkoušce



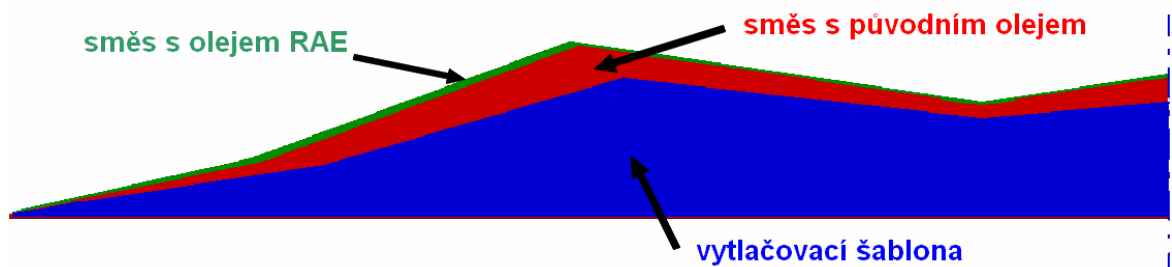
*Druhá zkouška narůstání*

Při druhé zkoušce vytlačování je cílem celkovou šířku profilu přiblížit zadané šířce 370 mm. Toho lze dosáhnou zvýšením původní odtahové rychlosti 8,5 m/min.

Dojde tak k většímu protažení profilu což způsobí nižší nárůst šířkových i tloušťkových parametrů a tím i přiblížení zadaným parametrům profilu běhounu viz. Tab. 25. a Obr. 39.

*Tab. 25. Výsledek druhé zkoušky vytlačování*

Odtah. rychl.	Otáčky šneku		Úsek. hmotn.	Konfe-kční délka	Celk. hmotn.	Parametry běhounu - označení kót dle Obr. 37.								
	200	150				A	B	C	D	E	F	G	H	I
m/min	(ot/min)		(g)	(mm)	(g)	Předpis (mm)								
8,5	32,5	30,0	8200	1510	12050	370	290	190	60	0,8	10,0	30,0	19,5	24,5
Původní šablona						370	270	175	60	0,8	9,2	24,1	17,2	20,0
Druhá zkouška - skutečnost														
9,2	32,5	30,0	8360	1510	12170	370	294	192	60	1,0	10,3	30,7	20,1	24,8



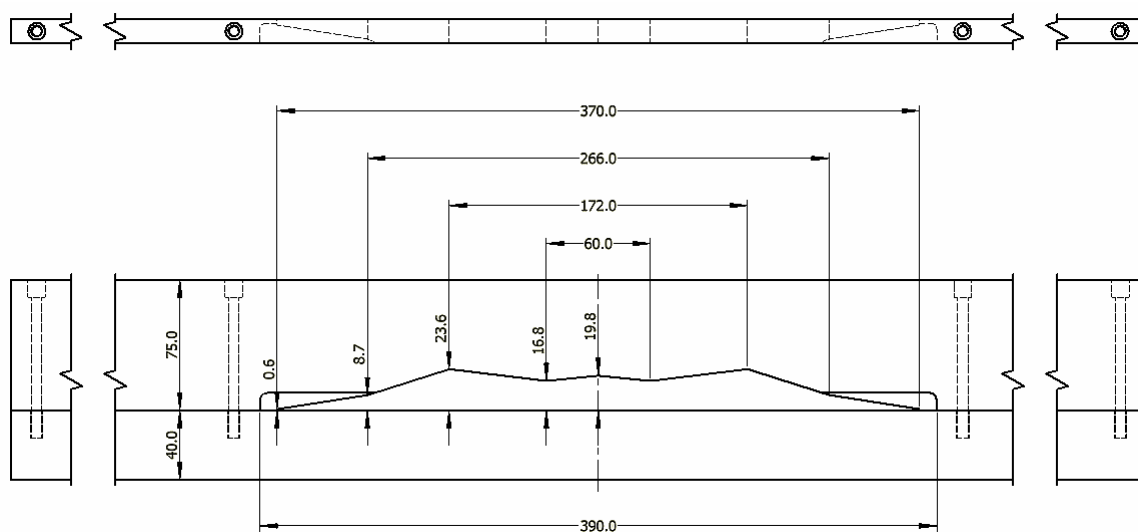
*Obr. 39. Porovnání narůstání kaučukové směsi C při druhé zkoušce*

**4.4.4 Návrh nové vytlačovací šablony**

Výsledek druhé zkoušky narůstání kaučukové směsi s nearomatickým olejem RAE poukazuje na to, že úpravou vytlačovacích podmínek (zrychlením odtahové rychlosti při zachování ostatních vytlačovacích podmínek) se parametrově vytlačovaný profil přiblížil zadanému předpisu profilu běhounu a vyhovuje tolerancím Mitas, a.s. Přesto se nelze s tímto výsledkem spokojit z důvodu vyšší spotřeby kaučukové směsi a tím i finanční ztráty. Z tohoto důvodu je nutné provést korekci parametrů vytlačovací šablony tak, aby nedocházelo k materiálové ztrátě. Návrh nové šablony a její odzkoušení je zaznamenáno v Tab. 26 a na Obr. 40.

Tab. 26. Výsledek třetí zkoušky vytlačování

Odtah. rychl.	Otáčky šneku		Úsek. hmotn.	Konfe- kční délka	Celk. hmotn.	Parametry běhounu - označení kót dle Obr. 37.								
	200	150				A	B	C	D	E	F	G	H	I
m/min	(ot/min)		(g)	(mm)	(g)	Předpis (mm)								
9,2	32,5	30,0	8200	1510	12050	370	290	190	60	0,8	10,0	30,0	19,5	24,5
Šablona pro směs s olejem RAE						370	266	172	60	0,6	8,7	23,6	16,8	19,8
Zkouška nové šablony - skutečnost														
9,2	32,5	30,0	8190	1511	12040	370	291	190	60	0,8	9,8	30,1	19,6	24,3



Obr. 40. Nová vytlačovací šablona pro zkoušený běhoun s olejem RAE

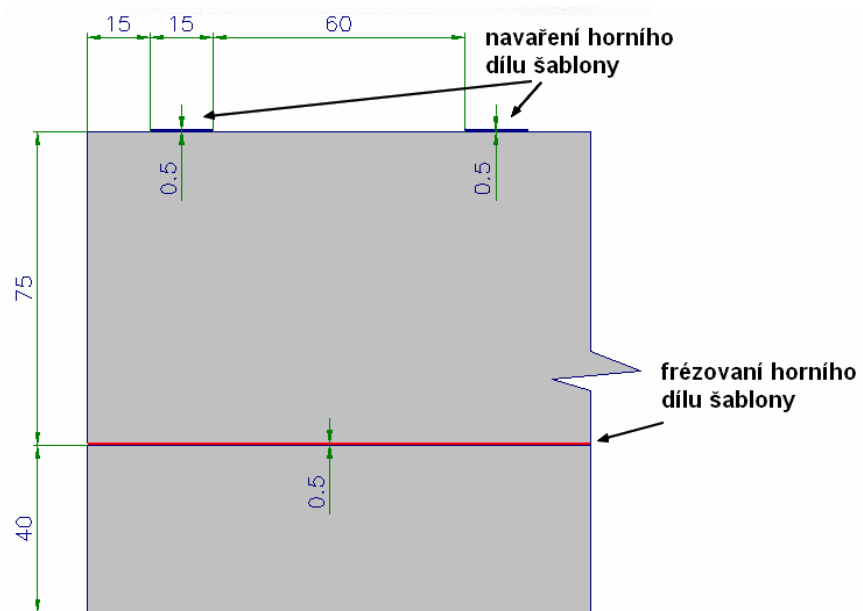
Upravené parametry vytlačovací šablony zajišťují možnost vytlačování běhounu, který odpovídá předepsanému zadání pro běhoun, a to bez materiálové ztráty. Také zvýšení odtahové rychlosti z 8,5 na 9,2 m/min znamenají vyšší produktivitu práce. Vzhledem k tomu, že jde o sortiment, který se vyrábí ve větším množství, jsou tato fakta poměrně zajímavá.

#### 4.4.5 Úprava vytlačovací šablony

Další finanční úsporou u procesu vytlačování při přechodu na kaučukovou směs s olejem RAE je využití stávající šablony a její úprava namísto vyfrézování profilu šablony do nového polotovaru šablony.

V tomto případě lze využít odfrézování spodní části horního dílu šablony a navaření CO<sub>2</sub> na horní část šablony o největší hodnotu změny navrhované tloušťky nové šablony (v tomto případě 0,5 mm – bod G viz. Tab. 25. a 26.). Do takto připraveného horního dílu se

následně vyfrézuje zadaný profil šablony z Obr. 40. Výše zmíněná předúprava šablony odfrézováním a navařením horního dílu šablony je znázorněna na Obr. 41.



Obr.41. Úprava původní vytlačovací šablony

#### 4.5 Zkouška trvanlivosti v laboratorní zkušebně pneu IGTT, a. s.

V případě dimenzování nových výrobků nebo významné změně dosud používané technologie je nutné každý výrobek (pneumatiku) nejdříve ověřit určenou zkouškou v certifikované zkušebně (v tomto případě v IGTT, a.s. – institut gumárenské technologie a testování).

Změna složení kaučukové směsi ve výrobku je významný zásah do technologie. Z toho důvodu se výrobek musí ověřit na zkušebně dle určené metodiky. Pro ověření byl zvolen zástupce sortimentu, pro který je používána kaučuková směs C a pro který byla navržena vytlačovací šablona viz. kapitola 4. 4. Odzkoušen byl plášť 7,50-16 TF-03 TT dle následující metodiky.

Metodika: ZT-A-316 (zkouška životnosti, zemědělského pláště – agriculture)

Kritéria: kategorie A > 144 h, kategorie B mezi A a C, kategorie C < 96 h

Podle: Conti A ALDF 1/0 Pneu: A-diagonální traktorové hnací

Účel: Určení životnosti diagonálních traktorových pneu pro poháněcí osy.

Zkouška probíhá na bubnovém zkušebním stroji: buben  $\varnothing$  1,7 m nebo 2 m, 38 °C, huštění  $H = 100\%$  (uzavřené huštění 280 kPa), po 120 hodinách podhuštění na  $H = 80\%$ , po dalších 48 hodinách podhuštění na  $H = 70\%$  do poruchy. Zatížení  $Z = 120\%$  (konstantní ztížení), při rychlosti  $R = 20$  km/h.

Zkoušená pneumatika vyhověla požadavkům zkoušky v kategorii A. Minimální limit pro hodnocení A je 144 hodin. Zkoušená pneumatika ujela 260 hodin bez vady a po této době byla zkouška životnosti přerušena. Protokol ze zkušebny pneu je uveden v příloze P10.

## 5 DISKUSE VÝSLEDKŮ

V experimentální části diplomové práce byly porovnány tři druhy kaučukových směsí pro výrobu běhounů, které tvoří základní sortiment mimosilničních pláštíků firmy Mitas, a.s. Porovnávány byly kaučukové směsi s aromatickým olejem Triumf a tytéž kaučukové směsi s nearomatickým olejem RAE.

V první části byli porovnány fyzikálně mechanické vlastnosti těchto směsí s následujícími závěry:

1. Vulkanizační charakteristika porovnávaných směsí nepřekročila stanovené meze, které by znamenaly zásah do vulkanizačního cyklu výrobku. U směsi C byl zaznamenán největší rozdíl minimálního krouťícího momentu ML, který poukazuje na změny chování při zpracování této směsi
  2. Viskozita porovnávaných kaučukových směsí byla téměř totožná s výjimkou směsi C, která vykazovala minimální odchylku, což může způsobovat nepatrné zpracovatelské odlišnosti.
  3. Tvrdost porovnávaných kaučukových směsí byla srovnatelná u směsí A, B. U směsi C byla v rámci povolených mezí, ale s výraznější změnou střední hodnoty, což se může negativně projevit při zpracování a používání hotového výrobku (pneumatiky).
  4. Při porovnání hustoty, tažnosti a pevnosti v tahu těchto kaučukových směsí došlo k zanedbatelným odchylkám
- Dále byla porovnávána pouze směs C, která vykazovala největší změny doposud porovnávaných fyzikálně mechanických vlastností.
5. Odolnost oděru kaučukové směsi C s nearomatickým olejem RAE byla nižší než původní kaučukové směsi C s aromatickým olejem Triumf. To může způsobit nižší životnost výrobku z této směsi.
  6. Naopak dynamické vlastnosti kaučukové směsi C s nearomatickým olejem RAE byly vyšší než původní kaučukové směsi C s aromatickým olejem Triumf. To může způsobit vyšší životnost výrobku z této směsi.
  7. Obě modifikace kaučukové směsi C byly porovnány při zpracování vytlačováním. Směs s nearomatickým olejem RAE narůstala více než směs s olejem Triumf. Rozdílnost

nárůstání byla však nízká, takže je možné přistoupit k úpravě stávajícího příslušenství vytlačovací hlavy (šablony) bez větších nákladů.

V závěru experimentální části byl hotový výrobek ze směsi C s nearomatickým olejem RAE odzkoušen v certifikované zkušebně IGTT, a.s. Tato zkouška prokázala, že změna olejů v kaučukových směsích se nijak negativně neprojevuje na kvalitě hotového výrobku (pneumatik).

## ZÁVĚR

Hlavním cílem diplomové práce bylo porovnat vliv změny typu oleje v kaučukových směsích při jejich používání. Tato změna byla dána evropskou směrnicí č.79/769/EHS, která vešla v platnost od 1. 1. 2010.

Původně používaný aromatický olej s obchodním názvem Triumf v kaučukových směsích byl nahrazen nearomatickým olejem RAE.

Tato záměna znamenala pro zpracovatelské vlastnosti kaučukové směsi a užité vlastnosti výrobku změny, které si vyžádaly úpravy pouze v technologii míchání a zpracování směsí. Tyto změny se nijak negativně neprojeví na kvalitu hotového výrobku, což znamená, že firma Mitas, a. s. začátkem roku 2010 začala používat kaučukové směsi s nearomatickým olejem RAE v plném rozsahu a bez zásadních komplikací. Nově zavedené kaučukové směsi s olejem RAE mají srovnatelnou kvalitu s původními směsích. Výrobky z těchto surovin mají srovnatelnou kvalitu s předchozí kvalitou výrobků z kaučukových směsích s olejem Triumf.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY:**

- [1] KNEDLA, Boleslav.: *Technická pryž*, SNTL, Praha 1975
- [2] FRANTA, Ivan. a kol.: *Gumárenské suroviny*, SNTL, Praha 1979
- [3] FRANTA, Ivan. a kol.: *Zpracování kaučukových směsí a vlastnosti pryže*, SNTL, Praha 1969
- [4] JAHELKA, Miroslav.: *Gumárenské a plastikářské stroje*, SNTL, Praha 1974
- [5] MAŇAS, Miroslav., HELŠTÝN, Josef.: *Výrobní stroje a zařízení: gumárenské a plastikářské stroje díl 2*, VUT Brno, 1990. ISBN 80-214-0213
- [6] PREKOP, Štefan.: *Gumárenská technologia I*, Žilinská univerzita, Žilina 1998
- [7] *Sborník přednášek Aprochem 2010*, květen 2010
- [8] DUCHÁČEK, Vratislav.: *Základy gumárenské technologie*, Mitas, a.s., Praha 1999. ISBN 80-238-4329-X
- [9] KOHLGÜBER, Klemens.: *Co-rotating twin-screw extruders*, Carl Hanser Verlag, Munich 2008. ISBN-13: 978-1-56990-422-0
- [10] BAUMAN, Judson T.: *Fatigue, stress, and strain of rubber components: guide for design engineers*, Carl Hanser Verlag, Munich 2008. ISBN 978-1-56990-431-2
- [11] JONSON, Peter S.: *Rubber processing: an introduction*, Carl Hanser Verlag, Munich 2001. ISBN 1-56990-309-3
- [12] SOMMER, John G.: *Engineered rubber products: introduction to design, manufacture and testing*, Carl Hanser Verlag, Munich 2009. ISBN-13: 978-1-56990-433-6
- [13] DICK, John S.: *How to improve rubber compounds*, Carl Hanser Verlag, Munich 2004. ISBN 1-56990-361-1
- [14] DUCHÁČEK, Vratislav.: *Gumárenské zpracovatelské přísady*, ČSVTS, Zlín 2008. ISBN 978-80-02-01993-0
- [15] KLIMENT, Josef.: *Saze*, ČSVTS, Zlín 2008. ISBN 978-80-02-02004-2
- [16] DUCHÁČEK, Vratislav., SVOBODA, Jaroslav.: *Korozní sborník pryží*, ČSVTS, Zlín 2007. ISBN 978-80-02-01874-2
- [17] DUCHÁČEK, Vratislav.: *Přírodní a syntetické kaučuky, termoplastické elastomery*, ČSVTS, Zlín 2006. ISBN 80-02-01784-6
- [18] DVOŘÁK, Zdeněk., JAVOŘÍK, Jakub.: *Elastomerní konstrukční materiály*, ČSVTS, Zlín 2009. ISBN 978-80-02-02155-1



**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

ML	nejmenší krouticí moment
T10	doba dosažená při 10 %-ním zesíťování
T40	doba dosažená při 40 %-ním zesíťování
T90	doba dosažená při 90 %-ním zesíťování - optimum
MH	maximální krouticí moment na křivce
n	četnost měření
Q1	dolní kvartil
Q3	horní kvartil
IQR	mezikvartilové rozpětí
IGTT	institut gumárenské technologie a testování
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
VS	vytlačovací stroj

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obr. 1. Nomogram - stanovení KVH oleje .....	21
Obr. 2. Nomogram pro odhad relativní molekulové hmotnosti oleje .....	22
Obr. 3. Vliv povahy oleje.....	31
Obr. 4. Hnětací stroj typu Banbury .....	38
Obr. 5. Rozdělení vytlačovacích strojů .....	41
Obr. 6. Vytlačovací stroj na kaučukové směsi .....	42
Obr.7. Rozdělení vytlačovacích hlav .....	44
Obr. 8. Přímá hlava na běhouny pláštěů pneumatik.....	45
Obr. 9. Linka na vytlačování běhounů na pláště pneumatik.....	46
Obr. 10. Tlaky ve šnekovém vytlačovacím stroji .....	47
Obr. 11. Vztah mezi teplotou, viskozitou a výkonem stroje.....	48
Obr. 12. Rheometru MONSANTO MDR 2000 E .....	53
Obr. 13. Vulkanizační křivka MONSANTO MDR 2000 E.....	53
Obr. 14. Porovnání ML u kaučukových směsí A, B, C .....	54
Obr. 15. Porovnání T10 u kaučukových směsí A, B, C.....	55
Obr. 16. Porovnání T40 u kaučukových směsí A, B, C.....	56
Obr. 17. Porovnání T90 u kaučukových směsí A, B, C.....	57
Obr. 18. Porovnání MH u kaučukových směsí A, B, C.....	58
Obr. 19. Viskoziometr Mooney .....	59
Obr. 20. Příklad zápisu výsledků stanovení viskozity Mooney .....	60
Obr. 21. Porovnání viskozity Mooney u kaučukových směsí A, B, C.....	61
Obr. 22. Stolní tvrdoměr Zwick 3100 určený pro stanovení tvrdosti Shore A.....	62
Obr. 23. Hrot tvrdoměru určený pro stanovení tvrdosti Shore A .....	63
Obr. 24. Porovnání tvrdosti Shore A u kaučukových směsí A, B, C.....	64
Obr. 25. Hustoměru Wallace X 16B .....	65
Obr. 26. Porovnání hustoty u kaučukových směsí A, B, C.....	66
Obr. 27. Trhací stroj Heckert .....	67
Obr. 28. Kroužek typu A.....	67
Obr. 29. Porovnání pevnosti v tahu u kaučukových směsí A, B, C.....	68
Obr. 30. Porovnání tažnosti u kaučukových směsí A, B, C.....	68
Obr. 31. Zkušební přístroj s otáčivým bubnem WPM .....	70

---

Obr. 32. Porovnání odolnosti oděru u kaučukové směsi C.....	71
Obr. 33. Příklad DPGi .....	72
Obr. 34. Porovnání dynamické únavy u kaučukové směsi C.....	72
Obr. 35. Popis vytlačovací linky Triplex .....	74
Obr. 36. Původní vytlačovací šablona pro zkoušený běhoun .....	75
Obr. 37. Běhoun pro přední traktorový plášť.....	76
Obr. 38. Porovnání narůstání kaučukové směsi C při první zkoušce .....	76
Obr. 39. Porovnání narůstání kaučukové směsi C při druhé zkoušce.....	77
Obr. 40. Nová vytlačovací šablona pro zkoušený běhoun s olejem RAE.....	78
Obr. 41. Úprava původní vytlačovací šablony.....	79

**SEZNAM TABULEK**

Tab. 1. Příklad složení (v hmotnostních dílech) a vlastnosti základní směsi. ....	15
Tab. 2. Klasifikace olejů na základě KVH a viskozity. ....	21
Tab. 3. Vlastnosti některých změkčovadel .....	22
Tab. 4. Vliv inertního snášenlivého změkčovadla na vlastnosti směsi a pryže .....	26
Tab. 5. Vliv povahy změkčovadla na vl. směsí a vulkanizátů SBR, 60 dsk sazí, 20 obj. dílů změkčovadla <sup>a</sup> ) .....	30
Tab. 6. Náhrada surovin v kaučukových směsí .....	35
Tab. 7. Jmenovité hodnoty některých fyzikálně mechanických vlastností směsí A,B,C .....	52
Tab. 8. Parametry rheometru Monsanto.....	52
Tab. 9. Statistická data k Obr. 14.....	55
Tab. 10. Statistická data k Obr. 15.....	56
Tab. 11. Statistická data k Obr. 16.....	57
Tab. 12. Statistická data k Obr. 17.....	57
Tab. 13. Statistická data k Obr. 18.....	59
Tab. 14. Parametry viskozimetru Mooney.....	60
Tab. 15. Statistická data k Obr. 21.....	61
Tab. 16. Statistická data k Obr. 24.....	64
Tab. 17. Statistická data k Obr. 26.....	66
Tab. 18. Statistická data k Obr. 29.....	69
Tab. 19. Statistická data k Obr. 30.....	69
Tab. 20. Parametry zkušebního přístroje s otáčivým bubnem WPM.....	70
Tab. 21. Výsledky porovnání odolnosti oděru .....	71
Tab. 22. Výsledky porovnání dynamické únavy .....	73
Tab. 23. Vytlačovací parametry pro zkoušený běhoun .....	75
Tab. 24. Výsledek první zkoušky vytlačování .....	76
Tab. 25. Výsledek druhé zkoušky vytlačování .....	77
Tab. 26. Výsledek třetí zkoušky vytlačování .....	78

## SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA P 1: Naměřené hodnoty ML, T10, T40

PŘÍLOHA P 2: Naměřené hodnoty T90, MH

PŘÍLOHA P 3: Naměřené hodnoty viskozity Mooney a hustoty

PŘÍLOHA P 4: Naměřené hodnoty pevnosti, tažnosti a tvrdosti

PŘÍLOHA P 5: Naměřené hodnoty odolnosti oděru a dynamického namáhání DPGi

PŘÍLOHA P 6: Záznam z rheometru Monsanto

PŘÍLOHA P 7: Statistická karta pro viskozitu Mooney

PŘÍLOHA P 8: Statistická karta pro pevnost, tažnost, tvrdost, hustotu

PŘÍLOHA P 9: Formulář pro roční zkoušky

PŘÍLOHA P 10: Protokol ze zkušebny IGTT

## PŘÍLOHA P 1: NAMĚŘENÉ HODNOTY ML (dNm), T10, T40 (min)

Směs A						Směs B						Směs C					
ML(dNm)		T10 (min)		T40 (min)		ML(dNm)		T10 (min)		T40 (min)		ML(dNm)		T10 (min)		T40 (min)	
2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
2,18	2,29	0,41	0,41	0,68	0,65	2,04	2,19	0,50	0,44	0,87	0,76	2,34	2,36	0,40	0,42	0,65	0,65
2,25	2,33	0,42	0,42	0,70	0,66	2,08	2,19	0,50	0,44	0,89	0,77	2,50	2,46	0,41	0,43	0,66	0,66
2,28	2,24	0,43	0,41	0,70	0,66	1,88	2,21	0,48	0,44	0,88	0,76	2,41	2,43	0,42	0,44	0,67	0,67
2,34	2,32	0,41	0,42	0,68	0,67	2,03	2,27	0,48	0,43	0,87	0,76	2,41	2,40	0,41	0,42	0,66	0,65
2,27	2,32	0,41	0,41	0,68	0,65	2,02	2,28	0,47	0,45	0,85	0,77	2,40	2,52	0,42	0,43	0,67	0,66
2,30	2,31	0,42	0,42	0,70	0,67	2,06	2,27	0,47	0,44	0,84	0,76	2,42	2,56	0,42	0,44	0,68	0,67
2,31	2,29	0,40	0,41	0,67	0,66	2,10	2,22	0,48	0,43	0,85	0,74	2,48	2,64	0,41	0,43	0,66	0,65
2,31	2,26	0,42	0,42	0,69	0,67	2,14	2,23	0,46	0,44	0,83	0,76	2,45	2,61	0,42	0,43	0,66	0,65
2,30	2,29	0,42	0,40	0,69	0,64	2,12	2,30	0,47	0,45	0,84	0,78	2,45	2,53	0,42	0,44	0,67	0,67
2,29	2,23	0,41	0,42	0,68	0,67	2,04	2,30	0,47	0,43	0,87	0,77	2,39	2,48	0,42	0,43	0,68	0,65
2,31	2,21	0,41	0,43	0,68	0,67	2,00	2,28	0,47	0,44	0,87	0,77	2,37	2,54	0,42	0,43	0,69	0,66
2,27	2,22	0,42	0,43	0,69	0,67	1,98	2,19	0,48	0,44	0,85	0,77	2,34	2,45	0,43	0,43	0,70	0,67
2,27	2,15	0,40	0,41	0,66	0,65	2,10	2,26	0,46	0,44	0,84	0,76	2,36	2,48	0,42	0,41	0,69	0,65
2,30	2,19	0,41	0,42	0,68	0,67	2,14	2,31	0,47	0,44	0,85	0,77	2,36	2,51	0,42	0,43	0,69	0,66
2,28	2,18	0,42	0,43	0,69	0,67	2,18	2,32	0,48	0,45	0,85	0,80	2,34	2,52	0,43	0,44	0,71	0,67
2,27	2,21	0,40	0,43	0,66	0,67	2,19	2,30	0,45	0,44	0,82	0,80	2,36	2,57	0,41	0,43	0,69	0,65
2,28	2,22	0,42	0,41	0,69	0,65	2,16	2,29	0,45	0,45	0,82	0,80	2,34	2,51	0,41	0,43	0,68	0,66
2,25	2,23	0,42	0,42	0,68	0,66	2,20	2,18	0,47	0,44	0,83	0,77	2,33	2,49	0,42	0,43	0,69	0,66
2,23	2,28	0,39	0,42	0,66	0,66	2,35	2,17	0,48	0,43	0,86	0,76	2,34	2,51	0,41	0,42	0,68	0,64
2,20	2,28	0,41	0,41	0,68	0,65	2,17	2,10	0,48	0,43	0,87	0,76	2,34	2,53	0,42	0,43	0,68	0,66
2,23	2,29	0,42	0,39	0,69	0,63	2,12	2,13	0,50	0,44	0,88	0,77	2,33	2,46	0,42	0,44	0,68	0,67
2,35	2,29	0,40	0,41	0,67	0,65	2,15	2,16	0,47	0,43	0,86	0,75	2,31	2,50	0,42	0,42	0,68	0,65
2,30	2,28	0,41	0,42	0,69	0,66	2,15	2,22	0,47	0,44	0,86	0,76	2,34	2,53	0,42	0,43	0,69	0,66
2,35	2,27	0,43	0,41	0,71	0,66	2,16	2,17	0,49	0,44	0,88	0,77	2,25	2,61	0,42	0,44	0,68	0,67
2,34	2,28	0,41	0,41	0,70	0,65	2,19	2,15	0,48	0,42	0,87	0,74	2,31	2,66	0,42	0,42	0,68	0,65
2,40	2,28	0,43	0,41	0,71	0,65	2,19	2,09	0,49	0,43	0,87	0,76	2,43	2,55	0,42	0,43	0,69	0,66
2,38	2,28	0,43	0,42	0,72	0,66	2,12	2,04	0,47	0,44	0,86	0,76	2,44	2,55	0,43	0,44	0,69	0,66
2,41	2,29	0,40	0,43	0,68	0,67	2,15	2,11	0,45	0,43	0,78	0,74	2,44	2,61	0,44	0,42	0,70	0,65
2,37	2,33	0,42	0,40	0,70	0,63	2,14	1,98	0,46	0,43	0,80	0,75	2,44	2,55	0,43	0,43	0,68	0,65
2,40	2,24	0,42	0,41	0,70	0,65	2,15	2,06	0,47	0,44	0,84	0,76	2,46	2,60	0,43	0,43	0,68	0,66
2,27	2,27	0,42	0,42	0,70	0,66	2,08	2,02	0,45	0,42	0,82	0,72	2,50	2,53	0,43	0,42	0,69	0,65
2,25	2,28	0,44	0,43	0,71	0,67	2,09	2,06	0,47	0,43	0,84	0,74	2,35	2,54	0,43	0,43	0,69	0,66
2,27	2,23	0,43	0,39	0,71	0,63	2,08	2,08	0,47	0,44	0,84	0,76	2,32	2,53	0,43	0,44	0,69	0,66
2,28	2,28	0,41	0,42	0,69	0,67	2,10	2,09	0,46	0,43	0,83	0,75	2,28	2,60	0,42	0,44	0,68	0,66
2,26	2,30	0,43	0,42	0,70	0,67	2,10	2,15	0,50	0,43	0,90	0,75	2,30	2,64	0,41	0,44	0,67	0,67
2,27	2,32	0,43	0,41	0,71	0,65	2,06	2,02	0,49	0,43	0,89	0,73	2,28	2,61	0,42	0,44	0,68	0,67
2,27	2,33	0,42	0,42	0,69	0,66	2,09	2,12	0,46	0,42	0,83	0,74	2,35	2,62	0,42	0,42	0,68	0,64
2,25	2,33	0,43	0,42	0,70	0,67	2,17	2,19	0,48	0,44	0,85	0,77	2,36	2,66	0,41	0,43	0,68	0,66
2,29	2,27	0,43	0,42	0,71	0,67	2,21	2,11	0,47	0,44	0,85	0,77	2,39	2,59	0,40	0,43	0,64	0,66
2,42	2,34	0,40	0,41	0,67	0,65	2,19	2,12	0,44	0,43	0,80	0,76	2,31	2,56	0,42	0,43	0,68	0,66
2,43	2,32	0,41	0,42	0,68	0,66	2,20	2,05	0,46	0,43	0,83	0,77	2,28	2,50	0,42	0,44	0,68	0,67
2,40	2,28	0,42	0,42	0,69	0,67	2,07	2,08	0,49	0,45	0,89	0,79	2,27	2,55	0,44	0,44	0,71	0,66
2,41	2,30	0,40	0,42	0,67	0,67	2,03	2,08	0,49	0,43	0,89	0,75	2,31	2,53	0,44	0,42	0,71	0,64
2,44	2,37	0,42	0,40	0,70	0,65	2,07	2,03	0,50	0,44	0,90	0,77	2,30	2,56	0,43	0,43	0,70	0,65
2,45	2,41	0,42	0,41	0,70	0,66	2,04	2,00	0,50	0,45	0,91	0,80	2,28	2,56	0,44	0,44	0,70	0,66
2,43	2,31	0,41	0,42	0,69	0,68	2,07	2,08	0,48	0,43	0,89	0,77	2,24	2,56	0,45	0,43	0,71	0,64
2,42	2,27	0,42	0,42	0,70	0,68	2,01	2,06	0,50	0,44	0,91	0,78	2,21	2,49	0,44	0,43	0,71	0,64
2,41	2,36	0,42	0,40	0,70	0,66	2,04	2,10	0,51	0,44	0,92	0,77	2,20	2,55	0,45	0,44	0,71	0,66
2,42	2,36	0,41	0,41	0,69	0,67	2,01	2,14	0,50	0,44	0,91	0,76	2,31	2,50	0,43	0,43	0,71	0,64
2,42	2,39	0,41	0,42	0,69	0,67	2,07	2,21	0,51	0,44	0,91	0,76	2,27	2,49	0,42	0,44	0,69	0,65

## PŘÍLOHA P 2: NAMĚŘENÉ HODNOTY T90 (min), MH (dNm)

Směs A				Směs B				Směs C			
T90 (min)		MH (dNm)		T90 (min)		MH (dNm)		T90 (min)		MH (dNm)	
2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
1,02	0,99	15,42	15,39	1,42	1,34	12,31	12,56	0,99	0,98	14,80	15,18
1,03	0,99	15,76	15,80	1,44	1,34	12,28	12,42	0,99	0,99	15,66	15,48
1,04	0,98	15,93	15,60	1,42	1,32	11,93	12,47	1,00	1,00	15,50	15,32
1,02	0,99	15,82	15,88	1,42	1,36	11,99	12,28	0,98	0,97	15,50	15,41
1,02	0,98	15,87	15,80	1,39	1,37	12,37	12,36	1,00	0,97	15,66	15,76
1,03	0,99	16,03	15,83	1,38	1,36	12,52	12,33	1,01	0,99	15,18	15,59
1,01	0,99	15,91	15,77	1,38	1,33	12,59	12,39	0,98	1,00	15,29	14,69
1,03	0,99	15,91	15,73	1,38	1,35	12,34	12,33	0,98	0,97	15,24	15,69
1,03	0,96	15,89	15,72	1,38	1,38	12,39	12,40	0,99	0,99	14,97	15,53
1,02	0,99	15,86	15,30	1,41	1,36	12,25	12,61	1,00	0,98	15,33	15,59
1,01	1,00	15,94	15,38	1,44	1,36	11,77	12,57	1,02	0,98	14,95	15,56
1,02	0,99	15,82	15,44	1,39	1,36	11,87	12,37	1,02	0,99	15,31	15,81
0,99	0,98	15,86	15,36	1,39	1,34	12,30	12,36	1,02	0,98	14,86	15,71
1,01	0,98	15,80	15,38	1,42	1,36	12,30	12,59	1,02	0,98	14,90	15,95
1,02	0,99	15,89	15,30	1,42	1,41	12,40	12,63	1,03	0,99	15,56	15,78
1,00	0,99	15,77	15,52	1,39	1,41	12,47	12,59	1,02	0,98	15,28	15,37
1,02	0,97	15,85	15,38	1,39	1,40	12,36	12,46	1,01	0,97	14,99	15,45
1,01	0,97	15,81	15,69	1,40	1,33	12,38	12,41	1,01	0,98	15,04	15,78
0,98	0,98	15,87	15,70	1,41	1,30	12,71	12,46	1,01	0,95	14,79	15,89
1,00	0,97	15,88	15,68	1,44	1,30	12,46	12,29	1,01	0,99	15,15	15,28
1,01	0,95	15,79	15,76	1,45	1,31	11,95	12,26	1,01	0,98	14,63	15,67
1,02	0,97	15,61	15,76	1,43	1,28	12,38	12,47	1,01	0,96	14,94	15,62
1,04	0,98	15,63	15,79	1,41	1,30	12,45	12,48	1,01	0,98	15,45	16,16
1,06	0,98	15,66	15,87	1,43	1,30	12,30	12,63	1,00	0,99	15,38	15,82
1,04	0,97	15,69	15,83	1,43	1,29	12,42	12,46	0,99	0,98	15,64	15,76
1,06	0,97	15,62	15,82	1,44	1,31	12,41	12,08	1,01	0,98	15,58	15,94
1,07	0,98	15,67	15,85	1,41	1,32	12,38	11,95	1,01	0,98	15,63	15,81
1,02	0,99	15,80	15,86	1,34	1,31	12,01	12,06	1,03	0,97	15,47	15,58
1,05	0,96	15,48	15,68	1,35	1,30	11,95	12,27	0,99	0,97	16,13	15,75
1,05	0,98	15,73	15,72	1,41	1,32	11,98	12,17	1,00	0,98	15,83	15,61
1,05	0,98	15,41	15,74	1,42	1,72	11,71	12,24	1,02	0,97	15,51	15,65
1,05	0,99	15,86	15,81	1,41	1,31	12,10	1,98	1,01	0,98	15,73	15,90
1,05	0,95	15,73	15,71	1,42	1,34	11,96	11,83	1,00	0,98	15,79	15,42
1,03	0,99	15,74	15,90	1,41	1,35	11,93	11,66	1,00	0,97	15,37	15,81
1,04	0,99	15,72	15,89	1,49	1,33	12,20	12,03	0,99	0,99	15,22	15,88
1,05	0,98	15,75	15,96	1,47	1,30	12,16	11,83	0,99	0,99	15,58	16,06
1,03	0,99	15,75	15,87	1,39	1,30	12,45	1,12	1,00	0,96	15,47	15,65
1,05	0,99	15,74	15,92	1,41	1,33	12,52	12,08	1,00	1,00	15,31	14,94
1,05	0,99	15,76	15,99	1,41	1,32	12,32	12,27	0,96	0,98	15,61	15,80
1,01	0,97	15,93	16,00	1,34	1,32	12,58	12,07	1,00	0,99	15,28	15,12
1,03	0,99	15,91	15,96	1,39	1,31	12,34	12,17	1,01	1,00	14,89	15,02
1,03	1,00	15,85	15,71	1,45	1,35	12,14	12,22	1,04	0,98	15,07	15,26
1,01	0,99	16,02	15,95	1,45	1,32	12,23	12,06	1,04	0,96	14,85	15,30
1,03	0,97	16,05	15,86	1,48	1,33	12,13	12,09	1,03	0,96	14,83	15,41
1,05	0,99	15,93	15,61	1,48	1,38	12,08	11,57	1,03	0,97	14,54	15,41
1,03	1,01	15,96	15,78	1,49	1,34	11,87	11,90	1,04	0,95	14,62	15,65
1,04	1,01	15,87	15,68	1,48	1,36	11,98	11,76	1,03	0,96	14,86	15,31
1,04	0,99	15,93	15,77	1,49	1,34	12,13	12,11	1,04	0,98	14,87	14,97
1,03	1,00	15,98	15,73	1,50	1,31	11,90	12,81	1,04	0,96	14,72	15,35
1,03	1,01	15,83	15,82	1,49	1,30	12,18	12,89	1,01	0,97	14,99	15,63

**PŘÍLOHA P 3: NAMĚŘENÉ HODNOTY VISKOZITY MOONEY A  
HUSTOTY (g/cm<sup>3</sup>)**

Směs A				Směs B				Směs C			
viskozita		hustota		viskozita		hustota		viskozita		hustota	
2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
61	61	1,130	1,115	59	59	1,140	1,135	63	61	1,100	1,120
57	61	1,120	1,120	59	60	1,135	1,150	59	59	1,105	1,115
60	62	1,115	1,115	59	58	1,145	1,150	59	58	1,110	1,115
61	61	1,105	1,115	56	60	1,135	1,130	59	60	1,110	1,125
59	62	1,110	1,115	57	63	1,130	1,135	61	59	1,120	1,125
57	63	1,130	1,115	61	60	1,140	1,135	60	61	1,125	1,125
59	60	1,110	1,120	59	60	1,150	1,130	61	64	1,130	1,120
58	64	1,110	1,115	60	60	1,140	1,130	61	65	1,125	1,120
58	63	1,115	1,120	60	60	1,135	1,130	62	72	1,125	1,110
59	58	1,125	1,115	59	59	1,140	1,120	63	64	1,110	1,150
59	59	1,125	1,120	59	60	1,140	1,120	61	66	1,150	1,120
57	61	1,135	1,120	60	59	1,145	1,120	59	65	1,150	1,120
61	62	1,125	1,115	57	63	1,150	1,140	61	64	1,120	1,130
59	60	1,130	1,115	61	59	1,140	1,140	58	66	1,130	1,125
58	64	1,115	1,115	59	58	1,140	1,140	61	62	1,130	1,130
59	59	1,120	1,115	59	51	1,140	1,135	62	60	1,120	1,135
59	59	1,115	1,115	58	62	1,140	1,140	61	63	1,150	1,135
57	60	1,135	1,110	59	57	1,135	1,140	63	63	1,125	1,135
58	60	1,125	1,110	54	56	1,140	1,130	62	63	1,125	1,135
61	58	1,120	1,110	63	59	1,135	1,130	66	65	1,150	1,135
64	58	1,115	1,110	63	56	1,135	1,130	63	65	1,120	1,130
60	58	1,120	1,115	60	59	1,145	1,140	66	66	1,140	1,125
60	61	1,125	1,115	58	58	1,140	1,140	66	62	1,110	1,125
60	59	1,115	1,115	62	56	1,145	1,140	62	64	1,120	1,125
62	59	1,120	1,115	60	60	1,145	1,140	63	59	1,125	1,110
61	58	1,120	1,110	59	60	1,135	1,135	64	59	1,110	1,110
60	59	1,120	1,110	59	65	1,135	1,135	63	65	1,110	1,120
63	60	1,120	1,110	64	63	1,140	1,130	63	65	1,115	1,120
62	60	1,120	1,120	63	64	1,140	1,130	62	64	1,115	1,115
60	59	1,110	1,120	61	61	1,150	1,130	64	60	1,120	1,120
62	59	1,110	1,125	62	64	1,150	1,130	63	60	1,120	1,115
60	61	1,150	1,115	61	61	1,135	1,130	63	60	1,115	1,115
63	60	1,120	1,115	58	63	1,140	1,130	63	59	1,115	1,115
62	63	1,150	1,115	58	61	1,140	1,130	67	61	1,115	1,115
63	61	1,150	1,115	60	61	1,145	1,130	63	61	1,120	1,110
62	60	1,125	1,115	57	64	1,150	1,130	64	62	1,120	1,110
66	65	1,110	1,115	59	61	1,140	1,130	65	62	1,125	1,115
64	60	1,120	1,110	59	62	1,140	1,140	62	60	1,130	1,115
65	61	1,120	1,110	61	62	1,135	1,130	62	64	1,120	1,110
62	66	1,120	1,110	60	62	1,150	1,130	58	61	1,120	1,115
64	60	1,120	1,110	62	61	1,150	1,130	67	59	1,120	1,110
60	61	1,120	1,110	61	61	1,145	1,130	65	59	1,120	1,110
62	62	1,125	1,110	60	62	1,145	1,130	63	60	1,110	1,110
59	58	1,115	1,110	62	59	1,140	1,130	63	60	1,110	1,115
61	59	1,115	1,110	59	59	1,145	1,130	65	62	1,115	1,115
59	63	1,110	1,110	56	58	1,145	1,130	63	62	1,115	1,105
60	62	1,110	1,110	61	62	1,130	1,130	63	62	1,115	1,115
60	62	1,120	1,115	60	61	1,140	1,130	60	64	1,120	1,110
59	60	1,110	1,110	64	63	1,140	1,130	62	67	1,130	1,110
61	61	1,130	1,115	63	60	1,145	1,130	65	64	1,105	1,110



**PŘÍLOHA P 4: NAMĚŘENÉ HODNOTY PEVNOSTI (MPa),  
TAŽNOSTI (%) A TVRDOSTI (ShA)**

Směs A						Směs B						Směs C					
pevnost		tažnost		tvrdost		pevnost		tažnost		tvrdost		pevnost		tažnost		tvrdost	
2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010	2009	2010
21,5	19,0	500	550	64	62	15,5	14,0	600	550	61	63	20,5	19,5	500	550	64	65
19,0	20,0	475	525	64	65	15,0	14,0	600	550	61	63	18,5	20,0	475	525	64	66
21,0	20,0	525	500	64	64	15,5	13,5	600	550	61	63	21,5	18,5	550	500	65	65
19,0	20,0	475	475	64	64	14,5	14,5	525	575	63	61	21,5	20,0	500	525	65	67
19,0	20,0	475	475	63	66	15,5	14,5	550	560	61	60	17,5	20,0	500	525	63	67
19,0	18,5	475	450	63	66	16,5	14,5	575	575	61	60	20,5	17,5	525	500	64	67
21,0	18,0	500	500	64	61	16,0	14,0	600	550	61	60	21,0	19,5	525	500	65	65
19,0	18,5	475	550	64	61	14,0	14,5	550	550	56	62	18,5	20,0	500	550	61	66
17,5	17,0	450	500	62	63	14,0	14,0	525	550	56	62	16,0	18,0	420	500	63	67
19,5	19,5	475	450	64	62	16,0	14,5	600	560	58	60	17,5	19,5	400	550	62	63
20,0	20,5	500	500	65	62	16,0	15,0	550	610	58	60	20,0	19,0	500	550	61	65
21,5	18,0	525	500	64	63	15,5	14,0	550	600	60	60	19,0	19,0	475	550	61	65
18,5	18,0	475	525	60	61	17,0	16,0	600	670	60	59	20,0	19,0	500	550	62	63
21,0	20,0	500	500	62	63	15,5	15,0	575	660	60	60	18,0	19,0	475	550	62	65
18,5	20,0	525	550	60	63	13,5	15,0	525	650	60	60	20,0	19,0	500	550	62	66
20,5	20,5	525	525	60	64	15,5	15,0	525	550	60	59	21,0	14,0	550	550	61	61
19,0	20,0	500	475	60	65	13,0	15,0	525	560	61	60	19,0	14,5	500	550	63	61
18,5	20,0	450	500	63	65	16,0	15,0	575	560	58	60	19,5	15,5	500	575	63	62
19,5	19,5	500	525	63	62	15,5	14,5	475	560	60	59	18,0	15,0	450	620	62	60
19,0	17,5	475	525	64	65	14,5	15,0	550	590	60	59	18,5	14,0	525	550	62	62
20,0	18,0	500	500	63	65	15,0	15,0	550	590	60	59	19,0	15,0	500	550	62	62
18,5	19,5	475	475	63	63	12,0	15,0	475	590	61	56	18,0	21,0	575	580	60	67
19,5	20,5	500	500	64	65	14,5	15,0	550	610	62	56	20,5	20,5	550	550	62	62
18,5	19,0	500	500	60	65	14,5	15,0	500	610	61	58	20,0	20,0	525	550	65	67
18,0	17,5	500	500	62	62	15,0	16,0	550	600	62	59	17,0	20,5	500	500	64	67
19,0	19,0	500	500	62	65	15,0	15,5	575	590	62	57	19,0	17,5	500	550	63	66
18,5	19,0	475	500	63	65	14,0	14,5	575	550	62	60	18,0	17,5	475	500	64	67
21,0	20,5	500	500	64	62	14,5	13,5	600	500	61	60	18,0	19,0	500	525	65	66
21,0	18,0	475	450	62	63	15,5	14,5	575	525	62	61	20,0	20,5	525	525	64	67
17,5	17,0	500	475	61	63	14,0	13,0	550	500	60	60	19,0	19,0	525	550	64	67
18,0	19,0	525	450	62	62	15,0	14,0	550	550	60	60	18,0	20,5	500	500	64	67
20,0	16,5	500	450	64	63	14,0	14,0	550	525	62	61	20,5	21,5	525	525	65	68
19,0	16,5	500	410	65	63	13,5	15,0	450	550	61	61	17,0	18,5	500	550	64	67
19,5	15,5	500	500	62	63	15,0	18,0	550	560	60	63	17,5	20,0	550	500	63	66
20,0	17,5	500	500	62	64	16,5	16,0	550	570	60	62	17,5	21,0	550	500	64	67
18,5	17,5	500	500	63	65	14,5	14,0	575	570	60	60	20,0	21,0	550	550	63	67
19,0	18,0	475	500	64	62	15,5	15,0	575	450	61	62	20,5	20,0	525	550	66	66
17,0	20,5	500	525	62	63	13,0	16,0	575	550	60	63	21,0	18,0	525	500	64	66
17,0	21,0	450	525	64	64	15,5	14,0	525	500	60	63	21,0	19,0	550	500	63	66
18,5	19,0	450	500	63	63	15,5	15,0	630	500	59	61	19,0	16,5	500	500	63	66
20,0	20,0	475	500	63	63	14,5	16,5	550	500	60	62	19,0	17,0	500	450	64	66
16,0	20,5	500	500	63	64	15,0	12,0	580	550	61	62	20,0	19,5	525	450	64	67
20,5	19,0	420	475	64	62	14,5	13,5	550	500	60	60	20,0	19,0	550	500	62	66
20,0	20,0	550	525	65	62	15,5	13,5	680	500	61	60	17,0	18,5	475	500	62	67
18,0	17,0	500	475	64	63	15,0	14,0	600	550	57	60	20,5	17,5	550	500	64	66
19,0	18,0	500	500	62	63	15,0	12,5	600	550	60	59	20,5	18,5	525	450	65	63
21,0	17,0	475	500	63	64	14,0	13,0	590	550	60	60	19,0	18,5	550	500	63	63
19,0	18,0	525	500	64	64	14,5	14,0	550	475	58	61	20,5	18,0	550	525	63	63
20,0	20,0	500	550	63	62	15,0	14,0	575	500	60	61	19,0	19,0	525	525	63	65
18,0	17,5	500	450	64	63	14,5	13,5	575	550	61	62	19,5	20,0	525	500	63	66

**PŘÍLOHA P 5: NAMĚŘENÉ HODNOTY ODOLNOSTI ODĚRU (%),  
A DYNAMICKÉHO NAMÁHÁNÍ DPGi (cykly)**

Směs C			
Odolnost oděru		Dynamické namáhání DPGi	
2009	2010	2009	2010
209	267	588367	615198
186	233	609709	670344
190	298	632882	684139
227	256	564357	625891
211	267	598709	670004
189	240	636834	690133
231	234	590089	611590
199	299	625709	670101
181	256	622882	670035
199	243	571368	605184
209	231	598901	680207
217	232	622802	684009
188	259	567363	609907
176	237	598710	671116
188	240	592809	684443
221	269	577356	615208
217	261	628970	670305
224	268	632282	674142
193	246	576836	670107
198	243	569005	680121
212	252		

# PŘÍLOHA P 6: ZÁZNAM Z RHEOMETRU MONSANTO

Mitas a.s.

PREHLED VYSLEDKU TESTU

30.1.2010 Strana: 1

Compound : -  
 KodTestu : 41111 - 41111  
 Objednavka : BATELKA3 - BATELKA3  
 Batchno. : 58 - 58  
 Datum : 29.1.2010 - 30.1.2010

Compound :  
 KodTestu : 41111 Test MITAS

C.Obj.	Batch	Test	Datum	Test t °C	Test t min	t10 min	t40 min	t90 min	ML dNm	MH dNm	Stav	Lim
Dolní limit specifikace						0.35	0.56	0.79	1.86	12.46		0
Horní limit specifikace						0.47	0.76	1.07	3.45	16.86		0
BATELKA3	58	507	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.99	2.29	15.39	Prosel	0
BATELKA3	58	508	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.66	0.99	2.33	15.80	Prosel	0
BATELKA3	58	509	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.66	0.98	2.24	15.60	Prosel	0
BATELKA3	58	510	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.99	2.32	15.88	Prosel	0
BATELKA3	58	511	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.98	2.32	15.80	Prosel	0
BATELKA3	58	512	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.99	2.31	15.83	Prosel	0
BATELKA3	58	513	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.66	0.99	2.29	15.77	Prosel	0
BATELKA3	58	514	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.99	2.26	15.73	Prosel	0
BATELKA3	58	515	29.1.2010	195	2.0	0.40	0.64	0.96	2.29	15.72	Prosel	0
BATELKA3	58	516	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.99	2.23	15.30	Prosel	0
BATELKA3	58	517	29.1.2010	195	2.0	0.43	0.67	1.00	2.21	15.38	Prosel	0
BATELKA3	58	518	29.1.2010	195	2.0	0.43	0.67	0.99	2.22	15.44	Prosel	0
BATELKA3	58	519	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.98	2.15	15.36	Prosel	0
BATELKA3	58	520	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.98	2.19	15.38	Prosel	0
BATELKA3	58	521	29.1.2010	195	2.0	0.43	0.67	0.99	2.18	15.30	Prosel	0
BATELKA3	58	522	29.1.2010	195	2.0	0.43	0.67	0.99	2.21	15.52	Prosel	0
BATELKA3	58	523	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.97	2.22	15.38	Prosel	0
BATELKA3	58	524	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.66	0.97	2.23	15.69	Prosel	0
BATELKA3	58	525	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.66	0.98	2.28	15.70	Prosel	0
BATELKA3	58	526	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.97	2.28	15.68	Prosel	0
BATELKA3	58	527	29.1.2010	195	2.0	0.39	0.63	0.95	2.29	15.76	Prosel	0
BATELKA3	58	528	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.97	2.29	15.76	Prosel	0
BATELKA3	58	529	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.66	0.98	2.28	15.79	Prosel	0
BATELKA3	58	530	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.66	0.98	2.27	15.87	Prosel	0
BATELKA3	58	531	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.97	2.28	15.83	Prosel	0
BATELKA3	58	532	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.97	2.28	15.82	Prosel	0
BATELKA3	58	533	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.66	0.98	2.28	15.85	Prosel	0
BATELKA3	58	534	29.1.2010	195	2.0	0.43	0.67	0.99	2.29	15.86	Prosel	0
BATELKA3	58	535	29.1.2010	195	2.0	0.40	0.63	0.96	2.33	15.68	Prosel	0
BATELKA3	58	536	29.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.98	2.24	15.72	Prosel	0
BATELKA3	58	537	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.66	0.98	2.27	15.74	Prosel	0
BATELKA3	58	538	29.1.2010	195	2.0	0.43	0.67	0.99	2.28	15.81	Prosel	0
BATELKA3	58	539	29.1.2010	195	2.0	0.39	0.63	0.95	2.23	15.71	Prosel	0
BATELKA3	58	540	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.66	0.98	2.32	15.94	Prosel	0
BATELKA3	58	541	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.99	2.28	15.90	Prosel	0
BATELKA3	58	542	29.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.99	2.30	15.89	Prosel	0
BATELKA3	58	543	30.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.98	2.32	15.96	Prosel	0
BATELKA3	58	544	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.66	0.99	2.33	15.87	Prosel	0
BATELKA3	58	545	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.99	2.33	15.92	Prosel	0
BATELKA3	58	546	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.99	2.27	15.99	Prosel	0
BATELKA3	58	547	30.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.97	2.34	16.00	Prosel	0
BATELKA3	58	548	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.66	0.99	2.32	15.96	Prosel	0
BATELKA3	58	549	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	1.00	2.28	15.71	Prosel	0
BATELKA3	58	550	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.99	2.30	15.95	Prosel	0
BATELKA3	58	551	30.1.2010	195	2.0	0.40	0.65	0.97	2.37	15.86	Prosel	0
BATELKA3	58	552	30.1.2010	195	2.0	0.41	0.66	0.99	2.41	15.61	Prosel	0
BATELKA3	58	553	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.68	1.01	2.31	15.78	Prosel	0
BATELKA3	58	554	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.68	1.01	2.27	15.68	Prosel	0
BATELKA3	58	555	30.1.2010	195	2.0	0.40	0.66	0.99	2.36	15.77	Prosel	0
BATELKA3	58	556	30.1.2010	195	2.0	0.41	0.67	1.00	2.36	15.73	Prosel	0
BATELKA3	58	557	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	1.01	2.39	15.82	Prosel	0
BATELKA3	58	558	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	1.00	2.34	15.78	Prosel	0
BATELKA3	58	559	30.1.2010	195	2.0	0.41	0.65	0.99	2.38	15.72	Prosel	0
BATELKA3	58	560	30.1.2010	195	2.0	0.41	0.66	0.99	2.30	16.07	Prosel	0
BATELKA3	58	561	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	0.99	2.36	15.96	Prosel	0
BATELKA3	58	562	30.1.2010	195	2.0	0.42	0.67	1.00	2.31	15.99	Prosel	0
BATELKA3	58	563	30.1.2010	195	2.0	0.43	0.69	1.03	2.40	15.12	Prosel	0

*Kuc.*

# PŘÍLOHA P 7: STATISTICKÁ KARTA PRO VSKOZITU MOONEY

KM 22.01

KONTY TRADE

KONTROLNÍ KARTA  
Viskozita Mooney 100°C/1+4

Směs č.:

Předpis

60 ± 10

Datum	Prof. č.	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	podpis	
1.1.2009	B 949-463															X														
9.1.	b 930-751											X																		
4.1.2009	B 967-768														X															
	B 988-789															X														
	B 847-668													X																
13.1.	B 809-870											X																		
14.1.	B 157-553													X																
15.1.	B 334-515												X																	
16.1.	B 444-465												X																	
19.1.	B 956-967													X																
	B 965-966													X																
	B 977-978												X																	
20.1.	B 147-18												X				X													
22.1.	B 47-48													X																
23.1.	B 47-48												X																	
26.1.	B 154-155													X																
	B 147-150													X																
28.1.	D 250-251												X																	
30.1.	B 272-273												X																	
2.2.	B 335-336															X														
	B 401-402																	X												
5.2.	B 413-414															X														
5.2.	B 429-430															X														
6.2.	D 446-447															X														
14.2.	B 446-447															X														
	A 503-504															X														
9.2.	D 533-534															X														
	A 554-555															X														
11.2.	A 563-564															X														
13.2.	B 614-615															X														
	A 636-637															X														
16.2.	B 644-645															X														
	B 644-645															X														
	B 637-638															X														
	A 687-688															X														
19.2.	A 750-751															X														
20.2.	A 803-804															X														
23.2.	B 839-840															X														
	A 845-846															X														
	B 881-882															X														
	A 914-915															X														
28.2.	A 963-964															X														
	A 970-971															X														
2.3.	B 16-17													X																
	A 31-32													X																
	B 40-41													X																
	A 91-92													X																
4.3.	A 110-111													X																
5.3.	B 109-110													X																
6.3.	B 110-111													X																
	A 111-112													X																

QF 2.7630/2



# PŘÍLOHA P 8: STATISTICKÁ KARTA PRO PEVNOST, TAŽNOST, TVRDOST, HUSTOTU

CGSO TYRES		Statistická karta				Směs č.	List: 5
Rok: Vlastnost:	Požadovaná hodnota:	Pevnost [ Mpa ]	Tažnost [ % ]	Modul % [ Mpa ]	Tvrdoost [ShA]	Hustota [g*cm <sup>3</sup> ]	
2010		110-3	450-80		63 ± 3	1,40 ± 0,02	
Tolerance:							
list č. 1							
list č. 2							
list č. 3							
Datum	č. dávky					ti.	
15. 3.	305 B					43	
						44	
	306 A					45	
						46	
16. 3.	353 B					47	
						48	
	363 A					49	
						50	
	381					51	
						52	
17. 3.	A 405					53	
						54	
						55	
19. 3.	B 434					56	
						57	
						58	
22. 3.	D 446					59	
						60	
	A 465					61	
						62	
						63	
23. 3.	A 484					64	
						65	
	A 509					66	
						67	
						68	
24. 3.	530					69	
						70	
						71	
						72	
						73	
						74	
						75	
						76	
						77	
						78	
						79	
						80	
						81	
						82	
						83	
						84	
						85	
						86	
						87	
						88	
						89	
						90	
						91	
						92	
						93	
						94	
						95	
						96	
						97	
						98	
						99	
						100	

# PŘÍLOHA P 9: FORMULÁŘ PRO ROČNÍ ZKOUŠKY

CGSOTYRES	Protokol o zkoušce <b>ROČNÍ ZKOUŠKY SMĚSÍ</b>	Protokol č.: 162/10
		Směs č.:

	Specifikace	Jednotka	Výsledek	Zkoušel
Vulkametr	M <sub>L</sub> teplota 150°C	Nm	816	} Kloub
	M <sub>HR</sub> (M <sub>HF</sub> , M <sub>H</sub> ) rozsah 100	Nm	42,0	
	t <sub>c</sub> (10) doba 30 min.	min	9,77	
	t <sub>c</sub> (40)	min	12,15	
	t <sub>c</sub> (90)	min.	15,57	
Hustota		g/cm <sup>3</sup>	1,119	
Viskozita Mooney při 100 °C		min/ML	56	
Bezp. + viskozita při 120 °C		mm <sup>3</sup>	42/50	
Odolnost proti odírání		%	298	Naum
Lůpka				
Vznik trhlin		kc		
		kc		
Dynamické namáhání DPGi		kc	684,139	
Hřetí DPGi	5 kc R 50	°C	442	} Naum
	10 kc	°C	465	
	20 kc	°C	484	
	30 kc	°C	483	
Sstrukturní pevnost		kNm	59,0	Naum
		N		
		W		

Doba vulk.	Tloušťka	Tvrdost	Elastičita	Pevnost v tahu		Tažnost	Modul 300 %	
				N	MPa		N	MPa
150°C	4,1			600	18,3	520	280	8,5
251	4,1	65	36	630	19,2	530	290	8,8
	4,1			580	14,7	500	280	8,5
	4R			420	12,5	300	420	12,5
	4R	12	38	510	15,2	360	420	12,5
Geery	4R			530	15,4	360	420	12,2
7 dní 100°C	4R			430	12,8	310	420	12,5

12. 4. 2010 Kloub

	DATUM	JMÉNO	PODPIS
Zkoušel:	6. 4. 2010	VACULIKOVA	Naum
Převzal:			

# PŘÍLOHA P 10: PROTOKOL ZE ZKUŠEBNY IGTT



IGTT a.s. - LABORATORNÍ ZKUŠEBNA PNEU, Tř.T.Bati 299, 764 22 ZLÍN

PROTOKOL O ZKOUŠCE č.

Laboratoř, akreditovaná Českým institutem pro akreditaci, o.p.s.  
Akreditovaná zkušební laboratoř č. 1253

1. Zadavatel: MITAS a.s. vývoj Zlín Č. požadavku: MV/09184  
areál a.s. Svit, budova 46 Číslo úkolu: RAE-102273  
762 02 Zlín Středisko: 2603  
Česká republika Datum zadání: 19.2.2010  
Řešitel:  Datum zprávy: 30.4.2010  
Důvod zkoušení: Směs RAE

2. Zkušební vzorek: Plášť Druh: AL Ident. číslo: 19157  
Rozměr: 7,50-16 Dezén: TF-03 Typ: TT  
Označení:  Výroba: Mitas Zlín DOT: 0710  
LI: 98 SS: A6 PM: 280 kPa 6 PR LR   
Hmotnost: 13,2 kg Plášť/Duše:

3. Zkouška: Zkouška trvanlivosti  
Metodika: ZT-A-316 akreditovaná

4. Podmínky zkoušky: Zkušební stroj: B65L Teplota prostředí: 38 °C  
Zkušební ráfek: 5,50Fx16 Huštění:  kPa konstantní  
Zatížení: 735 daN Rychlost: 20 km/h Odklon: 0 °  
Min. počet cyklů:  Min. dráha:  km  
Max. počet cyklů:  Max. dráha:  km

5. Poznámka: Huštění(kPa): 280(120h)-224(48h)-196(do konce zkoušky)

6. Výsledek: Počet vykon.cyklů: 2 228 540 Ujetá dráha: 5 274 km Kód vad  
Trvanlivost: 260h, bez vady (zkouška byla ukončena na žádost zadavatele).

7. Hodnocení: Kriteria: A: >144h, B: mezi A a C, C: <96h  
Pneumatika vyhověla požadavkům zkoušky v kategorii A.

8. Přílohy: 1. Záznam o zkoušce na bubnovém stroji

9. Upozornění: Výsledky zkoušky se týkají pouze uvedeného vzorku. Bez písemného souhlasu zkušební laboratoře se protokol nesmí reprodukovat jinak, než celý.

Vyhotovil: vedoucí zkušební technik laboratorní zkušebny pneu V. Závada

Schválil: manažer jakosti laboratorní zkušebny pneu RNDr. Sliž

IGTT a.s.  
Tř. T. Bati 299, 764 22 ZLÍN  
tel./fax: +420 577 597 241  
laboratorní zkušebna pneumatik  
Akreditovaná laboratoř č.1253