

Česká zemědělská univerzita v Praze

Technická fakulta

Hodnocení změny tvrdosti
v povrchových vrstvách
pneumatik v závislosti na
prostředí

diplomová práce

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Miroslav Müller, Ph.D.

Vypracoval: Petr Novák

PRAHA 2013

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Katedra materiálu a strojírenské technologie

Technická fakulta

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Novák Petr

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Hodnocení změny tvrdosti v povrchových vrstvách pneumatik v závislosti na prostředí

Anglický název

Evaluation of hardness change in surface layers of tyres depending on environment

Cíle práce

Shromáždit literární podklady o problematice použití pneumatik a degradačních procesech při jejich aplikaci v praxi. Výzkum změny tvrdosti v povrchových vrstvách pneumatik v závislosti na degradačním prostředí.

Metodika

Současný stav řešeného problému (literární rešerše).

Cíl práce a metody jejího zpracování.

Řešení podstaty dané problematiky.

Přínos a závěry práce.

Osnova práce

1. Úvod.
2. Cíl práce a metodika.
3. Konstrukce, mechanické vlastnosti pneumatik.
4. Možnosti a limity pneumatik vystavených procesu degradace.
5. Hodnocení změny tvrdosti v povrchových vrstvách pneumatik v závislosti na prostředí.
6. Závěr.
7. Seznam literatury.

Rozsah textové části

cca 60 stran

Klíčová slova

degradace, pneumatika, tvrdost, výzkum

Doporučené zdroje informací

AGARWAL, B. D., BROUTMAN, L. J.: Vláknové kompozity. Praha: SNTL, 1987. 295 s.

DAVIS, P. A.: Aircraft tire care and maintenance. Technical information. Goodyear, 2002. 49 s.

DOČKAL, V., et. al.: Pneumatiky. Praha: ČVUT, 1998. 71 s.

DUCHÁČEK, V.: Polymery výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Praha: VŠCHT Kanag – tisk, 2006. 278 s.

RŮŽIČKA, B., KOLEČEK, P.: Pneumatiky pro Váš automobil, Brno: CP Books, 2005. 154 s.

KRMELA, J.: Systémový přístup k výpočtovému modelování pneumatik I. Brno: Tribun EU, 2008. 102 s.

PACEJKA, H. B.: Tyre and vehicle dynamics. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. 627 s.

SMITH, R. H.: Analyzing friction in the design of rubber products and their paired surfaces. Boca Raton: CRC Press, 2008. 398 s.

Časopis pneumatiky: Rubber Chemistry and Technology, Comprehensive Composite Material, The Science and Technology, Applied composite materials, Journal of Terramechanics, Strojírenská technologie, Composite structures, Research in Agricultural Engineering, Plasty a kaučuk

Vedoucí práce

Müller Miroslav, doc. Ing., Ph.D.

Termín zadání

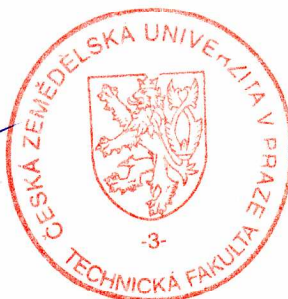
listopad 2011

Termín odevzdání

duben 2013


prof. Ing. Milan Brožek, CSc.

Vedoucí katedry



V Praze dne 6.2.2012


prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan fakulty

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Müllera, Ph.D. a použil jen pramenů citovaných v příložené bibliografii.

Podpis:

Poděkování

Velice rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Miroslavu Müllerovi, Ph.D. za odborné a užitečné rady, cenné připomínky, vstřícný přístup, ochotu a čas, který mi věnoval při zpracování mé práce. Dále pak mé rodině za podporu ve studiu.

Abstrakt

Tato práce je primárně zaměřena na problematiku změn tvrdosti v povrchových vrstvách pneumatik v závislosti na prostředí. V úvodní části seznamuje s metodikou vlastního výzkumu a metodami použitými k vyhodnocení. Dále je v práci zmíněna historie, definice a funkce pneumatik, jejich rozdělení, konstrukce, materiály ze kterých se vyrábí a vlastní výrobu. Další část je věnována přehledu možností a limitů pneumatik vystavených procesu degradace. Poslední část diplomové práce je zaměřena na zhodnocení vlastního výzkumu.

Klíčová slova

Degradace, pneumatika, tvrdost, výzkum.

Evaluation of hardness change in surface layers of tyres depending on environment

Summary

The main theme of this thesis is the evaluation of hardness change in surface layers of tyres depending on environment. At the beginning there are mentioned own research methodology and evaluation methods. The theoretical part of thesis is focused on the history, the definition and the function of tyres. Then it's focused on the division, the constitution, the production substances and the production of tyres. The next part attends to the possibilities and the limits of tyres depending on the degradation. The evaluation of own research is made at the practical part of thesis.

Key words

Degradation, tyre, hardness, research.

Obsah

1	ÚVOD.....	1
2	CÍL PRÁCE A METODIKA	2
2.1	CÍL PRÁCE.....	2
2.2	METODIKA	2
2.2.1	Zkoumané vzorky pneumatik	2
2.2.2	Degradační média	4
2.2.3	Použité měřicí metody	7
2.2.4	Průběh vlastního výzkumu	9
2.2.5	Použité statistické metody	11
3	KONSTRUKCE A MECHANICKÉ VLASTNOSTI PNEUMATIK.....	14
3.1	HISTORIE.....	14
3.2	DEFINICE A FUNKCE PNEUMATIKY	14
3.3	KONSTRUKCE PNEUMATIK	16
3.4	ROZDĚLENÍ PNEUMATIK.....	19
3.4.1	Konstrukční uspořádání kostry pláště a nárazníku	19
3.4.2	Vzorek běhounu.....	22
3.5	ROZMĚRY A ZNAČENÍ PNEUMATIK	24
3.5.1	Parametry značení.....	25
3.5.2	Vlastní značení na pneumatikách osobních a nákladních vozidel	28
3.6	OPOTŘEBENÍ PNEUMATIK.....	30
3.7	SUROVINY A VÝROBA PNEUMATIK.....	31
3.7.1	Suroviny	31
3.7.2	Výrobní proces	36
4	MOŽNOSTI A LIMITY PNEUMATIK VYSTAVENÝCH PROCESU DEGRADACE	39
4.1	DEGRADACE PNEUMATIK.....	39
4.2	DRUHY ODOLNOSTI PNEUMATIK	40
4.2.1	Působení teploty	40
4.2.2	Účinek světla	41
4.2.3	Vliv kyslíku	41
4.2.4	Vliv ozonu	42
4.2.5	Únava materiálu.....	42
4.2.6	Působení chemických činidel.....	43
4.2.7	Působení vlhkosti.....	44
4.2.8	Mechanické poškození.....	44
4.2.9	Ostatní vlivy	44

5	HODNOCENÍ ZMĚNY TVRDOSTI V POVRCHOVÝCH VRSTVÁCH PNEUMATIK V ZÁVISLOSTI NA PROSTŘEDÍ	45
5.1	VYHODNOCENÍ ZMĚNY TVRDOSTI A HMOTNOSTI VZORKŮ 1N.....	45
5.2	VYHODNOCENÍ ZMĚNY TVRDOSTI A HMOTNOSTI VZORKŮ 1T.....	48
5.3	VYHODNOCENÍ ZMĚNY TVRDOSTI A HMOTNOSTI VZORKŮ 1V.....	51
5.4	VYHODNOCENÍ ZMĚNY TVRDOSTI A HMOTNOSTI VZORKŮ 2N.....	55
5.5	VYHODNOCENÍ ZMĚNY TVRDOSTI A HMOTNOSTI VZORKŮ 2T.....	58
5.6	VYHODNOCENÍ ZMĚNY TVRDOSTI A HMOTNOSTI VZORKŮ 2V.....	61
6	ZÁVĚR	66
7	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	68
8	SEZNAM OBRÁZKŮ	71
9	SEZNAM TABULEK.....	73
10	SEZNAM GRAFŮ	75
11	SEZNAM PŘÍLOH.....	76
12	PŘÍLOHY.....	77

1 Úvod

Pneumatiky představují jediný prvek, který spojuje vozidlo s vozovkou a jsou jednou z nejdůležitějších součástí vozidla. Zajišťují přenos hnacích a brzdných momentů, bočních sil, v neposlední řadě nesou hmotnost celého vozidla a zajišťují první odpružení vozidla.

S rostoucím rozvojem automobilového průmyslu se zvyšují i požadavky na zmiňované vozidlové pneumatiky. Klade se větší důraz na bezpečný provoz, stoupají přepravní rychlosti, rostou nároky na pohodlí cestujících i na životnost vlastních pneumatik. Zvedají se výkony motorů automobilů a neustále se posouvají hranice možností vozidel. Výčet několika málo uvedených nároků na pneumatiky nutí jejich konstruktéry ke stále novým výzkumům a pokusům s cílem zdokonalit jejich vlastnosti.

Účelem této práce a výzkumu ovšem není objev převratného konstrukčního řešení pneumatiky s jedinečnými vlastnostmi, nýbrž vyhodnocení možných rizik použití pneumatik. Konkrétně se jedná o vliv degradace na jejich vlastnosti.

Zkoumané vzorky z vybraných pneumatik byly umístěny v degradačních médiích. Primárním cílem bylo určení změn tvrdosti těchto vzorků, jako druhořadý cíl proběhlo sledování změn hmotnosti. Průběh vlastního výzkumu je popsán v následujících částech práce. Největší vliv na tvrdost byl předpokládán v případě motorové nafty a motorového oleje. Prokázání působení roztoku cereritu bylo očekáváno v menší míře. Účinek vody a roztoku NaCl na změnu tvrdosti se předpokládal minimální.

2 Cíl práce a metodika

2.1 Cíl práce

Předložená diplomová práce si klade za cíl shromáždění literárních podkladů o problematice použití pneumatik a degradačních procesech při jejich aplikaci v praxi. Dále zpracovává a hodnotí vlastní výzkum změny tvrdosti v povrchových vrstvách pneumatik v závislosti na degradačním prostředí.

2.2 Metodika

Tato část práce je věnována vysvětlení metodických postupů, kterých bylo při zpracování práce využito. Především se jedná o popis pneumatik použitých pro zkoumání vlivu degradace a degradační média. Ke zjištění degradačního vlivu došlo vlastním měřením založeným na metodě měření Shore A. Dalším popsáním bodem jsou samozřejmě i časové řady, díky nimž byl naměřený vliv degradace statisticky zpracován. Také bylo využito literární rešerše pro shrnutí dostupných informací k této problematice.

2.2.1 Zkoumané vzorky pneumatik

Pro účely výzkumu k této diplomové práci jsem zvolil 3 druhy pneumatik. Z každé z nich bylo připraveno 10 zkušebních vzorků.

- **Použité pneumatiky**

Vzorky byly připraveny z použitých pneumatik ze zemědělské techniky. Byla zvolena pneumatika z kolového nakladače, dále traktorová pneumatika a posledním vzorkem byla protektorovaná pneumatika používaná na traktorovém vleku.

Pneumatika GOODYEAR 16,9-28 IND SGTRACTOR R4 152 A8 12 TL

Jedná se o záběrovou pneumatiku diagonální konstrukce o šířce 16,9" používanou na ráfcích o rozměru 28" s nosností 3 550 kg. Tato pneumatika je vhodná pro poháněné nápravy nakladačů, teleskopických manipulátorů a bagrů. Zesílené boky pneumatiky umožňují její využití ve ztížených podmínkách a pro průmyslové nasazení. [19]

Obr. 1 Pneumatika GOODYEAR 16,9-28



Zdroj: [<http://www.obchodpneu.cz>]

Pneumatika Barum 7,50-16 6PR TP9

Tato pneumatika s diagonální konstrukcí má žebrovaný dezén se silnými zuby a bočními prvky pro řídicí kola traktorů bez pohonu předních kol. Její šířka je 7,5", používá se na ráfcích o rozměru 16" a dosahuje nosnosti 750 kg. [19]

Obr. 2 Pneumatika Barum 7,50-16



Zdroj: [<http://www.ityre.com>]

Pneumatika Barum 8,25-15 Chemlon HS 12 PLY RATING

V daném případě se jedná o protektorovanou pneumatiku šířky 8,25" na 15" ráfcích, která je velice rozšířená na traktorových i jiných vlecích.

Obr. 3 Pneumatika Barum 8,25-15



Zdroj: [autor]

- **Příprava vzorků**

Bylo připraveno 10 zkušebních vzorků z každé výše uvedené pneumatiky. Běhounová část pneumatiky byla rozřezána pomocí úhlové brusky při neustálém chlazení na čtverce o rozměrech 90x90mm se snahou o maximální možnou stykovou plochu. Jednotlivé vzorky byly poté označeny viz tabulka č. 1 na straně 9 a to 5 kusů od každého pro 5 degradačních médií.

2.2.2 Degradační média

Pro výzkum změny tvrdosti v povrchových vrstvách pneumatik v závislosti na prostředí bylo zvoleno 5 následujících degradačních médií:

- motorový olej,
- motorová nafta,
- voda,
- 33% vodný roztok NaCl,
- 33% vodný roztok cereritu.

Motorový olej

Jako první médium byl použit motorový olej MOBIL Super 2000 X1 10W-40. Tento polosyntetický motorový olej je určený pro všechny typy vozů včetně vysoce výkonných a přeplňovaných motorů. Zajišťuje čistotu a ochranu motoru při vysokých teplotách a v náročných provozních podmínkách. Tento olej splňuje následující specifikace: ACEA A3/B3, API SL, API CF, MB-229.1 a VW 501 01/50500. [20]

Základním úkolem motorového oleje je zmenšovat tření v dotykových místech třecí dvojice. Vedle toho musí mazivo plnit celou řadu dalších funkcí, jako zmenšovat opotřebení, odvádět teplo vzniklé třením, resp. teplo vzniklé spalovacím procesem, utěšňovat třecí plochy, zejména u pístové skupiny spalovacích motorů, odplavovat otěrové, karbonové a další částice nejen z třecích ploch, ale z celého soustrojí tak, aby nedocházelo k jejich sedimentaci a agregaci, dále pak chránit nejen třecí dvojice, ale celé soustrojí před korozi.

Motorový olej se vyrábí smíšením několika druhů jednotlivých základových olejů a přísad (aditiv). Tato směs musí viskozitně a dalšími vlastnostmi vyhovovat požadavkům připravovaného oleje. Základové oleje jsou buď syntetického nebo ropného původu (minerální), jejich kombinací vznikne olej polosyntetický. Základové oleje se vždy vyrábějí ve třech technologických krocích. Prvním krokem je rafinace ropné suroviny, druhým krokem je odparafinování oleje a třetím je dorafinování oleje tak, aby měl nejen dobré vlastnosti, ale působil důvěryhodně i na pohled. Měřítkem kvality základového oleje je především viskozitní index, obsah síry a obsah nasycených uhlovodíků. Čím je základový olej kvalitnější, tím má vyšší viskozitní index, větší obsah nasycených uhlovodíků a nižší obsah síry. [21, 22]

Motorová nafta

Další použitou látkou byla motorová nafta od čerpací stanice Benzina prodávaná pod obchodním názvem „Diesel Top Q“. Tato nafta splňuje normu ČSN EN 590. Jedná se o nadstandardně aditivovanou motorovou naftu. Aditivací se zlepšují užité vlastnosti této nafty v souladu s požadavky výrobců diesellových motorů. Tato motorová nafta zajišťuje dokonalé mazání vstřikovacích čerpadel, udržuje čistotu vstřikovacích trysek a chrání celý

palivový systém před korozi. Nízkoteplotní vlastnosti jsou rovněž specifikovány technickou normou ČSN EN 590 v závislosti na ročním období. [23]

Motorová nafta je směs ropných kapalných uhlovodíků, vroucích převážně v rozmezí 150 až 360 °C. Získává se destilací a rafinací ropy. Kvalitu motorové nafty udává cetanové číslo, které udává její vznětovou charakteristiku. Používá se jako palivo pro vznětové motory, případně pro některé typy plynových turbín. Motorová nafta obsahuje přísady ke zlepšení užitečných vlastností.

Voda

Jako třetí médium byla zvolena pitná voda. Tato pitná voda z vodovodu pro veřejnou potřebu dodávaná Pražskými vodovody a kanalizacemi, a.s., je v celé Praze nezávadná a její kvalita zcela odpovídá parametrům vyhlášky MZd. ČR č. 252/2004 Sb., ve znění vyhlášky 187/2005 Sb. [24]

33% vodný roztok NaCl

Čtvrtým degradačním médiem byl 33% vodný roztok NaCl. Ve 2 litrech pitné vody viz. část 2.4.3 byl rozpuštěn 1 kilogram chloridu sodného. Chlorid sodný je bezbarvá krystalická látka dobře rozpustná ve vodě důležitá pro potravinářský a chemický průmysl. V přírodě se vyskytuje jako nerost, neboli sůl kamenná. V běžném životě je znám jako kuchyňská sůl. Získává se odpařováním mořské vody (mořská voda obsahuje průměrně 3,5 % chloridu sodného) nebo těžbou z ložisek v zemi, které jsou pozůstatkem pravěkých moří.

33% vodný roztok cereritu

Poslední použitou látkou byl 33% vodný roztok cereritu. Ve 2 litrech pitné vody viz. část 2.4.3 byl rozpuštěn 1 kilogram tohoto hnojiva. Cererit je kombinované bezchloridové granulované hnojivo se stopovými prvky určené k výživě ovoce, zeleniny, chmele a okrasných rostlin. Obsahuje základní živiny (dusík, fosfor, draslík), dále hořčík a stopové prvky (bor, molybden, zinek, měď). Svým složením patří ke komplexním hnojivům zajišťujícím rostlinám všechny důležité živiny potřebné pro jejich vývoj a růst. [25]

2.2.3 Použité měřicí metody

Při provádění daného výzkumu byla měřena tvrdost podle Shore A a dále se provádělo vážení jednotlivých vzorků.

Tvrdost Shore A

Měření přibližuje norma ČSN ISO 7619-1 s názvem: Pryž, vulkanizovaný nebo termoplastický elastomer – Stanovení tvrdosti vtlačováním – Část 1: Stanovení tvrdoměrem (tvrdost Shore). Tvrdost pryže měřená tvrdoměrem (tvrdost Shore) je stanovena jako odezva pryže na použité vtlačování. Tato složitá odezva závisí na následujících faktorech:

- modul pružnosti pryže,
- viskoelastické vlastnosti pryže,
- tloušťka zkušebního tělesa,
- geometrie indentoru (zkušební hrot tvrdoměru),
- použitý tlak,
- rychlost nárůstu tlaku,
- časový úsek, ve kterém je tvrdost zaznamenávána.

Uvedená norma tedy specifikuje metodu pro stanovení tvrdosti vtlačováním pro vulkanizované elastomery pomocí několika typů tvrdoměrů. V případě daného výzkumu se jedná o typ A pro pryže s běžnou tvrdostí (20 Shore A až 90 Shore A). [26]

Použité zkušební zařízení vyobrazené na obr. 4 splňuje následující požadavky stanovené normou. Opěrná patka tvrdoměru pro typ A musí mít průměr 18 mm a středový otvor o průměru 3 mm. Indentor, neboli zkušební hrot tvrdoměru musí být zhotoven z tyčinky z kalené oceli o průměru $1,25 \text{ mm} \pm 0,15 \text{ mm}$ a musí mít předepsaný tvar. Indikační zařízení umožňuje stanovení hodnoty vysunutí indentoru z roviny opěrné patky. Zařízení je kalibrováno přímo v jednotkách tvrdosti od 0 (maximální vysunutí $2,5 \text{ mm} \pm 0,02 \text{ mm}$) do 100 jednotek tvrdosti (nulové vysunutí). [26]

Vzorky připravené pro účely tohoto výzkumu splnily následující požadavky normy ČSN ISO 7619-1. Tloušťka zkušebních těles byla vyšší než 6 mm. Ostatní rozměry tělesa umožnily měření ve vzdálenosti nejméně 12 mm od každého okraje. Povrch vzorků byl rovný a rovnoběžný na dostatečné ploše, aby se opěrná patka dotýkala zkušebního tělesa na ploše o poloměru nejméně 6 mm od špičky indentoru. [26]

Obr. 4 Tvrdoměr Shore A



Zdroj: [autor]

Měření všech vzorků proběhlo podle následujícího postupu stanoveného výše uvedenou normou. Zkušební tělesa se umístila na rovný, tvrdý a tuhý povrch. Opěrná patka se co nejrychleji, ale bez nárazu přiložila na zkušební těleso tak, aby indentor směřoval kolmo k povrchu pryže. Za použití vhodné síly potřebné k dosažení pevného kontaktu mezi opěrnou patkou a zkušebním tělesem se odečte indikovaná hodnota tvrdosti. Běžná doba měření pro vulkanizovanou pryž jsou 3 sekundy. Norma udává minimálně 5 měření tvrdosti na různých místech tělesa vzdálených od sebe alespoň 6 mm, v tomto případě probíhalo vždy 20 opakování měření, aby byl zajištěn dostatek dat pro statistické vyhodnocení výzkumu. [26]

Hmotnost

Zkoumané vzorky byly váženy na váze Ohaus CL 501 s váživostí 500 g x 0,1 g s kontrastním LCD displejem.

Obr. 5 Váha Ohaus CL 501



Zdroj: [<http://www.sciencesupplies.co.uk>]

2.2.4 Průběh vlastního výzkumu

Výzkum se uskutečnil v prostorách laboratoří Katedry materiálu a strojírenské technologie Technické fakulty České zemědělské univerzity v Praze. V použité laboratoři se po dobu výzkumu teplota ovzduší pohybovala v rozmezí 20 až 22 °C.

Zvolená degradační média popsaná v části 2.2.2 byla umístěna do pečlivě označených nádob vhodných pro účely tohoto výzkumu. Vzorky pneumatik situované v těchto médiích byly vystaveny působení daných látek po různou dobu. Vzorky označené číslicí 1 byly ponořeny v degradačním prostředí po dobu jedné hodiny a do dalšího měření ponechány mimo nádoby volně na vzduchu. Vzorky označené číslem 2 byly v nádobách umístěny po celou dobu vyjma doby, kdy probíhala jednotlivá měření. Označení vzorků je patrné z následující tabulky.

Tab. 1 Označení vzorků

Pneumatika	GOODYEAR 16,9-28		Barum 7,50-16		Barum 8,25-15	
Vzorek č.	1N	2N	1T	2T	1V	2V

Zdroj: [autor]

Celkem bylo provedeno 9 měření, s odstupem minimálně jednoho týdne vždy ve stejný čas v přesném pořadí. Přehled všech měření a označení jednotlivých týdnů je v tabulce 2.

Tab. 2 Datování provedených měření

Datum	Týden č.
28.11.2012	0
5.12.2012	1
12.12.2012	2
19.12.2012	3
2.1.2013	5
9.1.2013	6
16.1.2013	7
20.2.2013	12
20.3.2013	16

Zdroj: [autor]

Měření vzorků umístěných v jednotlivých médiích probíhalo v pořadí: motorový olej, motorová nafta, voda, roztok NaCl a roztok cereritu. Každé měření se uskutečnilo přesně podle následujícího postupu: Nejprve byly vzorky vyjmuty z jednotlivých nádob a očištěny od zbytků média, aby nedošlo k znečištění měřících přístrojů. Dalším krokem bylo zvážení vzorků, které se opakovalo 3x pro vyloučení možné chyby měření. Poté následovalo vlastní měření tvrdosti metodou Shore A popsanou v části 2.2.3 podle příslušné normy.

Obr. 6 Měření tvrdosti



Zdroj: [autor]

Po provedení zmíněného postupu u všech vzorků umístěných ve shodném médiu, byly vzorky umístěny zpět do nádoby. Tento postup se opakoval u všech vzorků všech degradačních prostředí. Po uplynutí jedné hodiny byly vzorky s označením 1 vyjmuty ze svých nádob a byly umístěny na podložku do dalšího měření. Všechny naměřené hodnoty byly pečlivě zapsány do připravených formulářů pro daný týden měření. Nezpracované naměřené hodnoty jsou uvedeny v přílohách na konci této práce.

2.2.5 Použité statistické metody

Následující statistické metody byly využity při zpracování naměřených dat v rámci statistického softwaru Statistica 10.

Časová řada

Časová řada je základním statistickým ukazatelem hromadných jevů. Obvykle je definována jako množina pozorování kvantitativní charakteristiky uspořádaná v čase ve směru minulost – přítomnost. [27, 28]

Druhy časových řad jsou rozlišovány podle čtyř základních hledisek:

1. podle časového hlediska se časové řady dále dělí na:

- a. *okamžikové časové řady*, které jsou typické hodnotami zaznamenávanými k určitému časovému okamžiku,
- b. *intervalové časové řady* vyznačující se hodnotami získanými za určité delší časové období,

2. podle periodicity lze hovořit o časových řadách dvojího typu:

- a. *dlouhodobé časové řady*, někdy také nazývané jako roční časové řady, jsou tvořeny ukazateli, jejichž periodičita je nejméně roční nebo delší,
- b. *krátkodobé časové řady*, ve kterých jsou periody vždy kratší než jeden rok. Obvykle se jedná o týdenní, měsíční nebo čtvrtletní intervaly.

3. podle druhu sledovaných ukazatelů:

- a. *časové řady primárních ukazatelů,*
- b. *časové řady sekundárních ukazatelů.*

4. Podle způsobu vyjádření údajů:

- a. *časové řady naturálních ukazatelů,* jejichž hodnoty ukazatelů jsou vyjadřovány v naturáliích.
- b. *časové řady peněžních ukazatelů,* ve kterých jsou ukazatelé vyjádřeny peněžní formou. Tvoří většinu důležitých ekonomických časový řad. [27, 28]

Modely časových řad

Během analýzy časových řad je obvykle vycházeno z předpokladu, že zvažovaná časová řada obsahuje tři základní složky:

1. Trend
2. Periodická složka
3. Náhodné kolísání [28]

Trendem se rozumí hlavní tendence dlouhodobého vývoje hodnot analyzovaného ukazatele v čase. Trend může být rostoucí, klesající nebo konstantní tendence. [27]

Periodická složka vzniká důsledkem působení periodicky se opakujících faktorů působících na sledovaný jev. Podle délky jedné periody pak rozlišujeme tzv. cyklické, sezónní a krátkodobé kolísání. Cyklické kolísání je charakterizováno periodou pravidelně se vyskytujícími výkyvy delšími než jeden rok. V případě sezónního kolísání mluvíme o přesné roční periodě výkyvů. U krátkodobého kolísání se periodické výkyvy časové řady opakují v rámci období kratšího než jeden rok. [28]

Náhodné kolísání je vyvoláváno nepředvídatelným působením vedlejších faktorů náhodného charakteru. Náhodné kolísání se tedy projevuje drobnými, ojedinělými a náhodnými výkyvy časové řady. [27, 28]

Trendová funkce

Trendová funkce, které bylo využito při zpracování naměřených výsledků této diplomové práce, je logaritmická trendová funkce. Tato trendová funkce je všeobecně považována za jednu z nejčastěji využívaných a lze ji vyjádřit tvarem:

$$T_t = a + b \log t,$$

kde a a b jsou neznámé proměnné, $t = 1, 2, \dots, n$ je časová proměnná. [27]

Vhodnost použití trendové funkce

Během konstrukce modelu časové řady je velmi důležitým bodem odhad strukturálních parametrů trendové funkce a parametrů tzv. stochastické struktury modelu, někdy též zvané jako míra shody. Parametry stochastické struktury charakterizují stupeň souladu modelu se zjištěnými empirickými údaji. [27]

Jedním ze standardních a často počítaných ukazatelů, zobrazujících stupeň shody s empirickými údaji je **index determinace I^2** :

$$I^2 = 1 - \frac{\sum_t^n 1(y_t - y'_t)^2}{\sum_t^n 1(y_t - \bar{y})^2},$$

kde \bar{y} je aritmetický průměr empirických hodnot časové řady y_1, \dots, y_n . Index determinace je bezrozměrné číslo nabývající hodnot od nuly do jedné. Čím je hodnota indexu determinace blíže jedné, tím model lépe popisuje zkoumaný jev. Jestliže se hodnota indexu determinace blíží nule, nastává menší soulad modelu s časovou řadou. [28]

Kromě indexu determinace I^2 se k zobrazení stupně shody hojně využívá jeho odmocniny I ,

$$I = \sqrt{I^2},$$

který se nazývá **korelační index**. Lze konstatovat, že čím je hodnota indexu korelace bližší jedné, tím lépe model vystihuje zákonitosti vývoje dané časové řady. [27]

3 Konstrukce a mechanické vlastnosti pneumatik

3.1 Historie

Kolo pravděpodobně vynalezli Sumerové před více než 5 000 lety, avšak existují indicie nasvědčující tomu, že kolo je podstatně starší, možná 6 500 i více let. První kola byla plná, až kolem roku 2000 př. n. l. se u bojových vozů v oblasti Mezopotámie objevilo významné zdokonalení. Paprskové kolo představovalo výrazné odlehčení a odpružení, což zvýšilo manévrovací schopnosti. Ovšem zřejmě k nejvýznamnějším změnám kola došlo až ve druhé polovině 19. století. v roce 1845 byl Robertu Williamu Thomsonovi udělen v Anglii patent na „Vzduchovou hadici“, tedy předchůdce dnešní moderní pneumatiky. Tento vynález však zůstal zapomenut až do konce 19. století, protože ve své době neměl žádné praktické uplatnění. V roce 1888 irský veterinář John Boyd Dunlop vylepšil za pomoci zahradní hadice jízdní vlastnosti tříkolky svého syna. Poté jeho pneumatiky našly brzké uplatnění na jízdních kolech, později byly použity pro letadla a v průběhu dalších téměř 100 let pneumatika umožnila vývoj velice složitého a funkčního transportního systému. [1, 2, 3]

3.2 Definice a funkce pneumatiky

Kolo s pneumatikou je spojovacím článkem mezi vozidlem a vozovkou. Vozidlová kola nesou hmotnost celého vozidla včetně nákladu, přenášejí hnací i brzdící momenty a také boční síly. Také jsou důležitým činitelem v pružící soustavě vozidla, protože přispívají ke zvětšení jízdního pohodlí a bezpečnosti jízdy. [4]

Definice pneumatiky a pláště podle ČSN 641001: Pneumatikou rozumíme plášť, popř. s duší a vložkou, namontovaný na ráfek a naplněný tlakovým médiem. Pláštěm je pružná vnější část pneumatiky, která zajišťuje styk s vozovkou a svou patní částí dosedá na ráfek. Duše odpadá v případě bezdušových pneumatik a její funkci přebírá vlastní plášť opatřený bezdušovým ventilem. Z geometrického hlediska je pneumatika uzavřený prstenec, tzv. toroid. Z mechanického hlediska je to tlaková nádoba, kde jsou její stěny

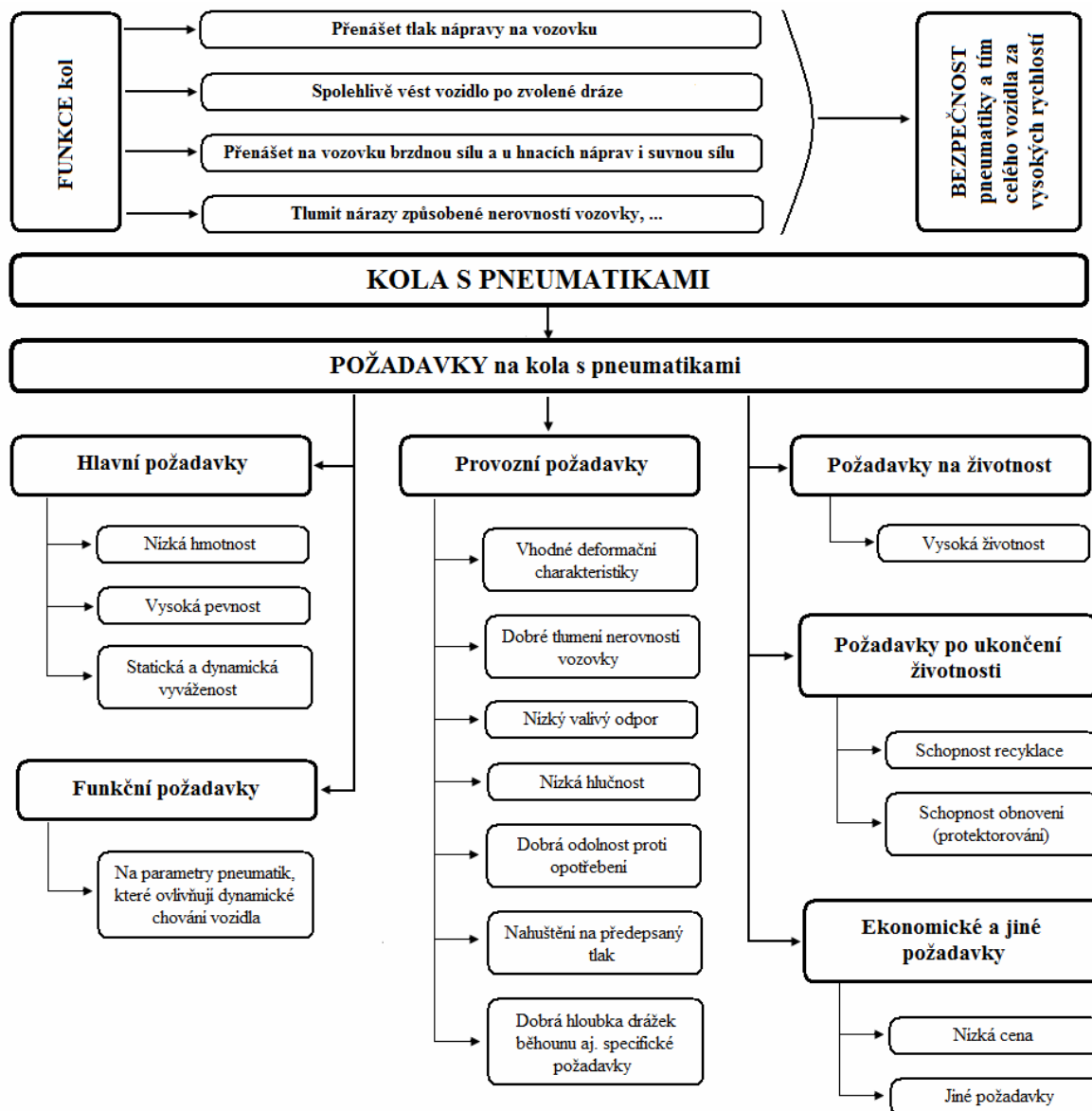
tvořeny pružnou membránou. Z pohledu chemie je pneumatika vyrobena zejména ze zesíťených a nezesíťených makromolekulárních materiálů a ocelí. [2, 4, 6]

Na pneumatiku jsou kladeny základní požadavky shrnuté do následujících bodů:

- schopnost nést určitou zátěž,
- schopnost tlumit nárazy,
- vyvíjet boční a přenášet hnací a brzdné síly,
- vyznačovat se dobrou adhezí k vozovce za různých podmínek,
- být rovnoměrně stabilní,
- reagovat na řízení,
- klást minimální valivý odpor,
- vyvíjet co nejméně hluku a vibrací,
- mít celkově dlouhou životnost,
- přispívat k bezpečnosti provozu,
- mít minimální hmotnost. [2]

Soubor všech těchto předpokladů je třeba splnit alespoň v určité míře a splňuje je právě pouze pneumatika. Je to dáno především jedinečnou deformovatelností a tlumícími charakteristikami struktury pneumatiky. Funkční požadavky zde vycházejí z potřeb konstruktérů vozidel, naproti tomu provozní požadavky jsou důležité zejména z hlediska uživatelů vozidel. Nejdůležitější funkce kol s pneumatikami a požadavky na ně kladené jsou přehledně vyobrazeny na obr. 7. [2, 5]

Obr. 7 Funkce kol s pneumatikami a požadavky na ně kladené



Zdroj: [6]

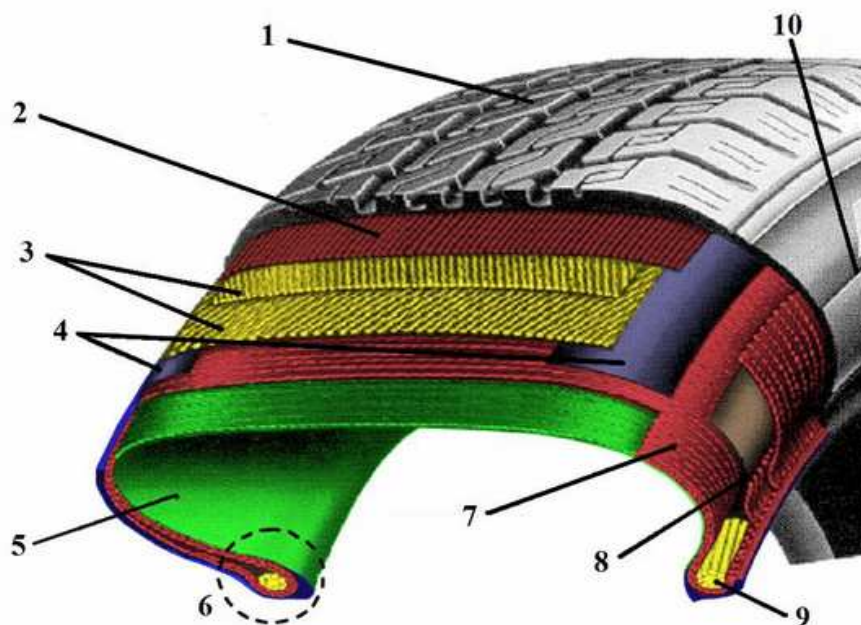
3.3 Konstrukce pneumatik

Každá pneumatika se skládá ze tří hlavních komponentů: pryž (80–85 %), různá vlákna (12–15 %) a ocelový kord (2–3 %). Soudobá pneumatika je v podstatě vyztužený pryžový kompozit. Pláště pro osobní i nákladní automobily se skládají ze čtyř hlavních částí: koruna, rameno, bok a patka. Základní suroviny pro výrobu pneumatik tedy jsou: elastomery (přírodní nebo syntetické kaučuky), přísady do kaučukových směsí, kordy

z přírodních a chemických vláken, kordy z ocelových vláken a v neposlední řadě ocelové patní lano. [8]

Obr. 8 Konstrukce pláště pneumatiky

1 běhoun, 2 obvodově vinutý polyamidový nárazník, 3 ocelový nárazník, 4 ramenní výplň, 5 vnitřní vrstva pryže, 6 patka, 7 kostra, 8 výplň patky, 9 patní lanko, 10 bočnice



Zdroj: [<http://www.bezpecnenasilnicich.cz>]

Pneumatiku tedy tvoří následující hlavní části:

Běhoun

Běhoun je nosná část pneumatiky, která je zhotovená z materiálu odolného proti opotřebování. Účelným profilováním běhounu se vytváří vzorek (dezén) pneumatiky, který zaručuje spolehlivý styk pneumatiky s podložkou. Dezén je tvořen soustavou podélných a příčných drážek určité hloubky uspořádaných na povrchu pneumatiky. Rozlišujeme podélné drážky, které ovlivňují směrovou stabilitu vozidla, protože přenáší boční síly. Naproti tomu příčné drážky zajišťují přenos tažné síly na vozovku. Hloubka a uspořádání drážek má rozhodující význam pro vznik dostatečné adheze mezi pneumatikou a vozovkou, následkem toho se pro různé podložky vyrábí pláště s různým vzorkem. Dále má dezén vliv i na hlučnost pneumatiky. [7, 9]

Nárazník

Od kostry je běhoun oddělen nárazníkovou vrstvou, která tlumí nárazy, chrání kordové vrstvy kostry a částečně pohlcuje teplo vzniklé při jízdě. Nárazníkovou vrstvu tvoří u diagonálních pneumatik vrstva pryže a u radiálních pneumatik několik vrstev kordových pásů nebo kovových tkanin. Jednotlivé vrstvy nárazníku jsou vedeny tak, že se jednotlivé pásy vzájemně kříží, čímž vznikají výztužné trojúhelníky a je tak podpořena pevnost koruny. Nárazníky výztužné vrstvy obepínají pneumatiku po celém jejím obvodu a musí mít dostatečnou pevnost proti odstředivé síle, tím se zachovává průměr pneumatiky za různých podmínek. Současně musí odolat proti tlakům v přímém směru i namáhání při změně směru jízdy. Důležitá je také dostatečná ohebnost zabezpečující absorpci deformace způsobené nerovnostmi povrchu. [4, 7, 9]

Kostra pláště

Kostra pláště je částí pneumatiky, kterou tvoří bavlněná, plastová, polyesterová nebo ocelová vlákna, která jsou spojena pryží a jsou zakotvená do patek. Textilních vláken se na jedné pneumatice nachází asi 1 400, přičemž každé vlákno může odolávat síle přibližně 150 N. Podle směru vláken rozlišujeme typy pneumatik viz. část 3.3.1. [7, 9, 10]

Bok pneumatiky

Bok pláště z přírodní nebo syntetické pryže spojuje běhoun s patkami a vytváří ochranu bočních částí kostry. Bočnice musí dobře vzdorovat provoznímu namáhání, slunečním paprskům, ale i stárnutí vlivem vzdušného kyslíku, resp. ozonu. Na zlepšení takových vlastností se využívá přísad k tomu určených a to antioxidantů a antiozonantů. V případě použití syntetické pryže je výhodou menší odskakování pneumatiky od vozovky díky větší hysterezi, ovšem při teplotách pod $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ tvrdne, čímž se zhoršují adhezní vlastnosti pneumatiky. [4, 7, 10]

Vnitřní vrstva pryže

Vnitřní vrstva pryže je navulkanizována na vnitřní stranu pláště a okolo patek. V případě že se jedná o bezdušové pneumatiky je také vzduchotěsná, tzn. že plní funkci duše. [10]

Patka pneumatiky

Patka pláště tvoří zesílenou část, která dosedá na ráfek disku, na který je přitlačována tlakem vzduchu v pneumatice. Je zesílená ocelovým lankem, případně dvěma lanky (u nákladních vozidel), protože musí přenášet síly působící mezi pneumatikou a ráfkem. V případě bezdušové pneumatiky také musí zajistit utěsnění vzduchu v pneumatice, čehož je dosaženo potažením vrstvou měkčí pryže nebo mohou být na těsnící ploše patky obvodové žlábkové vytvářející labyrintové těsnění. K vyztuženému patnímu lanu, kterým může být vysokopevnostní ocelové lano nebo kevlarová vlákna, jsou ukotvena jednotlivá vlákna kostry. [4, 7]

Patní lanko

K výrobě patního lanka se používá kvalitní ocelový drát, který se pokryje mosazí nebo mědí, čímž se zlepší jeho přilnavost k pryži. [4]

3.4 Rozdělení pneumatik

Pneumatiky je možné rozdělit podle typu vozidla, na kterém jsou použity nebo podle typu pláště. Z pohledu typu pláště je možné rozdělení podle několika hledisek, kde nejdůležitější hlediska jsou:

- a) konstrukční uspořádání kostry pláště a nárazníku,
- b) vzorek běhounu,
- c) použitý materiál kostry (celotextilní, celokovové, kombinované). [6]

3.4.1 Konstrukční uspořádání kostry pláště a nárazníku

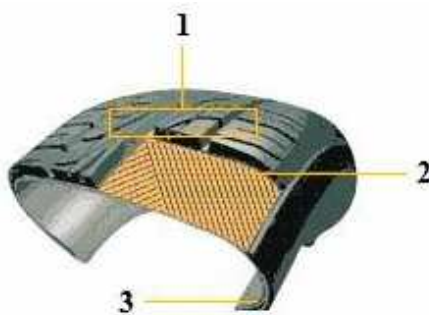
Plášť pneumatiky je tvořen patkami s lanky z ocelových drátů nebo plastů (kevlar), dále kostrou z kordových vložek, nárazníkem, vlastním pryžovým obalem a běhounem. Na deformační vlastnosti pneumatiky má hlavní vliv vedle materiálu kostry také počet a orientace jejích kordových vložek. Proto se podle konstrukčního uspořádání rozlišují tři základní typy pláště pneumatiky a to diagonální, diagonální s nárazníkovým pásem a radiální. [2, 5]

Diagonální pneumatika

Diagonální pneumatika má kostru tvořenou páry kordových vložek s orientací vláken pod úhlem menším než 90° , obvykle je to 30° až 40° , vzhledem k podélné rovině symetrie běhounu. Kordová vlákna sousedních vložek se kříží a zasahují pod patková lanka, kolem kterých jsou přehnuta. Každý bod kostry pláště je k patkám kotven dvěma vlákny se symetrickým stoupáním. Při zatížení pneumatiky a tím i její deformaci se vlákna neprodlužují, ale posunují a namáhají pryž mezi nimi na stříh. To má za následek vznik tepla a tím pádem energetické ztráty. Tato konstrukce plášťů se nejčastěji používá u užitkových silničních motorových vozidel. Konstrukce diagonální pneumatiky je patrná z obr. 9. [5, 6]

Obr. 9 Diagonální pneumatika

1 běhoun, 2 kostra, 3 patka



Zdroj: [12]

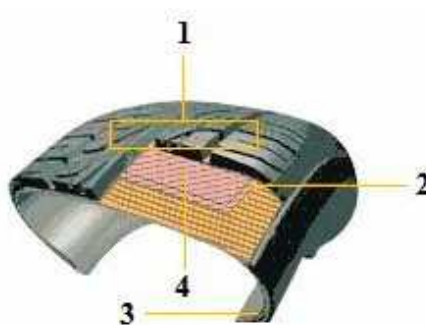
Radiální pneumatika

Radiální pneumatika nemá vlákna kordových složek zkřížena, protože jsou uložena pod úhlem přibližně 90° vzhledem k podélné symetrii běhounu. Počet vložek nemusí být sudý a tato část kostry přenáší boční a radiální síly. Ovšem schopnost přenášet obvodové síly je malá a proto je kostra stabilizována obvodově neroztažitelným pásem, takzvaným nárazníkem, viditelným na obr. 3. Nárazník je tvořen vložkami s vlákny kříženými pod úhlem 15° až 20° a přenáší obvodové síly po celém obvodu ráfku. Obvodový pás je v bočním směru ohybově relativně tuhý, ale boční stěny pneumatiky jsou měkčí. Vývin tepla způsobuje především podélný ohyb kordových vláken a pryže s nimi spojené v obvodovém pásu, proto je valivý odpor radiálních pneumatik nižší než u diagonálních. Radiální pneumatiky tedy jsou výrobně technologicky obtížnější a náročnější na přesnost

výroby, což má za následek i vyšší cenu. Tyto pneumatiky se používají zejména u osobních silničních motorových vozidel. [5, 6]

Obr. 10 Radiální pneumatika

1 běhoun, 2 kostra, 3 patka, 4 nárazník



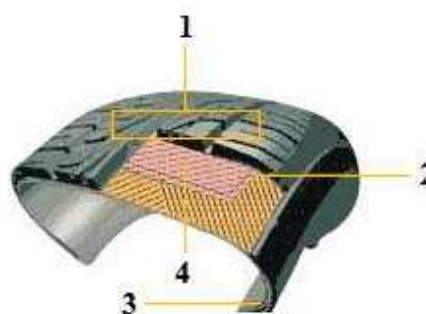
Zdroj: [12]

Diagonální pneumatika s nárazníkovým pásem

Pneumatika smíšené konstrukce bias belted je kompromisem mezi vlastnostmi konstrukce diagonální a radiální. Kostra se podobá kostře diagonálního pláště s vlákny kříženými pod úhlem obvykle větším než 60° a je zpevněna pásem ze 2 nebo i více vrstev nárazníkového kordu uloženého pod střídavým úhlem menším než 25° . [5, 6]

Obr. 11 Diagonální pneumatika s nárazníkovým pásem

1 běhoun, 2 kostra, 3 patka, 4 nárazník



Zdroj: [12]

3.4.2 Vzorek běhounu

Plocha pláště je opatřena tzv. dezénem, tedy vzorkem popsaným v části 3.2 Konstrukce pneumatik. Hlavní úlohou, kterou dezén plní je zabezpečení dostatečné přilnavosti pneumatiky k vozovce. [4, 6]

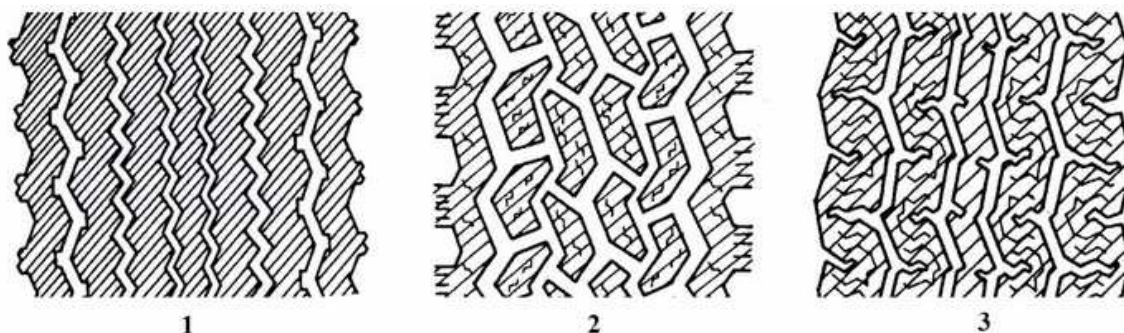
Pneumatiky pro osobní automobily je tedy možno rozdělit podle vzorku běhounu na 2 základní typy a to letní a zimní. Rozdíl letních a zimních pneumatik nespočívá pouze v rozdílu lamelování dezénových bloků a z nich vyplývajících vlastností a použití, ale zásadní rozdíl na ovlivnění vlastností pneumatiky je ve složení směsí. [4, 6]

Letní pneumatiky

Letní dezény pneumatik mají poměrně jemné žlábkování, případně lamelování a mohou být tzv. pásový nebo blokový. Pásový dezén zajišťuje dobré vedení pneumatiky a je vhodný pro suchou vozovku. Naopak blokový dezén dobře odvádí vodu ze stykové plochy a proto je jeho použití velice výhodné na mokřém povrchu vozovky. Moderní dezény letních plášťů pro osobní automobily jsou obvykle kombinací pásového a blokového uspořádání. Pokud je teplota pod bodem mrazu, pak směs letních pneumatik ztvrdne tak, že není schopna plnění požadovaných funkcí. Tímto pneumatika ztrácí schopnost dobře vést automobil v podélném i příčném směru, což výrazně ovlivní jak ovladatelnost vozidla, tak i jeho záběrové a brzdné vlastnosti. Jednotlivé druhy dezénů letních pneumatik jsou patrné z obr. 12. [4, 6]

Obr. 12 Dezény letních pneumatik pro osobní automobily

1 pásový, 2 blokový, 3 kombinovaný



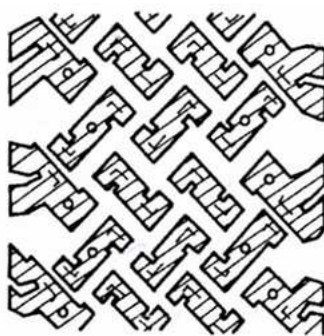
Zdroj: [4]

Zimní pneumatiky

Zimní dezény mají rozměrné žlábký v podélném i příčném směru, což má za následek, že figury vytvářejí poměrně rozsáhlé bloky. Jejich použití je tedy vhodné pro provoz v zimním období na měkkém nebo tajícím sněhu. V takovýchto podmínkách však není často možný přímý styk dezénu s povrchem vozovky přes vrstvu sněhu. Pneumatika proto zajišťuje určitý silový styk s vozovkou pomocí boření blokových figur do měkkého podkladu, kde jejich čelní a boční plochy přenášejí síly. To způsobuje výrazné zvýšení akcelerace nebo decelerace na zasněženém či zledovatěném povrchu vozovky. Na bočnici pláště zimní pneumatiky je označení M+S („mud and snow“ tj. bláto a sníh), což značí homologaci pro zimní provoz. [4, 6]

Rozdíl mezi letními a zimními pneumatikami ovšem není pouze ve tvaru dezénu, ale především ve složení běhounové směsi. Pro výrobu zimních pneumatik se používají speciální směsi s vyšším obsahem křemičitanových plniv (silika), které nahrazují saze. Jejich výhoda spočívá v menším vnitřním tření, což má za následek menší ztrátovou energii a tím i snížení valivého odporu pneumatiky. Tímto jsou zajištěny elastické vlastnosti gumové směsi i při teplotách hluboko pod bodem mrazu, čímž je dosaženo požadovaných vlastností v daných podmínkách zimního období. [6]

Obr. 13 Dezén zimní pneumatiky pro osobní automobily



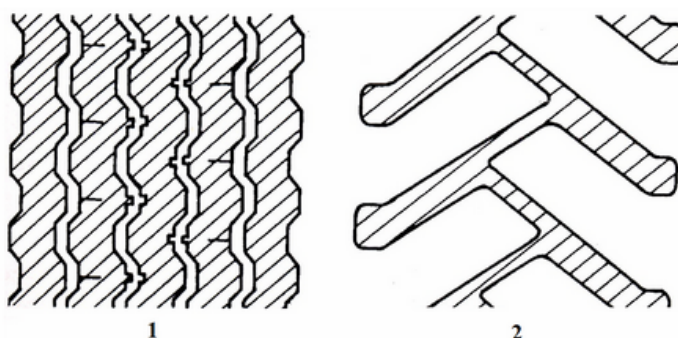
Zdroj: [4]

Dezény pláštěů pro nákladní vozidla dělíme na dráhové a terénní. **Dráhové dezény** mají drážkování převážně v podélném směru, proto to jsou pásové typy vhodné pro provoz na vozovkách s pevným povrchem. Naproti tomu velmi rozměrné žlábký převážně v příčném směru s velkými blokovými figurami jsou charakteristické pro **terénní dezény**.

Nejběžnější je tzv. šípový dezén, jehož šikmo uspořádané žlábkové se samočisticím účinkem zajišťují dobré záběrové vlastnosti v méně únosném terénu. Zmíněný samočisticí účinek se vyznačuje vytlačováním materiálu podkladu na stranu při prokluzu kola, čímž nedojde k zaplnění žlábků a ztrátě záběrových vlastností. U nákladních automobilů se též můžeme setkat s kombinovanými dezény. [4]

Obr. 14 Dezény pneumatik pro nákladní automobily

1 dráhový, 2 terénní



Zdroj: [4]

3.5 Rozměry a značení pneumatik

Značení je zpravidla uvedeno na boku pneumatiky a je tvořeno kombinací číslic a písmen, popř. slovním označením. Velikost pneumatiky určují tři základní rozměry:

- šířka profilu nezatížené pneumatiky B,
- výška profilu H,

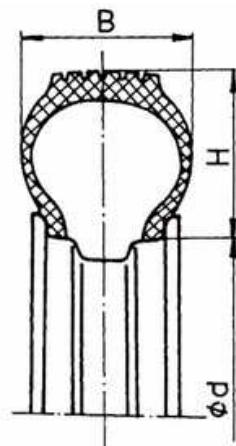
průměr ráfku d.

Tyto rozměry jsou součástí označení pneumatiky. Dále se v katalogích výrobců pneumatik uvádí další rozměry:

- vnější průměr D (průměr nezatížené pneumatiky),
- šířka pneumatiky (šířka nezatížené nahuštěné pneumatiky),
- statický poloměr pneumatiky r_s (vzdálenost osy rotace nepohybující se pneumatiky od opěrné podložky při předepsaném zatížení a nahuštění),

- odvalený obvod (dráha odvalená pneumatikou na pevné a rovné vozovce při jedné otáčce),
- účinný odvalený obvod je smluvní odvalený obvod pneumatiky. [4]

Obr. 15 Označení hlavních rozměrů pneumatiky



Zdroj: [4]

3.5.1 Parametry značení

Využívají se různé parametry značení, které udávají veškeré potřebné a zásadní informace o dané pneumatice. Jsou to např. rozměry, druh konstrukce, kategorie rychlosti, index nosnosti a další.

Jmenovitá šířka pneumatiky

Jedná se o přímou vzdálenost od jednoho boku pneumatiky k druhému. Je udávána buď v milimetrech anebo v anglických palcích. [7]

Profilové číslo pneumatiky

Profilové číslo pneumatiky je dáno poměrem výšky pneumatiky H k její výšce B vyjádřeným v procentech. Vývoj pneumatik pro osobní automobily vede k jednoznačnému snižování tohoto poměru. Tento trend je také patrný i u pneumatik určených pro nákladní automobily a autobusy, kde se tyto nízkoprofilové pneumatiky začínají prosazovat. [4]

Druh konstrukce pneumatiky

Tento údaj označuje o jaký druh konstrukce se jedná. V případě radiální pneumatiky je označení symbolem „R“ a pokud se jedná o pneumatiku diagonální, pak je označena „-“. [4]

Jmenovitý průměr ráfku

Jmenovitý průměr ráfku vyjadřuje hodnotu dosedací plochy ráfku, resp. vnitřní průměr pneumatiky. Tento údaj je vyjadřován především v anglických palcích. [6]

Index nosnosti

Index nosnosti pneumatiky neboli load index LI je symbolové číslo, které určuje maximální nosnost pneumatiky při rychlosti určené kategorií rychlosti za daných specifických podmínek. Tabulka č. 3 znázorňuje odpovídající index nosnosti LI a nosnosti pneumatiky v kg. [4]

Tab. 3 Index nosnosti pneumatiky

LI	Nosnost v kg	LI	Nosnost v kg
50	190	90	600
55	218	95	690
60	250	100	800
65	290	105	925
70	335	110	1060
75	387	115	1215
80	450	120	1400
85	515	125	1600

Zdroj: [13]

Kategorie rychlosti

Kategorie rychlosti neboli rychlostní symbol GSY udává nejvyšší přípustnou provozní rychlost pneumatiky. Přehled tohoto označení a příslušných hodnot je uveden v tabulce 4. [4]

Tab. 4 Kategorie rychlosti pneumatiky

Symbol	L	M	N	P	Q	R	S
Max. rychlost v km/h	120	130	140	150	160	170	180
Symbol	T	U	H	V	W	Y	ZR
Max. rychlost v km/h	190	200	210	240	270	300	>240

Zdroj: [13]

Označení PR

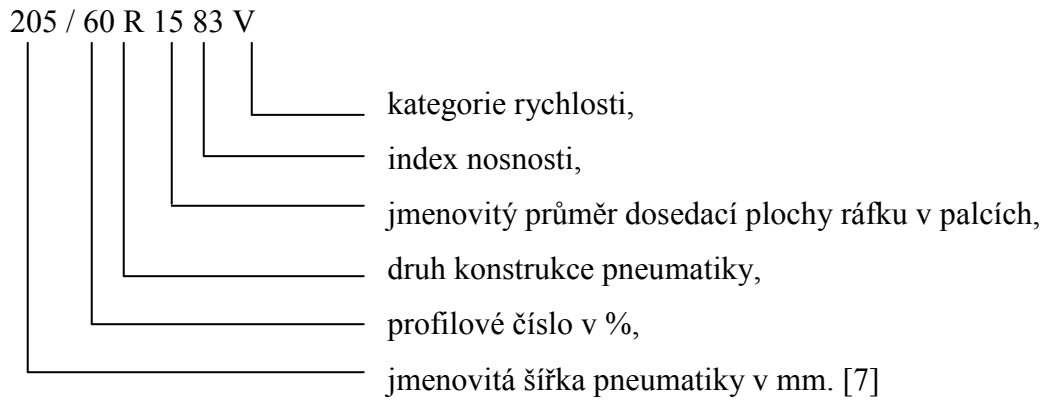
Tento údaj udává ply rating s příslušnou číselnou hodnotou. To ovšem znamená, že hodnota PR neudává počet vložek kostry jako v minulosti, ale vyjadřuje pevnost kostry odpovídající příslušnému počtu původních bavlněných vložek, dnes již nahrazených umělými vlákny s vyšší pevností. [4]

Indikátor opotřebení TWI

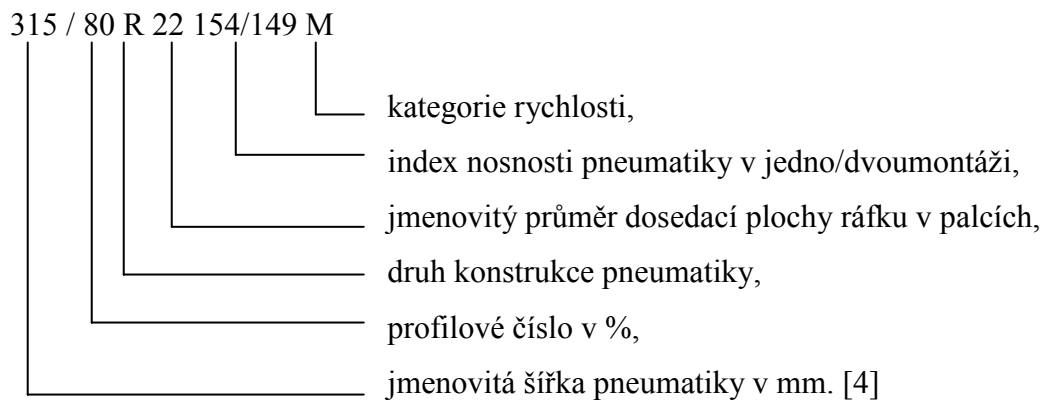
Jedná se o trojúhelník umístěný na rameni pláště s jedním vrcholem směřujícím ke koruně v místě výstupků o výšce 1,6 mm, umístěných v hlavních dezénových drážkách. Pod trojúhelníkem se nacházejí písmena TWI (Tread Wear Indicator). Tyto značky jsou rovnoměrně rozmístěny po obvodu, u pláštů pro ráfky 13" a více jich je 6, u menších pouze 4. [7]

3.5.2 Vlastní značení na pneumatikách osobních a nákladních vozidel

System značení pneumatik pro osobní vozidla:

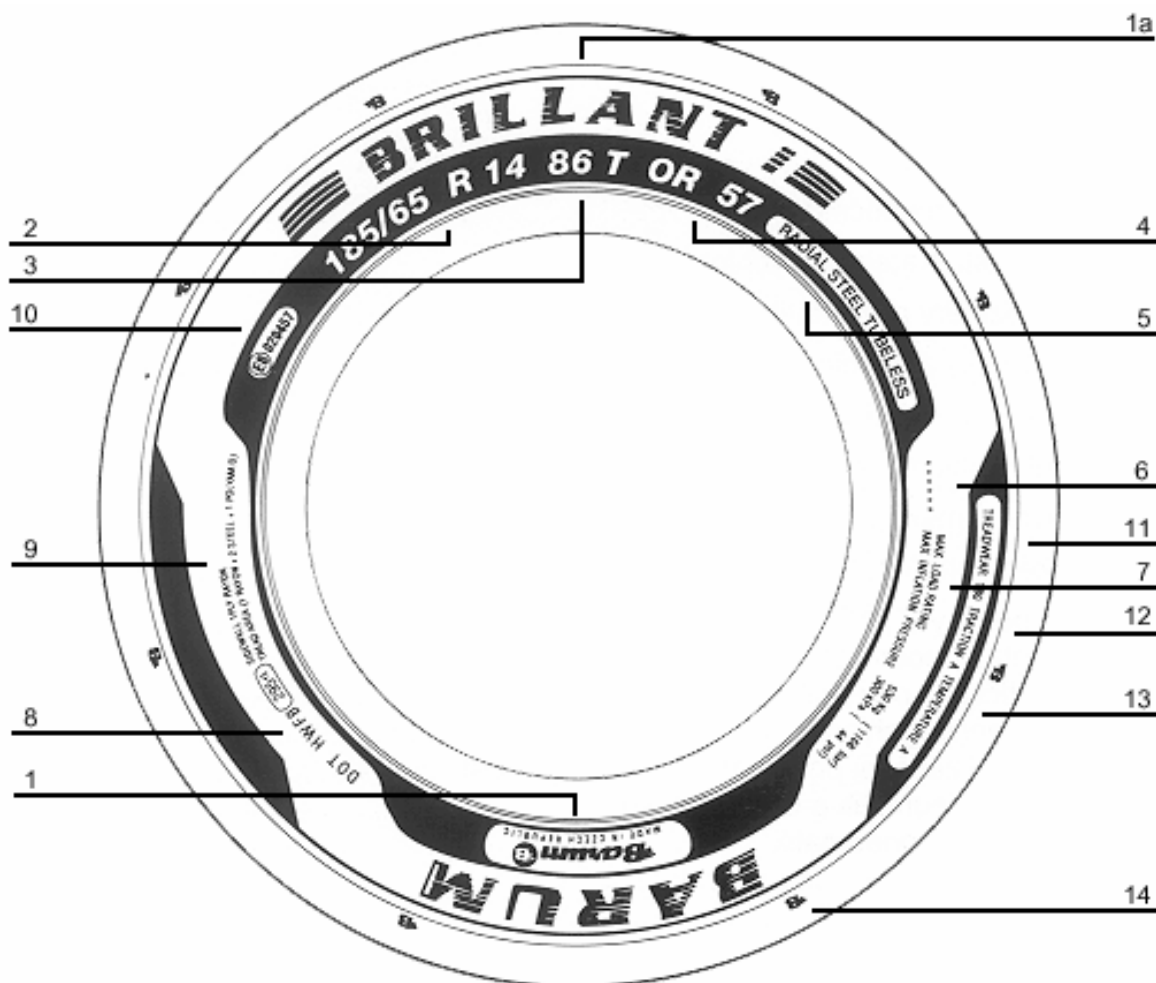


System značení pneumatik pro nákladní vozidla:



Obr. 16 Konkrétní značení pneumatiky Barum

1 název výrobce, 1a obchodní označení výrobku, 2 označení rozměru pláště, 3 86 = index nosnosti, T = kategorie rychlosti, 4 označení dezénu pláště, 5 RADIAL – plášť s radiální konstrukcí, STEEL – nárazník z ocelového kordu, TUBELESS – bezdušové provedení (TUBE TYPE – provedení s duší); 6 T1 – označení a pořadové číslo formy, 7 nejvyšší nosnost pneumatiky v kg (lbs) a nejvyšší dovolené huštění pneumatiky v kPa (psi), 8 DOT – Department of Transportation, HW – kód výrobce, FB – kód rozměru, 2905 – datum výroby (29 = týden, 05 = rok 2005); 9 materiál kostry pláště a skutečný počet vložek v oblasti boku a běhounu, SIDEWALL 1PLY RAYON – oblast boku 1 vložka, RAYON TREAD AREA – oblast koruny; 10 E8 = homologační znak a číslo země (ČR) podle EHK, 30 020457 = přidělené schvalovací číslo; 11 odolnost běhounu proti opotřebení v procentech, 12 velikost součinitele adheze A, B, C; 13 odolnost proti dynamické únavě A, B, C; 14 indikátor opotřebení TWI



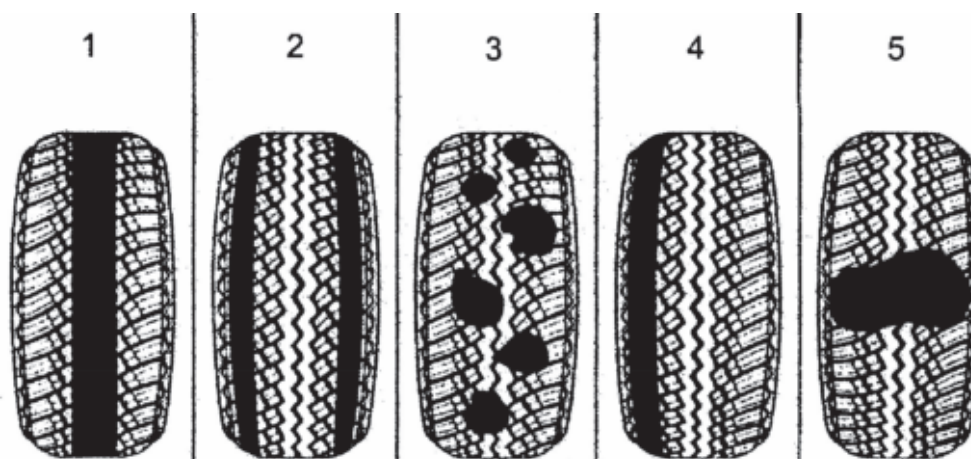
Zdroj: [14]

3.6 Opotřebení pneumatik

Očekávaná životnost pneumatik je pro zákazníka důležitým faktorem při výpočtu ekonomie vozidla. Záruky výrobců pneumatik se týkají výrobních vad, ale pouze velmi zřídka něco vypovídají o životnosti významně ovlivňované vozidlem a řidičem. Opotřebení také výrazně závisí na vlastní pneumatice a na provozních podmínkách. K nim náleží rychlost jízdy, teplota, kvalita povrchu vozovky a síly působící ve stopě pneumatiky. Opotřebení vzrůstá progresivně s rostoucí rychlostí, případně i se stoupající teplotou. Při zatáčení vzrůstá opotřebení vnějších kol dokonce asi se 4. mocninou rychlostí. Obdobný vliv má také prudká akcelerace i prudké brzdění. Na rychlé opotřebování pneumatik má také vliv nesprávný tlak vzduchu. Intenzivní opotřebení krajních pásů běhounu vzniká v důsledku nízkého tlaku. Naopak velký tlak způsobuje intenzivní opotřebení ve střední části běhounu. Nestejnoměrné opotřebování je také následkem chyb v geometrii nápravy, jako je velký odklon kola nebo nesprávná sbíhavost či vadné tlumiče pérování. Příklady opotřebení jsou viditelné na obr. 17. [4]

Obr. 17 Ukázky opotřebení pneumatik

1 velký tlak vzduchu/rychlá akcelerace, 2 nízký tlak vzduchu, 3 vadný tlumič pérování, 4 nesprávná geometrie kola, 5 prudké brzdění s blokovaním kol



Zdroj: [10]

Životností nejčastěji rozumíme kilometrický proběh, který pneumatika za daných podmínek absolvuje do stavu opotřebení dezénových drážek na hloubku stanovenou zákonem. Podle ČSN 631001 je životnost pneumatik definována jako ujetá dráha

pneumatiky v daných podmínkách provozu do poruchy pláště, která nedovolí jeho další užívání. Do životnosti pneumatiky se počítá i protektorování. [4]

Z praktického hlediska se stanovuje životnost pneumatiky jako dráha ujetá v km od zahájení provozu, což je montáž nové pneumatiky na vozidlo, až do:

- opotřebení hloubky drážky na zákonem povolenou hodnotu,
- poruchy pneumatiky, která vede k jejímu vyřazení z provozu,
- do ztráty funkčních vlastností, které jsou závislé na hloubce dezénové drážky. [4]

3.7 Suroviny a výroba pneumatik

Výroba pneumatik není pouhým tvarováním černé kaučukové hmoty. Než lze začít vlastní výrobní proces, je nutno plášť nejprve navrhnout a zkonstruovat. Po náročných testech ve zkušebnách (zkoušky soudržnosti, plynupropustnosti, kilometrového výkonu – tzv. bubnové zkoušky) přicházejí na řadu ještě exploatační zkoušky v terénu, případně na zkušebních polygonech. Teprve po jejich zdárném ukončení může být zahájena vlastní sériová výroba. [15]

3.7.1 Suroviny

Suroviny a polotovary významně ovlivňují jakost pneumatiky. Pouze z kvalitních surovin a polotovarů lze vyrobit plášť pneumatiky, jehož parametry splňují předpoklady pro bezpečnou a pohodlnou jízdu vozidla při požadované životnosti pneumatiky. Při výběru surovin a polotovarů je tedy třeba vycházet z tohoto základního vztahu, i když ve výrobně technické praxi jde o velice složitou a obtížnou úlohu. Základními surovinami a polotovary pro výrobu plášťů pneumatik jsou kaučuk, přísady do kaučukové směsi, kordy a tkaniny z přírodních a chemických vláken, ze skla a z oceli, ocelové dráty a lana. [2]

Kaučuk

Kaučuk je hlavní složkou kaučukové směsi. V průmyslu zabývajícím se výrobou pneumatik se používá jak kaučuk přírodní, tak i syntetický. [2]

- Přírodní kaučuk

Přírodní kaučuk je obsažen v některých rostlinách, rostoucích v tropickém pásmu, v podobě mlékovité šťávy zvané latex. Pro těžbu kaučuku má však hospodářský význam prakticky jen strom *Hevea brasiliensis* z čeledi Euphorbiaceae (pryžcovité) pěstovaný na plantážích. Latex je uložen ve zvláštních trubkovitých buňkách, které jsou umístěny ve spodní vrstvě kůry stromu. Získává se tzv. čepováním, které se provádí tak, že pod šikmý zářez v kůře stromu se umístí nádobka, do které je vytlačován latex vnitřním tlakem. Složení přírodního latexu není stálé, ale průměrný obsah kaučukového uhlovodíku je přibližně 35 %. Voda zaujímá 60 %, zbytek připadá na bílkoviny (více než 2 %), pryskyřice (1,5 až 2 %), popel (okolo 0,7 %) a cukry (asi 0,3 %). [2, 16]

Suchý kaučuk je možno z latexu získat vysrážením, vymrazením a nebo odpařením vody. Na plantážích se vyrábí kaučuk téměř výhradně srážením kyselinou mravenčí nebo octovou. Sražené bloky se poté perou vodou a dále zpracovávají na celou řadu druhů přírodního kaučuku. Například je to tzv. uzený kaučuk, světlá krepa nebo standardní kaučuk. Přírodní kaučuk jako nenasycený uhlovodík (isopropen) reaguje s mnoha chemickými činidly. Některé reakce mají význam pouze teoretický, protože hrály významnou úlohu při zjišťování struktury kaučuku. Jiné reakce jsou důležité především prakticky, protože vedou k technicky důležitým produktům. [2, 16]

- Syntetický kaučuk

Syntetický kaučuk je nepostradatelnou surovinou pro výrobu pneumatik nejen pro omezenost zdrojů přírodního kaučuku a pro jeho strategický význam, ale také pro fyzikálně mechanické vlastnosti, které umožňují jeho dobré uplatnění v jednotlivých částech pláště pneumatiky. S postupem času se syntetický kaučuk stal plnohodnotnou náhradou kaučuku přírodního, což potvrzuje rozvoj jeho výroby a použití. [2]

Pro potřeby výroby pneumatik se využívá skupiny syntetických kaučuků s názvem „Kaučuky pro všeobecné použití“. Tato skupina obsahuje následující syntetické kaučuky:

izopropenový kaučuk, butadienstyrenový kaučuk, butadienový kaučuk, ethylpropylenový kaučuk a butyl kaučuk. Nejčastěji používané jsou polymery a kopolymery izopropenu a butadienu. Nejčastějším plnivem jsou saze a k jejich vulkanizaci se nejběžněji používá síra. [16]

Přísady do kaučukových směsí

Do této skupiny náleží vulkanizační činidla, urychlovače a retardéry vulkanizace, aktivátory vulkanizace, ztužovačla, antidegradanty, změkčovačla a ostatní přísady. Složení jednotlivých kaučukových směsí pro dané části pneumatik se řídí obecnými zásadami pro skladbu kaučukové směsi s přihlédnutím na konkrétní podmínky pneumatikářského závodu. [2]

- Vulkanizační činidla

Obecně mezi vulkanizační činidla patří všechny látky, které mají schopnost vytvořit chemickou reakci mezi řetězci kaučukového uhlovodíku příčné vazby. Tuto schopnost má v určité míře mnoho látek, ale prakticky se osvědčily pouze některé. I přes nástup nových syntetických kaučuků s novými vulkanizačními činidly zůstala nejpoužívanějším elementem síra. Pro gumářské účely se používá hlavně namletá přírodní krystalická síra, jejíž molekuly jsou tvořeny osmičlennými kruhy S_8 nebo v menší míře polymerní forma, tzv. nerozpustná síra. [16]

- Urychlovače a retardéry vulkanizace

Objev vulkanizace dal základ praktickému využití již známého kaučuku a ke vzniku gumářského průmyslu. Urychlovače vulkanizace výrazně zkracující vulkanizační dobu v souladu s požadavky průmyslové výroby umožnily praktické využití vulkanizace. Ve výrobě pneumatik převládá konvenční způsob urychlování, přičemž urychlovače k síře je přibližně 1:2, záleží ovšem na zvyklostech a složení kaučukové směsi v jednotlivých závodech. [2]

Retardéry vulkanizace prodlužují dobu zpracovatelské bezpečnosti (navulkanizace) a proto jsou důležitou přísadou do kaučukové směsi. Retardéry vulkanizace tedy zvětšují zpracovatelskou bezpečnost zpomalením vulkanizace. Jsou to obvykle látky kyselé povahy, jako kyselina salicylová a anhydrid kyseliny ftalové. [2]

- Aktivátory vulkanizace

Oxid zinečnatý, neboli zinková běloba, je nejběžnějším aktivátorem vulkanizace. Největší účinek má v izopranovém kaučuku. Dobrým aktivátorem vulkanizace sírou je i oxid olovnatý, ten je ovšem jedovatý a drahý. Navíc z něj při vulkanizaci vzniká černý sulfid olovnatý a proto se využívá pouze výjimečně. [16]

- Antidegradanty

Mají značný vliv na životnost pneumatik, protože je dlouhodobě chrání před vnějšími vlivy během jejich používání. K těmto vlivům patří zejména účinek slunečního světla, atmosférického kyslíku a ozónu a tepelné energie. Jedná se tedy o světelné stabilizátory, antioxidanty a antiozonanty. Světelné stabilizátory jsou přísady, které absorbují ultrafialové záření, které by způsobilo degradaci polymeru. Antioxidanty zpomalují tepelně-oxidační stárnutí polymerů. Jako antiozonant je možno využít parafinu, který vykvétá na povrch pryže a vytváří jemnou ochrannou vrstvičku proti ozónovému stárnutí. [2, 16]

- Změkčovadla

Změkčovadla jsou málo těkavé organické látky, které polymerům dodávají ohebnost, tvárnost, vláčnost a snižují teplotu jejich zesklnění a viskozitu jejich taveniny. Principem působení změkčovadel na polymery je zvyšování tzv. vnitřní pohyblivosti jejich makromolekulárních řetězců, která určuje tuhost a teplotu zesklnění polymerů a která je dána ohebností makromolekul a jejich vzájemnou přitažlivostí. Po vmíchání do kaučuku podporují jeho další zpracování a umožňují přípravu a zpracování kaučukové směsi s vysokým obsahem plniv, což je ekonomicky, ale i technicky výhodné. [16]

- Saze

Příznivý vliv sazí na fyzikální vlastnosti vulkanizátu, zejména na jeho pevnost a odolnost proti opotřebením zajišťuje jejich využití v jednotlivých částech pneumatiky. Praktické zkušenosti a dlouhodobý význam umožňuje přesné určení druhu a množství sazí pro jednotlivé receptury běhounových směsí, směsí na bočnice, kostrových a nárazníkových směsí. Saze se produkují nedokonalým spalováním olejů a plynů ve speciálním zařízení. [2]

Výztužné materiály

V technologické koncepci moderní výroby pneumatik mají významnou roli technická vlákna a tkaniny, která slouží jako výztužné a ochranné materiály pro kostru a patku pláště pneumatiky. Technická vlákna a tkaniny rozhodujícím způsobem ovlivňují funkční vlastnosti pneumatik, především bezpečnost a pohodlnost jízdy, ale také životnost pneumatiky. Ve výrobě pneumatik tedy jsou využívána vlákna přírodní i chemická, postupně je ovšem nahrazují vlákna hutnická. V malé míře se mohou vyskytnout i vlákna skleněná. [2]

Vlastnosti materiálu, ze kterého je plášť vyroben nejsou závislé pouze na vlastnostech pryže vznikající při vulkanizaci, ale i na interakci vlastností pryže a výztužných materiálů. Spojením na první pohled nesourodých složek při vulkanizaci vzniká typ vláknového kompozitu. Vlastnosti vzniklého kompozitu jsou kombinací pružnosti pryže a pevnosti a tuhosti vláken výztužných materiálů. Směrem uložení vláken je možno zvyšovat pružnost vzniklého materiálu v požadovaném směru. Pro jednotlivé konstrukční části pláště se používají různé typy výztužných materiálů v závislosti na požadavcích na jejich mechanicko-fyzikální vlastnosti. Souhrnně se výztužné materiály v pneumatikách nazývají kordy. [17]

Je třeba, aby kompozit vzniklý spojením výztužných materiálů a pryže plnil svoji funkci, proto je třeba zajistit dostatečnou soudržnost povrchu kordů a pryže. Pro zlepšení této soudružnosti se kordy impregnují speciálními látkami, které zvyšují koeficient tření mezi oběma povrchy. Druhou možností je přidávání látky s podobným účinkem přímo do kaučukové směsi. První možnost se používá u textilních kordů a druhá pak pro ocelové kordy. [17]

- **Textilní kordy**

Textilní kordy dávají plášti pevnost a stabilitu. Nejčastěji se používají viskózové a polyamidové kordové tkaniny. Výroba kordových nití a tkanin z viskózového nebo polyamidového hedvábí je technicky velice náročná a zahrnuje následující technologické operace: Skaní přízí, snování, tkaní kordových a séglových tkanin a dodatečná tepelná úprava. Skáním se zlepšují dynamické vlastnosti kordu a snižuje pokles pevnosti při dynamickém namáhání kordu v pneumatice za jízdy. Následkem vyššího zákrutu je však

nepříznivý vliv na statickou pevnost kordu a zvyšuje se tažnost. Proto je nutný kompromis, aby byly hodnoty optimální. Snováním se vyrovnává pnutí jednotlivých kordů z cívek. Pro tkaní kordových a séglových tkanin se používají člunkové stavy. Účelem tkaní kordů je zajistit rovnoměrné rozdělení jednotlivých osnovních nití podle dostav pro další operaci. u kordových tkanin není nutné, aby útkové nitě měly velkou pevnost, ani aby byla tkanina po útku hustá. Útek slouží jen k rovnoměrnému rozložení a udržení tkaniny k oprýžování. Dodatečná tepelná úprava je u polyamidových kordů nezbytná, protože se za tepla deformují. Účelem této operace je zvýšení pevnosti orientací vlákna při dloužení a zmenšit tažnost a moduly. [2, 17]

- **Ocelové kordy**

Na ocelové výztužné materiály jsou kladeny hlavní požadavky, jako je jejich vysoká pevnost a rozměrová stabilita, odolnost vůči korozi, dokonalé rozložení mezer mezi dráty, ohybová tuhost a také dobrá adheze ke gumové směsi. Vlastnosti oceli, z níž jsou ocelové kordy vyráběny, určují kvalitu ocelových kordů. Technologie výroby vlákna na výrobu ocelových kordů probíhá ztenčováním základního drátu protahováním tryskami z tvrdého kovu s přesně definovanými rozměry. Při protahování drátu mezi jednotlivými tryskami dochází k povrchové úpravě vlákna. Při posledním protažení se na povrch vlákna nanese malá vrstva mosazi (70 % Ca a 30 % Zn), která zaručí zvýšení adheze povrchu ocelového kordu k pryži. Ocelový kord se vyrábí slaňováním základních vláken do různých konstrukcí kordů, podle jejich požadovaných vlastností. [2, 6]

3.7.2 Výrobní proces

Na počátku vlastního výrobního cyklu je míchání gumárenských směsí. Každá část pneumatiky má specifické požadavky na fyzikálně-mechanické a užitné vlastnosti, což se odráží jak ve spektru použitých materiálů, tak v samotném procesu míchání. Tento víceetapový proces probíhá v hnětičových linkách, což jsou ve své podstatě fyzikálně-chemické reaktory, připodobitelné k mixérům používaným při jiných výrobcích. Hotové směsi se formují do plátů a chladí. [15, 17, 18]

Z připravených plátů se připravují polotovary. Polotovary se podle způsobu jejich výroby rozdělují do tří základních skupin:

- vytláčované polotovary (běhoun, bočnice, vnitřní guma),

- pogumovaný textil (kordové vložky, ségl, molino, monofil),
- patní lana.

Vytlačování polotovarů probíhá ve dvou etapách. Nejprve se směs ohřívá a homogenizuje ve šnekovém tubusu. Poté následuje vlastní vytlačení: tvar a rozměry jsou dány tzv. vytlačovací hlavou a šablonou. Nakonec je polotovar rozdělen na části podle požadované délky dané rozměrem pláště. Pogumování kordu se provádí tak, že se kordový materiál pokrývá tenkou vrstvou kaučukové směsi. [15, 17, 18]

V této fázi je již připraveno vše pro kompletaci pneumatiky, neboli konfekci. Pneumatika se skládá z jednotlivých polotovarů na konfekčním bubnu. Jako první je to bočnice s patním páskem, poté patní kord, vnitřní guma, vrstvy kostry a patní lano s jádrem. Poté se pneumatika přehne a přetvaruje, následně se přidají nárazníky a běhoun. Tím vznikne nevulkanizovaný neboli surový plášť. [15, 17, 18]

Po kompletaci následuje proces vulkanizace, při které se z kaučukové směsi stává pryž, pneumatika získává svůj tvar a výsledné vlastnosti. Před vulkanizací se surový plášť ošetří emulgátory, které umožní snadnější vyplnění dutiny formy při lisování. Formy jsou odlity nejčastěji z oceli, v některých případech z hliníkových slitin. Konstrukce forem, zejména konstrukce jejich povrchu, je určující pro povrch pneumatiky a především pak pro dezén. Po emulgaci je surový plášť vložen do vulkanizačního lisu. Pomocí zahřátého tlakového média je plášť vtlačěn do formy, kaučuková směs vlivem teploty měkne, stává se tvárnou a vyplňuje formu. Součástí formy je také odvzdušňovací systém, který odvádí přebytečný vzduch mimo formu, aby ji směs dokonale vyplnila. Působením tepla dochází k vulkanizaci, což je chemický děj, při němž se propojují kaučukové řetězce pomocí sirných můstků. Mění se struktura materiálu na trojrozměrnou síť navzájem propojených řetězců. Vulkanizace může trvat od několika minut až po několik hodin v závislosti na určení pneumatiky. Aby děj proběhl správně, je nutné dodržet optimální podmínky pro vulkanizaci a to jak z hlediska požadovaných vlastností, tak i z ekonomického hlediska (délka procesu, produktivita, spotřeba energií apod.). [15, 17, 18]

Obr. 18 Vulkanizační lis



Zdroj: [<http://www.tsplzen.cz>]

Po vychladnutí a stabilizaci přichází plášť na výstupní kontrolu. Při ní se nejprve provádí důkladná vizuální kontrola, která odhalí případné nedostatky na povrchu. Dále následuje ještě rentgenová kontrola, při ní je možné objevit i některé drobnější defekty uvnitř pláště, například takzvanou mikroseparaci. Tyto vady by se při uvedení do provozu mohly projevit zejména při vyšších rychlostech, což by mohlo mít nedozírné následky. Na testorech se měří radiální a boční házení, které se porovnává s příslušnými normami. Výstupní kontrola uzavírá celý výrobní proces pneumatiky. [15, 17, 18]

4 Možnosti a limity pneumatik vystavených procesu degradace

Degradace polymerů, jež tvoří pneumatiky, je nežádoucí změna vlastností polymerního materiálu v průběhu jejich skladování, zpracování a používání, spojená většinou se změnou struktury anebo molekulové hmotnosti polymeru. [16]

4.1 Degradace pneumatik

Degradační procesy pneumatik mohou představovat taková porušení, která by vedla ke ztrátě jejich funkčnosti a spolehlivosti. Pneumatika je tedy jako složitý konstrukční kompozitní prvek vystaven mnoha vlivům. Mohou to být vnější nebo vnitřní vlivy, které mohou více či méně vést k mezním stavům vedoucím k degračním procesům. Pneumatika je v provozu zatěžována několika způsoby. Jedná se buď o mechanické (statické a dynamické) nebo tepelné namáhání. V průběhu mechanicko-tepelného zatížení v pneumatice existují předpoklady vzniku následných chemických reakcí, které proces degradace urychlují. [6]

Degradační procesy pneumatik jsou oproti kovovým, nekovovým, plastovým nebo jiných jednosložkových materiálů specifické, protože stadia porušování se projevují rozdílně. Iniciátory porušení v tomto konstrukčním prvku se mohou vyskytovat na několika místech, kde rozběhnutí může být různého charakteru. Je důležité zohlednění heterogenity struktur kompozitu, který má tendenci zastavovat a zpomalovat růst (šíření) trhliny, v případě jejího dotyku na jiný typ materiálu. Degradační procesy probíhají v mikrolokalitách jednoho nebo více materiálů (pryž, kov, textilie) nebo v makrolokalitách, což jsou některé oblasti dané pneumatiky (oblast běhounu, ramene, bočnice a patky pláště), což může vést až k roztržení pláště. [6]

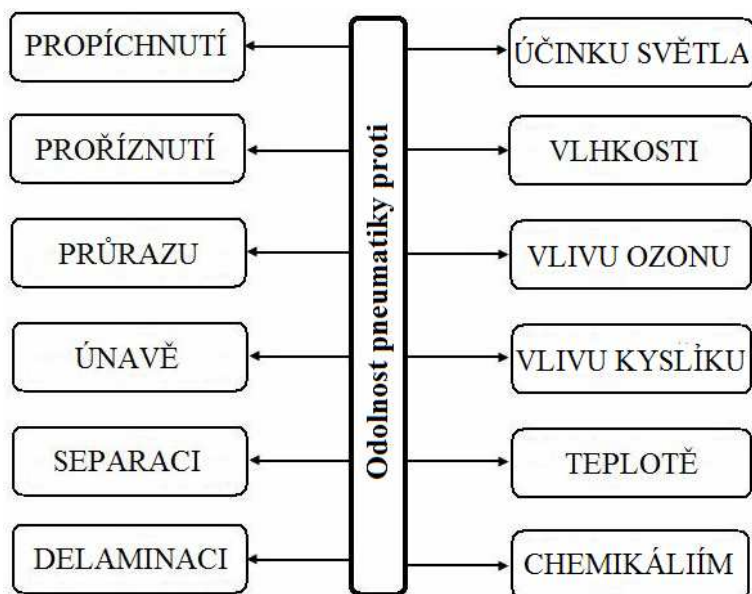
Mezi nejnebezpečnější degrační procesy patří separace, což je oddělení nárazníkových vrstev od sebe nebo také oddělení vrstev stejného typu materiálu na jejich rozhraní. Oddělení nánosové pryže od výztužných kordů se nazývá delaminace. V obou případech se v těchto místech zvyšuje napětí, jehož následkem je lokální přehřátí pláště

a může docházet i k vylézání kordů z pláště. Konečnou fází tohoto průběhu je roztržení pláště pneumatiky. Roztržení pláště může mít za následek také trhlinka v bočnici pláště. [6]

4.2 Druhy odolnosti pneumatik

Je žádoucí, aby pneumatiky při provozu odolávaly vlivům okolí, negativním účinnům provozu a jiným vlivům, které by mohly vést k delaminaci.

Obr. 19 Požadavky na odolnost pneumatiky



Zdroj: [6, 29]

4.2.1 Působení teploty

Při vystavení pryže vysokým teplotám může docházet k různým fyzikálním a chemickým dějům, které závisí na prostředí, ve kterém je pneumatika umístěna. V nepřítomnosti kyslíku odolá převážná většina pryží bez rozkladu teploty 200–250 °C, ovšem za přítomnosti vzduchu jsou to teploty podstatně nižší. Zvýšená teplota tedy způsobuje urychlení chemických procesů, především polymerizaci, síťování a oxidační reakce. Mimo to také dochází k tepelnému štěpení vazeb v základních i příčných vazbách řetězců. [29]

4.2.2 Účinek světla

Vliv samotného záření na pryž není příliš významný. Energie slunečního světla sice stačí na rozrušení běžných vazeb atomů, ovšem pouze část této energie způsobí aktivaci molekul nebo její roztržení. Velká část sluneční energie se odrazí, rozptýlí nebo přemění na jiný typ energie. Významný vliv má ovšem světlo v přítomnosti kyslíku, který několikanásobně urychluje oxidaci a vytváří radikály, které v oxidaci hrají významnou roli. Účinek světla je nesrovnatelně větší než účinek tepla, přestože působí pouze na povrchu pneumatiky, protože záření aktivuje molekuly mnohem více, než tepelná energie. Vnější projevem degradace účinkem světla je změna barvy, ztráta lesku, vznik lepivosti povrchu nebo naopak tvrdé, křehké, pryskyřičnaté vrstvičky, které se snadno lámou a tím vzniká síť nepravidelných trhlin různých velikostí a směrů. Je tedy vhodné nenechávat vozidlo stát na přímém slunci a pokud je to možné, odstavit jej ve stínu. [4, 29]

4.2.3 Vliv kyslíku

Vzdušný kyslík, který oxiduje některé organické nízkomolekulární sloučeniny, zejména za zvýšených teplot, oxiduje za obdobných podmínek i polymery s podobným chemickým složením, má však mnohonásobně větší účinek na změny jejich fyzikálních vlastností. V případě pneumatik se jedná především o pryže z nenasyčených kaučuků. Mimo chemické složení má na odolnost polymeru významný vliv také difúze a rozpustnost kyslíku v polymeru, což lze souhrnně charakterizovat jako propustnost polymeru pro kyslík. [16]

Mechanismus oxidace má 3 fáze:

- iniciace,
- propagace a přenos,
- ukončení.

Při iniciaci dochází ke vzniku radikálů, například tepelným roztržením vazeb, otevřením dvojné vazby nebo účinkem záření. Z těchto radikálů vznikají další nové radikály a různé reaktivní sloučeniny. Ve fázi pojmenované jako propagace a přenos se spouští řetězová reakce, k předání elektronů jiné molekule a k rozpadu hydroperoxidů na dva radikály. Na konci procesu se radikály stabilizují buď vzájemnou rekombinací nebo

přenosem za vzniku méně reaktivních radikálů, které jsou neschopné se účastnit dalších oxidačních procesů. [29]

Na povrchu pryže se tvoří zoxidovaná vrstvička s horší propustností kyslíku, která tedy brání jeho dalšímu pronikání do materiálu a tím zpomaluje oxidaci. Rozrušením polymeru dojde k uvolňování plniv, někdy dochází k odlupování degradovaných vrstev v šupinkách. [29]

4.2.4 Vliv ozonu

Ozon, přirozená složka atmosféry, se vytváří v jejích horních vrstvách a to rozkladem kyslíku zářením o vlnových délkách 120 nm až 220 nm. Do nižších vrstev atmosféry proniká difúzí. V přízemních vrstvách se jeho obsah ve vzduchu pohybuje mezi jednou a deseti miliontinami procenta, ovšem i tato téměř mizivá koncentrace způsobuje stárnutí pryží z nenasycených kaučuků. Děje se to proto, že ozon se aduje na dvojně vazby jejich makromolekulárních řetězců. Reaguje ihned po styku s povrchem pneumatiky, který je pokrýván tvrdou a křehkou vrstvou ozonidu kaučuku. Při provozu pneumatiky tato křehká vrstva na jejím povrchu praská a odhaluje tak další povrch, který je opět pokrýván vrstvou ozonidu. Tento proces se opakuje a může dojít až k mechanickému rozrušení. Vznikající praskliny jsou kolmé na směr deformační síly. Existuje ovšem celá řada ochranných prostředků na pneumatiky, které je chrání proti působení ozónu. [4, 16]

4.2.5 Únava materiálu

Při deformaci pryže pneumatiky dochází k její únavě a poškozování:

- vyšší teplotou, na kterou se výrobek ohřeje vlivem hysterezních ztrát,
- vznikem a růstem trhlin,
- oxidací při mechanickém namáhání.

Mechanické napětí, tedy statické i dynamické napomáhá oxidaci, protože snižuje energetickou bariéru oxidačních reakcí. Vlivem jisté nehomogenity sítě molekul jsou některé části molekul mnohem více namáhány při napětí a dochází k jejich trhání především v těchto místech. Vlivem tepla a mechanického namáhání se snadno přeskupují sírné vazby, které mají vliv na snížení energetické bariéry. Oproti statickému je dynamické

namáhání účinnější, protože nerovnoměrnost napětí nestačí eliminovat relaxační pochody. Po určité době dynamického namáhání v pryži vznikají trhliny, které se při dalším provozu zvětšují, takže může dojít i k úplné destrukci pneumatiky. Jak již bylo zmíněno, tak trhliny mohou vzniknout i účinkem ozonu. [29]

Obr. 20 Prasklá bočnice pneumatiky



Zdroj: [<http://www.mise.cz>]

4.2.6 Působení chemických činidel

Na pneumatiku, jejíž základ tvoří kaučuk, působí nepříznivě řada chemických činidel. Ta zpravidla povrchově narušují strukturu pryže a způsobují tak rychlé intenzivní opotřebení v místě, kde došlo ke styku s chemickými činidly, nejčastěji palivy a mazivy. Dochází k tomu proto, že kaučuky používající se pro výrobu pneumatik se z hledem ke svému téměř nepolárnímu charakteru rozpouštějí v alifatických a aromatických uhlovodících (např. benzínu, benzenu, toluenu) a chlorovaných rozpouštědlech (např. trichlorethylenu nebo tetrachlormethanu). Vulkanizáty v těchto rozpouštědlech bobtnají. Pryže z těchto kaučuků také značně bobtnají i v olejích. Proto pneumatiky z těchto kaučuků nesmějí s oleji a uvedenými rozpouštědly přicházet do styku, aby na ně nemohla působit a pryžovou směs naleptávat. Pokud dojde k takovému znečištění povrchu pneumatiky, je vhodné provést přinejmenším očištění znečištěného místa hadrem. [4,16]

4.2.7 Působení vlhkosti

Voda a vlhkost nezpůsobují velké změny vlastností, mimo malého nabobtnání. Navlhavost je ovlivněna plnidly, změkčovadly a hydrofilními látkami, které obsahují kaučuky. Velký vliv má dešťová voda, která chemickým i fyzikálním účinkem odplavuje z povrchu degradační zplodiny, čímž odhaluje povrch pro další degradaci a tím nepřímo urychluje proces destrukce. Pneumatiky, které obsahují navlhavé materiály (textilní kordy) je třeba chránit vhodnou impregnací. [29]

4.2.8 Mechanické poškození

Pneumatika by měla v určité míře být schopna odolávat mechanickým poškozením. Jedná se o odolnost proti propíchnutí (především běhoun pneumatiky) a proříznutí (zejména bočnice), kdy jsou nežádoucí průniky ostrých předmětů. Schopnosti pneumatiky odolat průrazu při krátkodobém působení koncentrovaných sil, materiálové únavě a defektu v důsledku opakovaných zatěžovacích cyklů jsou také důležité. [6]

4.2.9 Ostatní vlivy

Ostatní faktory působící na pneumatiky nejsou tak významné, avšak mohou výsledek degradace ovlivnit. Například v prostředí silně zamořeném průmyslovými exhalacemi může docházet k poškození účinkem různých plynů, par, pevných agresivních látek a podobně. Tyto účinky ovšem jsou velice specifické, protože velmi záleží na druhu a množství chemikálie. Pryž je poměrně dobře odolná korozi, takže běžná průmyslová atmosféra nepůsobí příliš významně. [29]

5 Hodnocení změny tvrdosti v povrchových vrstvách pneumatik v závislosti na prostředí

Následující podkapitoly jsou zaměřeny na zhodnocení průběhu vlastního výzkumu pomocí uvedených tabulek a grafů. Původ, popis, značení zkušebních vzorků a jejich umístění v degračních médiích jsou zřejmé z kapitoly 2.2 a tabulky 1.

5.1 Vyhodnocení změny tvrdosti a hmotnosti vzorků 1N

Změny vlastností zkušebních vzorků 1N, neboli pneumatiky GOODYEAR 16,9-28 z kolového nakladače, umístěných v motorovém oleji, motorové naftě, vodě, 33% roztoku NaCl a 33% roztoku cereritu jsou číselně vyjádřeny, graficky znázorněny a popsány v následujících tabulkách, grafech a odstavcích. Tyto vzorky byly v nádobách s uvedenými degračními médii ponořeny po dobu 1 hodiny a do dalšího měření umístěny volně na vzduchu mimo tyto nádoby.

Tab. 5 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 1N se směrodatnou odchylkou

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	66,50±2,35	67,50±2,56	66,00±2,05	66,00±2,05	67,00±2,51
1	64,75±1,12	64,50±1,54	66,00±2,05	66,00±2,05	68,25±2,45
2	62,25±2,55	62,75±2,55	65,75±1,83	65,50±1,54	66,00±2,05
3	61,50±2,35	60,00±0,00	65,75±1,83	65,00±0,00	67,25±2,55
5	59,75±1,12	59,50±1,54	65,00±0,00	65,00±0,00	66,00±2,05
6	58,00±2,51	59,75±1,12	65,00±0,00	64,75±1,12	65,00±1,62
7	58,75±2,22	59,50±1,54	65,00±0,00	65,25±1,12	66,75±2,45
12	59,25±1,83	59,50±1,54	65,25±1,12	65,50±1,54	66,50±2,35
16	60,25±1,12	61,75±2,22	66,00±2,05	65,00±0,00	66,75±2,45

Zdroj: [autor]

Výše uvedená tabulka č. 5 shrnuje aritmetickým průměrem a směrodatnou odchylkou měření zjištěné tvrdosti metodou Shore A zkoumaných vzorků v jednotlivých týdnech měření v daných degračních médiích.

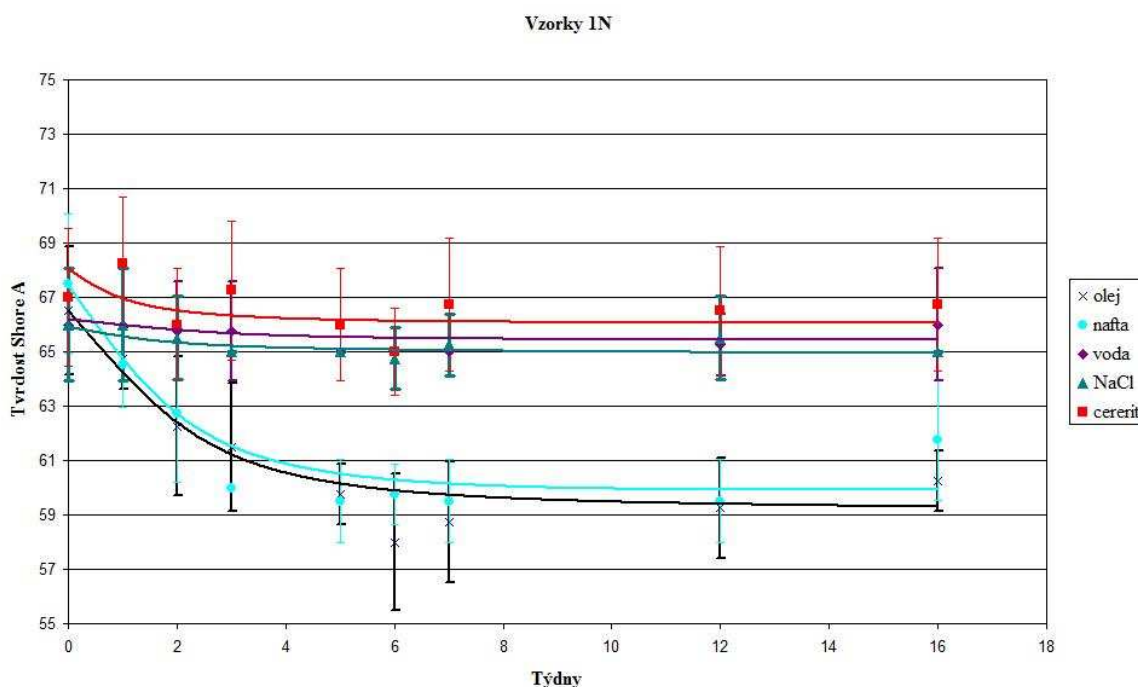
Tab. 6 Výsledná data z programu Statistica vzorků 1N

Vzorek 1N	Index korelace R	Index determinace R ²	Funkční rovnice
Motorový olej	96,85 %	93,81 %	$y = 66,7129 - 13,6757 \log x$
Motorová nafta	98,21 %	96,45 %	$y = 67,0903 - 15,6148 \log x$
Voda	79,03 %	62,46 %	$y = 66,1748 - 2,3142 \log x$
33% roztok NaCl	79,96 %	63,93 %	$y = 66,0492 - 1,9049 \log x$
33% roztok cereritu	49,91 %	24,91 %	$y = 67,4898 - 2,6823 \log x$

Zdroj: [autor]

Tabulka č. 6 je přehledem zpracovaných dat daných vzorků programem Statistica 10 pro jednotlivé látky. Jedná se o indexy korelace R a determinace R² vyjádřené v %, které určují vhodnost použití zvolené logaritmické funkce. Všechny získané indexy vyjadřují velmi silnou přímou závislost mezi tvrdostí vzorků a času působení degradačních médií. Jsou zde taktéž uvedeny funkční rovnice vzorků 1N pro jednotlivé látky.

Graf 1 Změna tvrdosti vzorků 1N



Zdroj: [autor]

V grafu č. 1 je graficky znázorněn průběh tvrdosti vzorků 1N v závislosti na čase umístění v degračních médiích. Z grafu je patrné, že v případě této pneumatiky mají na změnu, respektive snížení tvrdosti největší vliv motorový olej a motorová nafta, kde tvrdost poklesla téměř o 10 jednotek. Ostatní činnosti se významně neprojeví, takže tvrdost ostatních vzorků v nich umístěných zůstává přibližně konstantní.

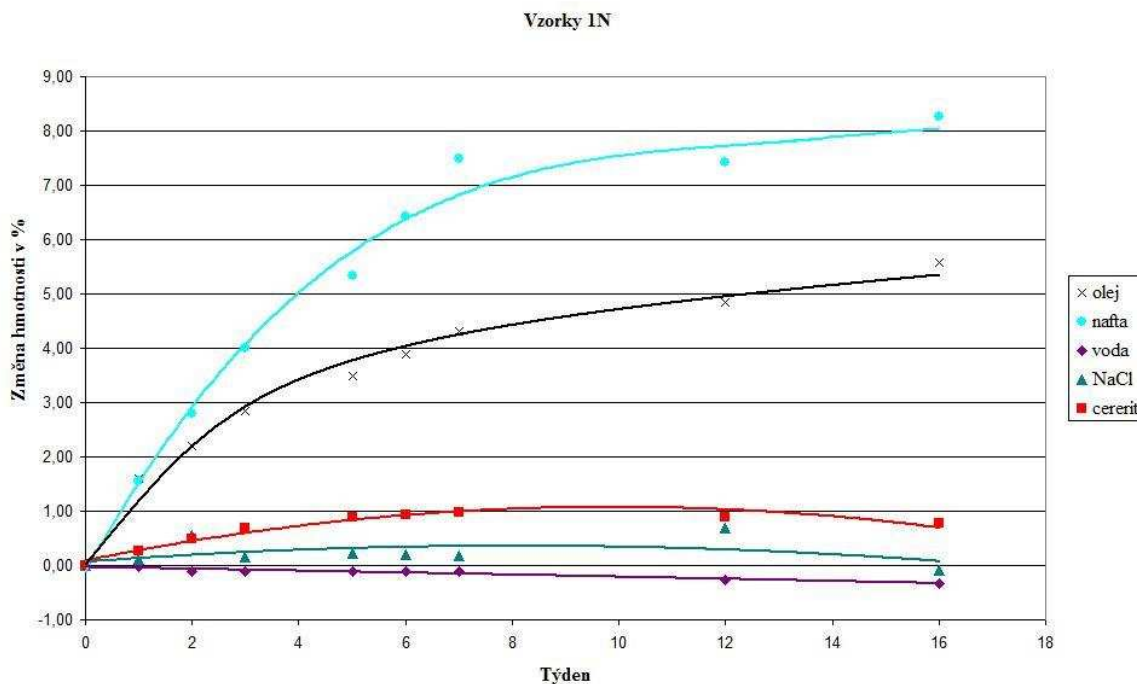
Tab. 7 Změna hmotnosti vzorků 1N přepočtená na %

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
1	1,61 %	1,56 %	-0,03 %	0,11 %	0,26 %
2	2,21 %	2,80 %	-0,12 %	0,56 %	0,49 %
3	2,84 %	4,01 %	-0,12 %	0,15 %	0,70 %
5	3,49 %	5,33 %	-0,12 %	0,22 %	0,89 %
6	3,90 %	6,41 %	-0,12 %	0,19 %	0,93 %
7	4,31 %	7,50 %	-0,12 %	0,17 %	0,98 %
12	4,85 %	7,42 %	-0,26 %	0,68 %	0,89 %
16	5,58 %	8,27 %	-0,33 %	-0,08 %	0,77 %

Zdroj: [autor]

Vzhledem k faktu, že připravené vzorky neměly naprosto shodnou hmotnost, byl její nárůst, resp. úbytek přepočítán na procenta. Výchozí hodnota byla označena jako 0 % a následné změny hmotnosti dopočítány podle skutečných naměřených hodnot. V uvedené tabulce jsou tyto hodnoty shrnuty.

Graf 2 Změna hmotnosti vzorků 1N



Zdroj: [autor]

Graf č. 2 vyjadřuje vývoj změn hmotností vzorků v čase účinkem degračních médií. Největší nárůst hmotnosti je viditelný v případě působení motorové nafty, kdy hmotnost vzorku vlivem nabobtnání narostla o více než 8 %. Olej na vzorek působil o poznání méně, ovšem i tak nárůst hmotnosti přesáhl 5 %. Z ostatních látek působících na vzorky stojí za zmínku už jen roztok cereritu, který hmotnost zvýšil o necelé 1 %. O ostatních vzorcích lze konstatovat, že jejich hmotnost zůstala bez změny.

5.2 Vyhodnocení změny tvrdosti a hmotnosti vzorků 1T

Změny vlastností zkušebních vzorků 1T, neboli pneumatiky Barum 7,50-16 z řídicí nápravy traktoru bez pohonu předních kol, umístěných v motorovém oleji, motorové naftě, vodě, 33% roztoku NaCl a 33% roztoku cereritu jsou číselně vyjádřeny, graficky znázorněny a popsány v následujících tabulkách, grafech a odstavcích. Tyto vzorky byly v nádobách s uvedenými degračními médii ponořeny po dobu 1 hodiny a do dalšího měření umístěny volně na vzduchu mimo tyto nádoby.

Tab. 8 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 1T se směrodatnou odchylkou

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	65,75±3,19	68,00±2,99	67,00±2,51	66,50±3,28	65,25±3,02
1	65,00±1,62	68,00±2,51	67,75±2,55	67,00±2,51	67,75±2,55
2	64,00±2,05	62,75±2,55	68,00±2,51	65,75±1,83	68,75±2,22
3	61,00±2,05	62,75±2,55	69,00±2,05	65,75±1,83	67,50±2,56
5	60,25±1,97	63,50±2,35	65,50±1,54	65,75±1,83	66,25±2,22
6	60,00±2,29	59,25±1,83	66,00±2,05	66,25±2,22	65,75±1,83
7	58,50±2,35	59,50±2,24	66,25±2,22	65,75±1,83	66,50±2,35
12	61,00±2,05	60,00±2,29	68,75±2,22	68,75±2,22	68,75±2,22
16	61,00±2,05	60,75±1,83	66,00±2,05	66,50±2,35	70,00±0,00

Zdroj: [autor]

V tabulce č. 8 jsou shrnuty aritmetickým průměrem a směrodatnou odchylkou měření zjištěné tvrdosti metodou Shore A zkoumaných vzorků v jednotlivých týdnech měření v daných degradačních médiích.

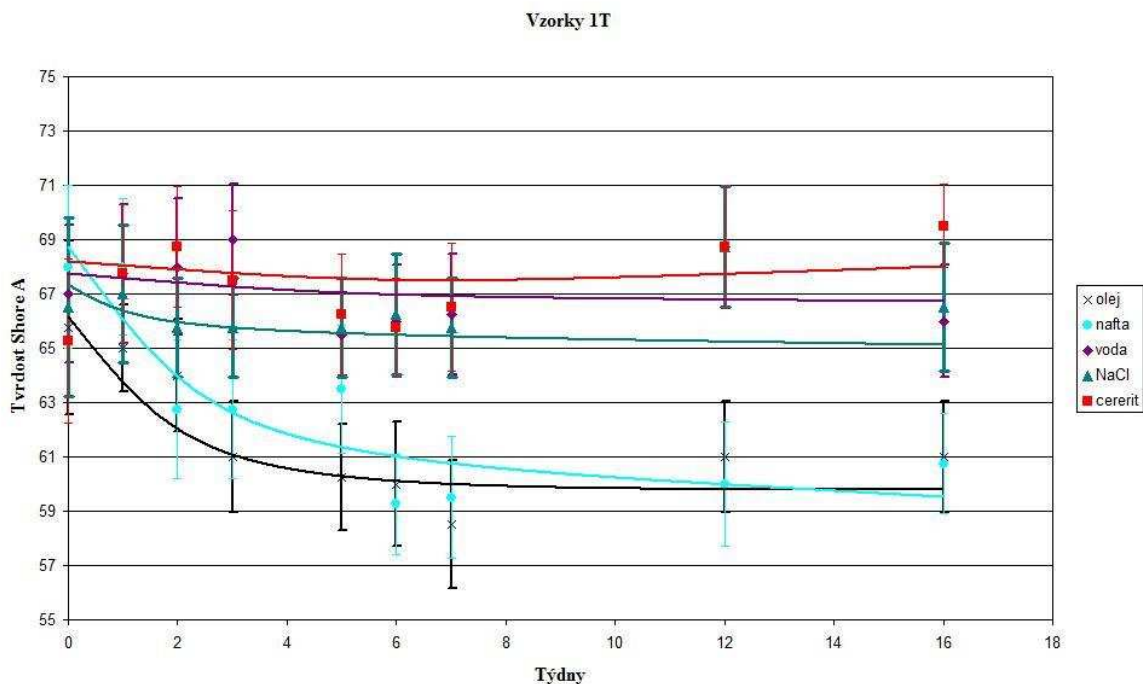
Tab. 9 Výsledná data z programu Statistica vzorků 1T

Vzorek 1T	Index korelace R	Index determinace R ²	Funkční rovnice
Motorový olej	79,27 %	62,83 %	$y = 65,0007 - 8,2309 \log x$
Motorová nafta	90,27 %	81,48 %	$y = 68,6577 - 12,7805 \log x$
Voda	23,27 %	5,41 %	$y = 67,6301 - 0,5219 \log x$
33% roztok NaCl	50,66 %	25,67 %	$y = 66,4319 - 2,0623 \log x$
33% roztok cereritu	55,91 %	31,26 %	$y = 66,4798 - 0,8544 \log x$

Zdroj: [autor]

Předložená tabulka č. 6 je přehledem zpracovaných dat daných vzorků programem Statistica 10 pro jednotlivé látky. Jedná se o indexy korelace R a determinace R² vyjádřené v %, které určují vhodnost použití zvolené logaritmické funkce. Všechny získané indexy vyjadřují velmi silnou přímou závislost mezi tvrdostí vzorků a času působení degradačních médií. Jsou zde taktéž uvedeny funkční rovnice pro jednotlivé látky působící na vzorky 1T.

Graf 3 Změna tvrdosti vzorků 1T



Zdroj: [autor]

V grafu č. 3 je znázorněn průběh tvrdosti vzorků 1T v závislosti na čase umístění v degradačních médiích. Z grafu je patrné, že v případě této pneumatiky mají na změnu, respektive snížení tvrdosti největší vliv motorový olej a motorová nafta, kde tvrdost poklesla téměř o 10 jednotek, stejně jako u vzorků 1N. Ostatní činidla se výrazně neprojeví, i když z grafu je patrné nepatrné kolísání tvrdosti, ovšem nijak významné.

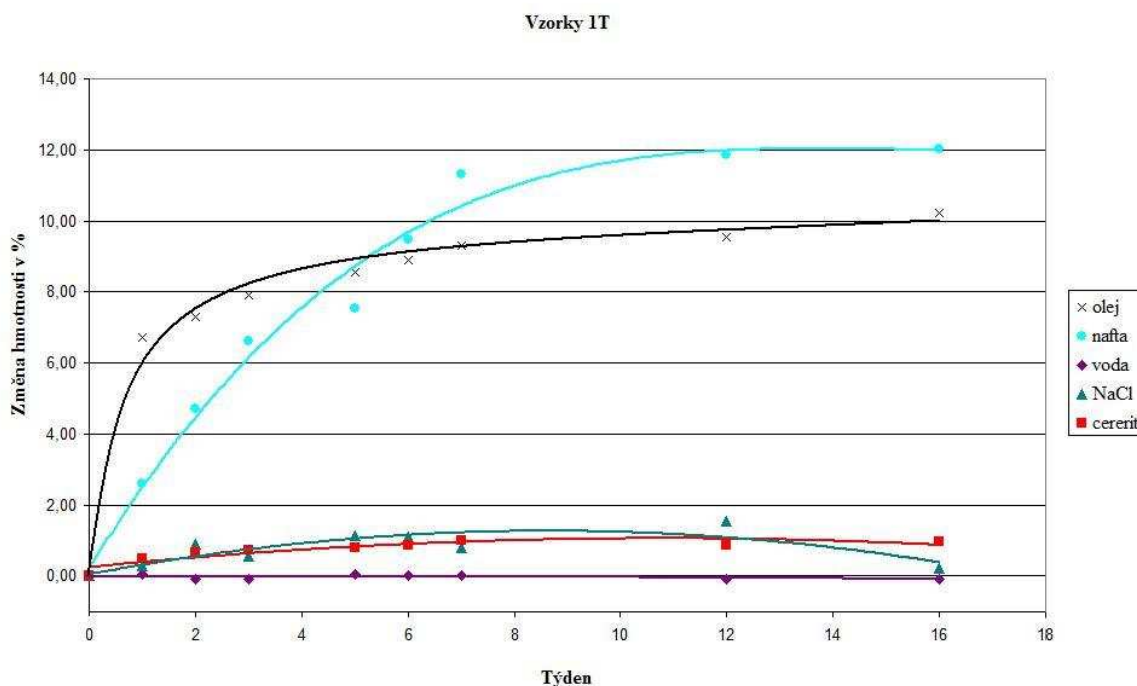
Tab. 10 Změna hmotnosti vzorků 1T přepočtená na %

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
1	6,72 %	2,59 %	0,04 %	0,28 %	0,50 %
2	7,30 %	4,70 %	-0,09 %	0,89 %	0,66 %
3	7,91 %	6,60 %	-0,09 %	0,56 %	0,71 %
5	8,54 %	7,53 %	0,04 %	1,13 %	0,78 %
6	8,89 %	9,47 %	0,00 %	1,10 %	0,87 %
7	9,31 %	11,33 %	0,00 %	0,81 %	0,99 %
12	9,54 %	11,86 %	-0,09 %	1,53 %	0,87 %
16	10,23 %	12,03 %	-0,09 %	0,20 %	0,95 %

Zdroj: [autor]

Vzhledem k faktu, že připravené vzorky neměly naprosto shodnou hmotnost, byl jejich nárůst, resp. úbytek přepočítán na procenta. Výchozí hodnota byla označena jako 0 % a následné změny hmotnosti dopočítány podle skutečných naměřených hodnot. Uvedená tabulka shrnuje tyto hodnoty.

Graf 4 Změna hmotnosti vzorků 1T



Zdroj: [autor]

V tomto grafu je znázorněn vývoj změn hmotnosti vzorků v čase účinkem degradačních médií. Největší nárůst hmotnosti je evidentní v případě působení motorové nafty, kdy hmotnost vzorku vlivem nabobtnání narostla o 12 %. Olej na vzorek působil nepatrně méně, ovšem i tak nárůst hmotnosti byl více jak 10 %. Z ostatních látek působících na vzorky stojí za zmínku roztoky cereritu a NaCl, které hmotnost zvýšily přibližně o 1 %, což je ovšem zanedbatelné. Působení vody na změnu hmotnosti bylo v tomto případě zcela vyloučeno.

5.3 Vyhodnocení změny tvrdosti a hmotnosti vzorků 1V

Změny vlastností zkušebních vzorků 1V, neboli pneumatiky Barum 8,25-15 z traktorového vleku, umístěných v motorovém oleji, motorové naftě, vodě, 33% roztoku

NaCl a 33% roztoku cereritu jsou číselně vyjádřeny, graficky znázorněny a popsány v následujících tabulkách, grafech a odstavcích. Tyto vzorky byly v nádobách s uvedenými degradačními médii ponořeny po dobu 1 hodiny a do dalšího měření umístěny volně na vzduchu mimo tyto nádoby.

Tab. 11 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 1V se směrodatnou odchylkou

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	71,25±2,22	71,50±2,35	72,25±2,55	73,25±2,45	73,25±2,94
1	71,00±2,05	69,50±1,54	74,25±1,83	74,00±2,05	73,25±2,45
2	70,00±0,00	66,75±2,45	73,75±2,22	73,50±2,35	73,75±2,22
3	69,50±1,54	66,50±2,35	72,50±2,56	71,00±2,05	72,50±2,56
5	69,00±2,05	65,00±0,00	74,25±1,83	72,50±2,56	73,75±2,22
6	69,00±2,05	65,00±0,00	73,50±2,35	71,50±2,35	74,00±2,05
7	68,25±2,45	64,25±1,83	71,25±2,22	74,00±2,05	74,00±2,05
12	69,00±2,05	64,75±1,12	73,50±2,35	74,25±1,83	73,75±2,22
16	70,00±0,00	65,50±1,54	71,25±2,22	71,25±2,22	74,75±1,12

Zdroj: [autor]

V tabulce č. 11 jsou aritmetickým průměrem a směrodatnou odchylkou měření shrnuty zjištěné tvrdosti metodou Shore A zkoumaných vzorků v jednotlivých týdnech měření v daných degradačních médiích.

Tab. 12 Výsledná data z programu Statistica vzorků 1V

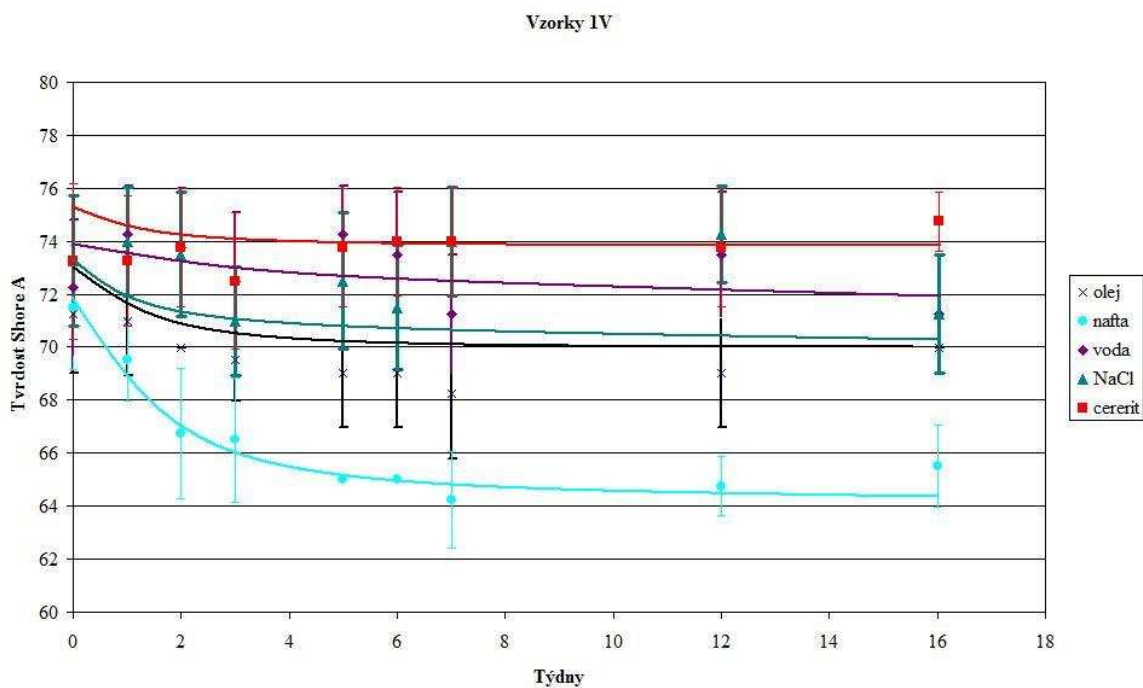
Vzorek 1V	Index korelace R	Index determinace R ²	Funkční rovnice
Motorový olej	92,01 %	84,65 %	$y = 71,4462 - 5,2816 \log x$
Motorová nafta	98,77 %	97,57 %	$y = 71,3262 - 11,9422 \log x$
Voda	65,62 %	43,07 %	$y = 73,0381 - 3,4052 \log x$
33% roztok NaCl	24,17 %	5,84 %	$y = 73,3826 - 1,0022 \log x$
33% roztok cereritu	73,31 %	53,73 %	$y = 73,1261 - 0,1967 \log x$

Zdroj: [autor]

Tento přehled na základě výše uvedené tabulky č. 12 je výsledkem zpracování dat daných vzorků programem Statistica pro jednotlivé degradační tekutiny. Jedná se o indexy

korelace R a determinace R^2 vyjádřené v %, které určují vhodnost použití zvolené logaritmické funkce. Jsou zde taktéž uvedeny funkční rovnice.

Graf 5 Změna tvrdosti vzorků 1V



Zdroj: [autor]

V tomto grafu s číslem 5 je graficky znázorněn průběh tvrdosti vzorků 1V v závislosti na čase umístění v degradačních médiích. Z grafu je patrné, že v případě této pneumatiky má na změnu tvrdosti největší vliv motorová nafta, která ji snížila o téměř 10 jednotek. Motorový olej potvrdil svůj vliv na snížení tvrdosti i v tomto případě, ovšem pouze o nevýrazné 3 jednotky tvrdosti Shore A. Ostatní činidla se výrazně neprojevila, i když z grafu je patrné nepatrné kolísání tvrdosti, které by mohla vyrovnat směrodatná odchylka.

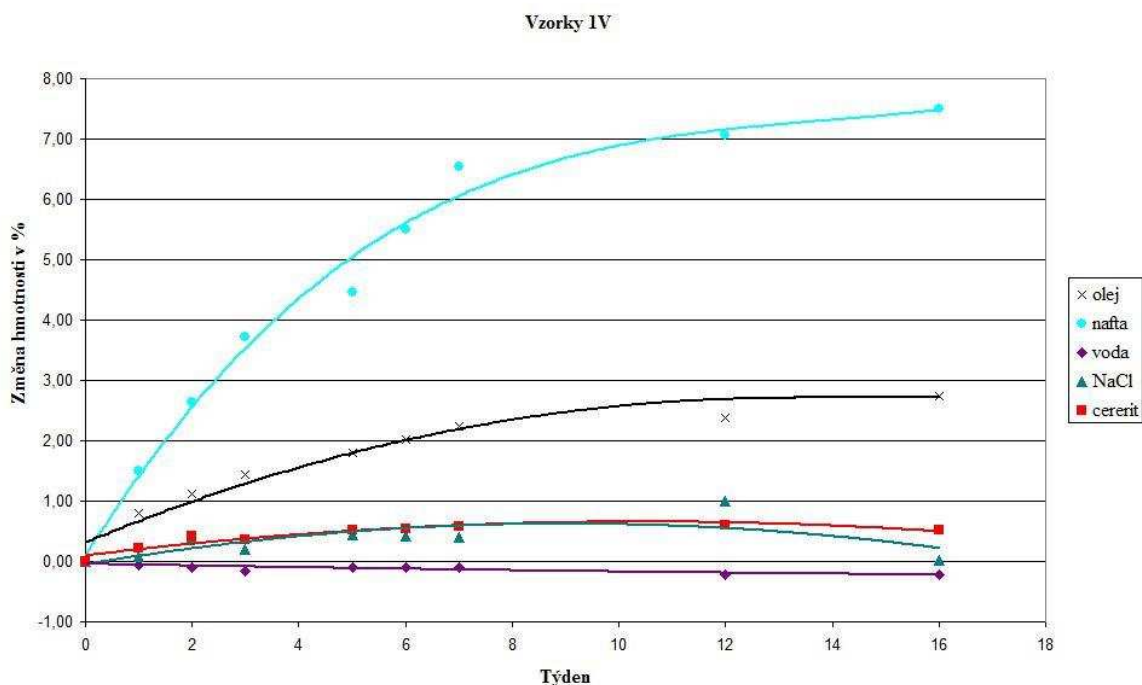
Tab. 13 Změna hmotnosti vzorků 1V přepočtená na %

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
1	0,79 %	1,50 %	-0,07 %	0,08 %	0,21 %
2	1,12 %	2,64 %	-0,10 %	0,41 %	0,43 %
3	1,45 %	3,73 %	-0,15 %	0,21 %	0,35 %
5	1,81 %	4,46 %	-0,10 %	0,44 %	0,52 %
6	2,02 %	5,51 %	-0,10 %	0,43 %	0,54 %
7	2,23 %	6,55 %	-0,10 %	0,40 %	0,58 %
12	2,37 %	7,07 %	-0,22 %	0,99 %	0,60 %
16	2,73 %	7,50 %	-0,22 %	0,03 %	0,52 %

Zdroj: [autor]

Protože připravené vzorky neměly naprosto shodnou hmotnost, byl její nárůst, resp. úbytek přepočítán na %. Výchozí hodnota byla označena jako 0 % a následné změny hmotnosti dopočítány podle skutečných naměřených hodnot. Údaje uvedené v tabulce tyto hodnoty shrnují.

Graf 6 Změna hmotnosti vzorků 1V



Zdroj: [autor]

Vývoj změn hmotnosti vzorků v čase účinkem degradačních médií je vyjádřen grafem č. 6. Největší nárůst hmotnosti způsobila motorová nafta. Hmotnost vzorku vlivem nabobtnání se zvýšila o 6 %. Olej na vzorek působil výrazně méně, nárůst hmotnosti byl do 3 %. Roztoky cereritu a NaCl zvýšily hmotnost o 1 %, což je zanedbatelné. Působení vody na změnu hmotnosti bylo i v tomto případě zcela vyloučeno.

5.4 Vyhodnocení změny tvrdosti a hmotnosti vzorků 2N

Změny vlastností zkušebních vzorků 2N, neboli pneumatiky GOODYEAR 16,9-28 z kolového nakladače, umístěných v motorovém oleji, motorové naftě, vodě, 33% roztoku NaCl a 33% roztoku cereritu jsou číselně vyjádřeny, graficky znázorněny a popsány v následujících tabulkách, grafech a odstavcích. Tyto vzorky byly v uvedených degradačních médiích ponořeny po celou dobu mezi jednotlivými měřeními.

Tab. 14 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 2N se směrodatnou odchylkou

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	64,75±1,12	66,75±2,45	66,00±2,05	67,25±2,55	67,75±2,55
1	63,75±2,22	45,25±1,12	68,00±2,51	67,25±2,55	67,00±2,51
2	60,00±0,00	39,25±1,83	65,00±0,00	65,00±0,00	65,00±0,00
3	60,00±0,00	38,75±2,22	65,00±0,00	66,25±2,22	65,00±0,00
5	55,50±1,54	35,00±0,00	64,50±1,54	65,25±1,12	65,00±0,00
6	56,75±2,45	35,25±1,12	64,75±1,12	66,50±2,35	65,50±1,54
7	55,75±1,83	35,50±1,54	66,25±2,22	65,25±1,12	65,00±0,00
12	54,50±1,54	35,00±0,00	64,75±1,12	65,50±1,54	66,25±2,22
16	55,00±0,00	38,50±2,35	66,25±2,22	66,50±2,35	65,00±0,00

Zdroj: [autor]

Údaje v předložené tabulce č. 14 shrnují aritmetickým průměrem a směrodatnou odchylkou měření zjištěné tvrdosti metodou Shore A zkoumaných vzorků v jednotlivých týdnech měření v daných degradačních médiích.

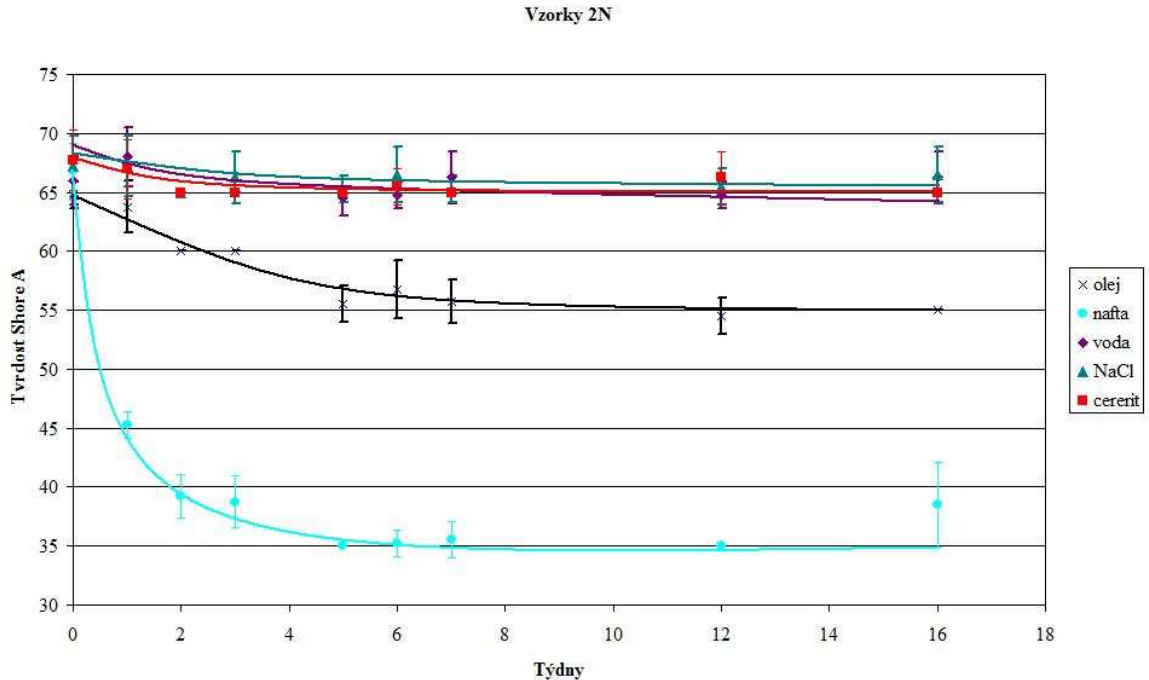
Tab. 15 Výsledná data z programu Statistica vzorků 2N

Vzorek 2N	Index korelace R	Index determinace R ²	Funkční rovnice
Motorový olej	96,51 %	93,14 %	$y = 65,5028 - 13,0728 \log x$
Motorová nafta	96,74 %	93,58 %	$y = 60,4632 - 54,8892 \log x$
Voda	49,64 %	24,64 %	$y = 66,6364 - 3,5126 \log x$
33% roztok NaCl	68,65 %	47,13 %	$y = 67,1898 - 3,6928 \log x$
33% roztok cereritu	81,32 %	66,14 %	$y = 67,3785 - 4,8615 \log x$

Zdroj: [autor]

Účelem tabulky č. 15 je podat přehled dat daných vzorků zpracovaných programem Statistica 10 pro jednotlivé látky. Jedná se o indexy korelace R a determinace R² vyjádřené v %, které určují vhodnost použití zvolené logaritmické funkce. Jsou zde taktéž uvedeny funkční rovnice.

Graf 7 Změna tvrdosti vzorků 2N



Zdroj: [autor]

V grafu označeném číslem 7 je graficky znázorněn průběh tvrdosti vzorků 2N v závislosti na čase umístění v degračních médiích. Z grafu je zřejmé, že v případě této pneumatiky má na změnu tvrdosti největší vliv motorová nafta, která ji snížila o více jak 30 jednotek. Motorový olej také potvrdil svůj vliv na snížení tvrdosti a to o 10 jednotek tvrdosti Shore A. Ostatní činidla se projevila jako málo výrazná degrační činidla.

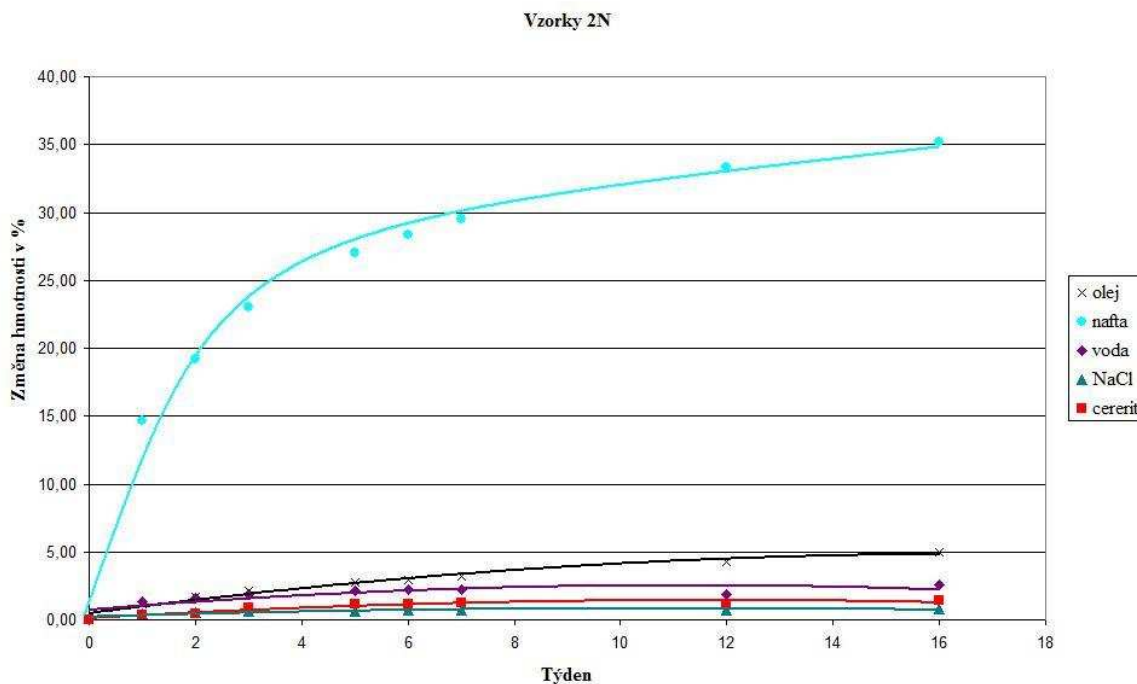
Tab. 16 Změna hmotnosti vzorků 2N přepočtená na %

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
1	1,16 %	14,67 %	1,35 %	0,43 %	0,33 %
2	1,73 %	19,23 %	1,58 %	0,52 %	0,42 %
3	2,14 %	23,03 %	1,83 %	0,59 %	0,91 %
5	2,77 %	27,05 %	2,14 %	0,66 %	1,12 %
6	2,97 %	28,32 %	2,21 %	0,68 %	1,14 %
7	3,21 %	29,54 %	2,23 %	0,73 %	1,21 %
12	4,27 %	33,37 %	1,83 %	0,73 %	1,18 %
16	4,97 %	35,21 %	2,56 %	0,78 %	1,39 %

Zdroj: [autor]

Vzhledem k faktu, že připravené vzorky neměly naprosto shodnou hmotnost, byl její nárůst, resp. úbytek přepočítán na %. Výchozí hodnota byla označena jako 0 % a následné změny hmotnosti dopočítány podle skutečných naměřených hodnot. Uvedená tabulka shrnuje tyto hodnoty.

Graf 8 Změna hmotnosti vzorků 2N



Zdroj: [autor]

V grafu č. 8 je vyjádřen vývoj změn hmotnosti vzorků v čase účinkem degradačních médií. Největší nárůst hmotnosti je viditelný v případě působení motorové nafty, kdy se hmotnost vzorku vlivem nabobtnání zvýšila o třetinu své původní hmotnosti. Olej na vzorek působil o mnoho méně, nárůst hmotnosti byl 5 %. Minimální vliv na hmotnost měla voda, která hmotnost zvýšil přibližně o 2 %. U roztoku cereritu se změna projevila nárůstem o 1 %, roztok NaCl dosáhl zvýšení hmotnosti do 1 %.

5.5 Vyhodnocení změny tvrdosti a hmotnosti vzorků 2T

Změny vlastností zkušebních vzorků 2T, neboli pneumatiky Barum 7,50-16 z řídicí nápravy traktoru bez pohonu předních kol, umístěných v motorovém oleji, motorové naftě, vodě, 33% roztoku NaCl a 33% roztoku cereritu jsou číselně vyjádřeny, graficky znázorněny a popsány v následujících tabulkách, grafech a odstavcích. Tyto vzorky byly v uvedených degradačních médiích ponořeny po celou dobu mezi jednotlivými měřeními.

Tab. 17 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 2T se směrodatnou odchylkou

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	65,25±3,02	66,00±3,08	64,50±2,76	68,00±2,99	67,25±2,55
1	65,25±1,97	44,75±1,97	66,50±2,35	69,00±2,05	66,75±2,94
2	64,25±1,83	42,75±2,55	66,00±2,05	69,25±1,83	66,25±2,22
3	61,25±2,22	43,5±2,35	63,25±2,45	68,75±2,22	66,00±2,05
5	61,00±2,05	44,00±2,05	68,00±2,51	69,00±2,05	66,25±2,22
6	60,00±0,00	44,00±2,05	66,25±2,22	66,00±2,05	66,00±2,05
7	60,25±1,97	44,00±2,05	68,75±2,22	69,00±2,05	66,00±2,05
12	59,00±2,05	43,75±2,22	67,00±2,51	68,75±2,22	65,75±1,83
16	59,25±1,83	44,25±1,83	66,50±2,35	66,25±2,22	65,50±1,54

Zdroj: [autor]

V tabulce č. 17 jsou aritmetickým průměrem a směrodatnou odchylkou měření shrnuty zjištěné tvrdosti metodou Shore A zkoumaných vzorků v jednotlivých týdnech měření v daných degračních médiích.

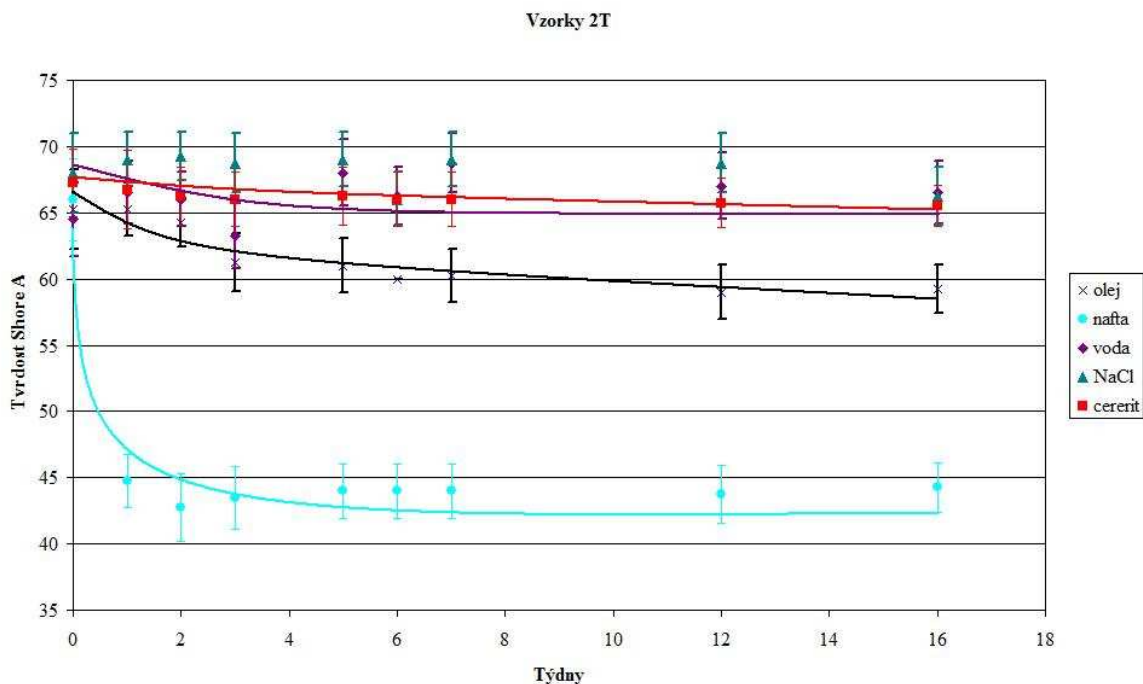
Tab. 18 Výsledná data z programu Statistica vzorků 2T

Vzorek 2T	Index korelace R	Index determinace R ²	Funkční rovnice
Motorový olej	94,54 %	89,37 %	$y = 66,0990 - 7,2192 \log x$
Motorová nafta	85,16 %	72,53 %	$y = 58,5728 - 36,7276 \log x$
Voda	52,25 %	27,29 %	$y = 64,5921 - 3,8557 \log x$
33% roztok NaCl	52,08 %	27,12 %	$y = 68,5624 - 1,7812 \log x$
33% roztok cereritu	95,53 %	91,27 %	$y = 67,1311 - 1,6106 \log x$

Zdroj: [autor]

V tabulce č. 18 je přehled zpracovaných dat daných vzorků programem Statistica 10 pro jednotlivé látky. Jedná se o indexy korelace R a determinace R² vyjádřené v %, které určují vhodnost použití zvolené logaritmické funkce. Jsou zde taktéž uvedeny funkční rovnice.

Graf 9 Změna tvrdosti vzorků 2T



Zdroj: [autor]

V tomto grafu č. 9 je graficky znázorněn průběh tvrdosti vzorků 2T v závislosti na čase umístění v degradačních médiích. Z grafu je patrné, že v případě této pneumatiky má na změnu, respektive snížení tvrdosti největší vliv motorová nafta, která způsobila pokles tvrdosti o více jak 20 jednotek. Motorový olej tvrdost snížil o 15 jednotek a ostatní činidla se výrazně neprojevila, i když z grafu je patrné nepatrné kolísání tvrdosti, ovšem nijak významné.

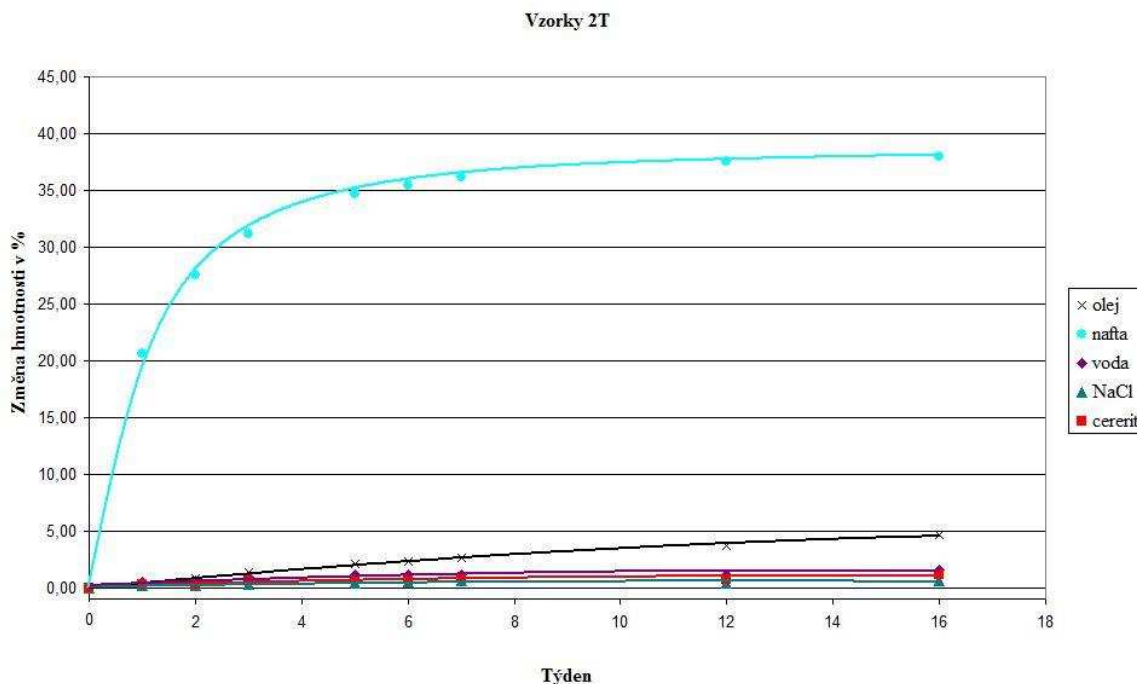
Tab. 19 Změna hmotnosti vzorků 2T přepočtená na %

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
1	0,33 %	20,68 %	0,50 %	0,20 %	0,32 %
2	0,82 %	27,56 %	0,59 %	0,25 %	0,32 %
3	1,34 %	31,14 %	0,91 %	0,29 %	0,66 %
5	2,14 %	34,64 %	1,21 %	0,38 %	0,75 %
6	2,38 %	35,40 %	1,16 %	0,50 %	0,78 %
7	2,61 %	36,14 %	1,16 %	0,63 %	0,87 %
12	3,77 %	37,53 %	1,21 %	0,42 %	0,78 %
16	4,65 %	37,95 %	1,61 %	0,63 %	1,19 %

Zdroj: [autor]

Vzhledem k faktu, že připravené vzorky neměly naprosto shodnou hmotnost, byl její nárůst, resp. úbytek přepočítán na procenta. Výchozí hodnota byla označena jako 0 % a následné změny hmotnosti dopočítány podle skutečných naměřených hodnot. Údaje uvedené v tabulce tyto hodnoty shrnují.

Graf 10 Změna hmotnosti vzorků 2T



Zdroj: [autor]

V tomto grafu je znázorněn vývoj změn hmotnosti vzorků v čase účinkem degradačních médií. Největší nárůst hmotnosti je evidentní v případě působení motorové nafty, kdy hmotnost vzorku vlivem nabobtnání narostla přibližně o 35 %. Olej na vzorek působil nepatrně méně, nárůst hmotnosti byl v porovnání s motorovou naftou pouze 5 %. Voda přispěla k nárůstu hmotnosti o 1,6 % a roztok cereritu přibližně 1 %. Roztok chloridu sodného změnil hmotnost zanedbatelně a to o kladných 0,6 %.

5.6 Vyhodnocení změny tvrdosti a hmotnosti vzorků 2V

Změny vlastností zkušebních vzorků 2V, neboli pneumatiky Barum 8,25-15 z traktorového vleku, umístěných v motorovém oleji, motorové naftě, vodě, 33% roztoku NaCl a 33% roztoku cereritu jsou číselně vyjádřeny, graficky znázorněny a popsány

v následujících tabulkách, grafech a odstavcích. Tyto vzorky byly v uvedených degradačních médiích ponořeny po celou dobu mezi jednotlivými měřeními.

Tab. 20 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 2V se směrodatnou odchylkou

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	71,25±2,22	70,50±1,54	71,00±2,62	71,25±2,22	73,25±2,45
1	69,25±1,83	57,25±3,02	71,75±2,45	71,50±2,35	72,00±2,51
2	67,75±2,55	50,75±1,83	69,00±2,05	69,50±1,54	71,50±2,35
3	67,00±2,51	47,75±2,55	69,25±1,83	70,75±1,83	70,00±0,00
5	65,25±1,12	47,50±2,56	70,00±0,00	70,00±0,00	70,75±1,83
6	65,50±1,54	45,50±1,54	69,00±2,05	70,50±1,54	71,25±2,22
7	65,25±1,12	46,50±2,35	69,75±1,12	70,25±1,12	70,50±1,54
12	65,00±0,00	46,00±2,05	70,00±0,00	70,50±1,54	70,00±0,00
16	65,50±1,54	46,50±2,35	70,00±0,00	70,00±0,00	71,00±2,05

Zdroj: [autor]

V tabulce č. 20 jsou aritmetickým průměrem a směrodatnou odchylkou měření shrnuty zjištěné tvrdosti metodou Shore A zkoumaných vzorků v jednotlivých týdnech měření v daných degradačních médiích.

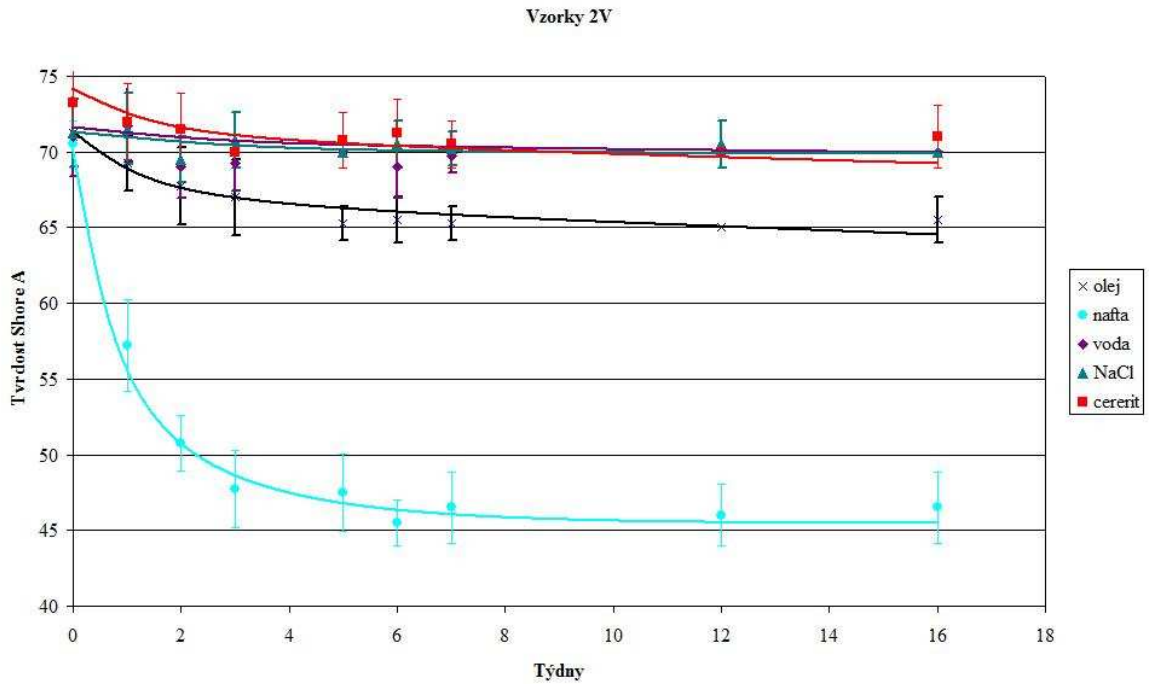
Tab. 21 Výsledná data z programu Statistica vzorků 2V

Vzorek 2V	Index korelace R	Index determinace R ²	Funkční rovnice
Motorový olej	99,31 %	98,61 %	$y = 71,1453 - 9,7399 \log x$
Motorová nafta	98,12 %	96,28 %	$y = 66,9258 - 41,2219 \log x$
Voda	66,78 %	44,61 %	$y = 71,1124 - 3,7766 \log x$
33% roztok NaCl	59,42 %	35,31 %	$y = 71,2161 - 1,7674 \log x$
33% roztok cereritu	88,11 %	77,64 %	$y = 72,9463 - 4,7391 \log x$

Zdroj: [autor]

Tento přehled na základě výše uvedené tabulky č. 21 je výsledkem zpracování dat daných vzorků programem Statistica 10 pro jednotlivé degradační tekutiny. Jedná se o indexy korelace R a determinace R² vyjádřené v %, které určují vhodnost použití zvolené logaritmické funkce. Jsou zde taktéž uvedeny funkční rovnice.

Graf 11 Změna tvrdosti vzorků 2V



Zdroj: [autor]

V tomto grafu s číslem 11 je graficky znázorněn průběh tvrdosti vzorků 2V v závislosti na čase umístění v degradačních médiích. Z grafu je zřejmé, že v případě této pneumatiky má na změnu tvrdosti největší vliv motorová nafta jako ve všech předchozích případech. Došlo k poklesu přibližně o 25 jednotek. Motorový olej také potvrdil svůj vliv na snížení tvrdosti, ovšem pouze o 5 jednotek tvrdosti Shore A. U roztoku cereritu byl zaznamenán maximální pokles o 3 jednotky. Ostatní činidla se i u těchto vzorků výrazně neprojevila.

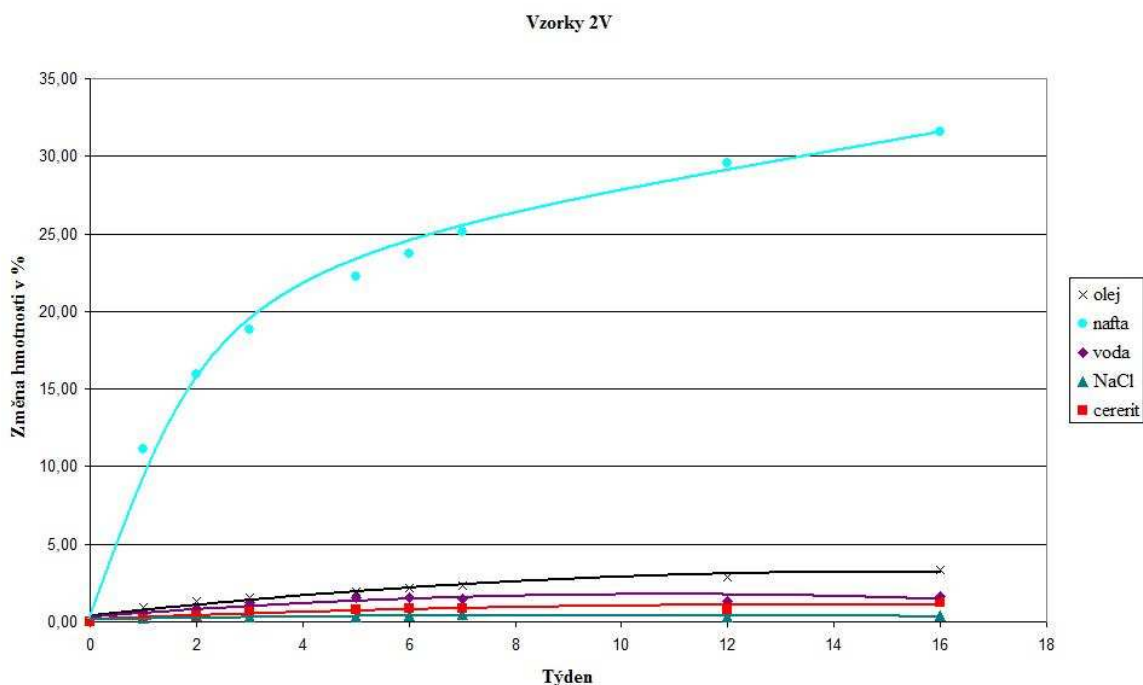
Tab. 22 Změna hmotnosti vzorků 2V přepočtená na %

Týden	Motorový olej	Motorová nafta	Voda	33% roztok NaCl	33% roztok cereritu
0	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %	0,00 %
1	0,94 %	11,11 %	0,65 %	0,21 %	0,31 %
2	1,30 %	15,97 %	0,82 %	0,39 %	0,40 %
3	1,58 %	18,85 %	1,22 %	0,31 %	0,66 %
5	1,94 %	22,26 %	1,54 %	0,29 %	0,79 %
6	2,15 %	23,71 %	1,54 %	0,39 %	0,84 %
7	2,35 %	25,10 %	1,51 %	0,45 %	0,89 %
12	2,90 %	29,55 %	1,31 %	0,29 %	0,79 %
16	3,33 %	31,60 %	1,66 %	0,39 %	1,23 %

Zdroj: [autor]

Protože připravené vzorky neměly naprosto shodnou hmotnost, byl její nárůst, resp. úbytek přepočítán na %. Výchozí hodnota byla označena jako 0 % a následné změny hmotnosti dopočítány podle skutečných naměřených hodnot. Údaje uvedené v tabulce tyto hodnoty shrnují.

Graf 12 Změna hmotnosti vzorků 2V



Zdroj: [autor]

Vývoj změn hmotnosti vzorků v čase účinkem degradačních médií pro vzorky 2V je vyjádřen grafem č. 12. Největší nárůst hmotnosti zapříčinila motorová nafta. Hmotnost vzorku vlivem nabobtnání se zvýšila o více jak 30 %. Olej na vzorek působil o mnoho méně, konkrétně byl nárůst hmotnosti 3,3 %. Voda a roztok cereritu zvýšily hmotnost přibližně o 1,5 % a roztok NaCl hmotnost navýšil nepatrně o 0,5 %.

6 Závěr

V předložené diplomové práci byly shrnuty základní informace o automobilových pneumatikách. Nechybí zde zmínka o jejich historii, konstrukci, rozdělení i značení. V dalších částech je výčet surovin potřebných pro jejich výrobu a popis vlastního výrobního procesu. Samozřejmostí je shrnutí dostupných poznatků o možnostech a limitech pneumatik vystavených procesu degradace. Průběh vlastního výzkumu a následující zpracování naměřených dat je popsán v metodice této práce.

Pomocí analýzy časových řad programem Statistica 10 bylo zjištěno, že průběh změny tvrdosti v povrchových vrstvách pneumatik nejlépe vystihuje logaritmický trend. Z dosažených výsledků pomocí logaritmické časové řady došlo ke statistickému vyhodnocení naměřených dat.

Očekávané výsledky se v převážné míře potvrdily. Největší vliv na změnu tvrdosti pneumatik měla motorová nafta. Vliv uhlovodíků v ní obsažených na pryž pneumatik byl zcela zásadní. U všech zkušebních vzorků ponořených v tomto degradačním médiu po celou dobu klesla tvrdost Shore A o více než 20 jednotek. Naproti tomu však vlivem nabobtnání vzrostla hmotnost o více než 30 %. U vzorků ponořených v motorové naftě na jednu hodinu a následnému vystavení působení vzduchu tvrdosti poklesly u všech zkoumaných vzorků podstatně méně, přibližně o 8 jednotek. Změna hmotností nebyla tak výrazná jako v předchozích případech, ale u všech vzorků přesáhla 7 %.

Působení motorového oleje bylo nižší, než bylo předpokládáno. U vzorků umístěných ve zkušebních nádobách po celou dobu tvrdosti poklesly o 6 až 10 jednotek. Změna hmotností těchto vzorků se zvýšila v rozmezí 3 až 5 %. U vzorků ponořených v motorovém oleji na jednu hodinu a poté ponechaných volně na vzduchu tvrdosti poklesly od 3 do 8 jednotek tvrdosti Shore A. Hmotnosti narostly v rozmezí 3 až 10 %.

Vliv 33% roztoku cereritu byl odhadován vyšší, než ve skutečnosti byl. U zkušebních vzorků ponořených v tomto degradačním médiu po celou dobu klesly tvrdosti Shore A přibližně o 1 až 3 jednotky, což jsou v porovnání s motorovou naftou i motorovým olejem téměř zanedbatelné hodnoty. Druhá sada vzorků vystavená degradaci

pouze jednu hodinu vykazovala kolísání tvrdostí kladným i záporným směrem, avšak nedošlo k velkým změnám. Hmotnosti všech vzorků umístěných v 33% roztoku cereritu mírně narostla. Maximální zvýšení hmotností bylo zanedbatelné 1 %.

Předpokládaná míra vlivu 33% roztoku NaCl a samotné vody byla potvrzena. Ve všech případech vystavení těmto látkám nedošlo ke změně tvrdostí Shore A o více než 2 jednotky, což lze připsat i nepřesnostem měření. U vzorků ponořených po celou dobu ve vodě lze zpozorovat mírný nárůst hmotností, kdy vysvětlením může být nasáknutí textilních kordů. Ostatní vzorky nevykazovaly změny hmotností nebo byly zcela zanedbatelné.

Při závěrečné reflexi své práce docházím k závěru, že pneumatiky jsou poměrně dobře konstrukčně a materiálově zpracované, a proto vliv běžného okolního prostředí nemá zásadní dopad na jejich vlastnosti. Působení motorového oleje a motorové nafty má negativní vliv na tvrdost pneumatik, ovšem je méně pravděpodobné, že budou vystaveny degradaci těchto látek po delší dobu.

7 Seznam použité literatury

- [1] GRUBER, Josef. Z dějin největšího lidského vynálezu. *Zpravodaji SPŠ strojnické, Plzeň* [online]. 2004 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z:
http://www.spstr.pilsedu.cz/osobnistranky/josef_gruber/clanky/vyn_kola.pdf
- [2] MARCÍN, J., ZÍTEK, P. *Pneumatiky*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1985. 04-626-85.
- [3] Pneumatiky a jejich historie. *Pneumania* [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z:
<http://www.pneu-mania.com/>
- [4] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel: pneumatiky a kola, zavěšení kol, nápravy, odpružení, řídicí ústrojí, brzdové soustavy*. 1. vyd. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000, 392 s. ISBN 80-238-5274-4.
- [5] DOČKAL, V., KOVANDA, J., HRUBEC, F. *Pneumatiky*. Vyd. 1. Praha: ČVUT, Strojní fakulta, 1998, 71 s. ISBN 80-010-1882-2.
- [6] KRMELA, Jan. *Systémový přístup k výpočtovému modelování pneumatik I.: [System approach to computational modelling of tyres - I. part]*. 1. vyd. Brno: Tribun EU, 2008, 102 s. Knihovnicka.cz. ISBN 978-80-7399-365-8.
- [7] JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B., ČUPERA, J. *Automobily (1): Podvozky*. Bno: Avid, 2007. ISBN 978-80-87143-18-6.
- [8] SAJDL, Jan. Konstrukce pneumatiky. *Autolexicon.net* [online]. 2013 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/konstrukce-pneumatiky/>
- [9] SEMETKO, J. a kol. *Mobilné energetické prostriedky 2*. Bratisava: Príroda, vydavateľstvo kníh a časopisov, 1985. 64-006-85.
- [10] Pneumatiky vozidel. In: *Shopion.cz* [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z:
http://www.shopion.cz/usi/03_PNEUMATIKY.pdf
- [11] SMITH, Robert Horigan. *Analyzing friction in the design of rubber products and their paired surfaces*. Boca Raton: CRC Press, c2008, xxv, 398 p. ISBN 08-493-8136-3.

- [12] SAJDL, Jan. Konstrukce pneumatiky. *Autolexicon.net* [online]. 2013 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://cs.autolexicon.net/articles/radialni-pneumatika/>
- [13] Index nosnosti a kategorie rychlosti. *Ipneu.cz* [online]. 2009 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.ipneu.cz/dokumenty/index-nosnosti-a-rychlosti>
- [14] Značení pneu. *Profi-pneu* [online]. [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.profi-pneu.cz/informace/znaceni-pneu.html>
- [15] BREJCHA, Jiří. Výroba pneumatik. *Dopravní noviny: Týdeník pro dopravu a logistiku* [online]. 2005, č. 37 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.dnoviny.cz/silnicni-doprava/vyroba-pneumatik2335>
- [16] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2006, 278 s. ISBN 80-708-0617-6.
- [17] Konstrukce, funkce a výroba pneumatiky. In: *Pneu-asistent.cz* [online]. 2006 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce-funkce-a-vyroba-pneumatiky.html>
- [18] MITAS PRAHA. Jak se vyrábí velká pneumatika. In: *Youtube* [online]. 2012 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.youtube.com/watch?v=z02yPntQ2pA>
- [19] 16.9-28 152A8 12PR TL INDUSTRIAL SG TRACTOR R4. *Gumex Slovakia* [online]. 2010 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.gumexslovakia.sk/produkt/goodyear-16-9-28-152a8-12pr-tl-industrial-sg-tractor-r4>
- [20] MOBIL Super 2000 X1 10W-40 1 L. *Kupoleje.cz* [online]. 2008 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.kupoleje.cz/cz-detail-883831-mobil-super-2000-x1-10w-40-1-l.html>
- [21] PARAMO, a.s., výroba olejů. *Petroleum.cz* [online]. 2007 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.petroleum.cz/rafinerie/paramo-vyroba-oleju.aspx>
- [22] Když se řekne: základové oleje. *Pema* [online]. 2010 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z: <http://www.oleje-pema.cz/cs/zakladove-oleje.html>

- [23] Diesel Top Q. *Benzina* [online]. 2007 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z:
<http://www.benzinaplus.cz/cz/paliva/diesel-top-q.html>
- [24] Kvalita vody. *Pražské vodovody a kanalizace, a.s.* [online]. 2013 [cit. 2013-04-01].
Dostupné z: <http://www.pvk.cz/-kvalita-vody.html>
- [25] Cererit. *Hokr* [online]. 2009 [cit. 2013-04-01]. Dostupné z:
<http://www.hokr.cz/hobby/pestitelska-hnojiva/cererit>
- [26] ČSN ISO 7619-1. *Pryž, vulkanizovaný nebo termoplastický elastomer - Stanovení tvrdosti vtlačováním - Část 1: Stanovení tvrdoměrem (tvrdost Shore)*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [27] HINDLS, R., HRONOVÁ, S., SEGER, J. *Statistika pro ekonomy*. 5. vyd. Praha: Professional Publishing, c2004, 415 s. ISBN 80-864-1959-2.
- [28] SVATOŠOVÁ, L., KÁBA, B., PRÁŠILOVÁ, M. *Zdroje a zpracování sociálních a ekonomických dat: učební texty*. Vyd. 1. v Praze: Česká zemědělská univerzita v Praze, Provozně ekonomická fakulta, 2004, 194 s. ISBN 80-213-1189-4.
- [29] HONSKUS, Jiří. *Degradace a odolnost pryže*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1969.
- [30] AGARWAL, B.D., BROUTMAN, L.J. *Vláknové kompozity*. Praha: SNTL, 1987. 04-216-87.
- [31] LOUDA, Zdeněk. *Řešené příklady v systému Statistica*. Vyd. 1. Praha: Česká zemědělská univerzita, Provozně ekonomická fakulta, 2004, 100 s. ISBN 978-80-213-1239-5.

8 Seznam obrázků

Obr. 1 Pneumatika GOODYEAR 16,9-28.....	3
Dostupné z: [http://www.obchodpneu.cz/zbozi/95/Goodyear_16-9-28_INDSGTRAC_R4_152A8_12PR_TL-GY7060009.jpg]	
Obr. 2 Pneumatika Barum 7,50-16	3
Dostupné z: [http://www.ityre.com/i/tyre/42.jpg]	
Obr. 3 Pneumatika Barum 8,25-15	4
Obr. 4 Tvrdoměr Shore A	8
Obr. 5 Váha Ohaus CL 501	9
Dostupné z: [http://www.sciencesupplies.co.uk/wp-content/uploads/2012/03/ohaus-cl.gif]	
Obr. 6 Měření tvrdosti	10
Obr. 7 Funkce kol s pneumatikami a požadavky na ně kladené.....	16
Obr. 8 Konstrukce pláště pneumatiky.....	17
Dostupné z: [http://bezpecnenasilnicich.cz/files/image/slozeni_pneumatiky.png]	
Obr. 9 Diagonální pneumatika.....	20
Obr. 10 Radiální pneumatika	21
Obr. 11 Diagonální pneumatika s nárazníkovým pásem	21
Obr. 12 Dezény letních pneumatik pro osobní automobily	22
Dostupné z: [http://www.tsplzen.cz/pict/HMVL_rek.jpg]	
Obr. 13 Dezén zimní pneumatiky pro osobní automobily.....	23

Obr. 14 Dezény pneumatik pro nákladní automobily.....	24
Obr. 15 Označení hlavních rozměrů pneumatiky	25
Obr. 16 Konkrétní značení pneumatiky Barum	29
Obr. 17 Ukázky opotřebení pneumatik.....	30
Obr. 18 Vulkanizační lis	38
Obr. 19 Požadavky na odolnost pneumatiky	40
Obr. 20 Prasklá bočnice pneumatiky	43

Dostupné z: [http://www.mise.cz/ccc/wp-content/uploads/2011/05/Pneumatika-prorazeni_w.jpg]

9 Seznam Tabulek

Tab. 1 Označení vzorků	9
Tab. 2 Datování provedených měření	10
Tab. 3 Index nosnosti pneumatiky	26
Tab. 4 Kategorie rychlosti pneumatiky.....	27
Tab. 5 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 1N se směrodatnou odchylkou	45
Tab. 6 Výsledná data z programu Statistica vzorků 1N	46
Tab. 7 Změna hmotnosti vzorků 1N přepočtená na %	47
Tab. 8 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 1T se směrodatnou odchylkou.....	49
Tab. 9 Výsledná data z programu Statistica vzorků 1T	49
Tab. 10 Změna hmotnosti vzorků 1T přepočtená na %	50
Tab. 11 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 1V se směrodatnou odchylkou	52
Tab. 12 Výsledná data z programu Statistica vzorků 1V	52
Tab. 13 Změna hmotnosti vzorků 1V přepočtená na %	54
Tab. 14 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 2N se směrodatnou odchylkou	55
Tab. 15 Výsledná data z programu Statistica vzorků 2N	56
Tab. 16 Změna hmotnosti vzorků 2N přepočtená na %	57
Tab. 17 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 2T se směrodatnou odchylkou.....	59
Tab. 18 Výsledná data z programu Statistica vzorků 2T	59
Tab. 19 Změna hmotnosti vzorků 2T přepočtená na %	60
Tab. 20 Aritmetický průměr tvrdostí vzorků 2V se směrodatnou odchylkou	62

Tab. 21 Výsledná data z programu Statistica vzorků 2V	62
Tab. 22 Změna hmotnosti vzorků 2V přepočtená na %	64

10 Seznam grafů

Graf 1 Změna tvrdosti vzorků 1N.....	46
Graf 2 Změna hmotnosti vzorků 1N.....	48
Graf 3 Změna tvrdosti vzorků 1T.....	50
Graf 4 Změna hmotnosti vzorků 1T.....	51
Graf 5 Změna tvrdosti vzorků 1V.....	53
Graf 6 Změna hmotnosti vzorků 1V.....	54
Graf 7 Změna tvrdosti vzorků 2N.....	56
Graf 8 Změna hmotnosti vzorků 2N.....	58
Graf 9 Změna tvrdosti vzorků 2T.....	60
Graf 10 Změna hmotnosti vzorků 2T.....	61
Graf 11 Změna tvrdosti vzorků 2V.....	63
Graf 12 Změna hmotnosti vzorků 2V.....	64

11 Seznam příloh

Příloha č. 1: Naměřená hmotnost vzorků v g umístěných v motorovém oleji.....	77
Příloha č. 2: Naměřená hmotnost vzorků v g umístěných v motorové naftě.....	78
Příloha č. 3: Naměřená hmotnost vzorků v g umístěných ve vodě.....	79
Příloha č. 4: Naměřená hmotnost vzorků v g umístěných v roztoku NaCl	80
Příloha č. 5: Naměřená hmotnost vzorků v g umístěných v roztoku Cereritu.....	81
Příloha č. 6: Naměřená tvrdost Shore A vzorků umístěných v motorovém oleji	82
Příloha č. 7: Naměřená tvrdost Shore A vzorků umístěných v motorové naftě	84
Příloha č. 8: Naměřená tvrdost Shore A vzorků umístěných ve vodě	87
Příloha č. 9: Naměřená tvrdost Shore A vzorků umístěných v roztoku NaCl	89
Příloha č. 10: Naměřená tvrdost Shore A vzorků umístěných v roztoku cereritu	92

12 Přílohy

Příloha č. 1: Naměřená hmotnost vzorků v g umístěných v motorovém oleji

Měření č.		Vzorek					
		1N	1T	1V	2N	2T	2V
Týden 0	1	144,4	79,6	208,9	155,4	80,8	197,3
	2	144,5	79,6	208,8	155,4	80,9	197,2
	3	144,5	79,7	208,8	155,3	80,8	197,2
Týden 1	1	146,9	85,4	210,5	157,2	81,1	199,1
	2	146,8	85,3	210,5	157,2	81,1	199,1
	3	146,8	85,4	210,5	157,2	81,1	199,1
Týden 2	1	147,7	85,9	211,2	158,1	81,5	199,8
	2	147,7	85,9	211,2	158,1	81,5	199,9
	3	147,8	85,9	211,2	158,1	81,5	199,8
Týden 3	1	148,7	86,5	211,9	158,7	81,9	200,4
	2	148,7	86,5	211,9	158,8	81,9	200,4
	3	148,7	86,4	211,9	158,8	82,0	200,4
Týden 5	1	149,7	87,1	212,7	159,8	82,6	201,2
	2	149,7	87,1	212,7	159,8	82,6	201,1
	3	149,7	87,0	212,6	159,8	82,6	201,1
Týden 6	1	150,3	87,4	213,1	160,2	82,8	201,6
	2	150,4	87,4	213,1	160,1	82,8	201,6
	3	150,3	87,4	213,2	160,1	82,8	201,5
Týden 7	1	151,0	87,8	213,6	160,5	83,0	202,0
	2	150,9	87,8	213,6	160,5	83,0	202,0
	3	151,0	87,8	213,6	160,6	83,0	201,9
Týden 12	1	151,8	88,1	213,9	162,3	84,0	203,1
	2	151,8	88,0	213,9	162,3	84,0	203,1
	3	151,9	88,0	213,9	162,3	84,0	203,2
Týden 16	1	153,0	88,7	214,7	163,5	84,8	204,1
	2	153,0	88,7	214,7	163,5	84,7	204,0
	3	153,0	88,7	214,7	163,5	84,8	204,0

Příloha č. 2: Naměřená hmotnost vzorků v g umístěných v motorové naftě

Měření č.		Vzorek					
		1N	1T	1V	2N	2T	2V
Týden 0	1	146,8	77,9	184,1	149,9	78,3	181,9
	2	146,8	77,8	184,1	149,9	78,2	181,9
	3	146,7	77,8	184,1	150,0	78,2	182,0
Týden 1	1	149,1	79,9	186,9	175,7	98,6	204,6
	2	149,1	79,9	186,9	175,7	98,7	204,7
	3	149,1	79,9	186,9	175,7	98,6	204,7
Týden 2	1	151,0	81,6	189,1	185,7	108,0	216,5
	2	151,0	81,7	189,1	185,6	108,0	216,5
	3	151,0	81,7	189,1	185,6	108,0	216,5
Týden 3	1	152,9	83,3	191,2	194,8	113,6	224,2
	2	152,9	83,3	191,3	194,8	113,6	224,2
	3	152,9	83,4	191,2	194,8	113,6	224,2
Týden 5	1	155,0	84,2	192,7	205,6	119,7	234,1
	2	155,1	84,2	192,7	205,5	119,7	234,0
	3	155,0	84,1	192,7	205,5	119,7	234,0
Týden 6	1	156,9	85,9	194,8	209,2	121,1	238,5
	2	156,8	86,0	194,8	209,1	121,1	238,5
	3	156,8	86,0	194,9	209,2	121,1	238,4
Týden 7	1	158,6	87,8	197,0	212,8	122,5	242,9
	2	158,7	87,8	197,0	212,8	122,5	242,9
	3	158,7	87,7	197,0	212,8	122,5	242,9
Týden 12	1	158,6	88,3	198,1	225,0	125,3	258,3
	2	158,5	88,3	198,1	225,0	125,2	258,2
	3	158,5	88,3	198,1	225,1	125,2	258,2
Týden 16	1	160,0	88,5	199,0	231,4	126,1	266,0
	2	160,0	88,4	199,1	231,4	126,0	266,0
	3	160,0	88,5	199,0	231,4	126,1	265,9

Příloha č. 3: Naměřená hmotnost vzorků v g umístěných ve vodě

Měření č.		Vzorek					
		1N	1T	1V	2N	2T	2V
Týden 0	1	142,2	79,6	198,6	143,6	79,3	173,2
	2	142,2	79,5	198,7	143,7	79,3	173,1
	3	142,1	79,6	198,6	143,6	79,3	173,2
Týden 1	1	142,2	79,6	198,5	145,6	79,7	174,3
	2	142,1	79,6	198,5	145,6	79,7	174,3
	3	142,1	79,6	198,5	145,6	79,7	174,3
Týden 2	1	142,0	79,5	198,4	145,9	79,7	174,6
	2	142,0	79,5	198,5	146,0	79,8	174,6
	3	142,0	79,5	198,4	145,9	79,8	174,6
Týden 3	1	142,0	79,5	198,3	146,3	80,1	175,3
	2	142,0	79,5	198,3	146,3	80,0	175,3
	3	142,0	79,5	198,4	146,3	80,0	175,3
Týden 5	1	142,0	79,6	198,5	146,7	80,3	175,9
	2	142,0	79,6	198,4	146,8	80,3	175,8
	3	142,0	79,6	198,4	146,8	80,2	175,9
Týden 6	1	142,0	79,6	198,5	146,9	80,3	175,8
	2	142,0	79,6	198,4	146,8	80,2	175,9
	3	142,0	79,5	198,4	146,9	80,2	175,9
Týden 7	1	142,0	79,6	198,5	146,9	80,3	175,8
	2	142,0	79,6	198,4	146,9	80,2	175,9
	3	142,0	79,5	198,4	146,9	80,2	175,8
Týden 12	1	141,8	79,5	198,2	146,3	80,3	175,5
	2	141,8	79,5	198,2	146,3	80,2	175,5
	3	141,8	79,5	198,2	146,3	80,3	175,4
Týden 16	1	141,7	79,5	198,2	147,4	80,6	176,1
	2	141,7	79,5	198,2	147,4	80,6	176,1
	3	141,7	79,5	198,2	147,4	80,6	176,1

Příloha č. 4: Naměřená hmotnost vzorků v g umístěných v roztoku NaCl

Měření č.		Vzorek					
		1N	1T	1V	2N	2T	2V
Týden 0	1	155,6	81,2	209,2	139,6	78,8	169,8
	2	155,7	81,1	209,3	139,5	78,9	169,9
	3	155,6	81,2	209,3	139,6	78,9	169,9
Týden 1	1	155,8	81,4	209,4	140,2	79,0	170,2
	2	155,8	81,4	209,4	140,1	79,1	170,3
	3	155,8	81,4	209,5	140,2	79,0	170,2
Týden 2	1	156,5	81,9	210,1	140,3	79,0	170,5
	2	156,5	81,9	210,2	140,3	79,1	170,6
	3	156,5	81,9	210,1	140,3	79,1	170,5
Týden 3	1	155,9	81,7	209,7	140,4	79,1	170,4
	2	155,9	81,6	209,7	140,4	79,1	170,4
	3	155,8	81,6	209,7	140,4	79,1	170,4
Týden 5	1	156,0	82,1	210,2	140,5	79,1	170,4
	2	156,0	82,1	210,2	140,5	79,2	170,4
	3	155,9	82,1	210,2	140,5	79,2	170,3
Týden 6	1	155,9	82,1	210,1	140,5	79,3	170,5
	2	156,0	82,0	210,2	140,5	79,3	170,5
	3	155,9	82,1	210,2	140,6	79,2	170,6
Týden 7	1	155,9	81,8	210,1	140,6	79,4	170,6
	2	155,9	81,9	210,1	140,6	79,3	170,6
	3	155,9	81,8	210,1	140,6	79,4	170,7
Týden 12	1	156,7	82,5	211,4	140,6	79,2	170,4
	2	156,7	82,4	211,4	140,6	79,2	170,4
	3	156,7	82,4	211,3	140,6	79,2	170,3
Týden 16	1	155,5	81,4	209,4	140,7	79,4	170,6
	2	155,5	81,3	209,3	140,7	79,4	170,5
	3	155,5	81,3	209,3	140,6	79,3	170,5

Příloha č. 5: Naměřená hmotnost vzorků v g umístěných v roztoku Cereritu

Měření č.		Vzorek					
		1N	1T	1V	2N	2T	2V
Týden 0	1	142,0	79,9	215,4	141,8	79,9	200,8
	2	142,0	79,9	215,4	141,8	79,9	200,8
	3	142,0	79,9	215,3	141,8	79,8	200,8
Týden 1	1	142,4	80,3	215,8	142,3	80,2	201,5
	2	142,3	80,3	215,9	142,3	80,1	201,4
	3	142,4	80,3	215,8	142,2	80,1	201,4
Týden 2	1	142,7	80,4	216,3	142,4	80,1	201,6
	2	142,7	80,5	216,3	142,4	80,1	201,6
	3	142,7	80,4	216,3	142,4	80,2	201,6
Týden 3	1	143,0	80,4	216,1	143,1	80,4	202,1
	2	143,0	80,5	216,2	143,1	80,4	202,1
	3	143,0	80,5	216,1	143,1	80,4	202,2
Týden 5	1	143,2	80,6	216,5	143,4	80,4	202,4
	2	143,3	80,5	216,5	143,4	80,5	202,4
	3	143,3	80,5	216,5	143,4	80,5	202,4
Týden 6	1	143,4	80,6	216,5	143,4	80,5	202,5
	2	143,3	80,6	216,5	143,5	80,5	202,5
	3	143,3	80,6	216,6	143,4	80,5	202,5
Týden 7	1	143,4	80,7	216,7	143,5	80,6	202,6
	2	143,4	80,7	216,6	143,6	80,6	202,6
	3	143,4	80,7	216,6	143,5	80,5	202,6
Týden 12	1	143,3	80,6	216,7	143,5	80,5	202,4
	2	143,3	80,6	216,6	143,5	80,5	202,4
	3	143,2	80,6	216,7	143,5	80,5	202,4
Týden 16	1	143,1	80,7	216,5	143,8	80,9	203,3
	2	143,1	80,6	216,5	143,8	80,8	203,3
	3	143,1	80,7	216,5	143,8	80,8	203,3

Příloha č. 6: Naměřená tvrdost Shore A vzorků umístěných v motorovém oleji

Měření č.		Vzorek						Měření č.		Vzorek					
		1N	1T	1V	2N	2T	2V			1N	1T	1V	2N	2T	2V
Týden 0	1	65	60	70	60	65	70	Týden 1	1	65	65	70	65	65	70
	2	65	70	70	65	60	70		2	65	65	70	65	65	70
	3	70	65	70	65	65	70		3	65	65	70	65	60	70
	4	65	60	75	65	65	70		4	65	65	70	65	65	70
	5	65	65	70	65	70	70		5	65	60	70	65	65	65
	6	65	65	70	65	65	70		6	65	65	75	60	65	70
	7	70	60	70	65	65	75		7	65	65	70	65	65	70
	8	70	60	75	65	65	70		8	65	65	70	65	70	70
	9	65	65	75	65	65	75		9	65	65	70	65	65	70
	10	65	65	70	65	65	70		10	65	65	70	65	65	65
	11	65	65	75	65	65	75		11	65	65	70	65	65	70
	12	70	60	70	65	60	70		12	60	70	75	65	65	70
	13	65	65	70	65	70	70		13	65	65	70	60	65	70
	14	65	60	70	65	65	70		14	65	65	70	60	70	70
	15	70	65	70	65	60	70		15	65	65	70	65	65	70
	16	70	65	70	65	65	75		16	65	65	75	60	65	70
	17	65	65	70	65	65	75		17	65	65	70	60	65	65
	18	65	60	75	65	65	70		18	65	65	75	65	65	70
	19	65	65	70	65	70	70		19	65	65	70	65	65	70
	20	65	70	70	65	70	70		20	65	65	70	65	65	70
Týden 2	1	65	65	70	60	65	65	Týden 3	1	60	60	70	60	60	65
	2	60	65	70	60	65	65		2	60	60	70	60	60	65
	3	60	60	70	60	65	65		3	65	60	70	60	60	70
	4	65	65	70	60	65	70		4	60	60	70	60	60	70
	5	65	65	70	60	65	70		5	60	60	70	60	65	70
	6	65	65	70	60	60	65		6	60	60	70	60	60	65
	7	60	65	70	60	65	70		7	65	65	65	60	65	65
	8	60	65	70	60	65	70		8	65	60	70	60	60	65
	9	60	60	70	60	65	70		9	60	60	70	60	60	65
	10	60	65	70	60	60	65		10	65	60	70	60	65	65
	11	65	60	70	60	65	65		11	60	65	70	60	60	70
	12	60	65	70	60	65	65		12	60	60	70	60	60	65
	13	65	65	70	60	65	65		13	60	60	65	60	60	70
	14	65	65	70	60	65	70		14	60	65	70	60	65	70
	15	65	65	70	60	65	70		15	65	60	70	60	60	65
	16	60	60	70	60	60	65		16	60	60	70	60	60	65
	17	60	65	70	60	65	70		17	65	65	70	60	65	70
	18	60	65	70	60	65	70		18	60	60	70	60	60	65
	19	65	65	70	60	65	70		19	60	60	70	60	60	70
	20	60	65	70	60	65	70		20	60	60	70	60	60	65

	Měření č.	Vzorek						Měření č.	Vzorek						
		1N	1T	1V	2N	2T	2V		1N	1T	1V	2N	2T	2V	
Týden 5	1	60	60	70	55	60	65	Týden 6	1	60	60	70	55	60	65
	2	60	60	70	55	60	65		2	55	60	65	60	60	65
	3	60	60	70	55	65	65		3	55	55	70	55	60	65
	4	60	60	70	55	60	65		4	60	60	70	55	60	65
	5	60	60	70	55	60	65		5	60	60	70	60	60	70
	6	60	60	65	55	60	65		6	60	60	70	60	60	65
	7	60	55	70	60	60	65		7	60	60	65	60	60	65
	8	60	60	70	55	65	65		8	55	60	70	55	60	65
	9	55	60	65	55	60	65		9	60	60	70	55	60	65
	10	60	60	70	55	60	70		10	55	65	70	55	60	65
	11	60	60	70	55	60	65		11	60	60	70	55	60	65
	12	60	60	70	55	60	65		12	60	60	65	60	60	65
	13	60	65	70	55	65	65		13	55	60	70	55	60	65
	14	60	60	65	55	60	65		14	55	60	70	60	60	65
	15	60	60	70	60	60	65		15	60	60	70	55	60	65
	16	60	60	70	55	60	65		16	55	65	70	55	60	65
	17	60	65	70	55	60	65		17	60	60	70	55	60	70
	18	60	60	65	55	60	65		18	60	60	70	60	60	65
	19	60	60	70	55	60	65		19	60	60	65	55	60	65
	20	60	60	70	55	65	65		20	55	55	70	55	60	65
Týden 7	1	60	60	70	55	60	65	Týden 12	1	60	60	70	55	60	65
	2	60	55	65	55	60	65		2	60	60	70	55	60	65
	3	60	60	70	55	60	65		3	60	65	70	55	60	65
	4	55	60	70	60	55	65		4	60	60	70	55	60	65
	5	60	60	65	55	60	65		5	60	60	70	55	55	65
	6	60	55	70	55	60	65		6	55	60	65	50	60	65
	7	60	60	70	55	60	65		7	60	60	70	55	60	65
	8	55	60	70	55	60	65		8	60	65	70	55	60	65
	9	60	60	65	55	60	65		9	60	60	70	55	55	65
	10	60	60	70	55	65	70		10	60	60	70	55	60	65
	11	55	55	70	60	60	65		11	60	60	65	55	60	65
	12	60	60	65	55	60	65		12	55	60	70	55	55	65
	13	60	60	70	55	60	65		13	60	65	70	50	60	65
	14	60	60	70	55	65	65		14	60	60	70	55	60	65
	15	55	55	70	55	60	65		15	60	60	65	55	60	65
	16	60	60	65	55	60	65		16	60	60	70	55	60	65
	17	60	60	65	55	60	65		17	60	60	70	55	60	65
	18	60	60	70	60	60	65		18	60	60	70	55	55	65
	19	55	55	70	55	60	65		19	55	60	65	55	60	65
	20	60	55	65	55	60	65		20	60	65	70	55	60	65

Měření č.	Vzorek						
	1N	1T	1V	2N	2T	2V	
Týden 16	1	60	60	70	55	60	65
	2	60	60	70	55	60	65
	3	60	60	70	55	60	65
	4	60	60	70	55	55	65
	5	60	65	70	55	60	65
	6	60	60	70	55	60	70
	7	60	60	70	55	60	65
	8	60	60	70	55	60	65
	9	65	60	70	55	55	65
	10	60	60	70	55	60	65
	11	60	65	70	55	60	65
	12	60	60	70	55	60	65
	13	60	60	70	55	60	70
	14	60	60	70	55	60	65
	15	60	65	70	55	60	65
	16	60	60	70	55	60	65
	17	60	60	70	55	55	65
	18	60	65	70	55	60	65
	19	60	60	70	55	60	65
	20	60	60	70	55	60	65

Příloha č. 7: Naměřená tvrdost Shore A vzorků umístěných v motorové naftě

Měření č.	Vzorek						Měření č.	Vzorek						
	1N	1T	1V	2N	2T	2V		1N	1T	1V	2N	2T	2V	
Týden 0	1	65	70	75	65	60	70	1	65	65	65	45	45	55
	2	70	70	75	70	70	70	2	65	70	70	45	45	55
	3	70	65	70	65	65	70	3	65	70	70	45	45	55
	4	65	70	70	65	65	70	4	65	70	70	45	50	55
	5	70	65	75	65	70	70	5	65	65	70	45	45	50
	6	70	70	70	70	65	70	6	65	65	70	45	45	55
	7	65	65	70	65	65	70	7	65	70	70	45	45	60
	8	70	65	70	65	70	70	8	65	70	70	45	45	60
	9	70	70	75	70	60	75	9	65	65	70	45	45	60
	10	70	60	70	70	65	70	10	60	70	70	45	45	55
	11	65	70	70	70	65	70	11	65	70	70	45	40	60
	12	65	70	70	65	70	70	12	65	70	70	45	45	60
	13	70	70	70	65	65	70	13	65	70	65	50	45	55
	14	65	70	70	65	65	70	14	65	65	70	45	45	55
	15	65	65	75	70	70	70	15	65	70	70	45	40	60
	16	70	70	70	65	70	75	16	65	65	70	45	45	60
	17	70	70	70	70	65	70	17	60	70	70	45	45	55
	18	65	70	70	65	65	70	18	65	70	70	45	45	60
	19	65	65	70	65	65	70	19	65	65	70	45	45	60
	20	65	70	75	65	65	70	20	65	65	70	45	45	60

Měření č.	Vzorek						Měření č.	Vzorek							
	1N	1T	1V	2N	2T	2V		1N	1T	1V	2N	2T	2V		
Týden 2	1	65	65	65	40	45	50	Týden 3	1	60	60	65	40	45	45
	2	65	60	65	40	45	55		2	60	65	65	40	45	45
	3	60	60	70	40	45	50		3	60	65	65	35	40	50
	4	60	60	70	35	40	50		4	60	65	65	40	45	50
	5	60	65	65	40	45	50		5	60	60	70	40	45	50
	6	65	65	65	40	45	50		6	60	60	65	35	45	45
	7	60	65	70	40	45	50		7	60	60	70	40	40	50
	8	65	65	65	40	40	50		8	60	65	65	40	45	45
	9	65	60	65	40	40	55		9	60	60	65	40	40	45
	10	65	65	70	35	40	50		10	60	65	70	40	45	45
	11	60	60	65	40	45	55		11	60	65	65	35	45	50
	12	60	60	65	40	40	50		12	60	60	65	40	45	50
	13	65	65	65	40	45	50		13	60	60	65	40	40	50
	14	60	65	70	40	40	50		14	60	60	70	40	45	50
	15	65	60	65	35	40	50		15	60	65	65	35	45	45
	16	60	60	65	40	45	50		16	60	65	65	40	40	45
	17	60	65	70	40	45	50		17	60	65	70	40	45	50
	18	65	65	70	40	40	50		18	60	60	65	35	45	50
	19	65	65	65	40	45	50		19	60	65	70	40	45	45
	20	65	60	65	40	40	50		20	60	65	65	40	40	50
Týden 5	1	60	65	65	35	45	45	Týden 6	1	60	60	65	35	45	45
	2	60	65	65	35	45	45		2	60	55	65	35	45	45
	3	60	65	65	35	45	45		3	60	60	65	35	40	45
	4	60	65	65	35	40	50		4	60	60	65	35	45	50
	5	60	60	65	35	45	50		5	60	60	65	35	45	45
	6	60	65	65	35	45	50		6	60	60	65	35	45	45
	7	55	65	65	35	45	50		7	60	60	65	40	45	45
	8	60	65	65	35	45	45		8	55	60	65	35	40	45
	9	60	60	65	35	45	50		9	60	55	65	35	45	45
	10	60	60	65	35	45	50		10	60	60	65	35	45	45
	11	60	60	65	35	45	45		11	60	60	65	35	40	45
	12	60	65	65	35	40	45		12	60	55	65	35	45	45
	13	60	65	65	35	45	45		13	60	60	65	35	45	45
	14	55	65	65	35	45	50		14	60	60	65	35	45	45
	15	60	65	65	35	45	45		15	60	60	65	35	45	45
	16	60	60	65	35	45	50		16	60	60	65	35	45	45
	17	60	65	65	35	45	45		17	60	60	65	35	45	45
	18	60	60	65	35	45	50		18	60	60	65	35	40	50
	19	60	65	65	35	40	50		19	60	60	65	35	45	45
	20	60	65	65	35	40	45		20	60	60	65	35	45	45

Měření č.	Vzorek						Měření č.	Vzorek							
	1N	1T	1V	2N	2T	2V		1N	1T	1V	2N	2T	2V		
Týden 7	1	60	60	65	35	45	45	Týden 12	1	60	60	65	35	45	45
	2	60	60	65	35	40	50		2	60	60	65	35	45	45
	3	60	55	60	35	45	45		3	60	60	65	35	45	50
	4	55	60	65	40	45	50		4	60	55	65	35	40	45
	5	60	60	65	35	45	45		5	60	60	65	35	45	45
	6	60	60	65	35	45	45		6	55	60	65	35	45	45
	7	60	65	65	35	40	45		7	60	60	65	35	45	45
	8	60	60	65	35	45	50		8	60	60	60	35	40	45
	9	60	60	60	35	45	45		9	60	60	65	35	45	45
	10	60	55	65	35	45	45		10	60	65	65	35	45	50
	11	60	60	65	35	40	45		11	55	60	65	35	45	45
	12	60	60	65	40	45	50		12	60	60	65	35	40	45
	13	55	60	65	35	45	45		13	60	60	65	35	45	50
	14	60	60	65	35	45	50		14	60	60	65	35	45	45
	15	60	60	65	35	45	45		15	60	55	65	35	45	45
	16	60	55	60	35	40	45		16	60	60	65	35	40	45
	17	60	60	65	35	45	45		17	60	60	65	35	45	50
	18	60	60	65	35	45	50		18	60	60	65	35	45	45
	19	60	60	65	35	45	45		19	60	65	65	35	45	45
	20	60	60	65	35	45	45		20	60	60	65	35	40	45
Týden 16	1	65	60	65	40	45	45								
	2	65	60	65	35	45	45								
	3	65	60	65	40	45	45								
	4	65	60	65	40	45	45								
	5	60	65	70	35	45	50								
	6	65	60	65	35	45	45								
	7	65	60	65	40	40	45								
	8	65	60	65	40	45	45								
	9	60	60	65	40	45	50								
	10	65	60	65	40	45	45								
	11	65	65	65	40	45	45								
	12	65	60	65	35	45	50								
	13	60	60	70	40	45	45								
	14	65	65	65	40	40	45								
	15	60	60	65	35	45	45								
	16	65	60	65	40	45	50								
	17	65	60	65	40	45	45								
	18	65	60	65	40	45	45								
	19	60	60	65	40	45	50								
	20	65	60	65	35	40	50								

Příloha č. 8: Naměřená tvrdost Shore A vzorků umístěných ve vodě

Měření č.		Vzorek						Měření č.		Vzorek					
		1N	1T	1V	2N	2T	2V			1N	1T	1V	2N	2T	2V
Týden 0	1	70	65	75	65	70	75	Týden 1	1	65	70	75	70	65	70
	2	65	70	70	65	65	70		2	65	65	75	70	65	70
	3	70	65	75	70	60	70		3	65	65	75	65	70	75
	4	65	65	75	65	65	75		4	70	70	70	70	70	70
	5	65	70	70	65	65	70		5	65	70	75	70	65	70
	6	65	70	75	65	65	70		6	65	70	75	65	65	70
	7	65	65	70	65	60	70		7	70	65	75	65	65	75
	8	65	65	75	70	65	70		8	65	70	75	70	65	75
	9	65	70	75	65	70	70		9	65	65	75	70	70	70
	10	70	65	70	65	65	75		10	65	70	70	70	65	70
	11	65	70	75	65	65	75		11	65	70	75	65	65	75
	12	65	65	70	65	65	70		12	70	70	75	65	65	75
	13	65	65	70	70	60	70		13	65	65	75	65	70	70
	14	65	65	70	65	65	75		14	65	65	75	70	65	70
	15	70	70	70	65	65	70		15	65	70	75	70	70	75
	16	65	70	75	65	65	65		16	65	70	75	70	65	70
	17	65	70	75	65	60	70		17	70	65	70	65	65	70
	18	65	65	70	70	65	70		18	65	65	75	65	70	75
	19	65	65	70	65	65	70		19	65	70	75	70	65	70
	20	65	65	70	65	65	70		20	65	65	75	70	65	70
Týden 2	1	65	65	75	65	65	70	Týden 3	1	65	70	75	65	65	70
	2	65	70	70	65	65	70		2	65	70	70	65	65	70
	3	65	70	75	65	70	70		3	65	70	70	65	65	70
	4	65	70	75	65	65	65		4	70	70	75	65	60	70
	5	70	65	75	65	65	70		5	65	70	75	65	60	70
	6	65	65	75	65	65	70		6	65	65	75	65	65	65
	7	65	70	70	65	65	70		7	65	70	70	65	65	70
	8	65	70	75	65	70	65		8	65	70	70	65	60	70
	9	65	70	75	65	65	70		9	65	65	70	65	65	70
	10	65	70	75	65	65	70		10	70	70	70	65	65	70
	11	65	65	75	65	70	65		11	65	70	75	65	60	70
	12	65	65	70	65	65	70		12	65	70	70	65	60	70
	13	65	65	75	65	65	70		13	65	70	75	65	65	65
	14	70	70	70	65	65	70		14	65	65	75	65	65	70
	15	65	65	75	65	65	70		15	65	70	75	65	65	70
	16	65	70	75	65	65	70		16	70	70	70	65	65	70
	17	65	70	75	65	70	70		17	65	70	70	65	60	70
	18	70	70	70	65	65	65		18	65	70	75	65	65	65
	19	65	65	75	65	65	70		19	65	65	75	65	60	70
	20	65	70	75	65	65	70		20	65	70	70	65	65	70

Měření č.		Vzorek						Měření č.		Vzorek					
		1N	1T	1V	2N	2T	2V			1N	1T	1V	2N	2T	2V
Týden 5	1	65	65	75	65	70	70	Týden 6	1	65	65	75	65	65	70
	2	65	65	75	60	70	70		2	65	65	70	65	65	70
	3	65	65	75	65	65	70		3	65	70	75	65	65	70
	4	65	65	75	65	70	70		4	65	65	75	65	70	65
	5	65	65	75	65	70	70		5	65	65	70	65	70	70
	6	65	65	70	65	65	70		6	65	65	75	65	65	70
	7	65	65	75	65	65	70		7	65	65	75	65	65	70
	8	65	65	75	65	70	70		8	65	70	75	65	65	70
	9	65	70	75	65	70	70		9	65	65	75	65	65	65
	10	65	65	75	65	70	70		10	65	65	70	65	70	70
	11	65	65	70	65	70	70		11	65	65	75	65	65	70
	12	65	65	75	65	65	70		12	65	65	70	65	70	70
	13	65	65	75	65	65	70		13	65	65	75	65	65	70
	14	65	65	75	65	70	70		14	65	70	75	65	65	65
	15	65	70	70	65	65	70		15	65	65	75	65	65	70
	16	65	65	75	65	65	70		16	65	65	70	65	65	70
	17	65	65	75	60	70	70		17	65	65	75	60	65	65
	18	65	65	75	65	65	70		18	65	65	75	65	65	70
	19	65	65	75	65	70	70		19	65	70	70	65	65	70
	20	65	65	75	65	70	70		20	65	65	75	65	70	70
Týden 7	1	65	65	70	65	70	70	Týden 12	1	65	70	75	65	65	70
	2	65	70	70	65	70	70		2	65	70	75	65	65	70
	3	65	65	75	70	70	70		3	65	70	70	65	65	70
	4	65	65	70	65	65	70		4	65	65	75	65	70	70
	5	65	65	70	65	70	65		5	65	70	75	65	65	70
	6	65	65	75	65	70	70		6	65	70	75	65	65	70
	7	65	70	70	65	70	70		7	65	70	70	65	70	70
	8	65	65	70	65	70	70		8	70	70	75	60	70	70
	9	65	70	70	70	65	70		9	65	65	75	65	65	70
	10	65	65	70	65	70	70		10	65	70	70	65	65	70
	11	65	65	70	70	70	70		11	65	70	75	65	65	70
	12	65	65	75	65	65	70		12	65	70	75	65	70	70
	13	65	65	75	65	70	70		13	65	65	75	65	70	70
	14	65	70	70	65	70	70		14	65	65	70	65	65	70
	15	65	65	70	70	65	70		15	65	70	70	65	70	70
	16	65	65	70	65	70	70		16	65	70	75	65	70	70
	17	65	65	70	65	70	70		17	65	70	75	65	65	70
	18	65	65	75	65	70	70		18	65	70	70	65	65	70
	19	65	65	70	65	65	70		19	65	70	75	65	65	70
	20	65	70	70	70	70	70		20	65	65	75	65	70	70

Měření č.	Vzorek						
	1N	1T	1V	2N	2T	2V	
Týden 16	1	65	65	70	65	65	70
	2	65	65	70	65	65	70
	3	65	65	70	70	65	70
	4	70	65	70	65	70	70
	5	65	70	70	65	65	70
	6	65	65	70	65	70	70
	7	65	65	70	70	65	70
	8	65	65	70	65	65	70
	9	70	65	70	65	65	70
	10	65	65	70	65	70	70
	11	65	70	70	65	65	70
	12	70	65	70	70	65	70
	13	65	65	70	65	70	70
	14	65	65	70	65	65	70
	15	65	65	70	65	65	70
	16	65	70	70	70	70	70
	17	65	65	70	70	70	70
	18	65	65	70	65	65	70
	19	70	65	70	65	65	70
	20	65	70	70	65	65	70

Příloha č. 9: Naměřená tvrdost Shore A vzorků umístěných v roztoku NaCl

Měření č.	Vzorek						Měření č.	Vzorek						
	1N	1T	1V	2N	2T	2V		1N	1T	1V	2N	2T	2V	
Týden 0	1	65	60	75	65	70	70	1	65	65	75	65	70	70
	2	65	70	75	65	70	70	2	70	70	75	70	70	70
	3	65	65	70	70	60	75	3	65	70	75	70	70	70
	4	70	65	75	70	65	70	4	65	65	70	70	70	70
	5	65	70	75	65	70	70	5	65	65	75	65	65	75
	6	65	70	75	70	70	70	6	65	65	75	65	70	70
	7	65	60	70	70	70	75	7	70	65	75	65	70	75
	8	65	65	70	70	70	70	8	65	70	75	65	65	70
	9	65	65	75	65	70	70	9	65	70	70	70	70	70
	10	65	70	75	65	70	70	10	65	70	75	70	70	70
	11	70	70	70	65	65	75	11	65	70	70	65	70	75
	12	65	65	70	65	70	75	12	70	65	75	70	70	75
	13	70	65	75	70	65	70	13	65	70	75	65	70	70
	14	65	65	70	65	70	70	14	65	65	75	65	65	70
	15	65	65	75	70	70	70	15	70	65	75	65	65	75
	16	65	70	75	65	70	75	16	65	65	70	70	70	70
	17	65	65	70	65	65	70	17	65	65	75	70	70	70
	18	65	70	75	70	65	70	18	65	70	75	70	70	75
	19	65	65	75	65	65	70	19	65	65	75	65	70	70
	20	70	70	75	70	70	70	20	65	65	75	65	70	70

Měření č.	Vzorek						Měření č.	Vzorek							
	1N	1T	1V	2N	2T	2V		1N	1T	1V	2N	2T	2V		
Týden 2	1	65	65	70	65	70	70	Týden 3	1	65	65	70	65	70	70
	2	65	65	75	65	70	70		2	65	65	70	65	70	70
	3	65	65	75	65	70	70		3	65	65	75	70	70	70
	4	65	70	70	65	70	70		4	65	70	70	65	65	70
	5	65	65	75	65	70	70		5	65	65	70	65	70	70
	6	65	65	70	65	65	70		6	65	65	70	70	70	70
	7	70	65	75	65	70	70		7	65	65	70	65	65	75
	8	65	65	75	65	70	70		8	65	65	75	65	70	70
	9	65	65	75	65	70	70		9	65	70	70	70	70	70
	10	65	65	75	65	70	65		10	65	65	70	65	70	75
	11	65	70	70	65	70	70		11	65	65	70	65	65	70
	12	65	65	75	65	70	70		12	65	65	70	65	70	70
	13	70	65	75	65	70	70		13	65	65	70	65	70	70
	14	65	65	70	65	70	70		14	65	65	70	65	65	70
	15	65	65	75	65	65	70		15	65	65	70	70	70	70
	16	65	70	75	65	70	65		16	65	70	75	65	70	75
	17	65	65	70	65	70	70		17	65	65	70	65	70	70
	18	65	65	75	65	70	70		18	65	65	75	70	70	70
	19	65	65	75	65	65	70		19	65	65	70	65	65	70
	20	65	65	75	65	70	70		20	65	65	70	65	70	70
Týden 5	1	65	65	70	65	70	70	Týden 6	1	65	65	70	65	65	70
	2	65	65	70	65	70	70		2	65	65	70	65	70	70
	3	65	65	75	65	70	70		3	65	65	75	65	65	75
	4	65	65	75	65	65	70		4	65	70	70	70	65	70
	5	65	65	75	65	70	70		5	60	65	70	65	65	70
	6	65	65	70	65	70	70		6	65	65	70	65	65	70
	7	65	70	70	65	70	70		7	65	65	75	65	65	70
	8	65	65	70	65	70	70		8	65	70	70	70	70	70
	9	65	65	75	65	70	70		9	65	65	70	65	65	70
	10	65	65	70	70	65	70		10	65	65	70	70	65	70
	11	65	65	75	65	70	70		11	65	65	70	65	65	70
	12	65	70	75	65	70	70		12	65	65	70	65	70	75
	13	65	65	70	65	70	70		13	65	65	75	70	65	70
	14	65	65	70	65	70	70		14	65	70	75	65	65	70
	15	65	65	75	65	65	70		15	65	70	70	65	65	70
	16	65	70	75	65	70	70		16	65	65	75	65	65	70
	17	65	65	75	65	70	70		17	65	65	70	70	65	70
	18	65	65	70	65	70	70		18	65	65	70	70	65	70
	19	65	65	70	65	70	70		19	65	70	75	65	70	70
	20	65	65	75	65	65	70		20	65	65	70	65	65	70

Měření č.	Vzorek						Měření č.	Vzorek							
	1N	1T	1V	2N	2T	2V		1N	1T	1V	2N	2T	2V		
Týden 7	1	65	65	75	65	70	70	Týden 12	1	65	70	75	65	70	70
	2	65	65	75	65	70	70		2	65	70	75	65	70	70
	3	65	65	75	65	70	70		3	65	70	75	65	65	70
	4	65	65	75	65	70	70		4	65	65	75	70	70	70
	5	65	70	70	65	65	70		5	65	70	75	65	70	75
	6	65	65	75	70	70	75		6	65	70	75	65	70	70
	7	65	65	75	65	70	70		7	65	70	70	65	65	70
	8	65	65	75	65	70	70		8	65	65	75	65	70	70
	9	70	70	75	65	70	70		9	65	70	75	65	65	70
	10	65	65	70	65	65	70		10	65	70	75	70	70	70
	11	65	65	75	65	70	70		11	70	70	70	65	70	70
	12	65	65	75	65	70	70		12	65	70	75	65	70	70
	13	65	70	75	65	70	70		13	65	65	75	65	65	70
	14	65	65	70	65	70	70		14	65	70	75	65	70	70
	15	65	65	75	65	70	70		15	65	65	75	65	70	70
	16	65	65	75	65	65	70		16	65	70	75	65	70	75
	17	65	65	75	65	70	70		17	65	70	70	65	65	70
	18	65	65	75	65	70	70		18	65	70	75	65	70	70
	19	65	65	75	65	70	70		19	65	65	75	65	70	70
	20	65	65	70	65	65	70		20	70	70	75	65	70	70
Týden 16	1	65	70	70	65	65	70								
	2	65	65	70	65	70	70								
	3	65	65	70	65	65	70								
	4	65	65	75	70	65	70								
	5	65	65	70	65	65	70								
	6	65	70	70	65	70	70								
	7	65	65	70	70	65	70								
	8	65	65	75	65	65	70								
	9	65	65	70	65	65	70								
	10	65	65	70	65	65	70								
	11	65	70	70	70	70	70								
	12	65	65	70	70	65	70								
	13	65	65	75	65	65	70								
	14	65	70	70	65	70	70								
	15	65	65	70	65	70	70								
	16	65	65	75	65	65	70								
	17	65	65	75	65	65	70								
	18	65	70	70	70	65	70								
	19	65	70	70	70	65	70								
	20	65	65	70	65	65	70								

Příloha č. 10: Naměřená tvrdost Shore A vzorků umístěných v roztoku cereritu

Měření č.		Vzorek						Měření č.		Vzorek					
		1N	1T	1V	2N	2T	2V			1N	1T	1V	2N	2T	2V
Týden 0	1	65	65	70	65	70	75	Týden 1	1	70	70	75	65	65	70
	2	65	65	65	70	65	75		2	70	70	75	65	70	70
	3	70	65	75	70	65	75		3	65	65	70	70	70	75
	4	65	70	75	65	70	70		4	70	65	70	70	65	75
	5	65	65	75	65	70	70		5	70	65	75	70	65	75
	6	65	65	75	70	65	75		6	70	70	75	65	60	70
	7	70	70	70	70	65	75		7	70	70	70	70	65	70
	8	65	70	75	70	70	75		8	65	65	75	65	70	70
	9	65	60	75	70	65	70		9	65	70	70	65	70	75
	10	70	65	70	70	70	75		10	70	70	75	65	65	70
	11	70	60	75	65	65	75		11	70	70	75	65	70	75
	12	65	65	75	65	65	70		12	70	65	75	70	65	70
	13	70	65	75	70	70	70		13	70	65	75	70	65	70
	14	70	65	70	65	70	70		14	65	70	70	70	65	70
	15	65	70	70	70	70	75		15	70	70	70	65	70	75
	16	65	65	75	65	65	75		16	65	65	70	65	65	75
	17	70	65	75	65	65	70		17	65	65	75	70	70	70
	18	70	60	75	70	65	75		18	65	65	75	65	70	75
	19	65	65	75	70	70	75		19	70	70	75	65	65	70
	20	65	65	75	65	65	75		20	70	70	75	65	65	70
Týden 2	1	65	70	70	65	65	70	Týden 3	1	65	70	75	65	65	70
	2	65	65	75	65	70	70		2	65	65	75	65	65	70
	3	65	70	75	65	65	75		3	70	70	75	65	65	70
	4	70	70	70	65	65	70		4	70	70	70	65	65	70
	5	65	65	75	65	65	70		5	70	65	70	65	70	70
	6	65	70	75	65	70	75		6	65	70	75	65	65	70
	7	65	70	75	65	65	75		7	65	65	70	65	65	70
	8	70	70	75	65	65	70		8	65	65	70	65	65	70
	9	65	70	70	65	65	70		9	70	70	70	65	70	70
	10	65	65	75	65	65	70		10	65	65	75	65	65	70
	11	70	70	75	65	70	70		11	70	70	75	65	65	70
	12	65	70	75	65	65	75		12	70	70	75	65	65	70
	13	65	70	75	65	65	70		13	70	65	70	65	65	70
	14	65	65	75	65	70	70		14	65	70	75	65	70	70
	15	70	70	75	65	65	70		15	65	65	70	65	65	70
	16	65	70	70	65	65	75		16	70	65	70	65	65	70
	17	65	70	75	65	65	70		17	70	65	70	65	65	70
	18	65	65	75	65	65	75		18	65	70	75	65	65	70
	19	65	70	70	65	70	70		19	65	70	75	65	70	70
	20	65	70	75	65	65	70		20	65	65	70	65	65	70

Měření č.	Vzorek						Měření č.	Vzorek							
	1N	1T	1V	2N	2T	2V		1N	1T	1V	2N	2T	2V		
Týden 5	1	65	65	75	65	65	70	Týden 6	1	65	65	75	65	65	75
	2	65	65	75	65	65	70		2	65	65	75	65	65	70
	3	65	65	75	65	70	70		3	70	65	75	65	65	70
	4	65	70	70	65	65	75		4	65	65	70	70	65	70
	5	70	65	75	65	65	70		5	65	70	75	65	65	70
	6	65	65	75	65	65	70		6	65	65	75	65	65	75
	7	65	65	70	65	70	70		7	65	65	75	65	70	70
	8	65	70	75	65	65	70		8	65	65	70	65	65	70
	9	65	65	75	65	65	75		9	60	65	75	65	65	70
	10	70	65	75	65	65	70		10	65	65	75	65	65	75
	11	65	65	75	65	70	70		11	65	65	70	65	70	70
	12	65	70	75	65	65	70		12	65	70	75	65	65	70
	13	65	65	75	65	65	70		13	65	65	75	65	65	75
	14	65	65	70	65	65	70		14	65	65	75	70	65	70
	15	65	65	75	65	70	70		15	65	70	75	65	70	70
	16	70	70	75	65	65	70		16	65	65	70	65	70	70
	17	65	65	75	65	65	75		17	65	65	75	65	65	70
	18	65	65	70	65	65	70		18	65	65	75	65	65	70
	19	65	65	75	65	70	70		19	65	65	75	65	65	70
	20	70	70	70	65	65	70		20	65	65	75	65	65	75
Týden 7	1	65	70	75	65	65	70	Týden 12	1	65	70	75	65	65	70
	2	70	65	75	65	65	70		2	65	70	75	65	65	70
	3	65	65	70	65	65	70		3	65	70	70	70	65	70
	4	65	65	75	65	65	70		4	65	65	75	65	70	70
	5	70	70	75	65	65	70		5	70	70	75	65	65	70
	6	65	65	75	65	70	70		6	65	70	75	65	65	70
	7	65	65	75	65	65	70		7	65	70	70	70	65	70
	8	65	65	75	65	65	75		8	70	65	75	65	65	70
	9	65	70	70	65	65	70		9	65	70	75	65	70	70
	10	70	65	75	65	65	70		10	65	70	75	70	65	70
	11	65	70	75	65	70	70		11	65	70	70	65	65	70
	12	65	65	75	65	65	70		12	70	70	75	65	65	70
	13	70	65	70	65	65	75		13	65	65	75	65	65	70
	14	70	70	75	65	65	70		14	65	70	75	65	65	70
	15	65	65	75	65	70	70		15	65	70	70	70	70	70
	16	65	65	75	65	65	70		16	70	65	75	65	65	70
	17	70	65	75	65	65	70		17	65	70	70	65	65	70
	18	65	70	70	65	70	70		18	70	65	75	65	65	70
	19	65	65	75	65	65	70		19	70	70	75	65	65	70
	20	70	65	75	65	65	70		20	65	70	75	70	65	70

Měření č.		Vzorek					
		1N	1T	1V	2N	2T	2V
Týden 16	1	70	70	75	65	65	70
	2	70	70	75	65	65	70
	3	65	70	75	65	65	70
	4	65	70	75	65	65	75
	5	65	70	75	65	65	70
	6	65	70	75	65	65	70
	7	70	70	75	65	65	70
	8	65	65	70	65	70	70
	9	65	70	75	65	65	75
	10	65	70	75	65	65	70
	11	70	70	75	65	65	70
	12	70	70	75	65	65	75
	13	65	70	75	65	70	70
	14	65	65	75	65	65	70
	15	65	70	75	65	65	70
	16	70	70	75	65	65	70
	17	65	70	75	65	65	70
	18	65	70	75	65	65	70
	19	65	70	75	65	65	75
	20	70	70	75	65	65	70