

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

FAKULTA TEXTILNÍ

KATEDRA NETKANÝCH TEXTILIÍ



DIPLOMOVÁ PRÁCE



Liberec 2007

Alena Klembarová

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA TEXTILNÍ

KATEDRA NETKANÝCH TEXTILÍ

Obor M3106 – T004 - Netkané textilie

**Stanovení distribuce tlaku pomocí různě tvarovaných
zatěžovacích těles ve vlákenných a pěnových systémech.**

**Determination of pressure distribution by various shaped
loading bodies in fibre and foam systems.**

Klembarová Alena

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ondřej Novák

Rozsah práce:

Počet stran: 66

Počet obrázků: 22

Počet tabulek: 4

Počet grafů: 7

akad. rok: 2006/2007

Anotácia

Témou tejto diplomovej práce bolo stanovenie distribúcie tlaku, na ktorú boli použité rôzne tvarované zaťažovacie telesá. Meranie bolo uskutočnené vo vláknových a nevláknových útvaroch – polyuretánové peny. Vláknové útvary boli vyrobené v dvoch rôznych jemnostiach, technológiou kolmého ukladania a následovne termicky spojované. Na týchto vzorkách bola meraná distribúcia tlaku v kolmej rovine na zaťažovaciu silu. Meranie bolo doplnené stanovením distribúcie tlaku vzoriek polyuretánových pien. Namerané výsledky boli spracované, porovnané a vyhodnotené pre výsledky distribúcie tlaku.

Annotation

Determination of pressure distribution was given as the thema of this diploma thesis. There was used various shaped loading bodies. The measurement was done on fibre and non-fibre systems - polyurethane foams. Fibre systems were made in two different finesses by perpendiculary-laid fibre technology. A pressure distribution of these samples was measured by the help of loading bodies in the shape of sphere and flat plate. The measurement was completed with determination of pressure distribution in polyurethane foams samples. Measured results were processed, compared and interpreted for results of pressure distribuion.

Prehlásenie

Prehlasujem, že predložená diplomová práca je pôvodná a spracovala som ju samostatne. Prehlasujem, že citácia použitých prameňov je úplná, že som v práci neporušila autorské práva (v zmysle zákona č. 121/2000 Sb. O práve autorskom a o práve súvisiacom s právom autorským).

Súhlasím s umiestnením diplomovej práce v Univerzitnej knižnici TUL.

Bola som zoznámená s tým, že na moju diplomovú prácu sa plne vzťahuje zákon č.121/2000 Sb. o práve autorskom, hlavne § 60 (školne dielo).

Beriem na vedomie, že TUL má právo na uzatvorenie licenčnej zmluvy o použití mojej diplomovej práce a prehlasujem, že **súhlasím** s prípadným použitím mojej diplomovej práce (predaj, zapožičanie apod.).

Som si vedomá toho, že použitie svojej diplomovej práce či poskytnúť licenciu k jej využitiu môžem iba zo súhlasom TUL, ktorá má právo odo mňa požadovať primeraný príspevok na úhradu nákladov, vynaložených univerzitou na vytvorenie diela (až do jej skutočnej výšky).

V Liberci, dňa

.....

Podpis

Pod'akovanie

Rada by som touto cestou poďakovala všetkým, ktorý mi svojimi radami a pripomienkami pomohli k dokončeniu tejto diplomovej práce.

Ďakujem predovšetkým Ing. Ondřeji Novákovi za odborné vedenie a za pomoc pri riešení problémov, ktoré sa pri meraní či spracovávaní tejto diplomovej práce vyskytli. Tiež ďakujem Prof. Davidovi Lukášovi, za cenné rady pri spracovaní tejto diplomovej práce.

Ďalej by som veľmi rada poďakovala svojej rodine, ktorá mi bola po celú dobu môjho štúdia oporou.

OBSAH

1	ÚVOD.....	11
2	CIEĽ PRÁCE.....	13
3	REŠERŠE K PROBLEMATIKE DEKUBITOV	13
3.1	DEFINÍCIA DEKUBITOV	13
3.2	OBLASTI VZNIKU DEKUBITOV	14
3.3	FAKTORY VZNIKU DEKUBITOV	14
3.4	PREVENCIA A LIEČBA DEKUBITOV.....	16
3.5	ANTIDEKUBITNÉ PODLOŽKY	16
3.5.1	Aktívne antidekubitné matrace	17
3.5.1.1	Funkcia aktívnych antidekubitných matracov	17
3.5.1.1.1	Matrace s alternatívnou funkciou.....	18
3.5.1.1.2	Matrace s Low Air Loss systémom	19
3.5.2	Pasívne antidekubitné matrace.....	19
3.5.2.1	Typy pasívnych matracov	20
3.5.2.1.1	Penové matrace	20
3.5.2.1.2	Gélové matrace	20
3.5.2.1.3	Vodné matrace	20
3.5.2.1.4	Vzduchové matrace a podložky.....	21
3.5.2.1.5	Matrace s tvarovaným jadrom	21
3.5.3	Poťah a jeho vplyv na distribúciu tlaku	21
3.6	TESTOVANIE ANTIDEKUBITNÝCH SYSTÉMOV	22
3.6.1	Stanovenie koeficientu CPP.....	22
3.7	TESTOVANIE MATRACOV Z PUR PENY.....	25
3.7.1	Trvalá deformácia	25
3.7.2	Zmena tvrdosti pri dynamickom namáhaní	26
3.7.2.1	Výpočty a vyjadrenie výsledkov.....	27
4	TEORETICKÁ ČASŤ	28
4.1	DEFINÍCIA TLAKU.....	28
4.1.1	Kinetický tlak.....	28

4.1.2	Hydrostatický tlak	29
4.1.3	Pretlak a podtlak	29
4.2	DEFINÍCIA DEFORMÁCIE, PEVNOSTI A NAPÄTIA.....	29
4.2.1	Jednoduché stavy napätosti.....	30
4.3	TEÓRIA STLAČOVANIA VLÁKNOVÝCH ÚTVAROV	31
4.3.1	Vzťah medzi napätím a deformáciou vláknových útvarov.....	32
4.3.2	Stlačovanie objemných vláknových útvarov	33
4.3.3	Stlačovanie polyuretánových pien	35
4.3.4	Vzťah medzi stlačením a zaplnením vláknových útvarov	36
4.3.5	Jednoosé stlačovanie	36
4.3.5.1	Jednodimenzionálna deformácia vláknového materiálu	36
4.3.6	Dvojosé stlačovanie	38
4.4	VÝBER MATERIÁLU PRE EXPERIMENT	39
4.4.1	Základné vlákna	39
4.4.2	Spojive vlákna.....	40
4.4.3	Polyuretánová pena.....	40
5	NÁVRH EXPERIMENTU	42
5.1	STANOVENIE HYPOTÉZY.....	42
5.2	PRINCÍP MERANIA	42
5.3	STANOVENIE PARAMETROV VZORIEK.....	45
5.3.1	Hrúbka vzorky	45
5.3.2	Stanovenie plošnej hmotnosti textílie	46
5.3.3	Stanovenie objemovej hmotnosti textílie.....	46
6.1	PRÍPRAVA MATERIÁLU PRE VÝROBU VZORIEK.....	48
6.2	VÝROBA VERTIKÁLNE USPORIADANEJ NT TECHNOLOGIOU KOLMÉHO UKLADANIA.....	49
6.2.1	Parametre vzoriek a ich značenie.....	50
6.3	MERANIE DISTRIBÚCIE TLAKU	51
6.3.1	Postup merania distribúcie tlaku.....	51
6.4	VÝSLEDKY MERANIA DISTRIBÚCIE TLAKU	52
7	DISKUSIA VÝSLEDKOV	60
7.1	VPLYV TVARU ZAŤAŽOVACIEHO TELESA MA REDISTRIBÚCIU TLAKU	60

7.1.1	Vláknový útvar – vzorka A.....	60
7.1.2	Vláknový útvar – vzorka B.....	60
7.1.3	Polyuretánové peny.....	61
7.2	VPLYV JEMNOSTI NA DISTRIBÚCIU TLAKU.....	61
7.3	POROVNANIE VLÁKNOVÝCH ÚTVAROV A POLYURETÁNOVEJ PENY	62
7.4	POSÚDENIE HYPOTÉZY	63
8	ZÁVER A DOPORUČENIE	64
9	POUŽITÁ LITERATÚRA:	65

Zoznam použitých skratiek a symbolov

atd.	a tak ďalej
coPL	kopolyester
č.	číslo
d	priemer vlákna [m]
E	modul pružnosti (Youngov modul) [Pa]
F	sila [N]
F_x	vodorovná zložka
F_y	zvislá zložka
g	tiažové zrýchlenie [$m \cdot s^{-2}$]
ΔH	zmena tvrdosti [N, %]
H_1	tvrdosť skúšaného materiálu pred skúškou [N]
H_2	tvrdosť skúšaného materiálu po skúške [N]
h	hĺbka [mm]
KKNT	kolmo ukladaná netkaná textília
KNT	katedra netkaných textílii
k_t	koeficient tuhosti [$N \cdot m^{-1}$]
K_p	súhrnný parameter vláknového materiálu [Pa]
l	hrúbka vzorku [mm]
m	hmotnosť vzorku [g]
m_{obj}	objemová hmotnosť [$kg \cdot m^{-3}$]
m_{pl}	plošná hmotnosť vzorku [$g \cdot m^{-2}$]
NT	netkaná textília
N	počet hodnôt
napr.	napríklad
obr.	obrázok
p	tlak [Pa]
PL	polyester
PUR	polyuretán
r	polomer [mm]
S	plocha [m^2]

s	smerodajná odchýlka
s^2	rozptyl
Δt	zmena hrúbky [%]
t_1	hrúbka vzorku pred stlačením [m]
t_2	počiatočná hrúbka vzorku po stlačení [m]
tab.	tabuľka
tzv.	tak zvaný
V	objem vlákien [m ³]
V_c	celkový objem vlákňového útvaru po stlačení [m ³]
$V_{c,0}$	celkový objem nestlačiteľného vlákňového útvaru [m ³]
x	deformácia peny [m]
\bar{x}	aritmetický priemer
x_i	hodnoty jednotlivých vzoriek
ρ	hustota kvapaliny alebo plynu [kg.m ³]
σ	napätie pri namáhaní v tlaku a ťahu [Pa]
τ	napätie pri namáhaní v strihu [Pa]
ε	deformácia [%]
ε_r	pomerne priečne skrátenie [%]
μ	zaplnenie po stlačení vlákňového materiálu [1]
μ_m	medzné zaplnenie [1]
μ_0	počiatočné zaplnenie [1]
ν	Poissonov pomer [1]
σ_{jj}, σ_{ii}	na seba kolmé skutočné napätia [Pa]

1 Úvod

Vzhľadom k stárnucej populácii a zvyšujúcemu sa počtu dlhodobo ležiacich pacientov sú niektoré choroby s tým súvisiace stále väčším problémom pre spoločnosť [1].

Nehybná poloha na lôžku, znečistené a pokrčené posteľné prádlo sú faktory, ktoré podporujú vznik preležanín. Preležaniny sa tvoria veľmi rýchle a v niektorých prípadoch vznikajú behom desiatok minút až niekoľko málo hodín (najviac pri čerstvých úrazoch, pri postihnutí miechy, po operáciách), niekedy aj počas dlhšej doby pôsobenia tlaku [3]. Dekubity spôsobujú pacientom veľké utrpenie, zvyšujú riziko infekcie, stresujú zdravotnícky personál. A v neposlednom rade stojí ich liečba veľké finančné zaťaženie. S desivými ranami – preležaninami, ktoré najskôr podľa mienky lekárov vznikali samy od seba a znamenali neodvratnú smrť, bojujú pacienti, zdravotníci aj ošetrovatelia od nepamäti. Už po 2. svetovej vojne sa začalo s pasívnou mobilizáciou pacienta, úspechy zaznamenali aj chirurgické zákroky. Napriek tomu k radikálnemu rozvoju sledovania a hodnotenia rizika vzniku dekubitov a zároveň k vývoju efektívnych pomôcok a prostriedkov došlo až za posledných dvadsať rokov. Najrôznejšie krycie materiály, polohovateľné lôžka a matrace s antidekubitným účinkom pomáhajú nielen liečiť bolestivé rany, ale hlavne ich vzniku predchádzajú, pretože o prevenciu pri dekubitoch ide v prvom rade [1].

Dekubity alebo preležaniny u ležiacich pacientov sú vážnym problémom vo všetkých zdravotníckych zariadeniach z niekoľkých dôvodov.

Spôsobujú pacientom navyše veľkú bolesť k základnému ochoreniu a zvyšujú riziko vstupu infekcie do organizmu porušenou kožou. Úmrtnosť ľudí s dekubitmi je päť krát vyššia ako u ľudí rovnako starých, ktorý preležaninami netrpia.

Zvyšujú nároky na zdravotnícky personál, starostlivosť o pacienta sa stáva intenzívnejšou a väčšinou aj fyzicky náročnejšou.

Predlžuje sa doba hospitalizácie a rastú náklady na liečbu. Liečba dekubitov je až šesť krát drahšia ako ich prevencia. Čiastky na terapiu dekubitov, uvádzané v literatúre, sú veľmi vysoké. Napríklad A.G.Moriss odhadol náklady na liečenie dekubitov v Anglicku v roku 1989 na 160 miliónov libier [2].

Do rizikovej skupiny osôb s častým výskytom dekubitov patria ležiaci pacienti, plegiaci (pacienti s poruchami hybnosti) s poškodením miechy, ľudia s vážnym celkovým zdravotným stavom a v bezvedomí (po úrazoch a pod.), a osoby staršie 70 rokov – zhoršuje sa samostatnosť, rastie riziko úmrtnosti (nebezpečie vzniku infekcie) [3].

Dekubitus (preležanina, presedenina, tlaková ulceracia, vredy) je lokálne postihnutie kože, ktorého príčinou je porucha prekrvenia tkaniva (mikrocirkulácia) v dôsledku zvýšeného tlaku v tkanivách, imobility a zlého stavu pacienta. Pri nadmernej intenzite tlaku v mieste styku podložky s kožou dôjde k zástave cirkulácie krvi v kapilárach a postupnému odumieraniu buniek v tkanive.

Na vzniku a rozvoji dekubitov sa podieľa celá škála faktorov, ktoré môžeme rozdeliť na vonkajšie a vnútorné.

Vnútorné faktory sú horšie ovplyvniteľné a na ich základe je možné špecifikovať skupiny ohrozených pacientov.

- Vek - u starých ľudí je pravdepodobnosť vzniku dekubitov vyššia. Tento fakt súvisí so zmenami kože, hlavne so stratou pružnosti.
- Pohlavie - ženy sú náchylnejšie než muži.
- Zdravotný stav - chronicky chorý sú ohrozenejší. Pacienti so srdčnými chorobami a vysokým krvným tlakom sú ohrozený z dôvodu narušenia cirkulácie krvi. Diabetici často trpia poruchami krvného obehu. Vysoko rizikový sú pacienti s neurologickými chorobami.
- Pohyblivosť - imobilní pacienti musia spoliehať na pomoc personálu pri zmene polohy.
- Inkontinencia - dochádza k podráždeniu kože, môžu sa tvoriť rany a pľuzgiere.
- Váha - obézne osoby častejšie trpia poruchami obehu, majú zlé diétne návyky (to ovplyvňuje stav kože). Chudý sú vystavený vyššiemu riziku pôsobenia strižných síl [2].

2 Cieľ práce

Vzhľadom k tomu, aký problém predstavujú dekubity je potrebné poznať nejakú metodiku merania a preto cieľom tejto diplomovej práce bolo uskutočniť merania distribúcie tlaku v odlišných vláknových systémoch a na PU pene s využitím rôzne tvarovaných zaťažovacích telies. Z toho stanoviť a posúdiť vplyv tvaru zaťažovacieho telesa na redistribúciu tlaku. Následne spracovať namerané data, porovnať a vyhodnotiť výsledky distribúcie tlaku. Na základe získaných výsledkov posúdiť ich využiteľnosť a význam pre použitie v praxi.

3 Rešerše k problematike dekubitov

Rešerše sa zaoberá témou dekubitov ich vznikom, prevenciou a liečbou a taktiež antidekubitnými systémami (podložkami). Hlavný dôraz je daný na spôsoby testovania a hodnotenia zdravotných matrací. Pre lepší prehľad je použitý aj stručný popis a vzájomné porovnanie základných druhov zdravotných matrací.

3.1 Definícia dekubitov

Dekubity, alebo poškodenie tkaniva sú rany vyvolané tlakom, vznikajú väčšinou v miestach s malou vrstvou tukového a svalového tkaniva, tlakom z vonkajšieho prostredia proti kosti, takže čím je slabšia vrstva tohoto podkožného tkaniva, tým je väčšie nebezpečenstvo vzniku dekubitov. Rozsah poškodenia tkaniva je závislý na vzájomnom pôsobení, dobe a intenzite tlaku, na celkovom stave postihnutého a na vplyve vonkajšieho prostredia. Počas doby pôsobenia tlaku je tkanivo zle zásobované živinami a kyslíkom a tak dochádza k jeho postupnému odumieraniu, vznikajú dekubity. Najmenej odolné tkanivo na tlak je tuková vrstva a potom svaly, ktoré ležia v hĺbke, a preto tlakové poškodenie postupuje vždy z hĺbky k povrchu a nie naopak. Preto je veľmi ťažké vznikajúci dekubit včas objaviť. Vzniknutý dekubit na povrchu vyzerá podstatne lepšie, než je skutočné vnútorné poškodenie tkaniva, tukových vrstiev, svalov a podkožia. Stav poškodenia tkaniva je veľmi často podceňovaný, pretože viditeľná časť dekubitu môže predstavovať iba „špičku ľadovca“. Najodolnejšia voči tlaku je vrchná, krycia vrstva kože, menej odolné na tlak je podkožie. Hrúbka kože kolísava v rôznych miestach tela medzi 1-4 mm, najsilnejšie je na dlaniach a na chodidlách [3].

3.2 Oblasti vzniku dekubitov

Dekubity sa tvoria zvlášť na miestach maximálne vystavených tlaku na pokožku. Sú to päty, záhlavie, lopatky, krížová kosť, lakte, oblasť bedrového kĺbu a kostrče, pri polohe na boku kolena, členky, lopata kosti bedrovej a pod. Základným faktorom je biologický stav chorého [4].

Štatistika je neúprosná - dekubity sa vyskytujú u pacientov vo všetkých odboroch medicíny, najčastejšie sú u pacientov s poruchou pohyblivosti, bežné sú dekubity u zlomenín panve a nôh. Odborníci odhadujú výskyt dekubitov v nemocniciach a sociálnych ústavoch podľa konkrétneho oddelenie alebo štruktúry pacientov na 2–28 %. V roku 1996 vyšla práca skupiny Veterans Affairs Medical Center v New Yorku, v ktorej sa uvádza, že pri šesťročnom sledovaní 220 pacientov malo jeden alebo viac dekubitov viac ako 80 % z nich [5].

3.3 Faktory vzniku dekubitov

Keď intenzita tlaku prekročí hodnotu normálneho krvného tlaku v kapilárach, tj, 4,27 kPa (tato hodnota je rovná hodnote 32 mm Hg stĺpca, ktorú častejšie používajú lekári), dôjde k zástave krvného obehu, a to buď formou totálnej ischémie, alebo formou kapilárnej stáze či kombináciou oboch. Dôsledok je vždy rovnaký – poškodenie až odumretie tkaniva, ležiacich medzi kostnou prominenciou a podložkou.

- Intenzita tlaku – tlak tela je najviac sústredený na kostných výčnelkoch – tlakové body, tlakové oblasti. Medzi tlakovým bodom a tlakovou podložkou dochádza k stlačeniu tkaniva (kapilár), tkanivo nieje prekrvované a okysličované, neskôr dochádza k odumieraniu tkaniva (neuróze) s nasledujúcou infekciou vznikajú dekubity. Ak vzrastie tento tlak nad únosnú mieru, dochádza k uzatvoreniu drobných ciev s následným možným poškodením, alebo odumretím tkaniva v postihnutej oblasti. Pri vzniku dekubitov nerozhoduje ani tak intenzita tlaku, ako doba jeho pôsobenia. K rozvoju poškodenia tkaniva dochádza priemerne medzi 1-6 hodinami trvalo pôsobiaceho tlak, ale niekedy skôr, niekedy neskôr, nieje to pravidlom [3].

- Doba pôsobenia tlaku – v priebehu ktorej dochádza k vytvoreniu dekubitov, závisí nepriamoúmerne na ostatných faktoroch. Čím väčšia je hmotnosť tela, čím horší je celkový stav pacienta a nepriaznivé vonkajšie podmienky, tým je potrebná kratšia doba k vzniku dekubitov. V extrémnych prípadoch to môže byť dvadsať, tridsať minút. Neplatí preto obvykle udávaná doba dvoch hodín [3].
- Odolnosť organizmu na tlak
 - typové odolnosti tkaniva
 - na okamžitom metabolickom stavu tkaniva
 - na stavu riadiacich systémov
 - poruchy mozgovej činnosti
 - miestne lézie [3]

Vonkajšie podmienky – majú pri vzniku dekubitov tiež dôležitú úlohu. K poškodeniu dochádza mechanicky, chemicky, infekciou [3].

Mechanické vplyvy: k najzávažnejším a najmenej nápadným nepriaznivým mechanickým vplyvom patria *strižné sily* a *trenie*. Strižné sily sa najviac uplatňujú v polosedě, kedy sa trup šmýka po podložke smerom dole. Cievky sa ohýnajú a napínajú, prekrvenie sa zhoršuje. Okrem toho pri šmýkaní sa dochádza k treniu kože o podložku. Tak sú poškodzované povrchové vrstvy kože. Obe sily tak urýchľujú vznik dekubitov [3].

Chemické vplyvy: chemickým pôsobením stolice, moču a potu sa narušujú povrchové vrstvy kože. Takto porušená koža je málo odolná voči infekcii a horšie odoláva mechanickým inzultom [3].

Infekcia: dekubity sú skoro vždy infikované rany. K infekcii dochádza jednak z blízkeho okolia (stolicou, močom, vaginálnym sekrétom, potom), to sa týka predovšetkým v panvovej oblasti. Druhotne sa môžu infikovať blízke dekubity medzi sebou hnisom [3].

3.4 Prevencia a liečba dekubitov

V terapii dekubitov a hlavne ich prevencii hrajú vedľa vhodných zdravotníckych prostriedkov a vybavenia zásadnú úlohu dokonale organizovaná a profesionálna ošetrovateľská starostlivosť.

- Zmena polohy - skracovanie doby pôsobenia tlaku tak, aby tlak v danej situácii neprekročil prahovú hodnotu
- Blokovanie nepriaznivých mechanických vplyvov vonkajšieho prostredia
- Hygiena - blokovanie nepriaznivých chemických a infekčných vplyvov vonkajšieho prostredia
- Normalizácia celkového stavu pacienta - vnútorného prostredia, výživy, krvného obehu, oxidácie apod.
- Psychická podpora pacienta
- Rehabilitácia

Prvé pokusy a tiež úspechy v liečbe dekubitov zaznamenali zdravotníci po druhej svetovej vojne, kedy sa prvým účinným nástrojom stal Strykerov rám (tzv. circle bed), v ktorom pripútaného pacienta mechanicky otáčali. Pri tejto pasívnej mobilizácii pacienta dosiahli aj nečakaných výsledkov v liečbe poranení chrbtice a hlavy. Dlhú dobu potom bolo základom prevencie aj liečby dekubitov hlavne zmena polohy pacientov, ktorých ukladali a menili polohy sestry, čo prinášalo veľkú stratu času a fyzickú náročnosť, takže u pacientov neboli dostatočne často menené polohy a boj s dekubitami sa predlžoval [2].

3.5 Antidekubitné podložky

Cieľom antidekubitných podložiek je zmierniť tlakové sily pôsobiace na dlhodobo zaťažené časti ľudského tela sedením vo vozíku alebo ležaním na posteli. Môžeme ich rozdeliť na podložky do vozíkov alebo posteľné a malé podložky iba pre príslušné časti končatín – na lakte, päty a hlavu. Skladajú sa zo snímateľného poťahu, väčšinou zo 100 % bavlny, ktoré je možné dať dole a vyčistiť a z vlastnej náplne, ktorá vytvára poddajnú vrstvu rozkladajúcu koncentráciu tlakových síl. Ďalej je nutné zaistiť dobrú vzdušnosť a tepelný komfort postihnutej osobe. Ako plniace médium sa používa veľké množstvo materiálov rôzne upravených:

- polyesterové duté vlákna
- polyuretánové peny s prerezom do kolmých ihlanov
- silikónizované duté vlákna
- ovčia vlna
- latexová pena
- gélová náplň
- tvarovaný vysokotuhostný polyuretán WAFLE
- poddajný vysoko elastický polyuretán s pamäťovým efektom (materiál sa tvaruje v závislosti tlakového zaťaženia a teploty pacienta)
- nafukovacie podložky – napájané z kompresora či pumpičky
- štvorkomorová sedačka
- matrace bublinové – tlakový systém, ktorý neustále mení body na ktorých pacient leží [7].

Antidekubitné matrace môžeme rozdeliť na aktívne antidekubitné matrace a pasívne antidekubitné matrace.

3.5.1 Aktívne antidekubitné matrace

Aktívne antidekubitné systémy sú vhodné pre prevenciu všetkých rizikových skupín a liečbu dekubitov i najvyšších stupňov. Hlavným princípom je odľahčenie tela a obnovenie prekrvenia [2].

3.5.1.1 Funkcia aktívnych antidekubitných matracov

Na bežnej nemocničnej matraci je telo pacienta podoprené na stále rovnakých miestach. Pokiaľ nieje pacient pravidelne polohovaný, dochádza k utlačovaniu tkaniva a k nedostatočnému prekrveniu a výrazne rastie vznik dekubitov [2].

Aktívny systém výrazne zefektívňuje prevenciu a urýchľuje liečbu dekubitov. V súčasnosti existuje veľké množstvo koncepcii aktívnych matraci, základným princípom u väčšiny z nich je:

- striedavé odľahčovanie jednotlivých partii tela, ktoré sú v kontakte s podložkou, alebo priameho pôsobenia krátkodobého tlaku (masáž podporujúca dostatočné prekrvenie)

- maximálne rozloženie hmotnosti pacienta vďaka väčšej hrúbke aktívnych matracov

- kombináciou týchto dvoch vlastností.

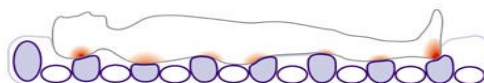
Matrace majú najrôznejší tvar a usporiadanie ciel, rôzne funkcie kompresoru a ďalšie vlastnosti uľahčujúce prácu ošetrovujúcemu personálu [2].



Obr.1. Aktívny antidekubitný systém [8]

3.5.1.1.1 Matrace s alternatívnou funkciou

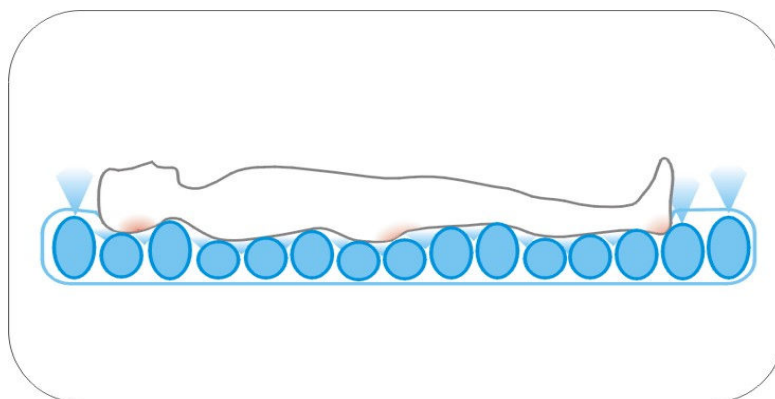
Sú obvykle zložené z niekoľkých (minimálne dvoch) skupín segmentov – ciel plnených vzduchom, ktoré sú striedavo napúšťané a vypúšťané. Týmto dochádza k neustále sa opakujúcej výmene miest podoprenia tela pacienta. Každá časť tela, ktorá je v kontakte s podložkou, je týmto spôsobom zaťažovaná iba po určitú dobu. Po vypustení skupín ciel sa v týchto oblastiach obnovuje prekrvenie a správna funkcia tkaniva. Telo pacienta je medzi tým podoprené druhou skupinou ciel [2].



Obr. 2. Matrace s alternatívnou funkciou [8]

3.5.1.1.2 Matrace s Low Air Loss systémom

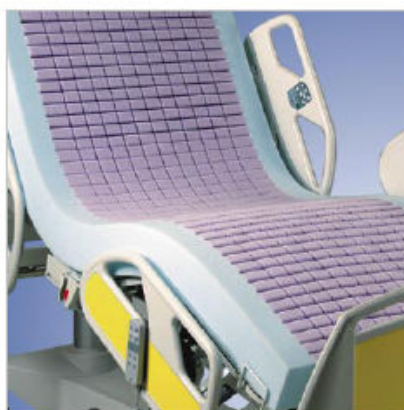
Low Air Loss systémy sú tvorené veľkým množstvom vzduchom plnených ciel, rovnako ako u matraci s alternatívnou funkciou. Rozdiel spočíva v použití ciel s drobnými perforáciami, cez ktoré neustále prúdi vzduch pod telo pacienta. Systém je vybavený výkonnými vzduchovými kompresormi schopnými dosiahnuť vysokého prietoku vháňaného vzduchu [2].



Obr.3. Matrace s Low Air Loss systémom [9]

3.5.2 Pasívne antidekubitné matrace

Hlavným princípom pasívnych antidekubitných matracov je čo najdokonalejšie rozloženie váhy pacienta. Pokiaľ je váha optimálne rozložená, nedochádza k veľkému utlačovaniu tkaniva ani v oblastiach s najčastejším výskytom dekubitov (sakrum, päty, hroty lopatiek). Základným predpokladom antidekubitných účinkov je použitie vysoko kvalitných mäkkých pien, ďalej prerezania jadra matrace a použitia pružných poťahov [2].



Obr.4. Pasívny antidekubitný matrac [8]

Ani najlepší pasívny matrac nie je sám schopný zabrániť vzniku preležanín u rizikových pacientov. Dobrý pasívny antidekubitný matrac však môže výrazne predĺžiť intervaly polohovania pacienta, obmedzuje maceráciu pokožky a prináša pacientom komfort pri dlhodobom pobyte na lôžku [2].

Ak je matrac príliš tvrdý časti tela ktoré nosia najväčšiu váhu pacienta sú výrazne namáhané a môže dochádzať k vzniku dekubitov. Pri príliš tvrdých alebo príliš mäkkých matracoch je k tomu ešte chrbtica pacienta v neprirodzenej polohe. To môže vyvolať ďalšie zdravotné problémy. Optimálne mäkká matrac umožňuje dobré ponorenie do matrace, obmedzuje tlak na rizikové oblasti a kopíruje prirodzený tvar chrbtice [2].

3.5.2.1 Typy pasívnych matracov

3.5.2.1.1 Penové matrace

Sú najčastejšie vyrobené z polyuretánovej (PUR) peny rôznej hustoty a profilácie. Všeobecne platí, že matrace používané pre dlhodobé ležanie by mali dosahovať minimálnu hustotu 35 kg/ m^3 . Bežne vyrobené PUR peny sú vyrábané za zvýšenej teploty (tzv. horúce peny), kvalitnejšie peny sú vyrábané technologicky odlišným spôsobom (tzv. studené peny). Studené peny majú vďaka svojej štruktúre dlhšiu životnosť a tvarovú stálosť. Ďalším penovým materiálom je latex (pena na báze prírodného kaučuku). Aj napriek tomu že vyniká veľkým množstvom vhodných vlastností, použitie je problematické s ohľadom na vysokú hmotnosť [2].

3.5.2.1.2 Gélové matrace

Jadro tvorí vysoko prispôsobivý gél, ktorý je schopný kopírovať reliéf ľudskej postavy. Gélové matrace a podložky sa veľmi často používajú na operačných sálach. Výskum v posledných rokoch ukázal, že tlak operačného stolu patrí medzi hlavné príčiny vzniku dekubitov [6].

3.5.2.1.3 Vodné matrace

Princíp je rovnaký ako u gélových matraci. Tvorí ich niekoľko oddelených alebo čiastočne spojených segmentov, naplnených vodou [2].

3.5.2.1.4 Vzduchové matrace a podložky

Sú tvorené sadou komôr prepojených tak, aby mohlo dochádzať k prepúšťaniu vzduchu do jednotlivých častí matrace v reakcii na pohyb pacienta. Tieto matrace dobre rozkladajú váhu, sú ľahké a pohodlné. Je nutné pravidelne kontrolovať tlak vnútri matrace alebo použiť špeciálny vzduchový kompresor pre nepretržité doplňovanie [2].

3.5.2.1.5 Matrace s tvarovaným jadrom

Paropriepustný poťah umožňuje prechod vzduchu celým matracom, vďaka prerezaniu jadra vzduchu cirkuluje aj vnútri jadra matrace [2].



Obr.5. Prechod a cirkulácia vzduchu [8]

Pre pasívny matrac je typické prerezanie jadra. Vhodný tvar profilácie zvyšuje mäkkosť matrace, zlepšuje priedušnosť a umožňuje pohyb vzduchu v matraci, čím sa zvyšuje teplotný komfort pacienta.

Vďaka špeciálnemu tvaru jednotlivé segmenty jadra vhodne reaguje na tlak. Vytvárajú tak vysoko komfortné ležanie [2].

3.5.3 Poťah a jeho vplyv na distribúciu tlaku

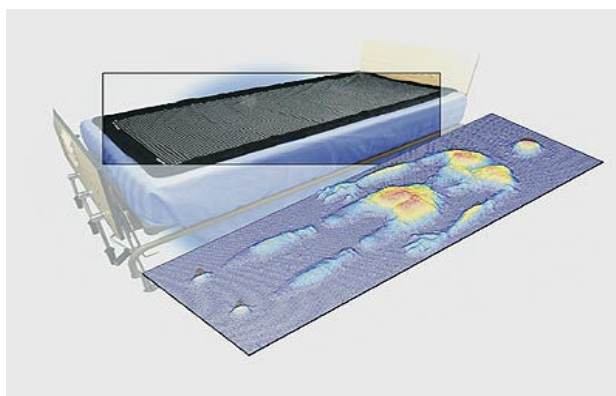
Veľmi dôležitou súčasťou matrace je kvalitný poťah, ktorý musí splňovať veľké množstvo náročných požiadavkou.

Poťah je v dvoch smeroch rozťahnutelný, takže dovoľuje využiť mäkkosť použitých pien. Vďaka dostatočnej pružnosti tiež obmedzuje pôsobenie strižných a trecích síl. Paropriepustnosť umožňuje prechod vodných par, čím pomáha znižovať vlhkosť pokožky, významný faktor vzniku dekubitov. Spodná časť vyrobená z odolného materiálu je tiež paropriepustná, takže celým matracom prechádza vzduch.

Odolnosť proti vode zároveň zaručuje nepriepustnosť pre kvapalnú vodu. Poťah je totiž potiahnutý špeciálnou membránou gore-texového typu. Tá pri zachovaní paropriepustnosti bráni vniknutiu kvapaliny do jadra matraca [2].

3.6 Testovanie antidekubitných systémov

Pasívne matrace sú vyvíjané na základe meraní rozloženia tlaku pomocou prístroja X-Sensor. Zariadenie X-Sensor sa skladá zo špeciálnej tenkej podložky, ktorá sa umiestňuje na matrac, a vyhodnocovacej jednotky, pripojenej k počítaču. Pacient je uložený na podložku, v priebehu ležania mení polohu a po spustení riadiaceho programu je možné snímať mieru rozloženia tlaku, ktorej matrac dosahuje u konkrétneho pacienta.



Obr.6. Zariadenie X – Sensor - pasívny matrac, špeciálna podložka [8].

Podobné typy meracích zariadení umožňujú vyhodnotenie iba pomocou statického zobrazenia (snímky). Na rozdiel od týchto zariadení X-Sensor umožňuje sledovať zmeny rozloženia tlaku v čase. Takto je jednoduchšie stanoviť a vyhodnotiť parametre matraca. Potom sú výsledkom vyhodnotenia tlakové mapy s rozlíšením až 7200 bodov znázorňujúcich schopnosť matraca rozložiť tlak, pre štatistické vyhodnotenie sú potom k dispozícii histogramy a trendové krivky, ktoré sú uvedené nižšie [2].

3.6.1 Stanovenie koeficientu CPP

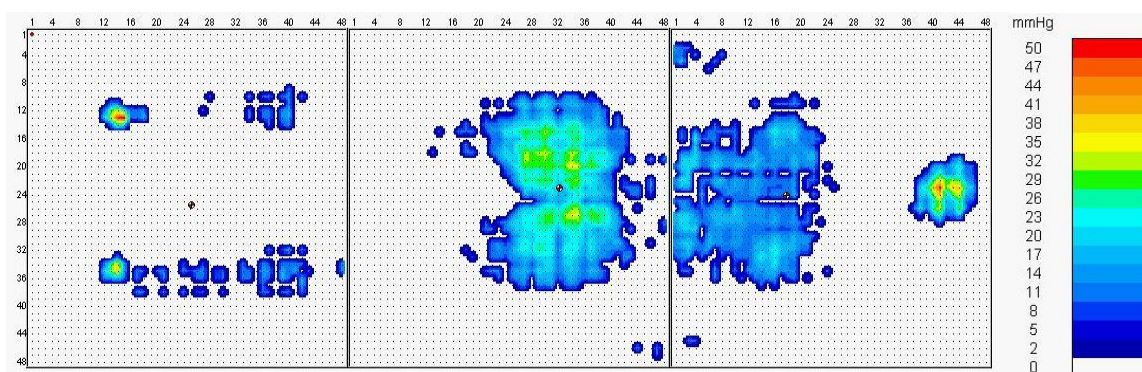
Kritický tlakový bod CPP – Critical Pressure point, udáva hodnotu pri ktorej dochádza k uzatvoreniu drobných kapilár v tkanive. Ide o koeficient určujúci použitie matraca v závislosti na riziku vzniku dekubitov a stupni dekubitov. Koeficient CPP

vyjadruje v percentách plochu matrace, na ktorej hodnoty tlaku presahujú 32 mm Hg. Tento koeficient určuje vhodnosť matrace pre konkrétne riziko vzniku dekubitov (viď tab.č.1). Optimálny antidekubitný matrac nepresahuje na rizikových miestach hodnotu tlaku 32 mm Hg, pričom zatiaľ na bežne používaných štandardných matracoch v nemocniciach dosahuje tlak v určitých partiách až 150 mm Hg [2].

<i>Koeficient CPP [%]</i>	<i>Riziko vzniku dekubitov</i>	<i>Stupeň dekubitov</i>
0 – 1	vysoké riziko	III.
1,1 – 4	stredné riziko	II.
4,1 – 8	nízke riziko	I.
8,1 a viac	bez rizika	-

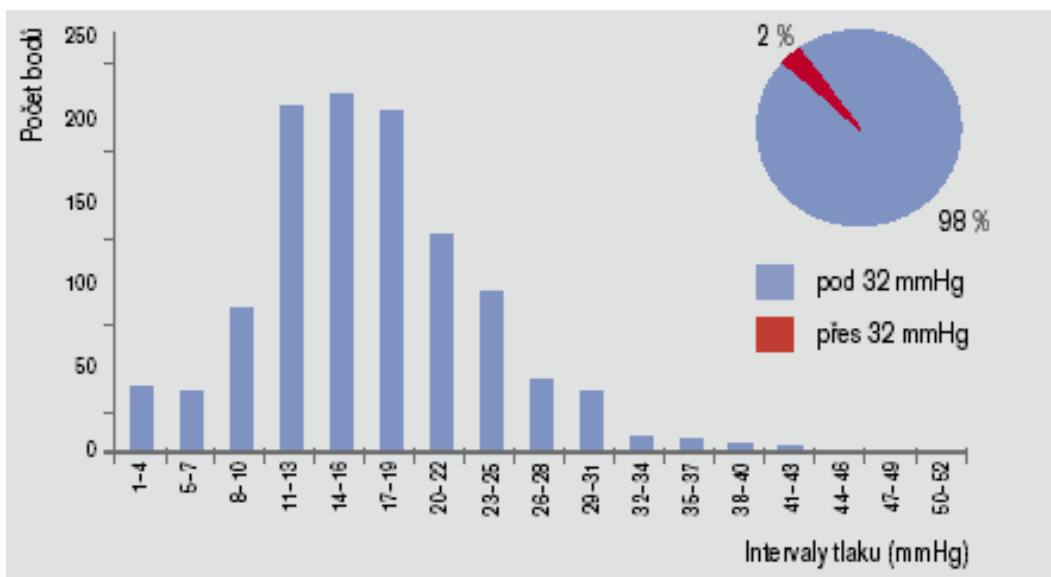
Tab. č. 1 - koeficient CPP

Pre ilustráciu sú uvedené dva rôzne typy matracov na snímkach z prístroja X-Sensor. Na obrázkoch č.7 a č.9 sú po dvoch hodinách pôsobenia tlaku na podložku snímané tlakové body mužskej postavy (výška 178cm, hmotnosť 80kg). Pri použití kvalitnej antidekubitnej penovej matrace Duotera spoločnosti Linet (obr.8) je dobre vidieť väčšia roznášacia plocha, spôsobená prerazením jadra matrace (profiláciou), ako je tomu u bežnej penovej matrace Elasic (obr.10) od rovnakého výrobcu (bez profilácie) [2].



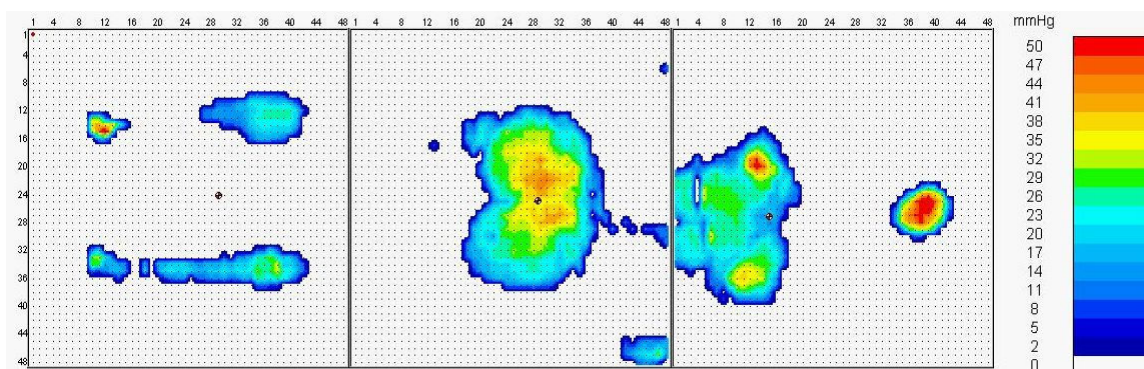
Časť tela	celá postava
Podložka	antidekub. Duotera
Doba zaťažovania	2 hodiny
Priemerný tlak	15,2 mm Hg

Obr.7. Duotera – snímok z prístroja X - Sensor [2].



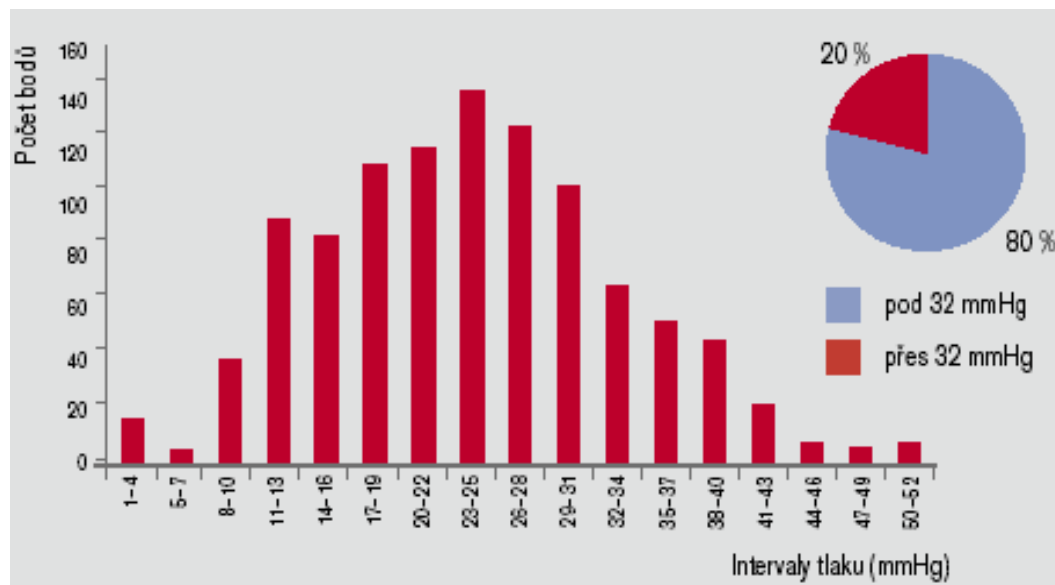
Obr.8. Duotera – histogram tlakových bodov [2].

Bežné penové matrace sa vyznačujú až 20 % plochy ktorá prevyšuje kritickú hranicu 32 mm Hg, zatiaľ čo u kvalitných antidekubitných matracov sa dosahuje maximálne 2 %. Z obrázkov č.9 a č.10 je patrná nízka roznášacia schopnosť pri priemernom tlaku 29,6 mm Hg penových matraci Elasic.



Časť tela	celá postava
Podložka	normálna Elasic
Doba zaťažovania	2 hodiny
Priemerný tlak	29,6 mm Hg

Obr.9. Elasic – snímok z prístroja X-Sensor [2].



Obr.10. Elastic – histogram tlakových bodov [2].

3.7 Testovanie matracov z PUR peny

Skúšanie a testovanie matracov sa robí podľa určitých noriem. Výsledky týchto skúšok však väčšinou hovoria o vlastnostiach ako je životnosť a odolnosť v rôznych extrémnych situáciách, nie však o distribúcii tlaku. Od roku 2005 nieje testovanie matracov povinné.

U matracov z PUR peny môže dôjsť k nasledujúcim zmenám:

- trvalá deformácia podľa normy ČSN EN ISO 1856 – maximálne do 10%
- zmena tvrdosti pri dynamickom namáhaní podľa ČSN EN ISO 3385 – maximálne do 40%
- zmena farebnosti v priebehu času [10].

3.7.1 Trvala deformácia

Táto norma špecifikuje tri metódy stanovenia trvalej deformácie v tlaku mäkkých ľahčených materiálov.

V súčasnej dobe je možné túto normu použiť iba pre penovú pryž a mäkký ľahčený polyuretán o hrúbke väčšej ako 2 mm.

Podstatou skúšky je že skúšané teleso sa vystaví po stanovenú dobu a pri danej teplote konštantnému stlačeniu a zaznamená sa účinok na hrúbku skúšaného telesa po odľahčení.

Stlačovacie zariadenie sa skladá s dvoch rovných dosiek, ktorých rozmery sú väčšie ako rozmery skúšaných telies a rozperných vložiek a svoriek umožňujúcich uchovávať vzájomnú rovnobežnosť dosiek, pričom vzdialenosť medzi doskami je nastaviteľná na požadovanú výšku stlačenia. Pre skúšanie tenkých materiálov je potrebné dopredu pripraviť dostatočný počet fotografických skiel štvorcového formátu. Hrúbka doštičiek má byť 1 mm až 1,5 mm a ich strana má mať dĺžku od 50 mm do 55 mm [11].

3.7.2 Zmena tvrdosti pri dynamickom namáhaní

Táto norma platí pre stanovenie zmeny hrúbky a zmeny tvrdosti mäkkých ľahčených hmôt určených hlavne pre výrobu čaluneného nábytku po skúške dynamickým namáhaním.

Pri skúške dynamickým namáhaním pri kontaktnom zaťažení sa hodnotí:

- zmena hrúbky
 - zmena tvrdosti
- a) zmena hrúbky (Δt) – rozdiel hrúbky skúšaného telesa pred skúšaním a po skúške dynamického namáhania pri konštantnom zaťažení. Vyjadruje sa v %.
 - b) zmena tvrdosti (ΔH) – rozdiel tvrdosti pred skúškou a po skúške dynamickým namáhaním pri konštantnom zaťažení. Vyjadruje sa v N alebo v % [12].

Tvrdosť je schopnosť pevného materiálu klásť odpor proti vnikaniu cudzieho telesa. Tvrdosť nie je fyzikálna veličina, pretože závisí od mnohých vlastností materiálu. Udáva sa v jednotkách závislých od meracej metódy [13].

Podstatou skúšky je opakované vtláčovanie skúšobného telesa daných rozmerov do skúšaného materiálu, pričom skúšobné teleso je menší než skúšaný materiál. Dynamické namáhanie skúšaného materiálu sa robí pri konštantnom zaťažení predpísanou frekvenciou stlačovania.

Skúšaný materiál musí mať tvar štvorca o rozmeroch strán (380 ± 20) mm a výške (50 ± 2) mm a materiál musí byť pred skúškou kondicionované minimálnu dobu 16 hodín pri (23 ± 2) °C a (50 ± 5) % relatívnej vlhkosti vzduchu.

Najskôr sa zmeria hrúbka skúšaného materiálu (t_1) a tvrdosť (H_1).

Skúšaný materiál sa podrobí dynamickému namáhaniu:

silou	(750 ± 20) N
frekvenciou stlačovania	(70 ± 5) min ⁻¹
počtom nepretržitých cyklov	80 000

Po skončení dynamického namáhania sa skúšaný materiál vyberie zo skúšobného zariadenia a nechá sa voľne ležať na dobu $(10,0 \pm 0,5)$ minút a zmeria sa hrúbka skúšaného materiálu (t_2) a tvrdosť (H_2) [12].

3.7.2.1 Výpočty a vyjadrenie výsledkov

Zmena hrúbky (Δt) v % sa vypočíta podľa vzorca:

$$t = \left(\frac{t_1 - t_2}{t_1} \right) \cdot 100 \quad (3.1)$$

kde - t_1 je hrúbka skúšaného materiálu nameraná pred skúškou v mm

- t_2 je hrúbka skúšaného materiálu nameraná po skúške v mm.

Výsledkom je medián hodnôt dosiahnutý na skúšaných materiáloch [12].

Zmena tvrdosti (ΔH) sa určuje dvomi spôsobmi:

a) zmena tvrdosti (ΔH) v [N] sa vypočíta podľa vzorca:

$$\Delta H = H_1 - H_2 \quad (3.2)$$

b) zmena tvrdosti (ΔH) v percentách sa vypočíta podľa vzorca:

$$\Delta H = \left(\frac{H_1 - H_2}{H_1} \right) \cdot 100 \quad (3.3)$$

kde - H_1 je tvrdosť skúšaného materiálu nameraná pred skúškou v N

- H_2 je tvrdosť skúšaného materiálu nameraná po skúške v N.

Výsledkom je medián hodnôt dosiahnutých na skúšaných materiáloch [12].

4 Teoretická časť

4.1 Definícia tlaku

Tlak je fyzikálna veličina, ktorú označujeme symbolom p (z anglického *pressure*). Je to pomer sily F k ploche S , na ktorú táto sila kolmo pôsobí:

$$p = \frac{F}{S} \quad (4.1)$$

Pokiaľ nieje táto sila F rozložená na danej ploche rovnomerne, potom veličinu p , danú predchádzajúcim vzorcom, nazývame *stredný tlak*. *Miestnym tlakom*, tj. tlakom pôsobiacim v nejakom bode uvažovanej plochy rozumieme diferenciálny podiel

$$p = \frac{dF}{dS} \quad (4.2)$$

Zobecnenú definíciu tlaku (pre sily pôsobiace ľubovoľným smerom na obecnú nerovinnú plochu) môžeme vo *vektorovom* tvare zapísať rovnicou:

$$dF_s = p \cdot dS \quad (4.3)$$

kde dF_s je zložka vektoru sily a kolmá k elementu plochy dS na ktorý pôsobí, pričom smer vektoru opisujúceho element dS má smer *normály* k tejto plôške [13].

Hlavnou jednotkou tlaku v sústave SI je pascal (Pa), čo je newton a meter štvorcový (je to tlak, ktorý vyvoláva silu 1 newtonu (1N), a tá sila je rovnomerne a spojitely rozložená a pôsobí kolmo na plochu o obsahu 1 štvorcového metru (1m^2)). Tlak neúčinkuje iba v bode pôsobenia sily, ale prenáša sa objemom telesa. Patrí k základným termodynamickým veličinám [13].

4.1.1 Kinetický tlak

Tlak v plynách (napríklad tlak napínajúci pneumatiku bicykla) je iného charakteru ako tlak vyvolaný napríklad tehloou ležiacou na zemi. Spôsobujú ho nárazy jednotlivých molekúl plynu, ktoré sa pohybujú priestorom a pritom narážajú do stien nádoby (a občas aj do iných molekúl). Preto niekedy hovoríme o tzv. kinetickom tlaku – toto zvyrazňuje fakt, že hlavným dôvodom pre prítomnosť tlaku je skutočne pohyb molekúl. Pohybom molekúl plynov sa zaoberá tzv. kinetická teória plynov, jedným z jej dôležitých výsledkov je tzv. stavová rovnica pre ideálny plyn [13].

4.1.2 Hydrostatický tlak

Hydrostatický tlak v plynch a kvapalinách je daný hmotnosťou horných vrstiev, ktoré potom v gravitačnom poli pôsobia silou na vrstvy pod nimi. Práve táto sila prepočítaná na plochu je hydrostatický tlak.

Počíta sa pomocou vzťahu:

$$p = \rho \cdot g \cdot h \quad (4.4)$$

kde - ρ je hustota kvapaliny alebo plynu

- g je tiažové zrýchlenie (na Zemi $9,81 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$) a

- h je hĺbka (výška kvapalinového alebo plynného stĺpca), v ktorej chceme hydrostatický tlak vypočítať [13].

4.1.3 Pretlak a podtlak

Jedná sa o relatívne vyjadrenie tlaku, obvykle ako tlak v nejakom uzatvorenom priestore voči tlaku v okolitom priestore (často atmosferickom). Pretlak znamená vyšší než referenčný, podtlak nižší než referenčný tlak [13].

4.2 Definícia deformácie, pevnosti a napätia

Deformácia je zmena geometrického tvaru telesa v dôsledku pôsobenia vonkajšej sily. Silové pôsobenie mení vzájomné polohy atómov, z ktorých sa teleso skladá. V prípade, že sa po odstránení pôsobiacej sily teleso vráti do pôvodného tvaru, hovoríme o pružnej deformácii, alebo elastickej deformácii. V dôsledku pôsobenia síl môže rovnako dôjsť k nevratným zmenám v polohe atómu telesa. Tvar telesa sa po odznení pôsobenia sily už nevráti do pôvodného stavu. V takomto prípade hovoríme o nepružnej deformácii, prípadne užšie o plastickej deformácii. Teda výsledok účinku sily je deformácia, čiže zmena geometrického tvaru, teda zmena rozmerov telesa v nejakom smere [13].

Pevnosť je fyzikálna vlastnosť pevných látok, je to schopnosť materiálu odolávať vonkajšej alebo vnútornej sile, bez toho aby dol porušený. Rozlišuje sa pevnosť v ťahu, ohybe, tlaku a pevnosť v šmyku.

Aj keď táto diplomová práca sa nezaobera pevnosťou materiálu ako takou, ale v skúšaných vzorkách sa nachádzajú všetky tieto javy. Preto je v tejto kapitole o nich zmienka [13].

Mechanické napätie je stav, ktorý vznikne v telese ak naň pôsobia účinky síl. Inak povedané, napätie je miera vnútorného rozloženia síl na jednotkovú plochu telesa, ktorá vyrovnáva účinok vonkajšieho zaťažovania, alebo okrajových podmienok pôsobiacich na teleso.

Jednotlivé zložky napätia majú rovnakú jednotku ako tlak, ktorou je v SI sústave pascal [Pa] [13].

Sily pôsobiace na teleso môžeme rozlišovať podľa druhu napätia, ktoré sa v telese vyvolávajú: ťahové, tlakové, šmykové, ohybové, alebo torzné.

Ak neuvažujeme pri popise telesa jeho deformáciu, hovoríme o tuhom telese [13].

4.2.1 Jednoduché stavy napätosti

Napätie pri osovom ťahu

Ak by sme vo vyššie uvedenom príklade gumovú niť napli viac, po prestrihnutí by bol pohyb voľných koncov výraznejší. Naopak, ak by sme rovnakou silou napli hrubšiu niť, efekt by bol slabší. Z toho intuitívne vyplynie vzťah pre výpočet napätia:

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (4.5)$$

kde - σ je napätie pri namáhaní v ťahu [Pa]

- F je sila deformujúca teleso [N]

- S je prierez telesa kolmý na pôsobiacu silu [m²].

Uvedený vzťah však platí len ak sily pôsobia na jednej nositeľke a zároveň prechádzajú osou ťahaného telesa, ťahané teleso má po celej dĺžke konštantný prierez a veľkosť napätia je po priereze rozložená konštantne [13].

Napätie pri osovom tlaku

Podobný vzťah platí aj pre výpočet tlakového napätia, pri stláčaní telesa, ktoré je dostatočne hrubé na to aby nedošlo pri zaťažení k jeho vybočeniu a vzperu.

$$\sigma = \frac{F}{S} \quad (4.6)$$

kde - σ je napätie pri namáhaní v tlaku [Pa]

- F je sila deformujúca teleso [N]

- S je prierez telesa kolmý na pôsobiacu silu [m²].

Vzťah platí za podmienok, že sily pôsobia na jednej nositeľke a zároveň prechádza osou stláčaného telesa, stláčané teleso má po celej dĺžke konštantný prierez a veľkosť napätia je po priereze rozložená rovnomerne [13].

Napätie v šmyku

Šmykové namáhanie vzniká pri snahe dvoch susedných prierezov telesa o vzájomné posunutie. Toto namáhanie vyvoláva sila pôsobiaca kolmo na povrchu telesa – rovnobežne so sledovaným prierezom. Takéto namáhanie vzniká pri šmyku materiálu. Vzťah pre veľkosť napätia:

$$\tau = \frac{F}{S} \quad (4.7)$$

kde τ je napätie pri namáhaní v šmyku [Pa]

- F je sila deformujúca teleso [N]

- S je prierez telesa rovnobežný s pôsobiacou silou [m²] [13].

Napätie pri ohybe

Ohybové namáhanie vzniká, ak na teleso pôsobí ohybový moment, kolmý k osi telesa. Príkladom je namáhanie skokanskej dosky, ak na jej konci stojí skokan. Doska sa deformuje tak, že vrchné vlákna dosky sú naťahované a spodné stláčané [13].

4.3 Teória stlačovania vláknových útvarov

Stlačovanie vláknového útvaru je všeobecne veľmi zložitým procesom, v ktorom prebiehajú reologické javy, dochádza k najrôznejším formám disipácie energie, prebieha reštrukturalizácia vláknového materiálu atď. [16].

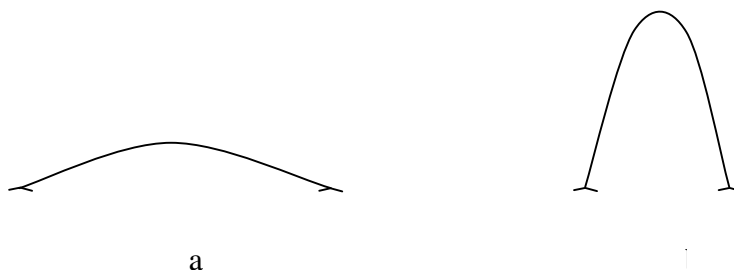
Stlačiteľnosť vláknových útvarov je základnou súčasťou dejov, ktoré prebiehajú v mechanickej textilnej technológii. Vzťah medzi napätosťou a deformáciou vláknových sústav pri rôznych formách tlakového namáhania je teoreticky i experimentálne doposiaľ nie celkom objasnený dej.

Zložitosť procesu stlačovania vláknových útvarov spočíva v pôsobení dostatočne veľkých tlakov. Vplyvom týchto tlakov vznikajú zmeny deformácie a niektoré vedľajšie javy, ktoré nesúvisia s pružnosťou, ako je napr. napnutie vlákien alebo stlačenie vlákien v bodoch kontaktu, ktoré sa však objavujú pri veľmi vysokých tlakoch [17].

Reakciu štruktúry textílie na stlačovanie ovplyvňujú tieto hlavné faktory:

- a) vlastnosti použitých vlákien a použitého spojiva,
- b) zaplnenie vláknového útvaru textilnými vláknami,
- c) dĺžky voľných úsekov vlákien medzi väznými miestami,
- d) orientácia vlákien, druh a distribúcia väzných miest

Vlastnosti NT obecné ovplyvňujú vlastnosti použitých vlákien, vlastnosti spojív, technologický proces a predovšetkým vzniknutá štruktúra NT. Pokiaľ vylúčime vplyv geometrických vlastností vlákien a distribúciu spojiva, je možné z hľadiska stlačiteľnosti považovať za rozhodujúce uloženie vlákien a ich zakotvenie v dvoch charakteristických polohách, ako je znázornené na obr. 11:



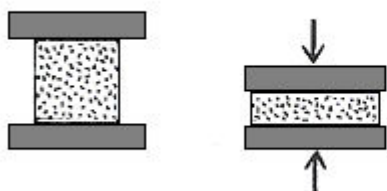
Obr. 11: Uloženie vlákien v netkanej textílii : a) prevážne horizontálne
b) prevážne vertikálne.

Pri vertikálnom uložení kladie vlákno výrazne vyšší odpor proti stlačeniu ako pri horizontálnom uložení vlákien v objemnej NT [17].

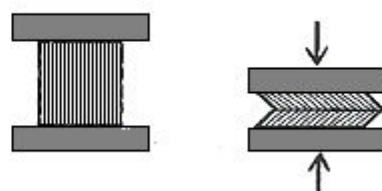
4.3.1 Vzťah medzi napätím a deformáciou vláknových útvarov

Napätím obvykle spôsobíme deformáciu (výnimka: ideálne tuhé telesa) a naopak deformáciou obvykle spôsobíme napätie (výnimka: kvapaliny, keď nemeníme ich objem). Ako napätie súvisí s deformáciou, môžeme jednoducho odvodiť následovne. Ak stlačíme kváder z izotropného materiálu v jednom smere, stlačí sa v tomto smere a rozťahne sa rovnako do každého smeru kolmého na smer stlačenia (viď obr.12) [14].

izotropný materiál



anizotropný materiál



Obr. 12. - Deformácia kvádra z izotropného a anizotropného materiálu (šrafovanie naznačuje smer vlákien) [15].

Pružnosť izotropného materiálu môžeme teda opísať dvomi parametrami [14]:

- Youngov modul (E)
- Poissonov pomer (ν)

Hookov zákon opisuje deformáciu materiálu pôsobením sily: deformácia je úmerná napätiu materiálu. Platí dobre pre malé deformácie a môžeme ho vyjadriť v tvare:

$$\varepsilon = \frac{\sigma}{E} \quad (4.8)$$

- kde
- ε je pomerné dĺžkové predĺženie,
 - E je modul pružnosti v ťahu (Youngov modul),
 - σ je mechanické napätie.

Poissonov pomer (ν) udáva pomer priečnej deformácie k pozdĺžnej deformácii pri rovnakom napätí:

$$\nu = -\frac{\varepsilon_r}{\varepsilon} \quad (4.9)$$

- kde
- ε_r je pomerné priečne skrútenie
 - ε je pomerné pozdĺžne predĺženie [14].

4.3.2 Stlačovanie objemných vláknových útvarov

K stlačovaniu vláknového materiálu dochádza pri mnohých dejoch, tak ako pri výrobe textilných útvarov, tak aj pri používaní textilných výrobkov. Obecne môžeme konštatovať, že proces stlačovania je silno ovplyvnený charakterom rozloženia vlákien v hmote, tvarom vlákien a ich mechanických vlastnosti, ktoré obecne popisujú schopnosť telesa zmeniť tvar a prípadne aj objem (tj. deformujú sa) v dôsledku pôsobenia vonkajších mechanických síl. Vonkajšia sila vyvoláva v telese *napätie* σ , čo vedie k vzniku istej *deformácie* ε . Odpor materiálu proti deformácii charakterizujeme *modulom*, obecne definovaným ako pomer aplikovaného napätia a vzniknutej deformácie, tj. σ / ε . Čím je modul látky vyšší, o to vyššie napätie potrebujeme k dosiahnutiu deformácie [18].

Pri stlačovaní dochádza k deformácii, ktorá sa skladá z deformácie plastickej, viskoelastickej a elastickej.

Elastická deformácia

Taktiež nazývaná *Hookovská* deformácia, pretože deformácie sú tak malé, že ich môžeme postihnúť Hookovským zákonom. Je okamžitá, časovo nezávislá a dokonale vratná. Pri vysoko kryštalických polyméroch je veľmi malá a uplatňuje sa predovšetkým pri veľmi krátkych časoch merania. Pri textilných vláknoch sa prakticky nevyskytuje [19].

Viskoelastická deformácia

Jedná sa o deformáciu časovo oneskorenú za podnetom. V priebehu doby zaťaženie narastá, po odľahčení postupne v závislosti na čase mizne. V princípe je dokonale vratná. Doba návratu do pôvodného, nedeformovaného stavu môže byť pri niektorých polyméroch veľmi dlhá [19].

Plastická deformácia

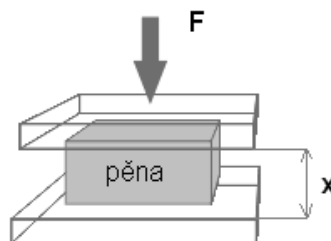
Nazývaná tiež *trvalá* deformácia. Je časovo závislá a dokonale nevratná a určuje podiel nevratných deformácií pri stlačovaní hmoty. Pri polyméroch je plastická deformácia väčšinou sprevádzaná deformáciou viskoelastickou a viskóznym tokom a preto hovoríme o viskoplastickej deformácii [19].

Začiatok deformačnej krivky zaťažovanej kolmo ukladanej NT má prudký vzostup sily aj pri malých deformáciách vzorku. Pri stlačovaní je potrebné prekonať odpor vlákna orientovaného kolmo k štruktúre, ktoré je najskôr namáhané na vzper. V kritickej hodnote zaťaženia sa lamela začne v jednom bode, väčšinou v prostriedku vzorku, prelamovať. V tomto momente sa namáhanie na vztlak stáva namáhaním ohybovým. Tuhosť v ohybe je menšia a v tomto štádiu už aj menší prírastok sily vyvolá veľkú deformáciu vzorku. Týmto dochádza k narušeniu štruktúry kolmo ukladanej NT a vlákna sa začínajú namáhať na ohyb. Pretože ide o vlákno, tj. o štíhly konštrukčný prvok, jeho tuhosť v ohybe je menšia ako tuhosť pri vzpere.

Pri horizontálne ukladaných NT sa pri pôsobení vonkajšej sily kolmo na usporiadanie vlákien v štruktúre uplatňujú iba ohybové deformácie vlákien [20].

4.3.3 Stlačovanie polyuretánových pien

Stlačovanie nevláknových útvarov, ako sú peny vyrobené z polymérov, pre náš prípad z polyuretánu, je charakteristická takmer dokonalou odozvou, ktorá úzko súvisí s tuhosťou a pružnosťou pien [21].



Obr.13 : Tuhosť polyuretánovej peny [18].

Peny sa skladajú zo vzduchových buniek, ktoré predurčujú odlišné chovanie po zaťažení. Toto chovanie je podobné ako pri pružných materiáloch, vid' obr.13 a vzťah (4.10)

$$k_t = \frac{F}{x} \quad (4.10)$$

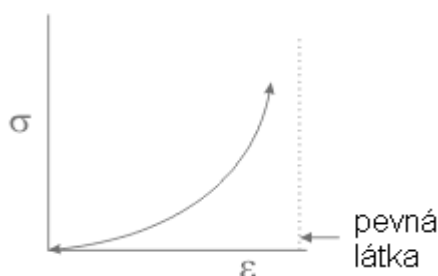
kde - k_t je koeficient tuhosti [$\text{N}\cdot\text{m}^{-1}$]

- F je zaťažovacia sila [N]

- x je deformácia peny [m].

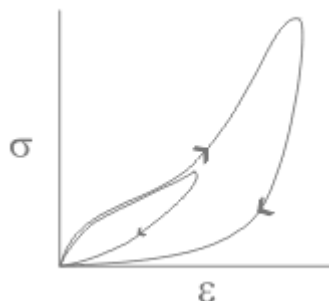
Všetky polymérne peny sa vyznačujú nelineárnym vzťahom medzi napätím a deformáciou. Najlepšie toto chovanie popisuje konvexná krivka (kde napätie a deformácia sú brané ako kladné hodnoty, vid' obr.14).

Z toho vyplýva že koeficient tuhosti k_t (4.10) nieje konštantou. Nelinearita nastane vo chvíli prvých tvarových zmien peny vplyvom vonkajšieho zaťaženia. Pri vysokých tlakoch sa po vytlačení všetkého vzduchu z peny stáva pena takmer lineárnou distribúciou tlaku. To znamená, že sa z peny stáva homogénna pevná látka [21].



Obr.14: Nelineárna charakteristika pien [21].

Ďalším charakteristickým rysom vyskytujúcim sa u prevažnej väčšiny polymérnych pien je ich viskoelasticita a hysterézia (viď obr.15). Tvar hysteréznej krivky je rovnaký bez ohľadu na veľkosť zaťažovacej sily a dobe pôsobenia [21].



Obr.15: Hysterézná charakteristika pien [21].

4.3.4 Vzťah medzi stlačením a zaplnením vláknových útvarov

Zaplnenie μ [-] sa používa predovšetkým pri sledovaní štruktúry priadzi a je používané aj pri zisťovaní vlastností NT. Táto veličina μ charakterizuje hustotu vlákien vo vláknovom útvaru a môžeme ju definovať ako podiel objemu vlákien a spojiva textilného útvaru V [m^3] k celkovému objemu tohoto útvaru V_c [m^3].

Zaplnenie je bezrozmerná veličina a leží v intervale $\langle 0,1 \rangle$.

V kolmo ukladanej NT sú vlákna smerovo usporiadané, dotýkajú sa a v miestach dotyku vzniká kontakt schopný prenosu síl a energií. Tieto kontakty majú význam pre zaistenie potrebnej pružnosti a odolnosti NT v opakovanom stlačovaní [23].

4.3.5 Jednoosé stlačovanie

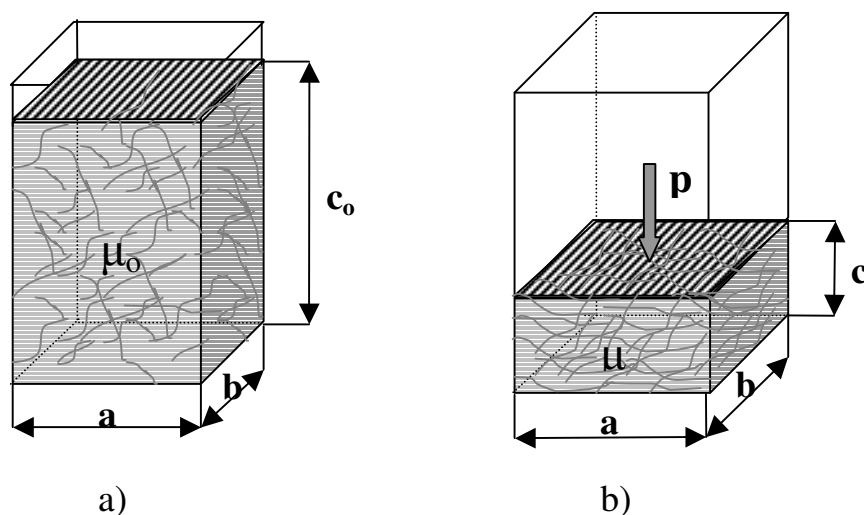
Deformácia je spôsobená vonkajšími silami, pri ktorých sa mení tvar telesa a tým aj napätie v telese. Každú deformáciu okolia určitého bodu môžeme opísať ako roztiahnutie alebo prudké stiahnutie pozdĺž troch na seba kolmých os. Vo väčšine prípadov skúmame deformáciu vlákien, priadzi alebo hotových výrobkov pri namáhaní ťahom, tlakom, ohybom, zákrutom atď. [22].

4.3.5.1 Jednodimenzionálna deformácia vláknového materiálu

Jedným z prvých autorov, ktorý sa zaoberal problematikou stlačovania textilných vláknových materiálov bol C. M. van Wyk. Podľa jeho experimentu sa krivky hodnôt tlaku menia s každým nasledujúcim cyklom stlačenia a uvoľnenia, ale nakoniec

dosahujú stabilitu. Stlačovaním vláknového materiálu sa mení jeho zaplnenie μ ktoré je definované vzorcom (4.11).

Jednoosú deformáciu tu predstavuje stlačovanie vláknového materiálu v dokonale tuhej krabičke (boxu), ako je znázornené na obr. 16: [16]



Obr.16: Vláknový materiál: a) pred stlačením

b) po stlačení [16].

Vo východnom stave je počiatková hodnota zaplnenia μ_0 určená podielom objemu vlákien V [m^3] k celkovému objemu nestlačeného vláknového materiálu V_{c_0} [m^3]. Celkový objem V_{c_0} sa môže vyjadriť ako násobok pôdorysnej plochy boxu $a \cdot b$ [m^2] a výšky nestlačeného vláknového materiálu c_0 [m].

$$\mu_0 = \frac{V}{V_{c_0}} = \frac{V}{a \cdot b \cdot c_0} \quad (4.11)$$

Ak dôjde k stlačeniu vláknového materiálu bude mať vzorec (4.11) tento tvar

$$\mu = \frac{V}{V_{cs}} = \frac{V}{a \cdot b \cdot c} \quad (4.12)$$

kde - V je objem vlákien [m^3]

- V_{cs} je objem stlačeného vláknového útvaru [m^3]

- c je výška stlačeného vláknového materiálu.

Pre vlastný vzťah medzi tlakom a zaplnením bola odvodená rovnica

$$p = K_p \cdot (\mu^3 - \mu_0^3) \quad (4.13)$$

kde - p je tlak [Pa]

- K_p je súhrnná charakteristika materiálu [Pa]

- μ_0 je zaplnenie nestlačeného materiálu [-]

- μ je zaplnenie po stlačení vláknového materiálu [-].

Ak je $\mu \gg \mu_0$, je možné vzťah (4.13) približne vyjadriť tvarom

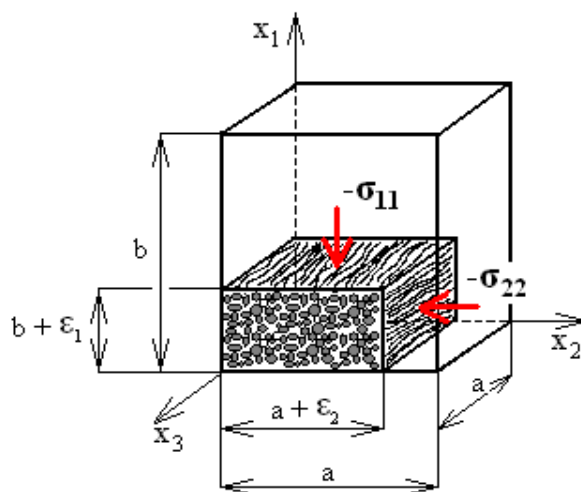
$$p = K_p \cdot \mu^3 \quad (4.14)$$

Pri vyšších hodnotách tlaku a zaplnenia však môže byť podľa vzorca (4.) hodnota $\mu > 1$. Preto bol pre veľké hodnoty tlaku odvodený vzťah:

$$p = \frac{K_p \cdot \mu^3}{\left(\frac{1 - \mu^3}{\mu_m^3}\right)} - \frac{K_p \cdot \mu_0^3}{\left(\frac{1 - \mu_0^3}{\mu_m^3}\right)} \quad (4.15)$$

4.3.6 Dvojsoé stlačovanie

Dvojsoú deformáciu si môžeme predstaviť ako stlačovanie vláknového útvaru tvaru kvádra pri vychádzajúcich rozmeroch a , a , b (viď obr.17).



Obr.17: Schéma pôsobiacich tlakov pri dvojsoej deformácii [16].

Pri deformácii v smere osi x_1 a x_2 sa rozmery kvádra zmenia na hodnoty $(a+\varepsilon_2)$ a $(b+\varepsilon_1)$ a jeden rozmer v smere x_3 je trvalé a . Normálové sily označené $-\sigma_{11}$ a $-\sigma_{22}$ pôsobia na východnú zaťažujúcu plochu smerom von z telesa (záporná hodnota vyjadruje tlak). Po zdeformovaní pôsobia tlakové sily na skutočné plochy $b(a+\varepsilon_2)$ a $a(b+\varepsilon_1)$. Pri tomto spôsobe deformácie dochádza k vzájomnému ovplyvňovaniu jednotlivých smerov stlačania. Čím viac je stlačený vláknový materiál v jednom zo smerov, tým viac budeme musieť vynaložiť energie na stlačenie v smere druhom [16].

Experimenty ukázali, že okrem veľmi malých tlakov približne:

$$\left(\frac{\sigma_{jj}}{\sigma_{ii}} \right) \approx konst. \quad (4.16)$$

kde σ_{jj} , σ_{ii} sú na seba kolmé skutočné napätia [Pa], ktoré sa rovnajú - σ_{11} , - σ_{22} na obr.18.[16]

J. W. S. Hearle a H. M. A. E. El-Behery sa zaoberali distribúciou tlaku vo vláknových systémoch pri jedoosej deformácii do os kolmých k deformačnej sile, pričom merali tlak pôsobiaci na stenu nedeformovateľnej krabičky [24].

4.4 Výber materiálu pre experiment

Výber bol závislý na dostupnosti materiálu. Z dostupných materiálov boli zvolené práve tieto z dôvodu, že cieľom tejto diplomovej práce bolo stanoviť distribúciu tlaku medzi vláknovým útvarom a polyuretánovou penou. Pri vláknovom útvare bolo ďalej zisťované aké zmeny nastanú pri zmene jemnosti, ak ostatné parametre zostanú zachované.

4.4.1 Základné vlákna

Ako základný nosný prvok boli v tejto diplomovej práci použité polyesterové vlákna. Vďaka esterovej väzbe (-CO-O-) v hlavnom reťazci majú polyesterové vlákna veľmi dobré mechanické vlastnosti, vysoký modul pružnosti 1300 cN/tex, pevnosť 3,8 – 7,2 cN/dtex, ťažnosť 50 – 70 %, elastické zotavenie 85 – 90 % a mernú hmotnosť 1360 - 1390 kg.m⁻³. Nasiakavosť u polyesterových vlákien je 0,3 – 0,4 %, teplota tavenia 256 °C.

4.4.2 Spojive vlákna

Spojive vlákna sú najpoužívanejšou formou spojiva v technológii termického spojovania a musia spĺňať určité špecifické vlastnosti.

- Vhodná teplota tavenia vzhľadom k tepelnej odolnosti základných vlákien a požiadavkám na tepelnú odolnosť výrobku.
- Odolnosť voči tepelnej a tepelne oxidačnej degradácii
- Nízka zrážanlivosť a viskozita taveniny.
- Dobrá adhézia k základným vláknám.
- Nízky obsah a vhodný typ povrchovej preparácie (preparácia znižuje adhéziu).

Ako spojivo je možné použiť ľubovoľné termoplastické vlákna s teplotou tavenia nižšou ako je teplota základných vlákien. Spojive vlákna rozdeľujeme na monokomponentné a bikomponentné, ktoré sú viac používané.

Tieto vlákna sa vyrábajú zvláknením dvoch rôznych polymérov pomocou špeciálnej zvláknujúcej hubice [26]. Bikomponentné vlákno sa skladá z vyššie a nižšie taviacej sa polymérnej zložky. Pri pôsobení tepla v priebehu spojenia sa roztaví iba nižšie taviaca sa zložka a vzniká tak bodová štruktúra prepojenia vlákien (ide o adhézny spoj, ktorý vzniká v miestach kríženia vlákien). Vlákno si vďaka vyššie taviacej sa zložke zachová svoju podobu a výrobky tak majú vyššiu objemnosť. Väčšia časť vlákien potom tvorí pomerne pohyblivé úseky medzi spojmi, čo vedie k výrobkom s dobrou ohybnosťou a nízkym počiatočným modulom v ťahu.

4.4.3 Polyuretánová pena

Polyuretány majú v reťazci uretanovú skupinu $-NH-CO-O-$, čo znamená, že na rozdiel od polyamidov so skupinou $-NH-CO-$ obsahujú ešte kyslík v hlavnom reťazci, ktorý ho činí ohybnejším. Vo vlastnostiach sa to prejaví podstatne nižšou teplotou tavenia. Polyuretány sú veľmi odolné voči zmydelneniu alkáliami alebo kyselinami. Tieto vlastnosti spolu s množstvom možných reakcií izokyanátovej skupiny vedú ku celej škále polymérov pre rozdielne použitie [27].

- Vlastnosti: - pevnosť 4,5 cN/dtex
- merná hmotnosť 1050 kg/m⁻³
 - lepšia odolnosť voči svetelnému žiareniu pri porovnaní s kaučukom
 - pri teplotách okolo – 18 °C krehnú
 - v porovnaní s pryžou sú ľahšie, jemnejšie, odolnejšie pri odere a UV žiareniu, stálejšie a farbitelné radou farbív [30].

Polyuretánové peny predstavujú dôležitú oblasť použitia polyuretánu. Tieto peny vznikajú reakciami diisokyanátov s polyhydroxylúčeninami (polyethery alebo polyestery) a vodou. Reakciami diisokyanátov s hydroxylovými skupinami vznikajú polyuretánové väzby a pri reakciách isokyanátových skupín sa odštiepuje CO₂, ktorý pôsobí ako nadúvadlo.

Podľa zloženia východných zmesí je možné pripraviť PUR peny:

- mäkké peny
- tvrdé peny
- polotvrde peny [27].

5 Návrh experimentu

5.1 Stanovenie hypotézy

Metódy, ktoré sa používali na stanovenie distribúcie tlaku nepopisovali priebeh zaťažovania vo všetkých smeroch, ale iba pôsobenie v smere zvislej zložky, výrazne chýbalo podchytenie vplyvu vodorovnej zložky. Taktiež zaťažovacie teleso v tvare dosky nieje vhodné, pretože neodpovedá tvarom ľudského tela a preto je potrebné použiť tvar telesa, ktorý aspoň čiastočne tieto tvary napodobuje.

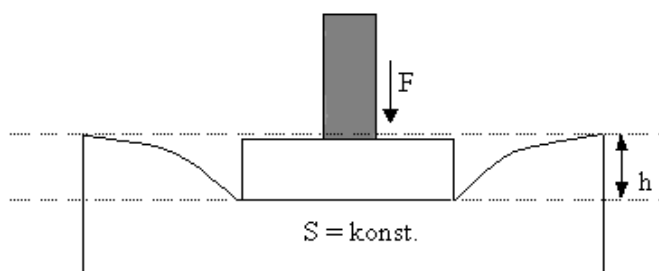
Navrhovaná metóda pre stanovenie distribúcie tlaku vo vláknových útvaroch a polyuretánovej pene je založená na zmene tvaru zaťažovacieho telesa v priebehu zaťažovacieho procesu. Pomocou zaťažovacieho telesa v tvare gule je možné stanoviť zvislú aj vodorovnú zložku, z čoho je potom možné určiť ich vplyv na distribúciu tlaku a taktiež schopnosť testovaného materiálu prispôbiť svoj tvar zaťažovaciemu telesu. Predpokladáme, že pokiaľ je navrhnutá metóda schopná redistribúciu tlaku zachytiť, prejaví sa to jednak v odlišných priebehoch tlakovej sily pri zaťažovaní telesom v tvare dosky a v tvare gule a predovšetkým v priebehoch síl jednotlivých materiáloch. Rozdiely sa prejavia ako rôzna strmosť a tvar priebehu zaťažovacej krivky a rôzne hodnoty výsledných tlakov.

Ak tieto predpoklady splníme, môžeme tuto metódu považovať za vhodnú pre posudzovanie redistribúcie tlaku vo vláknových útvaroch.

5.2 Princíp merania

Testovanie poddajnosti a stlačiteľnosti podložky zisťované pomocou plochej dosky nieje ani zdanlivo podobné zaťažovaniu komplikovanými tvarmi ľudského tela. Preto bola navrhnutá modifikovaná metóda, ktorá používa sondu v tvare guľového telesa. Ďalším dôvodom je existencia nielen zvislej zložky sily F , ale tiež ďalších zložiek pôsobiacich pod obecným uhlom, ktoré prirodzene vznikajú vďaka tvaru zaťažovacieho telesa a jeho obopnutia materiálom, ale ich vplyv je možné pri zaťažení plochou doskou neľahko kvalifikovať [28].

Pre meranie boli použité dva rôzne tvary zaťažovacích telies. Na obr. 19 je zaťažovacie teleso v tvare dosky s kruhovým základom a priemerom 52 mm. Z obrázku vyplýva že vzorka je namáhaná zvislou silou F , ktorá je funkciou hĺbky vtláčenia h a pôsobí na konštantnú plochu vzorky S [28].



Obr.18: Zaťažovacie teleso v tvare dosky [28].

Tlak bol stanovený zo vzťahu (4.1), priebeh tlaku v jednotlivých diferenciách bol získaný zo vzťahu

$$\Delta p_i = \frac{\Delta F_i}{S} \quad (5.1)$$

Celkový tlak bol potom vypočítaný zo vzťahu

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{S} \quad (5.2)$$

Ako druhé bolo použité zaťažovacie teleso v tvare gule, ktorej priemer bol taktiež 52 mm, obr. 19.

Na profile gule nieje tlak konštantný, ale od okrajov narastá s hĺbkou vtláčenia.

Preto bolo možné použiť vzorec

$$p = \int \frac{dF}{dS} \quad (5.3)$$

pretože sa s rastúcou hĺbkou h nemení iba sila F , ale taktiež styčná plocha S , bolo výhodnejšie pri dostatočne malej diferencii ΔF a ΔS písať

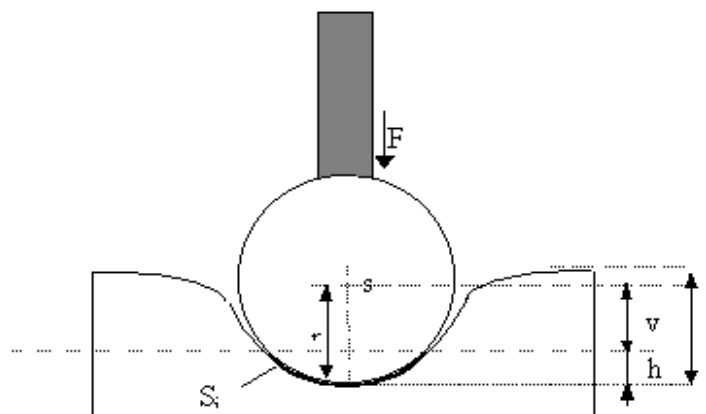
$$\Delta p = \frac{\Delta F}{\Delta S} \quad (5.4)$$

Priebeh tlaku v jednotlivých diferenciách je daný vzťahom:

$$\Delta p_i = \frac{\Delta F_i}{\Delta S_i} \quad (5.5)$$

a celkový tlak vzťahom:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^n F_i}{\sum_{i=1}^n S} \quad (5.6)$$



Obr.19: Zaťažovacie teleso v tvare gule [28].

Zo znalosti geometrického tvaru zaťažovacieho telesa je možné určiť zložky vodorovnej a zvislej reakcie v danom mieste zaťažovacieho telesa (viď. obr. 20). Zo znalosti hĺbky vtlačenia h a polomeru gule r je možné určiť uhol α podľa nasledujúceho vzťahu:

$$\cos \alpha_i = \frac{v_i}{r} \quad (5.7)$$

a pretože $v = r - h$ je výsledný vzťah:

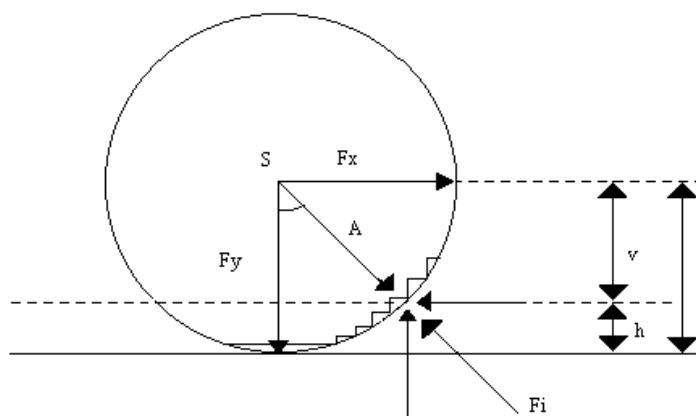
$$\cos \alpha_i = \frac{(r - h_i)}{r} \quad (5.8)$$

V skutočnosti takto vypočítaný uhol nie je v strede elementu, ale je na jeho hornom okraji, avšak pri dostatočne malých diferenciách je možné tuto odchýlku zanedbať. Zo znalosti sily F , prislúchajúcej konkrétnej hĺbke potom je možné písať že vodorovná zložka [28]

$$F_{xi} = \sin \alpha \quad (5.9)$$

a zvislá

$$F_{yi} = \cos \alpha \quad (5.10)$$



Obr. 20: Rozklad síl na guľovom telese [28].

Pri rozbere zvislej a vodorovnej zložky vzniká priesečník čo znamená uhol 45° pôsobiacej výslednice, pokiaľ sa ho dosiahne pri nižších deformáciách, teleso má s materiálom väčšiu styčnú plochu, čo znamená že lepšie obopína jeho tvar.

5.3 Stanovenie parametrov vzoriek

5.3.1 Hrúbka vzorky

Hrúbku materiálu sme merali podľa normy EDANA 30.4-89 – Thickness. Hrúbka textílie je vzdialenosť medzi lícnou a rubnou stranou materiálu, ktorý sa nachádza medzi dvoma rovnobežnými doskami pri stanovenom tlaku. Hrúbka bola meraná podľa druhej časti normy pre textílie s hrúbkou nad 20 mm.

Princíp merania je v "tom, že vzorka rúna sa umiestni medzi dve vodorovné dosky", pričom horná doska vytvára definovaný prítlak 20 Pa. Následne sa bude merať na piatich miestach vzdialenosť medzi týmito doskami a priemerná hodnota z týchto piatich meraní bude pokladaná za hrúbku [29].

Poznámka: Odchýlka od normy

Hrúbka vzoriek sa nemerala pomocou dosiek, ale pomocou meracieho zariadenia Labtest 2.050. Tento prístroj má pre meranie hrúbky vzoriek definovanú vyššie uvedenú normu. Hodnoty merania sú vyhodnocované vo forme grafov, kde sa môžu jednotlivé hodnoty odčítať. Prístroj stlačuje z východzej polohy l_0 textíliu až do hodnoty tlaku 20 Pa. Po jeho dosadení sa odpočíta hodnota posuvu l_1 .

Hľadaná hrúbka h sa stanoví zo vzťahu

$$h = l_0 - l_1 \text{ [m]} \quad (5.11)$$

Hrúbka následne určíme ako aritmetický priemer z 5 meraní.

5.3.2 Stanovenie plošnej hmotnosti textílie

Plošná hmotnosť m_{pl} je podľa normy EDANA 40.3.-90. definovaná ako hmotnosť textílie vzťahnutá na jednotku plochy. Vyjadruje sa v $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ a má byť určená zo skúšobných vzoriek o ploche $50\,000\text{ mm}^2$, ktoré sú vyseknuté z väčšieho kusu textílie.

Plošná hmotnosť sa vypočíta podľa vzťahu

$$m_{pl} = \frac{m}{S} [\text{g} \cdot \text{m}^{-2}] \quad (5.12)$$

kde - m_{pl} je plošná hmotnosť vzorku [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$]

- m je hmotnosť vzorku [g]

- S je plocha vzorku [m^2]

Poznámka: Odchýlka od normy

V prípade nedostatku materiálu tato norma stanoví vyseknutie čo možno najväčšieho pravouhlého kusu netkanej textílie, na ktorom zmeriame plochu a určíme hmotnosť. V našom prípade bola vzorka o rozmeroch $200 \times 200\text{mm}$ vystrihnutá a bola zvážená na laboratórnych váhach s presnosťou na $0,01\text{g}$.

5.3.3 Stanovenie objemovej hmotnosti textílie

Objemová hmotnosť m_{obj} NT bola stanovená podľa normy ČSN 80 0845.

Vyjadruje sa v $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$ a vypočíta sa ako

$$m_{obj} = \frac{m_{pl}}{l} \text{ [kg} \cdot \text{m}^{-3}] \quad (5.13)$$

kde - m_{obj} je objemová hmotnosť [$\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$]

- m_{pl} je plošná hmotnosť [$\text{g} \cdot \text{m}^{-2}$]

- l je hrúbka vzorku [mm]

Pre štatistické spracovanie nameraných hodnôt sa používa charakteristika polohy a variability.

Medzi základné charakteristiky polohy patrí *aritmetický priemer*. Ten je definovaný ako súčet všetkých hodnôt delený ich počtom.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i \quad (5.14)$$

kde - n je počet hodnôt

- x_i sú jednotlivé hodnoty.

Priemer zakrýva a vyhladzuje krajnosti (extrémy) a zároveň je však nimi ovplyvňovaný. Je nutné ho používať spolu s údajmi o rozptyle (variabilite) hodnôt.

Rozptyl s^2 je definovaný ako súčet kvadratických odchýliek x_i od priemeru \bar{x} delený rozsahom výberu n zmenšeným o 1.

$$s^2 = \frac{1}{n-1} \cdot \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (5.15)$$

Smerodajná odchýlka s je definovaná ako odmocnina z rozptylu s^2 . Používa sa najčastejšie pre charakteristiku variability. Malé hodnoty rozptylu zvyšujú význam priemeru, zatiaľ čo veľké hodnoty rozptylu znamenajú veľkú variabilitu nameraných hodnôt [25].

6 Experimentálna časť

V experimentálnej časti je uvedená:

- príprava materiálu pre výrobu vzoriek
- výroba vzoriek a ich príprava pre meranie
- stanovanie parametrov vzoriek
- popis postupu merania distribúcie tlaku
- spracovanie a porovnanie dat

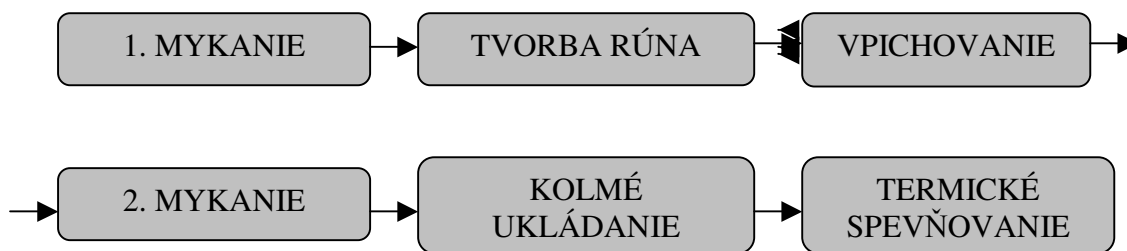
6.1 Príprava materiálu pre výrobu vzoriek

Vzorky boli vyrobené v poloprovoze KNT, okrem vzoriek polyuretánovej peny, ktoré boli získané od spoločnosti Gumotex, Břeclav. Pre výrobu vzoriek NT boli použité dva typy polyesterových vlákien, základných a spojivých. Pre lepšiu porovnateľnosť dosiahnutých výsledkov bolo rozhodnuté použiť rovnakú plošnú a objemovú hmotnosť pri všetkých vzorkách. Taktiež percentuálne zastúpenie jednotlivých zložiek zmesi bolo rovnaké a to 70% základných a 30% spojivých vlákien. Výrobky sa teda líšili iba jemnosťou základných vlákien (viď tab.2). Vzorky boli termicky spevnené pomocou teplovzdušnej komory.

Druh vlákien		Jemnosť [dtex]	Dĺžka [mm]	Teplota tavenia [°C]
základné	PL	6,7	60	256
		14		
spojive	PL/coPL	2,2	30	130-170

Tab. č. 2 - Základné parametre použitých vlákien.

6.2 Výroba vertikálne usporiadanej NT technológiou kolmého ukladania



Obr.21: Blokové schéma výroby vertikálne usporiadanej NT technológiou kolmého ukladania.

K výrobe vláknového útvaru bolo použito dvoch jemností základného vláknového materiálu a to 6,7dtex a 14dtex a spojivého vláknového materiálu v danom pomere 70:30. Takto bolo vytvorené osem navažiek s hmotnosťou 100g. Celkom teda bolo mykaciemu stroju predložené 2 x 800g vláknovej zmesi rôznych jemností. Na laboratórnom valcovom mykacom stroji BEFAMA – typ 3K boli spracované pripravené navážky. Pavučiny vyrobené týmto strojom boli vertikálnym priečnym ukladačom vrstvené a odvádzané pomocou dopravného pásu k vpichovaciemu stroju, ktorý ich mechanicky spevnil. Toto spevnenie bolo potrebné, aby sa zabezpečila manipulačná pevnosť rúna nutná k jeho prenesení na ďalší mykací stroj.

Pred predložením spevneného rúna laboratórnemu mykaciemu stroju typu 3KA bolo toto rúno pozdĺžne preložené na polovicu svojej šírky, na tento mykací stroj naväzoval vibračný kolmý ukladač. Pavučina vytvorená na mykacom stroji vstupovala z vrchu do vibračného kolmého ukladača, kde bola sťahovaná vibrujúcou pílkou k pohybujúcemu sa dopravníku. Takto vytvorené sklady postupovali medzi dopravníkom a drôtovým roštom teplovzdušnou komorou, kde došlo k roztaveniu nižšie taviacej sa zložky bikomponentných vlákien, ktoré po vychladnutí v miestach styku s vláknami základnými vytvorili väzné body. Výsledkom boli textílie dvoch rôznych jemností s vertikálnou orientáciou vlákien k ose textílie o hmotnostiach 760g (technologické straty hmotnosti činili 5%) a rozmeroch približne 0,5 x 4m.

Výrobné parametre strojového zariadenia

Valcový mykací stroj BEFAMA – typ 3K:

- | | |
|-------------------------------|---------|
| ▪ vstupná rýchlosť dopravníku | 1m/min |
| ▪ výstupná rýchlosť pavučiny | 10m/min |

Vpichovací stroj názov Hansa RO2:

- | | |
|--|--------------------------|
| ▪ odvádzacia rýchlosť vpichovacieho stroja | 0,36 m.min ⁻¹ |
| ▪ hĺbka vpichu | 8 mm |
| ▪ frekvencia ihlovej dosky | 240 min ⁻¹ |
| ▪ typ ihly | 15 x 18 x 32 x 3,5 RB |
| ▪ počet priechodov vpichovacím strojom | 1 |
| ▪ priet'ah vpichovacieho stroja | 1,5 |

Valcový mykací stroj BEFAMA – typ 3KA:

- | | |
|-------------------------------|-----------|
| ▪ vstupná rýchlosť dopravníku | 1m/min |
| ▪ výstupná rýchlosť pavučiny | 10,5m/min |

Vibračný kolmý ukladač:

- | | |
|--|---------------|
| ▪ rýchlosť privádzacieho pásu pre pavučinu | 12m/min |
| ▪ frekvencia vibračného ukladača | 190zdvihů/min |
| ▪ výška ukladacej lišty | 27mm |

Teplovzdušná komora:

- | | |
|-----------------------------------|-----------|
| ▪ teplota komory | 150°C |
| ▪ odvádzacia rýchlosť pásu komory | 0,25m/min |

6.2.1 Parametre vzoriek a ich značenie

Pred samotným meraním bolo potrebné u vzoriek určených k meraniu urobiť ich rozlíšenie označením (vzorka **A** pre vlákňový útvar s jemnosťou 6,7 dtex a vzorka **B** pre vlákňový útvar s jemnosťou 14 dtex) a zistiť plošnú a objemovú hmotnosť týchto vzoriek, podľa noriem uvedených v kap.5.2. Parametre vzoriek sú pre dve vrstvy, teda tak, ako boli určené k meraniu.

hrúbka vzorky	56,6 ± 2 [mm]
plošná hmotnosť	253,3 [g.m ⁻²]
objemová hmotnosť	4,7 ± 0,2 [kg.m ⁻³]

Pre porovnanie vzoriek vláknových vrstiev boli použité vzorky PUR peny s rôznou tuhosťou a objemovou hmotnosťou. Parametre a značenie vzoriek sú uvedené v tabuľke č.3.

Vzorky polyuretánových pien	Hrúbka vzoriek [mm]	Plošná hmotnosť m_s [g/m ²]	Objemová hmotnosť m_v [kg/m ³]
PUR pena I.	50 ± 1,5	1520	30,4 ± 0,91
PUR pena II.		1250	25 ± 0,75
PUR pena III.		1100	22 ± 0,66
PUR pena IV.		2660	53,2 ± 1,60
PUR pena V.		960	19,2 ± 0,58

Tab. č. 3: Popis vzoriek polyuretánovej peny a ich parametre

6.3 Meranie distribúcie tlaku

6.3.1 Postup merania distribúcie tlaku

Meranie distribúcie tlaku na vyššie uvedených vzorkách bolo urobené na testovacom zariadení LabTest 2.050 doplnenom o meracie zariadenie pre stanovenie redistribúcie tlaku v objemných stlačiteľných materiáloch. Základné prevedenie stroja je ovládané pomocou PC .

Po vložení vzoriek do prístroja bol spustený cyklus stlačovania, tzn. že meracie zariadenie umiestnené na posuvnom priečniku skúšobného prístroja LabTest 2.050 sa pohybovalo z východzej polohy rýchlosťou 50mm/min do 80% stlačenia hrúbky vzorky (toto bolo stanovené vzhľadom k maximálnemu rozsahu cely 50 N). Po dosiahnutí tohoto stlačenia sa meracie zariadenie opäť vrátilo do východzej polohy. Pre každú jemnosť a každý tvar zaťažovacieho telesa boli uskutočnené 5 meraní.

Pri zaťažovaní telesom v tvare dosky o priemere 52 mm nebolo nutné teleso nijako upravovať. Ale pre zaťažovanie telesom v tvare gule, ktoré malo taktiež priemer 52 mm bolo potrebné zabezpečiť určitým spôsobom prepočet nameranej hĺbky na hĺbku skutočného zaborenia telesa. Preto bolo toto zaťažovacie teleso

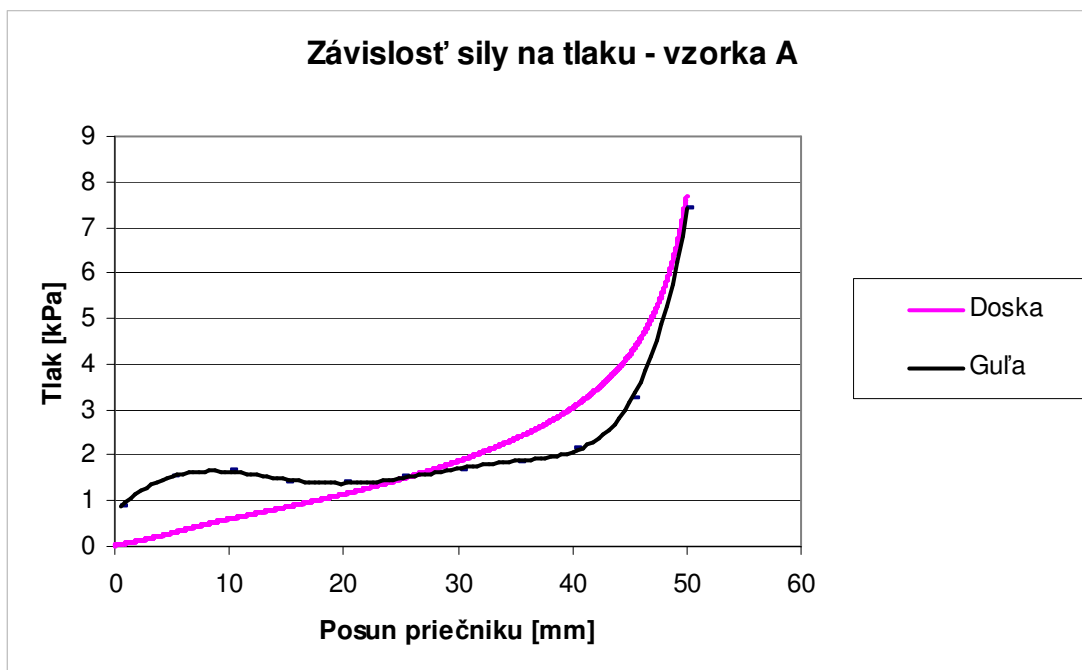
opatrené stupnicou povrchovej dĺžky oblúku (vid'. obr. 22). Tato stupnica bola v priebehu experimentu snímaná digitálnou kamerou Panasonic NV-GS120EG pre získanie obrazového údaju, ktorý bol neskôr analyzovaný pomocou obrazovej analýzy LUCIA G.



Obr.22: Zaťažovacie teleso v tvare dosky a v tvare gule.

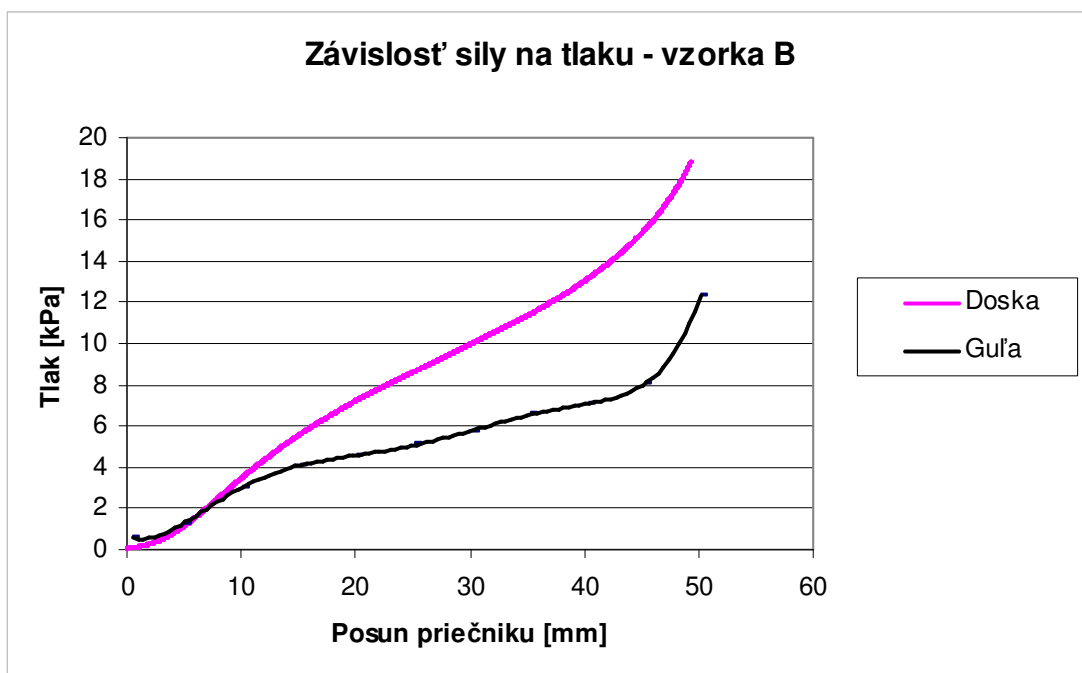
6.4 Výsledky merania distribúcie tlaku

Vypočítané hodnoty tlakov z piatich meraní od každého typu vzorky a každého tvaru zaťažovacieho telesa boli spracované do grafov, z ktorých boli vytvorené reprezentatívne grafy pre každý typ vzorky. Výsledky pre každý typ vláknového útvaru sú uvedené nižšie (vid'. graf č.1 a 2) a boli získané z piatich zaťažovacích skúšok. Polyuretánové peny sú, vzhľadom k ich rôznym objemovým hmotnostiam uvedená každá samostatne (vid'. graf č.3 - 7). V grafoch nie sú vynesene začiatkové hodnoty z toho dôvodu, že odčítanie pri obrazovej analýze bolo nedostatočné.

Vzorka A

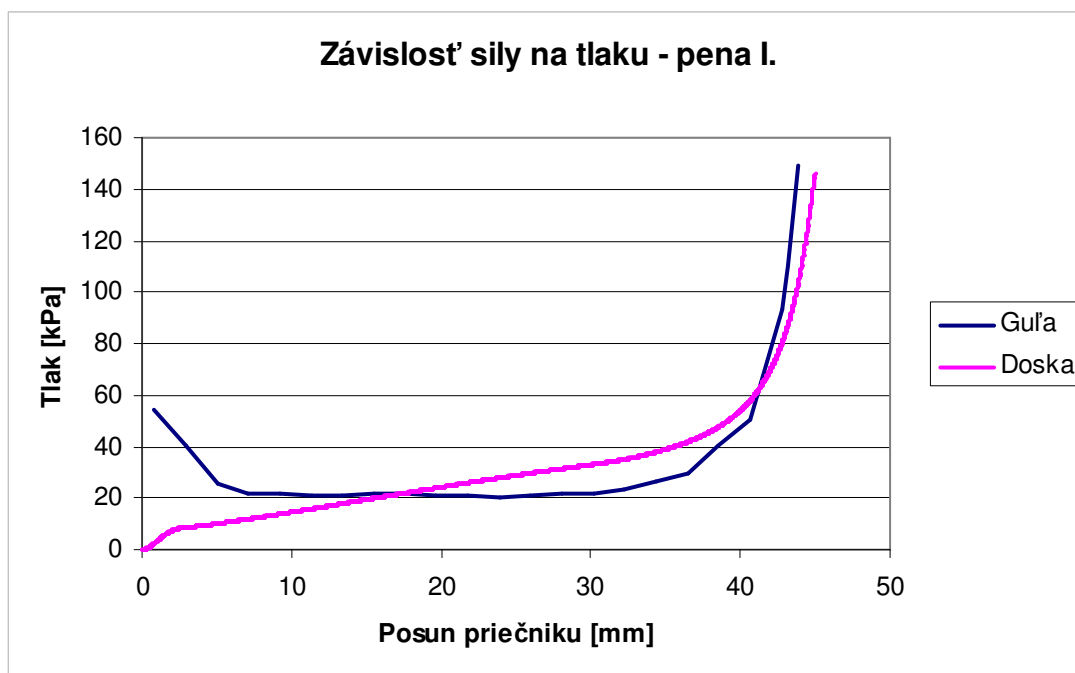
Graf č.1 – porovnanie zaťažovacích kriviek pre rôzne zaťažovacie telesá

Pri vzorke **A** (jemnosť 6,7 dtex) tlak pre zaťažovacie teleso v tvare gule aj dosky dosiahol približne rovnakých koncových hodnôt tlaku, ale priebeh zaťažovacej krivky je rozdielny. Zaťažovacie teleso v tvare gule v počiatočných hodnotách dosahovalo vyššieho tlaku, čo bolo spôsobené tým, že nedochádzalo k dostatočnému obopínaniu materiálu. A aj keď pôsobím malá sila na veľkú plochu vzniká vysoký tlak.

Vzorka B

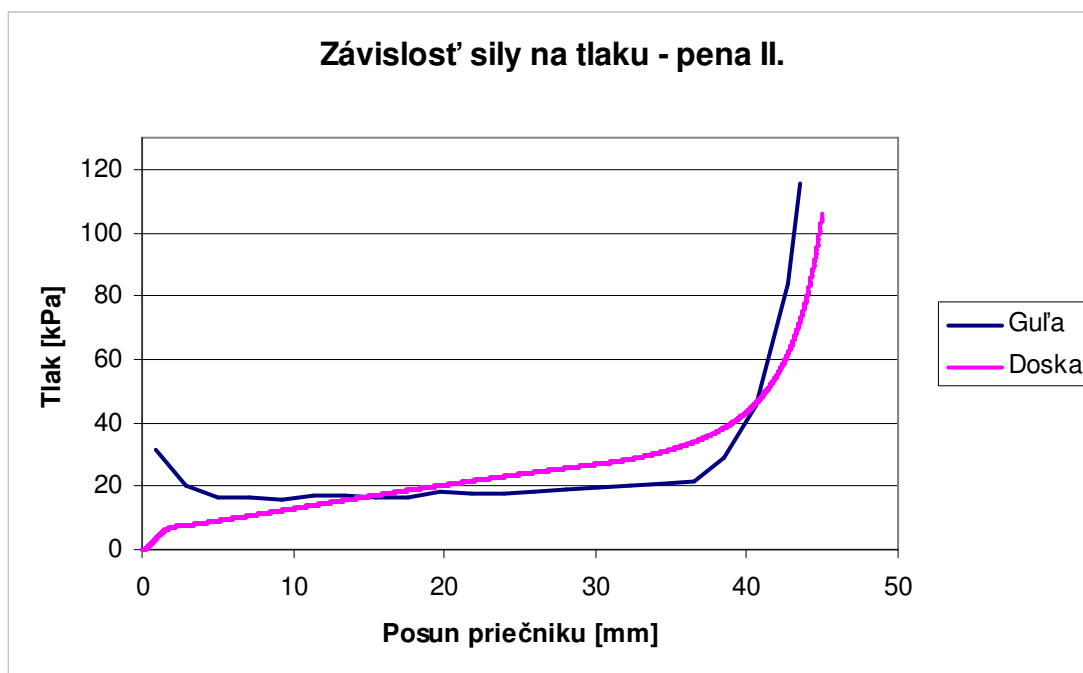
Graf č. 2 – porovnanie zaťažovacích kriviek pre rôzne zaťažovacie telesá

Vzorka **B** (jemnosť 14 dtex) mala v počiatočných hodnotách nízky tlak. Tvar priebehu zaťažovacej krivky pre obidve zaťažovacie telesá je skoro rovnaký. Výrazný rozdiel je v tlakoch počas zaťažovania a taktiež v koncových hodnotách tohoto zaťažovania. Zaťažovacie teleso v tvare gule dosahovalo koncových hodnôt tlaku približne okolo 12 kPa. Tato vzorka dosahovala celkove vyšší tlak z čoho vyplýva, že má vyššiu tuhosť.

Pena I.

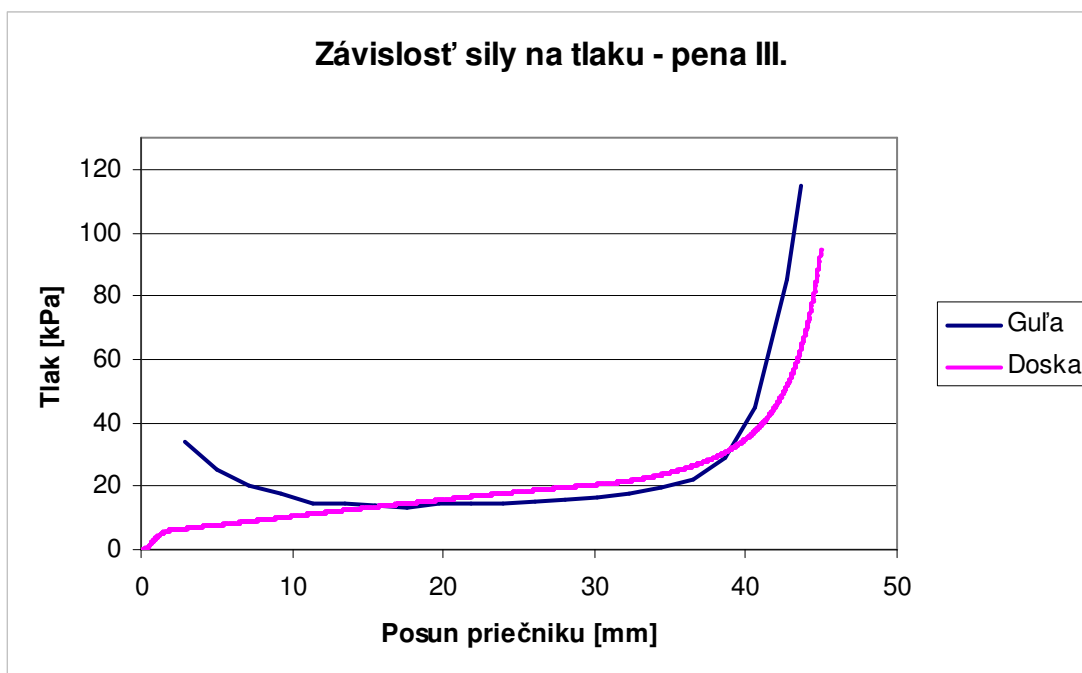
Graf č. 3 – porovnanie zaťažovacích kriviek pre rôzne zaťažovacie telesá.

PUR pena I. pri zaťažovaní telesom v tvare gule v počiatočných hodnotách vykazovala vysoké hodnoty tlaku, ktoré potom klesali. Pri hodnote 5 mm posunu priechniku sa tlak ustálil na hodnotu 20 kPa a do 30 mm posunu priechniku sa tento tlak výrazne nemenil z čoho vyplýva, že aj pri zväčšovaní plochy je tento tlak nemenný. Pri zaťažovaní telesom v tvare dosky tlak v počiatočných hodnotách rýchle stúpol na 10 kPa a pri hodnote približne 2,5 mm posunu priechniku sa toto stúpanie spomalilo. Priebehy zaťažovacích kriviek sa vzájomne pretínajú 2 krát a vznikajú tak 2 priesečníky (priesečník znamená uhol 45° , pokiaľ sa ho dosiahne pri nižších deformáciách, teleso má s materiálom väčšiu styčnú plochu, čo znamená že lepšie obopína jeho tvar).

Pena II.

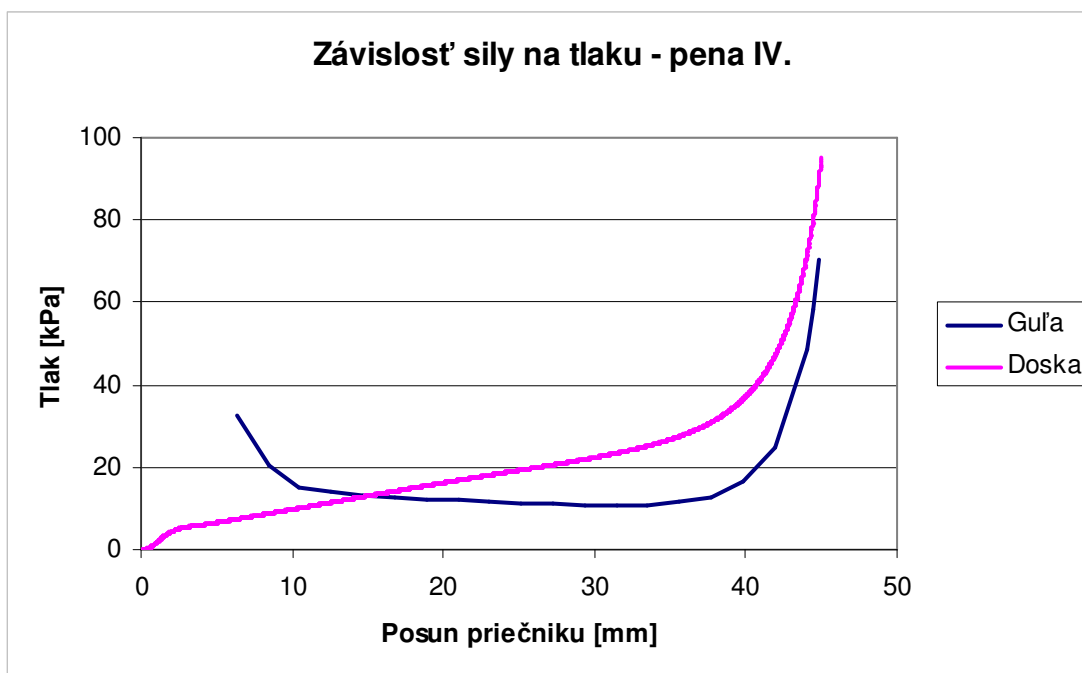
Graf č. 4 – porovnanie zaťažovacích kriviek pre rôzne zaťažovacie telesá

Zaťažovacie teleso v tvare dosky pri tejto PUR pene vykazovalo obdobie priebehu zaťažovania ako pri PUR pene I., rozdiel bol iba v dosiahnutých koncových hodnotách. Zaťažovacie teleso v tvare gule zase vykazovalo vysoké hodnoty tlaku v počiatočných hodnotách. Tento tlak následne klesal až na hodnotu približne 17 kPa a udržal sa bez výraznej zmeny až do 37 mm posunu prierečniku. Pena vykazuje taktiež 2 priesečníky a to v 15 mm a 41 mm posunu prierečniku. Rozdiel tlakov medzi prvým a druhým priesečníkom v priebehu zaťažovania bol značný.

Pena III.

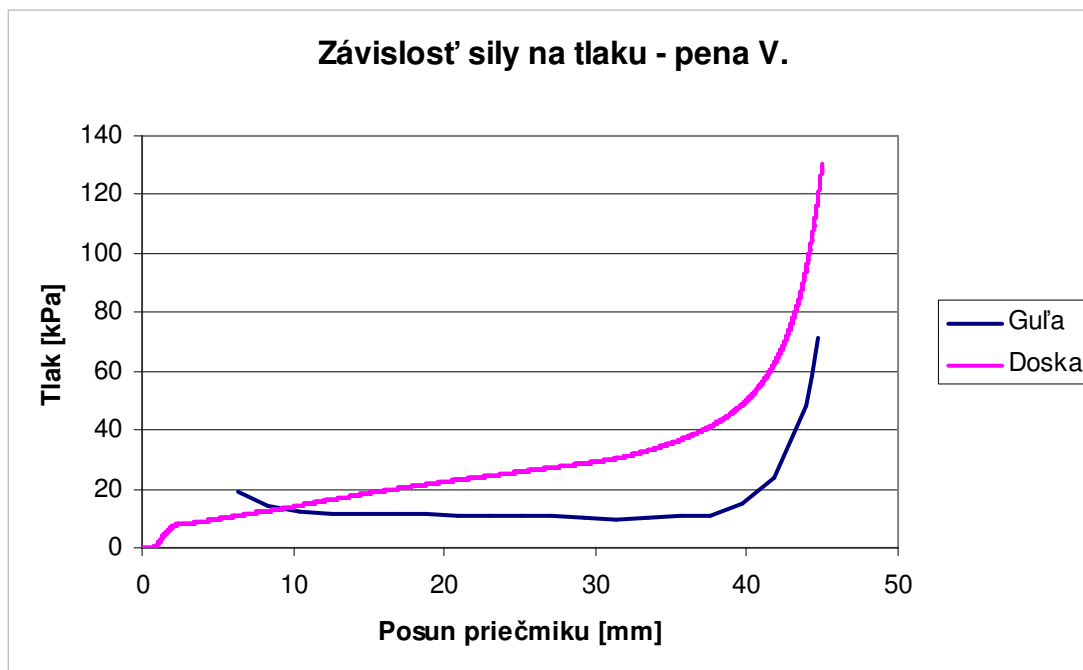
Graf č. 5 – porovnanie zaťažovacích kriviek pre rôzne zaťažovacie telesá

Pri pene III. bol tvar zaťažovacej krivky pri zaťažovaní telesom v tvare gule od hodnoty 15 mm posunu priechniku takmer rovnaký ako tvar zaťažovacej krivky pre zaťažovacie teleso v tvare dosky. Do hodnoty 15 mm posunu priechniku tieto dve krivky vykazovali veľmi rozdielne hodnoty tlakov a to zaťažovacie teleso v tvare dosky malo tlak výrazne stúpajúci od 0 – 15 kPa a zaťažovacie teleso v tvare gule zase tento tlaku klesajúci od hodnoty 35 – 15 kPa. Rozdiel tlakov medzi prvým a druhým priesečníkom nebol tak výrazný ako pri pene I. a II.

Pena IV.

Graf č. 6 – porovnanie zaťažovacích kriviek pre rôzne zaťažovacie telesá

PUR pena IV. pri zaťažovaní telesom v tvare gule mala výrazne nerovnomerný tvar priebehu zaťažovacej krivky. V počiatku zaťažovania tlak prudko klesal z hodnoty 35 kPa na 16 kPa a to asi na 5 mm posunu priechniku, potom tlak nevykazoval takýto strmý pokles, ale klesanie pokračovalo až do hodnoty približne 35 mm posunu priechniku a nasledovalo strmé stúpanie. Koncová hodnota tlaku pri pôsobení zaťažovacieho telesa v tvare gule bola výrazne nižšie ako koncová hodnota tlaku pri zaťažovaní telesom v tvare dosky.

Pena V.

Graf č. 7 – porovnanie zaťažovacích kriviek pre rôzne zaťažovacie telesá

Zaťažovacie teleso v tvare dosky vykazovalo približne rovnaké hodnoty tlaku a taktiež rovnaký tvar priebehu zaťažovacej krivky ako pri predchádzajúcich penách. Výrazný rozdiel bol zaznamenaný pri zaťažovaní zaťažovacím telesom v tvare gule, priesečník je jeden a to na hodnote 10 mm posunu priechmiku a 15 kPa. Tlak v počiatku zaťažovania bol mierne klesajúci z hodnoty 20 kPa na približne 12 kPa a táto hodnota sa až do 37 mm posunu priechmiku výrazne nemenila.

Vzorka	sila [N]	hĺbka vtlačenia [mm]
A	1,5	16
B	2,8	15
Pena I.	19	15
Pena II.	17	15
Pena III	15	16
Pena IV.	17	19
Pena V.	15	16

Tab. č. 4 – Priesečníky zvislej a vodorovnej zložky

7 Diskusia výsledkov

Diskusia je rozdelená do troch hlavných častí. V prvej časti urobíme porovnanie distribúcie tlaku na základe rozdielnych tvarov zaťažovacích telies vzoriek. V druhej časti budeme sledovať vplyv jemnosti použitých vlákien na distribúciu tlaku. A v tretej časti sa zameriame na vzájomné porovnanie distribúcie tlaku vláknových útvarov a PUR pien.

7.1 Vplyv tvaru zaťažovacieho telesa na redistribúciu tlaku

7.1.1 Vláknoútvary – vzorka A

Pri vzorke **A**, ktorá má jemnosť 6,7 dtex, vykazuje teleso v tvare gule vyšší tlak v počiatočných hodnotách z dôvodu sily pôsobacej na malej ploche. V hodnotách približne od 10 mm do 40 mm posunu pričniku nedochádza k výraznejšiemu nárastu tlaku, aj keď hĺbka vtláčenia zaťažovacieho telesa stúpa, vzniká tzv. plató. V koncových hodnotách dosahujú tlaky približne rovnakých hodnôt pre obidve telesá, ale v priebehu zaťažovania vykazovalo zaťažovacie teleso v tvare gule nerovnomernejší tvar priebehu zaťažovacej krivky ako zaťažovacie teleso v tvare dosky (viď. graf č.1). Nerovnomernosť tu môže byť spôsobená vplyvom zmeny štruktúry textílie pri zaťažovaní a tým i zmenou distribúcie tlaku, čo sa zrejme prejaví i na tvare zaťažovacej krivky.

7.1.2 Vláknoútvary – vzorka B

Vzorka **B** s jemnosťou 14 dtex má v počiatočných hodnotách nízky tlak a priebeh zaťažovacej krivky pre obidve telesá je až do hodnoty 10 mm posunu pričniku skoro rovnaký. Pri hodnote 20 mm posunu pričniku zaťažovacie teleso v tvare dosky dosahuje tlaku 7 kPa a teleso v tvare gule 5 kPa. Ale pri hodnote 40 mm posunu pričniku je rozdiel v hodnotách tlaku medzi jednotlivými tvarmi zaťažovacích telies výraznejší. Zaťažovacie teleso v tvare gule ma tlak 7 kPa a teleso v tvare dosky 13 kPa. Tento rozdiel tlakov je zachovaný až do koncových hodnôt. Z toho vyplýva, že rozdiel tlakov približne od hodnoty 15 mm posunu pričniku medzi jednotlivými zaťažovacími telesami je výraznejší ako pri vzorke **A**. Neobjavuje sa tu tzv. plató, čo môže byť pre správnu distribúciu tlaku nevýhodné.

7.1.3 Polyuretánové peny

Všetky polyuretánové peny vykazujú na začiatku zaťažovania veľký tlak, to je spôsobené tým, že zaťažovacie teleso pôsobí na veľmi malej ploche. Pri počiatkových hodnotách zaťažovaním telesom v tvare dosky tlak nadobudol hodnôt 0 – 10 kPa a to pri posune priečniku do 1 mm a vykazoval konkávny priebeh. Týmto je možné vysvetliť aj vysoké hodnoty tlaku v prípade zaťažovania guľou. V ďalšom zaťažovaní až do 40 mm posunu priečniku nieje tento vzostup tak výrazný. Takýto priebeh zaťažovania telesom v tvar dosky je u všetkých pien rovnaký, čo ale nemôžeme tvrdiť o zaťažovaní telesom v tvare gule, kde sú rozdiely výraznejšie. Tlak klesne a hodnoty tlaku vykazujú minimálny, alebo žiadny nárast až do hodnoty približne 40 mm posunu priečniku. Hodnota tlaku v tomto úseku je u všetkých nami meraných PUR pien 10 kPa a vzniká tu tzv. plató. Ku koncu zaťažovania je vzostup tlaku nárazovo vysoký čo spôsobili vysoké hodnoty stlačenia, kde je z materiálu vytlačená väčšina vzduchu a mechanická odozva je daná predovšetkým namáhaním samotnej PUR hmoty. Na grafoch č. 3, 4 a 5 sú viditeľné v priebehoch zaťažovania 2 priesečníky, ktoré sú spôsobené rozdielnym priebehom obidvoch kriviek. Tieto priebehy majú malé rozdiely tlakov medzi zaťažovacím telesom v tvare dosky a zaťažovacím telesom v tvare gule od prvej tretiny priebehu zaťažovania a v koncových hodnotách priebehu zaťažovania. Pri grafoch č. 6 a 7 je rozdiel v tlakoch v priebehu zaťažovania výraznejší. Tieto peny vďaka svojej tuhosti neobopínajú tvar telesa dostatočne pri menších hodnotách deformácie, to vyplýva z tabuľky č. 4 pre priesečníky zvislej a vodorovnej zložky.

7.2 Vplyv jemnosti na distribúciu tlaku

Vzorka **A** ma na počiatku zaťažovania telesom v tvare gule vyššie hodnoty tlaku, ktoré následne začnú klesať a približne od hodnoty 15 mm hĺbky vtláčenia sa postupne ustália. Od tejto hodnoty až do 40 mm hĺbky vtláčenia sa výraznejšie tento tlak nemení, aj keď hodnota vtláčenia zaťažovacieho telesa stúpa. Približne v hodnote 45 mm hĺbky vtláčenia zaťažovacieho telesa nastáva prudký vzostup tlaku. Tento tlak, aj napriek tomu, že má tak prudký vzostup dosahuje hodnoty 7,5 kPa a táto koncová hodnota je nižšia ako koncová hodnota tlaku pri vzorke **B**. Ak pri vzorke **A** budeme určitou silou pôsobiť na malú plochu, tak tento materiál bude mať nízku odolnosť proti stlačeniu, ale ak sa tuto plochu bude zväčšovať, tak tlak sa na určitú dobu ustáli

a materiál bude vykazovať optimálne hodnoty tlaku, ale iba do tej doby, pokiaľ nebude prekročená kritická hranica vtláčenia zaťažovacieho telesa. Vzorka **B** má už od počiatkových hodnôt stúpajúci tlak a tvar priebehu zaťažovacej krivky pre zaťažovacie teleso v tvare gule je v porovnaní so vzorkou **A** rovnomernejší a taktiež tieto hodnoty sú nižšie a nemajú klesajúcu tendenciu. Koncová hodnota tlaku sa pohybuje približne okolo hodnoty 13 kPa. Tato vzorka má výhodnejší priebeh v počiatkových hodnotách zaťažovania ako vzorka **A** a to preto, že hodnoty tlaku pri nízkych deformáciách sú pomerne malé. Naproti tomu, absenciu tzv. platô za výhodnou nepovažujeme.

7.3 Porovnanie vláknových útvarov a polyuretánovej peny

Zásadný rozdiel je ako v priebehoch zaťažovania tak i v hodnotách dosiahnutého tlaku. PUR peny majú až na prvú tretinu takmer rovnaké priebehy zaťažovania medzi zaťažovacím telesom v tvare dosky a v tvare gule. Pri vláknových útvaroch sú tieto rozdiely výraznejšie a taktiež je výrazný rozdiel v tlakoch, ktorými na tieto materiály pôsobili zaťažovacie telesá. Pri PUR pene pri zaťažovaní telesom v tvare gule vo vodorovnom smere nieje podpora, vplyv vodorvnej zložky je podstatne nižší ako pri vlákenných útvaroch. Vzhľadom k porovnaniu so vzorkou **B** sa prakticky nevyskytuje do určitej hodnoty stlačenia. Vláknové útvary dosahovali maximálnych hodnôt pôsobiacej sily pri vzorku **A** 8,5 N a pri vzorku **B** od 15 – 26 N, ale pri penách je tato hodnota podstatne vyššia (50-110 N) a týmto sa zvýšila aj hodnota tlaku. Vláknové útvary majú priesečník zvislej a vodorovnej zložky priemerne pri hĺbke vtláčenia zaťažovacieho telesa 16 mm a sila je 1,5 – 2,5 N, peny majú tento priesečník pri hĺbke vtláčenia medzi 15 – 20mm pri pôsobiacej sile 15 – 19 N. Priesečník znamená uhol 45° pôsobiacej výslednice a pokiaľ sa ho dosiahne pri nižších hodnotách deformácie, tak teleso má s materiálom väčšiu styčnú plochu, alebo inak povedané, lepšie obopína tvar toho telesa. Z týchto hodnôt vyplýva, že vláknové útvary lepšie obopínajú zaťažovacie teleso v tvare gule v celom rozsahu zaťažovania.

7.4 Posúdenie hypotézy

Ako nám dokazujú vyhodnotenia výsledkov a následná diskusia, táto metóda merania distribúcie tlaku vo vláknových útvaroch a PUR pene dáva lepší prehľad o tom, ako sa teleso chová pri zaťažení určitou silou a určitým tvarom telesa aj v inej než zvislej zložke. Zaťažovanie telesom v tvare dosky neukazuje žiadny výrazný rozdiel medzi použitými materiálmi, ale pri použití zaťažovacieho telesa v tvare gule sú tieto rozdiely už viditeľné, hlavne v tvaroch priebehu zaťažovacej krivky, v dosahovaných hodnotách tlakov a tiež v rôznych strmostiach týchto kriviek, čo je znázornené v grafoch. Z toho môžeme usudzovať, že tak ako tvar zaťažovacieho telesa, tak aj použitý materiál majú významný vplyv na distribúciu tlaku v týchto materiáloch a týmto môžeme túto metódu považovať za vhodnú pre posudzovanie redistribúcie tlaku pre určité druhy materiálov a je možné tak napr. urobiť porovnanie s už existujúcimi výrobkami, ktoré majú preukázateľne výhodnú distribúciu tlaku a umožniť tak priblíženie k ich vlastnostiam.

8 Záver a doporučení

Cieľom tejto diplomovej práce bolo stanoviť a posúdiť, aký vplyv majú rôzne tvary zaťažovacích telies na redistribúciu tlaku. Toto meranie bolo uskutočnené v odlišných vláknových systémoch a na odlišných PUR penách. Závěry, ktoré nám vyplynuli z experimentu môžeme následovne formulovať takto:

Vplyv tvaru zaťažovacieho telesa

Tvar zaťažovacieho telesa mal výrazný vplyv na priebeh zaťažovacej sily. Pri použití tvaru zaťažovacieho telesa v tvare dosky sa na jednotlivých materiáloch neprejavili významne pozorovateľne rozdiely. Tvar priebehu zaťažovacej krivky bol v porovnaní s telesom v tvare gule výrazne rovnomernejší, čo bolo predpokladané, z toho dôvodu, že pri telese v tvare dosky nieje možné podchytiť vplyv vodorovnej zložky. Zaťažovacie teleso v tvare gule popisuje vierohodnejšie obopínanie materiálu tohoto tvaru a vplyv vodorovnej zložky sily a tým dostaneme aj presnejší popis chovania materiálu pri skutočnom zaťažení.

Chovanie vláknového útvaru po zaťažení podstatne ovplyvnila aj jemnosť vlákien. Vlákna s jemnosťou 6,7 dtex dosahovali nižších tlakov v priebehu celého zaťažovania, tvar priebehu zaťažovacej krivky bol nerovnomerný, ale zase tento priebeh vykazoval tzv. plató, čo znamená že vláknový útvar s jemnosťou vlákien 6,7 dtex v tomto úseku má lepšiu odozvu na pôsobenie zvyšujúcej sa sily. Vlákna s jemnosťou 14 dtex mali tento priebeh rovnomernejší, lepšie reagovali na stlačovanie, ale zase pri tomto priebehu nám chýba tzv. plató, ktoré je pre naše hodnotenie materiálu výhodou.

Návrhy a doporučenia

Pri zaťažovaní telesom v tvare gule bola použitá digitálna kamera Panasonic NV-GS120EG s následným vyhodnotením pomocou obrazovej analýzy Lucia G. Tento postup nezaisťoval presné odčítanie hodnôt povrchovej dĺžky oblúku, ktorá je nutná pre ďalšie výpočty. Po odstránení tohoto nedostatku sa tato metóda môže stať významným pomocníkom pri skúmaní distribúcie tlakov vo vláknových a nevláknových útvaroch, čoho sa môže využiť k dokonalejšiemu navrhovaniu matracov pre dlhodobu ležiacich pacientov.

9 Použitá literatura:

- [1] RIEBLOVÁ, V., VÁLKA, J., FRANCŮ, M.: Trendy soudobé chirurgie, Dekubity, nakladatelství Galén 2000
- [2] Dostupné na <http://www.linet.cz/zdravotnicka-technika/o-spolecnosti/caspois-komfort/komfort-4-2004/26843/fakta-o-dekubitech>
- [3] Dostupné na <http://www.osobniasistence.cz/dekubity1.php>
- [4] Dostupné na <http://www.lf.cuni.cz/studium/materialy/chirurgie/txt/poop-care.html>
- [5] RODRIGUEZ, G. P., CLAUS-WALKER, J.: Biochemical changes in skin composition in spinal cord injury: A possible contribution to decubitus ulcers. Paraplegia 1985.
- [6] COLIER, M.E. Pressure Sore Prevention and Development. Educational et No.3 Northampton. Wound Care Society, 1995.
- [7] Dostupné na <http://biomech.ftvs.cuni.cz/pbpk/kompendium/rhbengn/pomucky-kompenzacni.php>
- [8] Dostupné na http://www.linet.cz/data2/dep_5
- [9] Dostupné na http://www.linet.cz/data2/dep_33
- [10] Dostupné na <http://www.matracemoom.com/pages/spravne-pouzitie-matraci.html>
- [11] ČSN EN ISO 1856
- [12] ČSN EN ISO 3385
- [13] Dostupné na <http://sk.wikipedia.org/wiki> (čerpané 9.12.06)
- [14] MACHÁČEK, M. : Encyklopédia fyziky, 1995
- [15] KRBÁLKOVÁ, J. : Distribúcia tlaku v odlišne orientovaných vlákenných systémech, DP, TUL 2001
- [16] NECKÁŘ, B.: Morfologie a struktúrní mechanika obecných vlákenných útvarů, Skriptum, TU Liberec 2001
- [17] KRČMA, R., JIRSÁK, O. : zborník prednášok z medzinárodnej konferencie NT, Brno 1989
- [18] KOŠKOVÁ, B.: Struktura a vlastnosti vláken. Skript VSŠT, Liberec 1989
- [19] NOVÁK, O.: Rozptyl lokálního kompresního odporu v 3D netkaných textílií, DP, TUL 2000
- [20] PROCHÁZKOVÁ, P.: Průběh deformační křivky pro kolmo kladené netkané textilie, DP, TUL 2001

-
- [21] Dostupné na <http://www.foamstudies.bham.ac.uk/foam/mechanics.html>
- [22] SIMON, J.: Základy textilního a oděvního inženýrství; skript VSŠT, Liberec 1984
- [23] KLÍMOVÁ, L.: Studium vlastností 3D netkaných textílií, DP, TUL 2000
- [24] BOUMOVÁ, D.: Studie k disertační práci - stlačování textilních vlákenných útvarů. TU Liberec 2004/05
- [25] SEGER, J., HINDLS, R.: Statistické metody v tržním hospodářství, Praha 1995
- [26] JIRSÁK, O., MACKOVÁ, I. : Netkané textílie, skriptum TU, Liberec 2001
- [27] MLEZIVA, J., ŠŇUPÁREK, J.: Polymery – Výroba, struktura, vlastnosti a použití. Sobotáles Praha 2000.
- [28] NOVÁK, O.: Šíření napětí ve vlákenných útvarech, Experimentální analýza napětí, XXXXII mezinárodní konference, Kašperské Hory, ČR, 2004, ISBN 80-239-2964-X
- [29] EDANA 30.4–89
- [30] MILITKÝ, J.: Textilní vlákna, skriptum TU, Liberec 1995