



Analýza dvou a půlvrstvého laminátu s využitím kopolyesterového lepidla

Diplomová práce

Studijní program: N3957 – Průmyslové inženýrství
Studijní obor: 3901T073 – Produktové inženýrství

Autor práce: **Bc. Tereza Turínková**
Vedoucí práce: Ing. Roman Knížek, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

Analysis of two and a half layer laminate with usage of copolyester adhesive

Master thesis

Study programme: N3957 – Industrial Engineering
Study branch: 3901T073 – Product Engineering

Author: **Bc. Tereza Turínková**
Supervisor: Ing. Roman Knížek, Ph.D.



Tento list nahradte
originálem zadání.

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum:

Podpis:

PODĚKOVÁNÍ

Velmi ráda bych poděkovala vedoucímu mé práce panu Ing. Romanu Knížkovi, Ph.D. za jeho odborné vedení a vždy ochotně udělované rady. Dále bych ráda poděkovala i paní Ing. Janě Grábmüllerové, paní Ing. Denise Karhánkové a pánu Ing. Rudolfu Třešňákovi za jejich pomoc, kterou mi poskytli při tvorbě experimentální části diplomové práce.

Také děkuji své rodině za podporu a povzbuzování po celou dobu mého studia. A v neposlední řadě velký dík patří mému partnerovi za podporu a cenné rady při psaní diplomové práce a při přípravě na státní zkoušky.

ANOTACE

Diplomová práce je zaměřená na analýzu nového typu dvou a půlvrstvého laminátu, který byl vytvořený pomocí kopolyesterového lepidla. V rešeršní části práce jsou popsány typy laminátů, laminace, membrán a jejich specifických vlastností vhodných pro outdoorové účely. V experimentální části práce se prováděla obrazová analýza pro zjištění detailních rozměrů kopolyesterových bodů a zejména pro určení procentuálního zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem. Dále byly dvouvrstvý laminát bez nanosení „půl vrstvy“, dvou a půlvrstvý laminát a dva konkurenční materiály podrobeny zkouškám tepelných vlastností, výparného odporu, prodyšnosti vzduchu, hydrostatické odolnosti a odolnosti v oděru. Výsledky zkoušek byly statisticky zpracovány a byly z nich vytvořeny dvě analýzy rozptylu. První analýza rozptylu potvrzovala nebo vyvracela vliv procentuálního zakrytí membrány na danou vlastnost. Druhá analýza rozptylu potvrzovala nebo vyvracela vliv typu zakrytí membrány na danou vlastnost. V poslední části byly výsledky zhodnoceny a bylo navrženo zlepšení laminátu.

KLÍČOVÁ SLOVA:

Dvou a půlvrstvý laminát, dvouvrstvý laminát, kopolyesterové lepidlo, nanovláknenná membrána, analýza rozptylu

ANNOTATION

My diploma thesis focuses on analysis of new type two and half layered laminate which was created with help of copolyester adhesive. In the recherche part, descriptions are provided for different types of laminates, lamination, membranes and their specific attributes which are useful for outdoor usage. In the experimental part an image analysis was done in order to find out precise dimensions of copolyester points and above all to determine percentage coverage of the membrane by the copolyester adhesive. Further more two layered laminate without the "half layer", two and half layered laminate and two competitive materials were put under examination of thermal properties, vapor resistance, air permeability, hydrostatic resistance and abrasion resistance. The results of the examinations were statistically processed and two dispersion analyses were created from it. The first dispersion analysis accepted or rejected the influence of percentage coverage of the membrane on the given property. The second dispersion analysis accepted or rejected the influence of a membrane coverage type on the given property. In the last part, the results were evaluated and a laminate improvement was proposed.

KEY WORDS:

Two and half layered laminate, two layered laminate, copolyester adhesive, nanothread membrane, dispersion analysis

Obsah

1. ÚVOD	13
2. REŠERŠNÍ ČÁST	14
2.1 Outdoorové oděvy.....	14
2.2 Oděvní komfort	14
2.3 Vlastnosti outdoorových oděvů	16
2.3.1 Tepelné vlastnosti.....	16
2.3.2 Paropropustnost.....	17
2.3.3 Prodyšnost	18
2.3.4 Hydrostatická odolnost	19
2.3.5 Odolnost v oděru	19
2.4 Textilní membrány	20
2.4.1 Mikroporézní membrány	21
2.4.2 Hydrofilní membrána.....	21
2.4.3 Nanovláknenná membrána.....	22
2.5 Textilní lamináty	22
2.5.1 Dvouvrstvý laminát.....	25
2.5.2 Dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou	26
2.5.3 Dvou a půlvrstvý laminát	27
2.5.4 Třívrstvý laminát.....	29
2.5.5 Z-liner.....	29
2.6 Textilní lepidla	30
3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	32
3.1 Výroba dvou a půlvrstvého laminátu	32
3.2 Charakteristika materiálů	34
3.2.1 Dvou a půlvrstvý laminát	34
3.2.2 Konkurenční materiál A	35
3.2.3 Konkurenční materiál B.....	36
3.3 Obrazová analýza	37
3.3.1 Obsah, obvod a průměr kopolyesterových bodů	37
3.3.2 Výška kopolyesterového bodu	38
3.3.3 Procentuální zakrytí nanovláknenné membrány kopolyesterovými body	39
3.4 Tepelné vlastnosti	41
3.4.1 Postup při měření	41
3.4.2 Vyhodnocení měření.....	42
3.4.3 Porovnání laminátu s konkurenčními materiály	46
3.5 Výparný odpor.....	50

3.5.1 Postup při měření	50
3.5.2 Vyhodnocení měření.....	51
3.5.3 Porovnání laminátu s konkurenčními materiály	53
3.6 Prodyšnost vzduchu.....	54
3.6.1 Postup při měření	54
3.6.2 Vyhodnocení měření.....	55
3.6.3 Porovnání laminátu s konkurenčními materiály	57
3.7 Hydrostatická odolnost.....	58
3.7.1 Postup při měření	58
3.7.2 Vyhodnocení měření.....	60
3.7.3 Porovnání laminátu s konkurenčními materiály	61
3.8 Odolnost v oděru.....	63
3.8.1 Postup při měření	63
3.8.2 Vyhodnocení měření.....	63
3.8.3 Porovnání laminátu s konkurenčním materiálem	65
3.9 Zhodnocení	66
4. ZÁVĚR	68
POUŽITÁ LITERATURA	70
PŘÍLOHA A: TLOUŠŤKA MATERIÁLU	73
PŘÍLOHA B: MĚRNÁ TEPELNÁ VODIVOST.....	74
PŘÍLOHA C: PLOŠNÝ ODPOR VEDENÍ TEPLA.....	75
PŘÍLOHA D: VÝPARNÝ ODPOR.....	76
PŘÍLOHA E: PRODYŠNOST VZDUCHU	77
PŘÍLOHA F: HYDROSTATICKÁ ODOLNOST.....	78

Seznam obrázků

Obrázek 1: Princip membrány [11]	20
Obrázek 2: Laminace pojivem [25]	24
Obrázek 3: Laminace ultrazvukem [17].....	25
Obrázek 4: Schéma dvouvrstvého laminátu [13].....	26
Obrázek 5: Schéma dvouvrstvého laminátu s volně vloženou podšívku [13]	26
Obrázek 6: Schéma 2,5vrstvého laminátu [11].....	27
Obrázek 7: Princip laminátu Gore-Tex Paclite [16]	28
Obrázek 8: Schéma třívrstvého laminátu [11].....	29
Obrázek 9: Schéma volně vložené membrány mezi textilními materiály [11]	30
Obrázek 10: Kopolyester ve formě granulí.....	33
Obrázek 11: Laminovací linka Lacom	33
Obrázek 12: Nízkovakuová plazmatická linka roll-to-roll.....	34
Obrázek 13: Mikroskopický pohled na rubovou stranu laminátu	35
Obrázek 14: Mikroskopický snímek příčného řezu	35
Obrázek 15: Mikroskopické snímky konkurenčního materiálu A [11]	36
Obrázek 16: Mikroskopické obrázky konkurenčního materiálu B [11]	36
Obrázek 17: Editace obrazu vložení kruhů a elips	38
Obrázek 18: Řez kopolyesterovými body	39
Obrázek 19: Editace obrazu vložení kruhů a elips	40
Obrázek 20: Příklad ALAMBETA	41
Obrázek 21 Porovnání tloušťky materiálu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu	43
Obrázek 22 Porovnání měrné tepelné vodivosti dvou a dvou a půlvrstvého laminátu.....	44
Obrázek 23 Porovnání plošného odporu vedení tepla dvou a dvou a půlvrstvého laminátu	46
Obrázek 24 Porovnání tloušťky materiálu laminátu a konkurenčních materiálů.....	47
Obrázek 25 Porovnání měrné tepelné vodivosti laminátu a konkurenčních materiálů	48
Obrázek 26 Porovnání plošného odporu vedení tepla laminátu a konkurenčních materiálů....	50
Obrázek 27: Příklad PERMETEST	51
Obrázek 28 Porovnání výparného odporu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu.....	52
Obrázek 29 Porovnání výparného odporu laminátu a konkurenčních materiálů	54
Obrázek 30: Příklad TEXTTEST FX 3300	55
Obrázek 31 Porovnání prodyšnosti vzduchu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu	56
Obrázek 32 Porovnání výparného odporu laminátu a konkurenčních materiálů	58
Obrázek 33: Příklad Hydrostatic Head Tester M018 SDL Atlas, Inc.....	59
Obrázek 34: Měření hydrostatické odolnosti	59
Obrázek 35 Porovnání hydrostatické odolnosti dvou a dvou a půlvrstvého laminátu	61
Obrázek 36 Porovnání hydrostatické odolnosti laminátu a konkurenčních materiálů.....	62
Obrázek 37: Odolnost v oděru vzorků 2., 3. a 4. po 3 000 otáčkách	64

Obrázek 38: Odolnost v oděru vzorků 2., 3. a 4. po 3 500 otáčkách	64
Obrázek 39: Odolnost v oděru vzorku 1 po 10 000 otáčkách.....	65
Obrázek 40 Odolnost v oděru konkurenčních materiálů po 1 500 otáčkách [11]	65
Obrázek 41 Odolnost v oděru konkurenčních materiálů po 4 000 otáčkách [11]	65
Obrázek 42 Mikroskopický pohled na rubovou stranu laminátu	67

Seznam tabulek

Tabulka 1: Klasifikace propustnosti textilií pro vodí páry [6]	18
Tabulka 2: Výška vodního sloupce pro různé outdoorové aktivity [11].....	19
Tabulka 3: Charakteristika materiálů	37
Tabulka 4: Výsledky první části obrazové analýzy kopolyesterových bodů	38
Tabulka 5: Výsledky druhé části obrazové analýzy kopolyesterových bodů.....	39
Tabulka 6: Výsledky třetí části obrazové analýzy.....	40
Tabulka 7: Jednofaktorová ANOVA tloušťky materiálu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu ...	42
Tabulka 8: Jednofaktorová ANOVA měrné tepelné vodivosti dvou a dvou a půlvrstvého laminátu	44
Tabulka 9: Jednofaktorová ANOVA plošného odporu vedení tepla dvou a dvou a půlvrstvého laminátu	45
Tabulka 10: Jednofaktorová ANOVA tloušťky materiálu laminátu a konkurenčních materiálů..	47
Tabulka 11: Jednofaktorová ANOVA měrné tepelné vodivosti laminátu a konkurenčních materiálů.....	48
Tabulka 12: Jednofaktorová ANOVA plošného odporu vedení tepla laminátu a konkurenčních materiálů	49
Tabulka 13: Jednofaktorová ANOVA výparného odporu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu..	52
Tabulka 14: Jednofaktorová ANOVA výparného odporu laminátu a konkurenčních materiálů .	53
Tabulka 15: Jednofaktorová ANOVA prodyšnosti vzduchu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu	56
Tabulka 16: Jednofaktorová ANOVA prodyšnosti vzduchu laminátu a konkurenčních materiálů	57
Tabulka 17: Jednofaktorová ANOVA hydrostatické odolnosti dvou a dvou a půlvrstvého laminátu	60
Tabulka 18: Jednofaktorová ANOVA hydrostatické odolnosti laminátu a konkurenčních materiálů.....	62

Seznam zkratk

TUL	Technická univerzita v Liberci
CoPa	Kopolyamid
CoPES	Kopolyester
EVA	Etyl-vinyl-acetát
PA	Polyamid
PA6	Polyamid 6
PE	Polyetylen
PL	Polyester
PTFE	Polytetrafluoretylen
PU	Polyuretan
TPU	Termoplastický polyuretan
H_0	Nulová hypotéza
H_1	Alternativní hypotéza
MS	Průměrný čtverec
SS	Součet čtverců
F_e	Testovací kritérium
F_{krit}	Kritická hodnota
α	Hladina významnosti
a	Měrná teplotní vodivost [m^2/s]
b	Tepelná jímavost [$W \cdot m^{-2} \cdot s^{1/2} \cdot K^{-1}$]
c	Měrná tepelná kapacita [$J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1}$]
D_p	Difúzní koeficient [$kg/m \cdot s \cdot Pa$]
h	Tloušťka materiálu [mm]
m^*	Vteřinové množství páry [$kg/m^2 \cdot s$]
$\Delta p_{parc} / \Delta x$	Gradient parciálního tlaku
q	Tepelný tok [W/m^2]
q_0	Plošná hustota tepelného toku procházející měřicí zakrytou hlavici měřeným vzorkem [W/m^2]
q_v	Plošná hustota tepelného toku procházející měřicí nezakrytou hlavici měřeným vzorkem [W/m^2]
Ret	Výparný odpor [$m^2 \cdot Pa \cdot W^{-1}$]
r	Plošný odpor vedení tepla [$W^{-1} \cdot K \cdot m^2$]
t_1	Počáteční teplota vzorku [$^{\circ}C$]
t_2	Teplota hlavice přístroje [$^{\circ}C$]
λ	Měrná tepelná vodivost [$W/m \cdot K$]
ρ	Hustota [kg/m^3]

1. ÚVOD

Vzhledem k neustálému vývoji průmyslu, technologií, ale i životního stylu a životní úrovně je nutné moderní technologie uchopit správným směrem a neustále uspokojovat požadavky a nároky zákazníků.

Volný čas dnešní doby je stále více naplňován sportovními aktivitami a pobytem v přírodě. Ale i tuto oblast je třeba stále posouvat vpřed. I sport si v průběhu let vyžádal změnu vybavení, jehož nedílnou součástí je sportovní oděv. V době, kdy je možné téměř vše, se chce každý i u outdoorových aktivit cítit maximálně komfortně. Proto se stále vylepšují outdoorové oděvy, které by plně chránily jedince před větrem, deštěm i sněhem. Takový materiál by měl být nepromokavý, propustný pro vodní páry a odolný větru. S rostoucími nároky pro uspokojení potřeb při nežádoucích klimatických podmínkách již limity klasických oděvních materiálů nestačí. Vývoj si vyžádal posun k materiálům složených z několika vrstev, takzvaným laminátům.

Laminát, materiál spojený ze dvou nebo více vrstev, kdy alespoň jedna z nich je textilie, zajišťuje vyšší hydrostatickou odolnost, odolnost proti větru, ale zároveň prodyšnost vzduchu. Pro podporu těchto vlastností je textilní vrstva spojována s membránou. Lamináty s membránou jsou na trhu již řadu let, ale jejich vývoje se stále nezastavil. Nejlepších vlastností dosahují lamináty o dvou až třech vrstvách. U třívrstvého laminátu je membrána vkládána mezi podšívku a vrchový materiál. Pokud je požadován lehčí materiál, je membrána spojena pouze s vrchovým materiálem jako dvouvrstvý laminát.

Tato diplomová práce v první fázi testuje a analyzuje nový typ outdoorového materiálu pro výrobu turistických bund. Následně zhodnocuje výsledky testování, na jejichž základě má navrhnout optimálnější řešení laminátu. Vhodným materiálem je vzhledem ke své konstrukci dvou a půlvrstvý laminát. Laminát bude testován v laboratořích TUL. Bude podroben obrazové analýze, testování tepelných vlastností, paropropustnosti, prodyšnosti vzduchu, hydrostatické odolnosti a odolnosti oděru. Následně bude dvou a půlvrstvý laminát porovnán s dvouvrstvým laminátem a poté s konkurenčními materiály. Pomocí analýzy rozptylu budou přijaty či zamítnuty hypotézy o vlivu procentuálního zakrytí membrány na vlastnosti laminátu a vlivu typu zakrytí membrány na vlastnosti laminátu.

2. REŠERŠNÍ ČÁST

Rešeršní část popisuje outdoorové oděvy. Blíže specifikuje moderní pojetí outdoorových oděvů a jejich komfort se zaměřením na termofyziologický komfort. Dále popisuje vlastnosti, které jsou pro sportovní oděvy nepostradatelné. V druhé části se rešeršní kapitola zaměřuje na popis membrán, laminátů a textilních lepidel se zaměřením na kopolyester. Jsou charakterizovány typy membrán, nanovláknenná membrána, tvorba laminátů, typy laminátů, jejich vlastnosti a účel použití.

2.1 Outdoorové oděvy

Už od nepaměti byla základní funkcí oděvu ochrana člověka před povětrnostními vlivy. Později se přidaly funkce společenská nebo estetická. Až v posledních dvou desetiletích se začal zvyšovat důraz na ochranu člověka nejen před počasím, ale i při specifických pracích a při volnočasových aktivitách.

Není vůbec s podivem, že se tento trend začal objevovat s vývojem nových materiálů a technologií. Klasické materiály a klasické výrobní postupy jsou nedostatečné pro výrobu speciálních oděvů, které vyhovují komfortu člověka a posledním trendům. Stejně tak jako nelze vytvořit z konvenčních materiálů a konvenčními technologiemi dostatečně odolný protipožární oblek pro hasiče, nelze z konvenčních materiálů a konvenčními technologiemi vytvořit bundu pro vysokohorskou turistiku, která bude dostatečně odolná větru, dešti, sněhu a bude i paropropustná. [10]

Sportovní aktivity můžeme rozdělit z několika hledisek. Na příklad podle zdroje [8] se sportovní aktivity rozdělují stroze na soupeřivé, závodní a výkonnostní, lze je ale také dělit podle intenzity nebo frekvence. Z hlediska sportovního oděvu je důležité rozdělení na outdoorové a indoorové sportovní aktivity, přičemž u outdoorových aktivit hraje roli, zda je sport prováděn v létě či v zimě. Poslední rozdělení podle zdroje [10] představuje dvě varianty a to rekreační aktivita a profesionální aktivita, při které je důležité, aby oděv podporoval zlepšení výkonu.[8, 10]

2.2 Oděvní komfort

Oděvní komfort se charakterizuje jako stav organismu, kdy se v jeho okolí, včetně oděvu, nevytváří žádné nepříjemné vjemy vnímané lidskými smysly. Zkráceně lze říci, že to je absence diskomfortu, absence znepokojujících či bolestivých vjemů. Člověk nepocítuje převládání tepla ani chladu. Komfort je vnímán čtyřmi základními lidskými

smysly: hmatem, zrakem, sluchem a čichem. Jediným smyslem, kterým nelze komfort vnímat je chuť. [7]

Fyziologický komfort je ovlivněn vlhkostí vzduchu pod oděvem, vlhkostí pokožky, teplotou vzduchu pod oděvem, teplotou pokožky a obsahem oxidu uhličitého pod oděvem. Podle zdroje [7] lze dělit fyziologický komfort na:

- Psychologický komfort – vnímán pocitem a myslí, ovlivněn módou, kulturou, zvyky, tradicí, sociálním postavením jedince a klimatickými podmínkami
- Senzorický komfort – založen na pocitech a vjemech člověka, při kontaktu pokožky s textilem
- Termofyziologický komfort – ovlivňuje termoregulaci, skládá se z přenosu tepla skrz oděvní vrstvy
- Patofyziologický komfort – ovlivněn působením chemických substancí obsažených v materiálu a mikroorganismů vyskytujících se na lidské pokožce

Pro outdoorové oděvy je z výše jmenovaných typů komfortů nejdůležitější termofyziologický komfort, který bude popsán v následující kapitole.

Termofyziologický komfort

Organismus člověka představuje samoregulační systém, jehož fyziologický mechanismus je zaměřen na zajišťování rovnováhy mezi množstvím vytvořeného tepla a množstvím odevzdaného tepla do okolního prostředí. Tím se zachovává stálá tělesná teplota. Tato schopnost se nazývá termoregulace. Termofyziologický komfort je stav, kdy je tato funkce organismu v optimu. [7]

Zároveň termofyziologický komfort nastává za určitých jasně specifikovaných podmínek. Teplota pokožky se pohybuje mezi 33 – 35 °C, relativní vlhkost vzduchu dosahuje 50 % s možnou odchylkou 10%, rychlost proudění vzduchu dosahuje 25 cm/s s možnou odchylkou 10 cm/s, obsah CO₂ nesmí překročit 0,07 % a je nutná absence H₂O na pokožce. [10]

Podle zdroje [7] lze tento komfort zjednodušeně charakterizovat pomocí dvou základních parametrů: tepelného a výparného odporu. Tepelný odpor se charakterizuje jako odpor prostupu tepla do okolního prostředí. Výparný odpor popisuje tepelné účinky vnímané pokožkou vznikající v důsledku odparu potu.

2.3 Vlastnosti outdoorových oděvů

Moderní textilní materiály, které jsou určené pro sportovní účely, musí chránit organismus proti podchlazení a přehřátí organismu, musí mít dobrou hydrostatickou odolnost, odolnost prodyšnosti a zároveň musí být dostatečně paropropustné. Oděvy splňující tyto fyziologické vlastnosti se skládají ze tří vrstev:

- Transportní vrstva – spodní prádlo, které udržuje suché a pohodlné mikroklima pokožky, odvádí vlhkost od těla, je v přímém kontaktu s pokožkou
- Izolační vrstva – poskytuje dostatečné teplo zachytáváním velmi malých částic vzduchu, což napomáhá zpomalení ztráty tepla
- Ochranná vrstva – poskytuje ochranu před větrem, deštěm a sněhem, ale zároveň umožňuje průchod vodních par ven [10]

2.3.1 Tepelné vlastnosti

Tepelné vlastnosti se v laboratořích na TUL dají měřit na přístroji ALAMBETA, který měří termofyzikální parametry textilií a to jak stacionární tepelně-izolační vlastnosti, tak dynamické tepelné vlastnosti. Jedná se o tyto parametry: měrná tepelná vodivost, plošný odpor vedení tepla, tepelný tok, měrná teplotní vodivost, tepelná jímavost a tloušťka materiálu, což je parametr, který sám o sobě není tepelnou vlastností, ale s tepelnými vlastnosti úzce souvisí. [7]

Měrná tepelná vodivost λ se udává v jednotkách [$\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}$]. Součinitel měrné tepelné vodivosti představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K.

Plošný odpor vedení tepla r má jednotku [$\text{W}^{-1}\cdot\text{K}\cdot\text{m}^2$]. Udává, jaký odpor klade materiál proti průchodu tepla textilií. Je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti.

$$r = \frac{h}{\lambda} \quad (1)$$

Tepelný tok q se udává v jednotkách [$\text{W}\cdot\text{m}^2$]. Je to množství tepla šířící se z hlavice přístroje o teplotě t_2 do textilie o počáteční teplotě t_1 za jednotku času. Po krátkou dobu kontaktu platí:

$$q = b \frac{t_2 - t_1}{\sqrt{\pi \times \tau}} \quad (2)$$

Měrná teplotní vodivost a vyjadřuje schopnost látky vyrovnávat teplotu. Čím je hodnota vyšší, tím rychleji je teplota vyrovnaná. Jednotkou tohoto parametru je $[\text{m}^2 \cdot \text{s}^{-1}]$. Pro měrnou teplotní vodivost platí:

$$a = \frac{\lambda}{c \times \rho} \quad (3)$$

Tepelná jímavost b se udává v jednotkách $[\text{W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{1/2} \cdot \text{K}^{-1}]$. Představuje množství tepla, které proteče při rozdílu teplot 1 K jednotkou plochy za jednotku času v důsledku akumulace tepla v jednotkovém objemu. Je to jediná vlastnost materiálu, která charakterizuje tepelný omak. Pro tepelnou jímavost platí:

$$b = \sqrt{\lambda \times \rho \times c} \quad (4)$$

2.3.2 Paropropustnost

Paropropustnost, neboli propustnost vodních par, je schopnost textilie propouštět vodní páry produkované lidským tělem skrz oděvní systém do okolního prostředí. Tato charakteristika je definována jako prostup vodní páry na základě rozdílných parciálních tlaků, které jsou na obou stranách plošné textilie. Vlhkost se transportuje z místa s vyšším parciálním tlakem do místa s nižším parciálním tlakem. Tím se tento parciální tlak vyrovnává do stejných hodnot. [10]

Tuto vlastnost textilie udává MVTR (moisture vapor transmission rate) v jednotkách $[\text{g}/\text{m}^2/24\text{hod}]$ podle ISO 2528. Tato hodnota vyjadřuje hmotnost vodních par, kterou dokáže materiál propustit za 24 hodin přes 1 m^2 materiálu. Čím vyšší hodnota, tím je materiál propustnější. Toto měření je výrazně levnější a jednodušší, ale může být zkreslené vlhkostí okolního prostředí, teplotou odpařované tekutiny a okolního vzduchu. Stačí jen nepatrně změnit podmínky měření a výsledná hodnota je dramaticky odlišná od hodnoty skutečné.

Dále se může paropropustnost hodnotit podle ISO 11092, zdroj [5], která využívá hodnoty výparného odporu R_{et} udávané v jednotkách $[\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}]$. Výparný odpor je odpor, který klade materiál průchodu vodních par. Je stanoven jako rozdíl tlaku vodních par mezi dvěma povrchy materiálu, dělený výsledným výparným tepelným tokem na jednotku plochy ve směru gradientu. Čím je výsledná hodnota nižší, tím je materiál propustnější. Měření R_{et} je doposud nejobjektivnější a nejpřesnější způsob, jak měřit paropropustnost materiálů. [11]

Tabulka 1: Klasifikace propustnosti textilií pro vodí páry [6]

Ret < 6	Velmi dobrá	nad 20 000 g/m ² /24hod
Ret 6 – 13	Dobrá	20 000 – 9 000 g/m ² /24hod
Ret 13 – 20	Uspokojivá	9 000 – 5 000 g/m ² /24hod
Ret > 20	Neuspokojivá	pod 5 000 g/m ² /24hod

Prostup vodní páry skrz oděvní systém se uplatňuje pomocí:

- : difúze
- : kapilárně
- : sorpčně

Difúze je realizována prostřednictvím pórů, které se svojí velikostí a tvarem zúčastňují na kapilárním odvodu. Vlhkost přechází z prostředí s vyšší koncentrací do prostředí s nižší koncentrací. Ve volném prostoru se tak částice vlhkosti, stejně jako jiných látek, rozptylují a vyrovnávají svou koncentrací. V tomto procesu látky difundují. Každá část oděvu vytváří difúzní odpor, který musí částice překonat. Odporů jednotlivých částí se sčítají a značnou roli hraje i odpor vzduchových mezivrstev. Čím je pór v materiálu delší a užší, tím dochází ke zvýšení difúzního odporu.

Podle Fickova zákona platí, že vteřinové množství páry m^* [kg/m²s] přenášené difúzí vrstvou klidného vzduchu je úměrné difúznímu koeficientu D_p [kg/m·s·Pa] a gradientu parciálního tlaku $\Delta p_{\text{parc}}/\Delta x$. [7]

$$m^* = -D_p \times \Delta p_{\text{parc}} \div \Delta x \quad (5)$$

Vodní parou je v případě paropropustnosti myšlen pot, který tělo produkuje i při klidovém stavu. Toto neviditelné pocení dosahuje hodnoty 50 ml/hod. Znamená to, že pro převod vlhkosti vyprodukované tělem v klidovém stavu je potřeba materiál s parametrem 1 200 – 1 500 g/m²/24hod. Při sportu se pot produkuje logicky ve vyšší míře, proto je paropropustnost, tedy pohyb vodních par skrz textilní vrstvy, u moderního outdoorového oblečení nutná podmínka pro zajištění komfortu. V opačném případě by se lidský organismus přehřál, spodní vrstva oblečení by zvlhla potem a jedinec by cítil značný diskomfort. [7]

2.3.3 Prodyšnost

Prodyšnost neboli propustnost textilií pro vzduch je schopnost propouštět vzduch skrz textilní materiál z vnějšího prostředí k nositeli a odvádění tepla, které vzniká při fyzické námaze, do vnějšího prostředí. Dle normy ČSN EN ISO 9237, zdroj [3], se

prodyšnost charakterizuje jako rychlost proudu vzduchu procházejícího kolmo skrz textilii při daných zkušebních podmínkách, ploše, tlaku a času. [3]

Zpravidla se tato vlastnost udává v jednotkách [mm/s]. Čím je hodnota prodyšnosti vyšší, tím více vzduchu materiál propustí. Nelze ale ovšem říct zda je obecně vhodnější vyšší či nižší prodyšnost. Záleží na účelu použití daného textilního oděvu. U oděvů určených do teplých klimatických podmínek, jako je sportovní dres nebo letní šaty je vysoká prodyšnost žádoucí. U oděvů určených do nepříznivých klimatických podmínek a obecně chladnějšího počasí, zimní bunda nebo lyžařské kalhoty, je naopak vhodná nízká prodyšnost. [10]

2.3.4 Hydrostatická odolnost

Hydrostatická odolnost je schopnost textilie odolávat proniknutí vody působící tlakem na povrch textilie z vnější strany oděvu. Výrobci tento parametr uvádějí jako výšku vodního sloupce, který se vyjadřuje v [mm]. Čím je hodnota vyšší, tím je materiál vůči proniknutí vody odolnější.

Hydrostatickou odolnost lze změřit na přístroji Hydrostatic Head Tester působením hydrostatického tlaku na testovanou textilii, dokud se neobjeví tři kapky vody. Hodnota tlaku je poté převedena na výšku vodního sloupce. [10]

U outdoorových oděvů a textilií se stala tato vlastnost jasným ukazatelem kvality, zvláště pak u bund, kabátů, spacáků nebo batohů. Volně padající déšť působí ekvivalentem cca 1 300 mm výšky vodního sloupce. Z tohoto důvodu textilie, považované za nepromokavé, musí dosáhnout minimálně této hodnoty. V praxi je však nutné tuto hodnotu překročit, protože se nedá spoléhat, že textilie bude vystavena pouze dešti.

Tabulka 2: Výška vodního sloupce pro různé outdoorové aktivity [11]

Výška vodního sloupce	Aktivita
5 000 mm	sezení v mokré trávě, na mokré lavičce
12 000 mm	klečení v mokré trávě nebo na sněhu
15 000 mm	tlak popruhů těžkého batohu
20 000 mm	pád lyžaře v rychlosti do mokrého sněhu

2.3.5 Odolnost v oděru

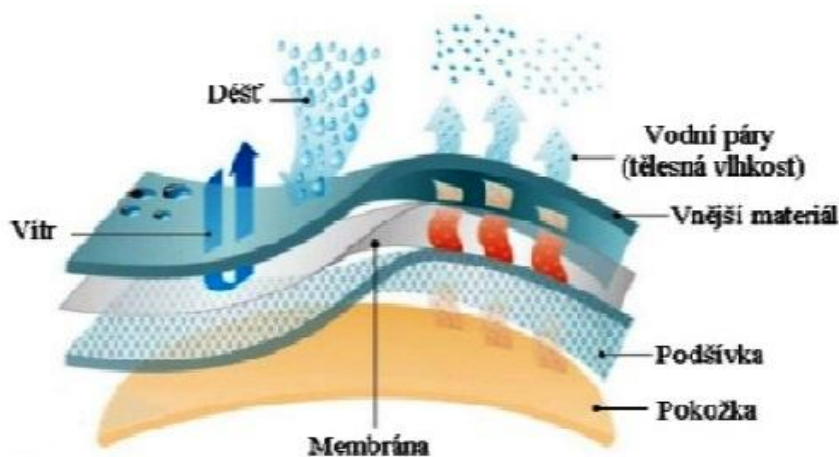
Textilní materiály, zejména pak outdoorové textilní oděvy jsou velmi často vystavovány nadměrnému namáhání, při kterém může dojít k odírání textilie. To bývá příčinou ztráty užitných vlastností oděvu. Navíc odření textilie bývá jedním z nejčastějších důvodů reklamačních řízení textilu. Proto je velmi důležité materiály pro outdoorové oděvy vystavit zkoušce odolnosti v oděru neboli odolnosti proti odření. [28, 29]

Odolnost v oděru se zjišťuje na speciálních strojích různých konstrukcí a různými odíracími materiály. Nejznámějším a nejrozšířenějším přístrojem je typ Martindale. Dále to jsou oděry na přístroji typu Schopper nebo Wira, Taber. Podle normy ČSN EN ISO 12947-(1-4), zdroj [2], se na povrch zkušební vzorku působí pod určitým tlakem hlavicí plstěného kotouče tak dlouho, dokud se nepřetrhnou první dvě nitě zkoušené tkaniny, nebo se ve vzorku pleteniny nevytvoří díra. Přístroj registruje v okamžiku dosažení tohoto stavu počet cyklů kotouče. Tím se hodnotí poškození vzorku, dále se hodnotí úbytek hmotnosti a změny vzhledu povrchu. [2]

Mezinárodní normy detailně popisují zkušební metodu, ovšem neudávají závazně kvalitativní zařazení zkoušených vzorků. V některých státech, jako na příklad v Německu, se pro kvalitní klasifikaci vydávají klasifikační tabulky pro určité skupiny výrobků. Obecně se jen udává minimální odolnost 3000 martindale (=oděrů) pro tkaniny a pleteniny, výsledek 40 000 martindale a výše se považuje za velmi dobrou pevnost v oděru. [29]

2.4 Textilní membrány

Membrána je tenká vrstva polymerního materiálu, jejíž tloušťka se řádově pohybuje v jednotkách mikrometrů. Vkládá se mezi vrchní oděvní materiál a podšívku, přičemž podšívka není nutnou podmínkou, a má za účel zvyšovat komfort nositele. Membrány jsou navrženy tak, aby plnily tři základní funkce. Tyto funkce jsou odolnost vůči pronikání vody zvenčí, větruodolnost a zároveň schopnost propouštět vodní páru do okolního prostředí. Dále by měla být membrána odolná proti mechanickému poškození, odolná pracím cyklům, sušení a suchému čištění. Díky těmto schopnostem jsou membránové textilní materiály hojně využívány zejména v oblasti sportovních oděvů. [10, 32]



Obrázek 1: Princip membrány [11]

Membránové materiály se často označují jako lamináty, jelikož se vzhledem k jejich tloušťce spojují laminací. Tím vznikne vhodný konvenční materiál s nevhodnějšími vlastnostmi. Membrány jsou vyráběné z polymerních materiálů, nejčastěji jimi jsou polytetrafluoroethylen (PTFE), polyester (PL) a polyuretan (PU). Podle zdroje [10] lze membrány členit na dva základní typy: mikroporézní a hydrofilní.

2.4.1 Mikroporézní membrány

Tento typ je nejspíše nejznámějším typem membrán. Byl vyvinut a představen v roce 1976 W. Gorem a je znám pod jménem Gore-Tex. V první fázi výzkumu byla membrána vyrobená z PTFE. Jejím hlavním znakem bylo a stále je, že disponuje velkým množstvím mikroskopických pórů o velikosti pohybujících se v desetinách mikrometrů. Póry jsou přibližně 20 000 krát menší než kapky vody, ale zároveň zhruba 700 krát větší než samotné molekuly vodní páry. Jsou tak snadno prostupné pro molekuly vodní páry, ale nepropustné pro zkondenzované kapky vody. Membrána tedy pracuje na principu určitého poměru velikosti pórů k velikosti molekuly vody. [10, 23]

Výhodou mikroporézních membrán je jejich dobrá paropropustnost i při zachování schopnosti vysokého vodního sloupce. Naopak nevýhodou je vysoká pravděpodobnost zanášení pórů během používání a to zejména nečistotami, tukovými částicemi, solemi, zbytkovým pracím prostředkem nebo povrchově aktivními látkami použitými při čištění. Proto je údržba oděvů s mikroporézní membránou náročnější. Znečištění membrány vede ke snížení hydrostatické odolnosti a propustnosti vodních par membránou. Proto jsou mikroporézní membrány dále upraveny. Úpravy jsou v podobě například velmi tenkých filmů hydrofilního polyuretanu nebo tenké vrstvy floukarbonu na jednotlivá vlákna, která zamezí přilnavosti nečistot na samotnou membránu. [31]

2.4.2 Hydrofilní membrána

Tato membrána nemá žádné póry, jedná se o zcela bezporézní homogenní povlak. Funguje na principu difúze. Přenos vlhkosti je založen na chemicko-fyzikálním principu, kdy se voda na určitou dobu stává součástí membrány. Molekuly kondenzované vody (potu) se absorbují na vnitřním povrchu membrány, rozvádějí se do vlastního materiálu a dále se chemicky transportují na vnější povrch membrány, kde se odpařují. [10]

Výhodou je, že materiál je na povrchu hladký a nemůže tedy vstřebávat případné nečistoty nebo tuky jako membrány mikroporézní. Údržba je jednoduchá a obvykle stačí praní v běžných pracích prostředcích při teplotě 30 °C

Nevýhodou je prakticky nulový přenos plynů a fakt, že rychlost difúze je nepřímo úměrná tloušťce membrány. Takže aby se zajistil dostatečně rychlý transport vlhkosti,

musí být membrána velmi tenká. Ovšem čím tenčí membrána, tím snadněji se poškodí, proto je tento typ membrán laminován z obou stran do třívrstvého laminátu. [30]

Hydrofilní membrány a zátěry jsou často nazývány „chytrými“. Čím intenzivnější je pohyb, tím více se potíme, tím více roste i tělesná teplota. Vlivem vyšší teploty se molekuly v hydrofilní vrstvě membrány nebo zátěru pohybují rychleji, vzdálenosti mezi nimi se zvětšuje, a schopnost propouštět páru úměrně narůstá. [23]

2.4.3 Nanovláknenná membrána

Nanovláknenná membrána je relativně nový typ membrány s unikátní nanovláknennou strukturou tvořenou vlákny s průměrem pod 500 nm. Jediným českým výrobcem nanovláknenných membrán je česká společnost NANOMEMBRANE.

Nanovláknenná membrána zmíněné společnosti má průměr vláken do 150 nm a na 1 cm² má o 25 % více pórů než mikroporézní membrány. Díky tomu je schopna docílit unikátních vlastností. Její nespornou předností je extrémně vysoká paropropustnost, 100 % větruodolnost a hydrostatická odolnost s hodnotami i nad 30 000 mm. Membrána je také vysoce oleofobní a hydrofobní s vysokým vodním sloupcem. Aby se časem nezhoršovala kvalita membrány, je její povrch opatřen tenkou ochrannou vrstvou nanočástic fluorkarbonu. Tato ochranná vrstva vytvoří lotosový efekt, jenž zabraňuje znečištění pórů membrány. Nanovláknenná membrána je navíc velmi podobná lidské pokožce a má příjemný omak. Její nevýhodou je vyšší výrobní cena oproti běžným membránám. [18]

2.5 Textilní lamináty

Literární zdroj [12] uvádí, že „*laminovaná textilie je vytvořena progresivní technologií, plošným spojením textilie s folií pružné polyuretanové pěny. Spojení se provádí za tepla nebo jinými způsoby, při nichž se povrch polyuretanové fólie roztaví a vzniklá velmi lepkavá tavenina se přitiskuje po celé ploše na rub textilie. K novým vlastnostem patří pružnost, objemnost, prodyšnost, zvýšená tepelná izolace.*“ Nutno podotknout že literární zdroj [12] byl vydán v roce 1987 a od té doby došlo v oblasti textilních laminátů k pokroku.

V novodobé literatuře se lze dočíst, že textilní laminát je materiál ze dvou a více vrstev tkanin, pletenin nebo netkaných textilií, přičemž alespoň jedna z nich je spojena k ostatním pomocí přidaného lepidla nebo adhezivními vlastnosti dílčí vrstvy. Mezi materiály tak vznikne pevné kompaktní spojení, které nesmí zhoršit jejich vlastnosti. Vrstvy laminátu mohou být stejného či různého druhu i složení. Mohou se k sobě laminovat dva vrchní materiály, ale i vrchní materiál s podšívkou. Není teda zcela nutné, aby druhou vrstvou byla fólie z polyuretanové pěny, jak uvádí zdroj [12]. [10]

Vzhledem k tomu, že laminované textilie mají vysokou hydrostatickou odolnost a paropropustnost, ale zároveň mají nízkou prodyšnost, jsou využívány zejména pro vysoce funkční oděvy, zvláště pak pro sportovní oděvy. Laminování však lze využít i u textilií pro módní účely. V takovém případě se laminace provádí na povrch materiálu k výrobě vizuálně zajímavého designu, což mohou být například fóliové hologramy nebo textury. [11]

Obecně lze laminaci rozdělit na dva základní kroky, nánosování adheziva a podlepování.

Nánosování je úprava plošných textilních materiálů, při které se jedna nebo obě strany povrchu opatří vrstvou adheziva. Účelem tohoto kroku je získání nových vzhledových nebo mechanických vlastností. Nánosový materiál může být ve formě roztoku, disperze, emulze, pasty, granulí nebo prášku a nanáší se na plochu bodově, lineárně, vzorově nebo v celé ploše. K nejpoužívanějším nánosovým chemikáliím se řadí polyvinylchlorid, polyuretan, polyakrylát a teflon. Druhů nánosování je podle zdroje [1] a [21] sedm:

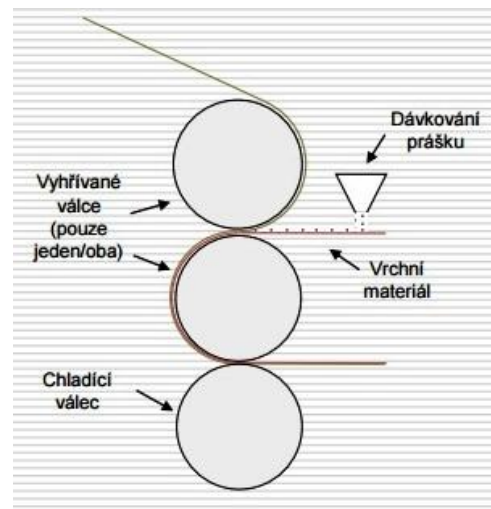
1. Přímé nánosování s nožem – pojivo je nanášeno přímo na textilií a posléze je rozprostřeno do jednotné vrstvy prostřednictvím nehybných nožů. Tloušťka nánosů je korigována mezerou mezi špičkou nože a povrchem textilie a viskozitou nánosů.
2. Přímé nánosování pomocí brodicího válce – při této metodě textilie přechází přes rotující nánosovací válec, který je částečně ponořen v nánosovací směsi.
3. Nánosování posypem – práškové pojivo je nepravidelně rozmístěné na vrchní materiál vymetáním z násypky rotačním kartáčem.
4. Nánosování sítotiskem – pojivo je bodově vytlačeno sítím a následně upevněno na textilií v natavovacím poli.
5. Nánosování hlubokotiskem – využívá se nánosovací válec s glavurou ve vzoru nánosů, k němuž přiléhá násypka s polymerním práškovým pojivem. Dále jsou využity dva až tři hladké vyhřívané kalandry.
6. Nánosování rotační šablonou – tato metoda, stejně jako dvě předchozí, vychází z tiskařské technologie. Rozmístění bodů na nosné textilií je dáno vzorem rotační šablony, do které je přiváděno pojivo ve formě pasty.
7. Nánosování glavurovací technikou – tavenina získaná z granulátu je umístěna v kovovém výtlačném válci, do jehož povrchu je nahusto vryt vzor. Tavenina se nanese z válce na textilií pomocí stěrky.

Podlepování je trvalé spojení vrchového textilního materiálu s další vrstvou. Běžně je další vrstvou míněna nánosová výztužná vložka, v případě laminátů je další vrstvou míněna membrána. Cílem klasického podlepování je zpevnit výrobek, zvýšit tuhost, snížit mačkavost a dát materiálu požadovaný tvar, který je schopný si udržet. V případě podlepování laminátů je účelem získání nových nebo zlepšení stávajících vlastností.

K podlepování dochází na polepovacích strojích, které mohou pracovat diskontinuálně, nebo kontinuálně. Kvalita podlepování se řídí fyzikálními parametry, jako jsou teplota, tlak a čas. Technologickým parametrem ovlivňující kvalitu podlepení je fáze ochlazení, která zabezpečuje optimální spojení materiálu. Měla by probíhat na rovné ploše bez mechanického namáhání.[21]

Způsoby laminace jsou podle zdroje [25] čtyři: prostřednictvím bodového nánosu tavných adheziv, pomocí polyuretanové pěny tavené plamenem, ultrazvukem nebo kaširováním. Avšak první způsob můžeme označit jako laminaci pomocí pojiva stejně jako v literárním zdroji [17]. Výběr možností je závislý na požadavcích výsledných vlastností, postupu výroby materiálu a také na ceně.

Laminace pomocí pojiva se dále dělí na různé typy podle různých hledisek. Například podle způsobu nánosu pojiva, které může být v ploše, bodově, lineárně a vzorově. Nebo podle formy pojiva, které může být „kapalné“ a to v podobě pasty, disperze, roztoku nebo pěny, pevné v podobě mřížky, prášku nebo fólie, nebo může mít pojivo formu taveniny polymeru, při které se využívá technologie hot melt. Všechny laminované vrstvy procházejí laminačním strojem, který musí obsahovat zařízení pro nános pojiva, zařízení pro ohřev pojiva, zařízení pro přítlak, chlazení a navíjení materiálu.[25]



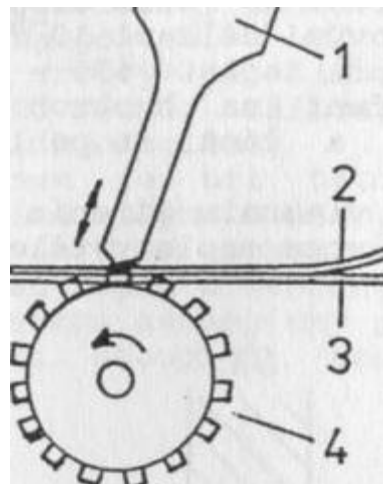
Obrázek 2: Laminace pojivem [25]

Laminace pomocí polyuretanové pěny tavené plamenem se z hlediska technologie nijak neliší od první varianty. Laminačnímu stroji pouze chybí zařízení na nános pojiva a zařízení pro ohřev je ve formě otevřeného plamene.

Laminace kaširováním se provádí pomocí tavných lepících fólií, sítí a pavučin, nebo pomocí práškových lepidel. Po zahřátí materiálu průchodem tavného pásma dochází k natavení spojovacích materiálů, stlačení mezi válci a následnému zafixování

laminátu průchodem chladicí zónou. Touto metodou lze vytvořit ochrannou i dekorativní vrstvu. [24]

Laminace ultrazvukem se využívá pro spojení vrstev (2,3), které jsou dopraveny mezi ultrazvukovou sonotrodou (1) a přiváděcí buben (4). Na kovovou sonotrodu se přenáší kmitání z generátoru ultrazvuku a kmitavá energie sonotrody se ve vlákenném materiálu přeměňuje na tepelný kmitavý pohyb molekul, jenž má za následek zvyšování teploty materiálu. Přítlačným pohybem sonotrody je poté materiál laminován. [17]



Obrázek 3: Laminace ultrazvukem [17]

Konstrukční provedení laminace je pět typů:

- Dvouvrstvý laminát
- Dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou
- Dvou a půlvrstvý laminát
- Třívrstvý laminát
- Z-liner

2.5.1 Dvouvrstvý laminát

Z názvu lze odvodit, že se jedná o laminát složený ze dvou vrstev. První je vrchní tkanina a druhou vrstvou je zpravidla membrána, která je laminovaná rubní stranou na rubní stranu vrchní textilie. Vzhledem k tomu, že membrána není nijak chráněná, může dojít k jejímu znečištění nebo poškození vlivem tření. Z tohoto důvodu se může membrána potahovat speciální ochrannou vrstvou. Odolnost proniknutí vody má tato membrána téměř stejné jako jiné typy, je ovšem lehčí a paropropustnější. V praxi je tento typ laminátu viděn zřídka. [14]



Obrázek 4: Schéma dvouvrstvého laminátu [13]

2.5.2 Dvouvrstvý laminát s volnou podšívkou

Tato laminace je obdobou prvního typu. Membrána je stejně jako v předchozím případě laminovaná rubní stranou na rubní stranu vrchního materiálu, ale je chráněna volně vloženou podšívkou, která zajišťuje větší pohodlí při nošení. Podšívka by měla bránit poškození membrány a zároveň kontaktu těla s membránou. Nicméně vzhledem k tomu, že membrána není s podšívkou trvale spojena, dochází mezi těmito vrstvami ke tření a následnému poškození membrány. Problémem je také vzduch, který se mezi vrstvami nachází a nepříznivě ovlivňuje propustnost vodních par. [10]



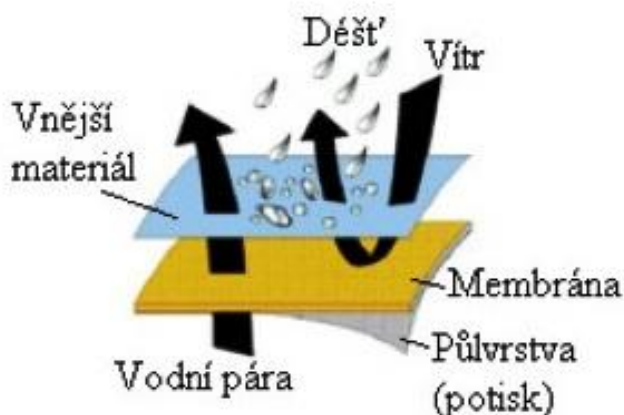
Obrázek 5: Schéma dvouvrstvého laminátu s volně vloženou podšívkou [13]

2.5.3 Dvou a půlvrstvý laminát

Tento typ se řadí mezi nejnovější provedení laminátu. Důvodem vzniku 2,5vrstvého laminátu bylo vytvoření lehkého, skladného, poddajného a odolného materiálu pro turistické bundy či bundy do města. Vrchní materiál je z vnitřní strany laminován s membránou. Další vrstvou v tomto případě není podšívka, ale ochranný film, který může být vytvořen pomocí nánosu barviva či nánosu karbonových vláken.

Jelikož je membrána chráněna filmem, není nutné materiál dále podšívát, což snižuje hmotnost a objem výsledného výrobku a zlepšuje průchodnost vodních par materiálem. Zároveň dojde k úspoře materiálu, zjednodušení výroby a snížení nákladů na výrobu. [33]

Z logiky věci se jedná o třívrstvý laminát – první vrstva je vrchní materiál, druhou vrstvou je membrána a třetí vrstvou je ochranný film. Vzhledem k nestandardní třetí vrstvě se v obchodním světě ujal název dvou a půlvrstvý laminát pro lepší orientaci při vymezování pojmů. [10]



Obrázek 6: Schéma 2,5vrstvého laminátu [11]

Gore-Tex Paclite je nejspíše nejvýznamnější dvou a půlvrstvý laminát. Komerčně byl uveden v roce 1998 firmou Gore-Tex. Označení Gore-Tex Paclite může nést bunda, která váží méně než 500 gramů.

Laminát je tvořen vrchním materiálem, membránou a ochrannou vrstvou. Vrchní materiál je vyroben z vysoce odolného polyesteru. Membrána typu Gore-Tex je dvousložková, což znamená, že část membrány je z expandovaného PTFE s mikroskopickými póry a část tvoří oleofóbní látka, která brání průniku nečistot. Poslední vrstvou je ochranná uhlíková vrstva, která pokrývá celou membránu a kromě karbonových vláken obsahuje i oleofóbní látky. Stejně jako u jiných typů laminátů Gore-Tex i zde se využívá podlepení švů technologií Gore-Seam, jenž zajišťuje 100% nepromokavost. [16]

Materiál kombinuje mimořádnou prodyšnost, trvalou nepromokavost a větruvzdornost. Vyznačuje se zejména minimální hmotností, lehkostí, malým objemem a schopností snadno oděv sbalit. Gore-Tex Paclite je ideální na trekking, pěší turistiku, cyklistiku a běh. [15]



Obrázek 7: Princip laminátu Gore-Tex Paclite [16]

Climatic Element+ 2,5L, tento název nese dvou a půlvrstvý laminát od firmy Climatic. V tomto případě je první vrstvou vrchní materiál ze syntetických vláken, konkrétně ze směsi polyamidu a elastanu. Druhou vrstvou je polyuretanová membrána Climatic Element+, která se vyznačuje vodonepropustností, větruvzdorností a výbornou hodnotou prodyšnosti. Třetí vrstva je krycí ochranná potištěná vrstva.

Tento laminát je velmi měkký, prodyšný, extrémně lehký a snadno sbalitelný. Výrobky z něj jsou vhodné jako rezervní oblečení na převlečení do každého ročního období a pro všechny druhy outdoorových aktivit. Výrobce u laminátu Climatic Element+ 2,5L udává hodnoty paropropustnosti $12\ 000\ \text{g/m}^2/24\ \text{hod}$ a $R_{et} < 12$, výška vodního sloupce se pohybuje v řádu $15\ 000\ \text{mm}$. [22]

Dvou a půlvrstvý laminát vytvořen pomocí nánosu barviva je další variantou laminátu. Tento laminát byl vytvořen studentkou TUL pro Diplomovou práci. Vrchní vrstvou je textilie ze syntetických vláken. Druhou vrstvou představuje nanovláknenná membrána a třetí vrstvou je nános barviva, který byl vytvořen pomocí šablonového tisku na karuselových tiskařských strojích. Pro tisk byla použita barva Texiplast 7000 OP. Zakrytí membrány ochrannou vrstvou barviva bylo tvořeno ve třech variantách a to 20 %, 30 % a 40 %. Pro tisk nanovláknenné membrány je jako vzor zvolena mřížka. Rozměr mřížky je $200 \times 200\ \text{mm}$ o počtu buněk 20×20 s tloušťkou obrysu pro 20 % zakrytí 0,95 mm, pro 30 % zakrytí 1,45 mm a pro 40 % zakrytí 1,9 mm.

Nejlépších hodnot u testování výparného odporu dosáhl laminát s 20 % zakrytím, průměrná hodnota výparného odporu dosáhla $2,45\ \text{m}^2\text{PaW}^{-1}$. Při testování prodyšnosti si vedl nejlépe laminát se 40 % zakrytím s průměrnou hodnotou $2,52\ \text{l/m}^2/\text{s}$. Dále bylo

zjištěno, že míra zakrytí membrány tiskem nemá vliv na hodnoty hydrostatické odolnosti. [11]

2.5.4 Třívrstvý laminát

Třívrstvý laminát je nejběžněji používaný typ laminátu. Jelikož je membrána nalaminována mezi vnitřní stranu vrchní textilie a podšívku, vznikne kompaktní celek laminátu s nejlepšími mechanickými vlastnostmi. Mezi jednotlivými vrstvami laminátu nevzniká tření, membrána je tak chráněná před poškozením i případným znečištěním. [10]

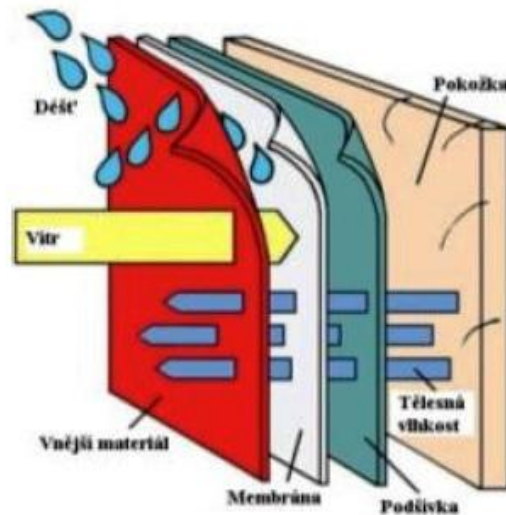
Tento laminát lze vytvořit ve vysoké i nízké gramáži. Třívrstvý laminát vysoké gramáže je vhodný pro oděvy využívané v extrémních podnebních podmínkách. Třívrstvý laminát nízké gramáže konkuruje dvou a půlvrstevným laminátům a je vhodný pro lehké turistické či cyklistické bundy s nízkou hmotností a snadnou skladností. [14]



Obrázek 8: Schéma třívrstvého laminátu [11]

2.5.5 Z-liner

Posledním způsobem provedení je z-liner, kdy je membrána volně vložená mezi vrchní materiál a podšívku. Není použita laminace, proto se nejedná o laminát. Membrána je pouze podlepena ve švech, pokud to oděvní technologie dovolí. Toto provedení umožňuje jakékoliv stříhové řešení i u materiálů, na které by se špatně laminovalo z hlediska ohybové tuhosti. Používá se u rukavic či bot, ale i u módního oblečení. Materiál má vysokou prodyšnost, ale nízkou ochranu membrány. [10]



Obrázek 9: Schéma volně vložené membrány mezi textilními materiály [11]

2.6 Textilní lepidla

Laminace se nejvíce provádí tavnými lepidly průmyslovou metodou hot melt, která je v současné době velice dobře konkurenceschopná klasickým postupům tepelného pojení. Důvodem je především snížení provozních nákladů a zvýšení ziskovosti výroby. Lepidla, která se obecně na technologii hot melt využívají, jsou ta, která zůstávají v pevném stavu do 80°C a poté měknou. Jsou to lepidla EVA (Etyl-vinyl acetát), PE (Polyetylen), TPU (Termoplastický polyuretan), CoPA (Kopolyamid), CoPES (Kopolyester). Ovšem lepidla, která se nejvíce využívají pro laminaci, jsou termoplastický polyuretan a kopolyester. Pro výrobu dvou a půlvrstvého laminátu byl zvolen kopolyester. [26]

Kopolyesterové lepidlo

Kopolyester se charakterizuje jako makromolekulární látka, jejíž molekuly jsou utvořeny nejméně ze dvou různých monomerů, přičemž jeden z nich je polyester. Vzniká kopolykondenzací jako statistický kopolymer s řetězcem -A-B-A-B-B-A-A-B-A-B-. Je to materiál, který se v textilním průmyslu i mimo něj používá jako lepidlo. Patří mezi skupinu termoplastických pojiv, mezi která se řadí i polypropylen, polyetylen a kopolyamid. [27]

Z chemického hlediska se jedná o látku v pevném skupenství charakteristické vůně s hustotou 0,98 g/cm³ při 20 °C. Její teplota tání je kolem 140°C a teplota varu kolem 200°C. U této látky nehrozí exploze, není samozápalná ani ve vodě rozpustná. Při zahřátí přes bod rozkladu je možné uvolnění toxických par.

Tavná lepidla jsou vyráběna mícháním složek při zvýšené teplotě s vyloučením vzduchu. Kopolyester v sobě obsahuje dvě nebezpečné látky: oxid nikelnatý (Aquatic Chronic 4, H413) a derivát anilinu 4,4 difenylamin. Existuje možnost kombinovat toto pojivo s pryskyřicemi, vosky nebo jinými přísadami. [17]

Principem zpevňování je natavení pojiva za vyšší teploty, nanesení pojiva na vláknennou vrstvu, formování pojivých míst a zpevnění pojiva ochlazením. Struktura kopolyesterového pojiva ovšem nevyžaduje dlouhodobé ochlazení, naproti tomu zmíněný polyuretan vyžaduje ochlazení a zrání alespoň 24 hodin. Pojivové polymery se využívají v různých formách, buď ve formě prášků, fólií, mřížek nebo bikomponentních pojivových vláken. V případě kopolyesteru se jedná o granule, které se nanášejí na vláknennou vrstvu již natavené.

Volba typu polymeru resp. kopolymeru se řídí požadavky na tepelnou a chemickou odolnost výrobků a na míru zpevnění, která je dána zejména adhezí pojiva k základním vláknům. U tepelně spojených textilií je adheze, neboli síla přilnavosti, podstatná zejména vzhledem k relativně malé ploše styku pojiva s vlákny ve srovnání s textiliemi spojenými chemicky. Menší plocha styku je dána podmínkami tvorby pojivých míst, zejména vysokou viskozitou tavenin polymerů. Obecně platí, že adheze mezi různými polymery je tím vyšší, čím jsou si tyto polymery chemicky podobnější. Kopolyester je tedy nejvhodnějším pojivem pro vlákna polyesterová. [20]

Kopolyesterový podíl na trhu v oblasti tavných lepidel představuje přibližně 5 %. Jedná se o vysoce výkonné tavné lepidlo. Ve srovnání s produkty na bázi EVA má výrazně lepší adhezivní vlastnosti a výrazně vyšší tepelnou stabilitu. Výhody použití jsou zejména dobrý poměr ceny a výkonu a nízká aplikační hmotnosti. Kopolyesterové lepidlo se využívá nejvíce v textilním průmyslu, obuvnickém průmyslu, jako obložení interiéru automobilů nebo jako filtry. [26]

3. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

Experimentální část je zaměřena na popis výroby dvou a půlvrstvého laminátu, který je vytvořený nanosením kopolyesterového lepidla na nanovláknennou membránu, jeho obrazovou analýzu a testování zvolených vlastností a porovnání s konkurenčním materiálem.

Laminát byl podroben zkoušce tepelných vlastností na přístroji Alambeta, zkoušce výparného odporu na přístroji Permetest, zkoušce prodyšnosti vzduchu na přístroji Textest FX 3 300, zkoušce hydrostatické odolnosti na přístroji Hydrostatic Head Tester M018 SDL a zkoušce odolnosti oděru na přístroji SDL Atlas M235 Martindale. Všem zkouškám byly také podrobeny dva konkurenční materiály, se kterými byl laminát následně porovnán.

3.1 Výroba dvou a půlvrstvého laminátu

Ochranná vrstva nanovláknenné membrány byla vytvořena kopolyesterovým lepidlem. Ten má za úkol nahradit funkci podšívky, tvořit ochranu membrány při namáhání a zároveň zachovat její specifické vlastnosti. Oproti konstrukci s podšívkou dochází k odlehčení laminátu a zároveň k úspoře materiálu.

Dvou a půlvrstvý laminát byl vytvořen českou firmou Nanomembrane. Laminát se skládá z vrchového materiálu, membrány a „půl vrstvy“, která je tvořena body kopolyesterového lepidla.

Vrchový materiál není vytvořen společností Nanomembrane, ale je dodán externí firmou, se kterou Nanomembrane spolupracuje. Jedná se o syntetický materiál, 100 % PA s plošnou hmotností 40 g/m².

Typ membrány, která je v laminátu použita, je nanovláknenná membrána. Ta byla vytvořena technologií elektrostatického zvlákňování druhé generace na průmyslovém zařízení typu Nanospider Spin Line a Fiber Engine FS firmou Nanomembrane. Zvlákňovací jednotkou byla struna. Nanovláknenná vrstva byla zvlákňována z polymeru PA 6, který byl zvolen především pro jeho produkční rychlost a relativně nízkou hydrofobitu. Výsledná nanovláknenná membrána disponuje vlákny o průměru 150 nm a má 20 000 000 pórů na 1 cm², což zajišťuje její vhodné užitné vlastnosti, jako je paropropustnost, prodyšnost a hydrostatická odolnost. [18]

Dalším krokem tvorby dvou a půlvrstvého laminátu, bylo vytvoření dvouvrstvého laminátu. Tedy spojení vrchového materiálu a nanovláknenné membrány pomocí PU. To bylo provedeno laminovací jednotkou od německého výrobce Lacom, která kombinuje proces nánosování a podlepování, čímž se zvyšuje produkční rychlost a zároveň snižuje výrobní náklady. Nánosování se provádí hlubokotiskovým způsobem pomocí

glavurovacího válce, který technologií hot-melt připraví PU na laminaci. Ze spodní části stroje je přiváděna vrchní textilie, která přichází do styku s glavurovacím válcem, který přenáší polyuretanové body na textilii. Z horní části stroje je přiváděná nanovláknenná membrána, která je s vrchní textilií spojena přítlakem dalšími dvěma válci. Ty plní funkci polepovací a mají nastavitelný tlak a teplotu. Po tomto kroku je materiál navinut na zbožíový vál, kde materiál 24 hodin zraje.



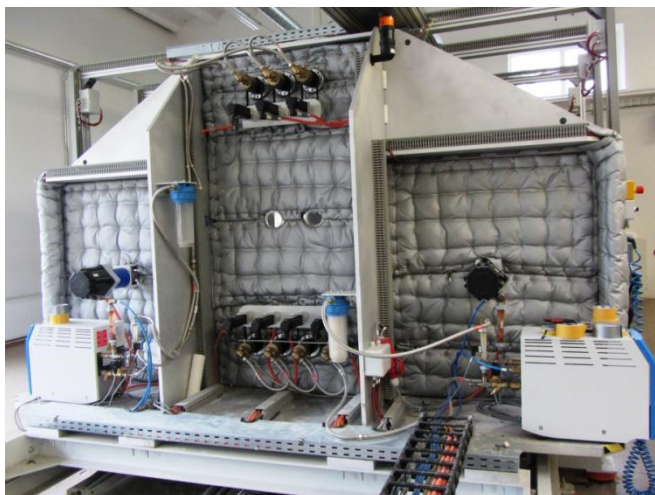
Obrázek 10: Kopolyester ve formě granulí

Samotné vytvoření dvou a půlvrstvého laminátu se provádí pomocí kopolyesterového lepidla také na laminovací lince Lacom, ovšem bez podlepovacích válců. Kopolyesterové lepidlo má nejprve formu granulí. Po roztavení se kopolyesterové body nanosou glavurovacím válcem na rubovou stranu dvouvrstvého laminátu, kde se nachází membrána. Body po nanesení ihned tuhnou a není proto potřeba čas na zrání.



Obrázek 11: Laminovací linka Lacom

Poslední krokem tvorby je podrobení laminátu nízkovakuové plazmatické lince typu roll-to-roll od belgického výrobce Europlasma, která zajistí hydrofobní a oleofobní úpravu. Zvýšení hydrostatické odolnosti pomocí hydrofobizace nanovlákněné vrstvy je možné třemi způsoby: fulárem, postřikem a nízkovakuovou plazmou. Důvodem volby nízkovakuové plazmy je možnost využití současně s hydrofobní úpravou i úpravu oleofobní. Nízkovakuová plazma byla zvolena, jelikož atmosférická plazma nemá takový účinek a není zaručena kontinuita upravovaného povrchu. Jako hydrofobní prostředek byl použit fluorkarbon C6, který snižuje povrchové napětí laminátu. Při tomto typu technologie se nanáší velmi malé množství nanočástic fluorkarbonu ve velmi tenké vrstvě na každém vlákně, takže nemůže dojít k ucpání mezivlákněných pórů. Plazmatickým nanosením hydrofobního filmu na povrch materiálu se zvyšuje hydrostatická odolnost celé vrstvy, která však současně díky velkým mezivlákněným prostorům, zachovává svoji původní výbornou paropropustnost.



Obrázek 12: Nízkovakuová plazmatická linka roll-to-roll

3.2 Charakteristika materiálů

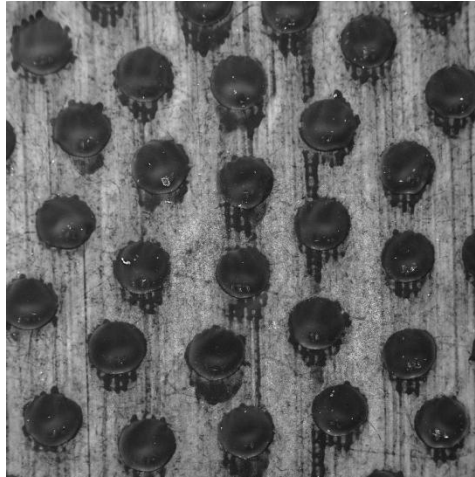
Byly vybrány tři materiály. Jeden dvou a půlvrstvý laminát a dva konkurenční materiály, se kterými bude laminát porovnáván. Materiály mají stejný účel použití především jako outdoorové oděvy vhodné do nepříznivých klimatických podmínek.

3.2.1 Dvou a půlvrstvý laminát

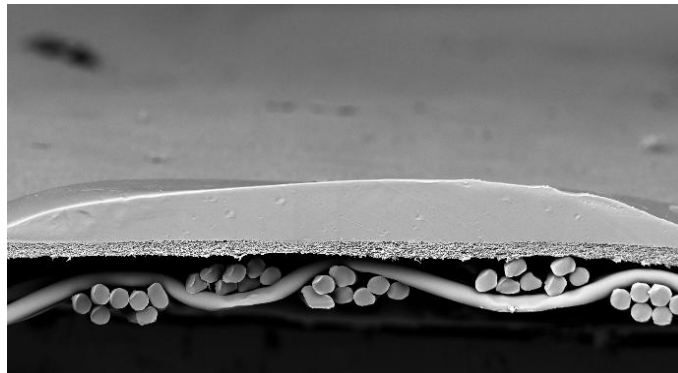
Dvou a půlvrstvý laminát je tvořen třemi vrstvami. První vrstvou je syntetický materiál, 100 % PA s plošnou hmotností 40 g/m^2 . Druhou vrstvou je nanovlákněná membrána, která je zvlákněná z polymeru PA 6. Poslední vrstvou jsou body

z kopolyesterového lepidla. Procentuální zakrytí membrány kopolyesterovými body je 28,5 %. Plošná hmotnost laminátu byla vypočítána na 47 g/m².

Na obrázku 13 je znázorněna 35x zvětšená plocha rubové strany laminátu s kopolyesterovými body. Na obrázku 14 je 350x zvětšený příčný řez laminátem v místě kopolyesterového bodu.



Obrázek 13: Mikroskopický pohled na rubovou stranu laminátu

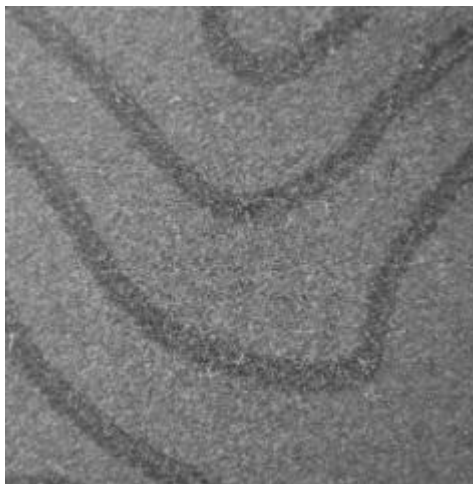


Obrázek 14: Mikroskopický snímek příčného řezu

3.2.2 Konkurenční materiál A

Jako konkurenční materiál A je označen dvouvrstvý laminát. První vrstvou laminátu je taktéž syntetický materiál, 100 % PA. Druhou vrstvou je polyuretanová hydrofilní neporézní membrána, která je chráněna potiskem, který zakrývá 29,5 % plochy membrány. Laminace je provedena pomocí PU. [11]

Na obrázku 15 je znázorněna 30x zvětšená plocha hydrofilní neporézní membrány s tiskem.

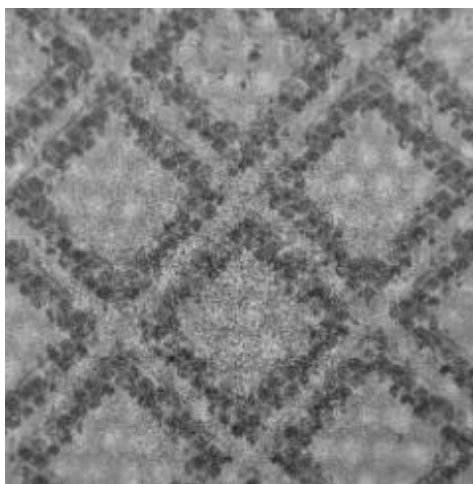


Obrázek 15: Mikroskopické snímky konkurenčního materiálu A [11]

3.2.3 Konkurenční materiál B

Jako konkurenční materiál B byl označen dvouvrstvý laminát firmy Kunsham Sunshine Textile Co., Ltd., která se zabývá výrobou funkčních textilií a textilních laminátů pro sport a outdoorové aktivity. Vrchním materiálem je syntetický materiál vytvořen ze 100 % PA. Membrána je v tomto případě hydrofobní mikroporézní. Povrch membrány chrání před porušením tisk, jenž zakrývá 52 % plochy membrány. Laminace je provedena pomocí PU. [11]

Na obrázku 16 je 30x zvětšený snímek membrány s tiskem.



Obrázek 16: Mikroskopické obrázky konkurenčního materiálu B [11]

Mikroskopické snímky byly pořízené na elektronovém rastrovacím mikroskopu Vega Tescan, který se nachází v laboratoři katedry textilních materiálů na TUL. Snímána byla rubní strana vzorků a jejich řezy.

Tabulka 3: Charakteristika materiálů

Označení	Typ textilie	Složky laminátu			Zakrytí membrány	Plošná hmotnost [g·m ⁻²]
		Nosný materiál	Typ membrány	Ochrana membrány		
Dvou a půlvrstvý laminát	Dvou a půlvrstvý laminát	Tkanina	Nanovláknenná membrána	Lepidlo	28,5 %	47
Konkurenční materiál A	Dvouvrstvý laminát	Tkanina	Hydrofilní neporézní	Tisk	29,5 %	95
Konkurenční materiál A	Dvouvrstvý laminát	Tkanina	Hydrofobní mikroporézní	Tisk	52 %	172

3.3 Obrazová analýza

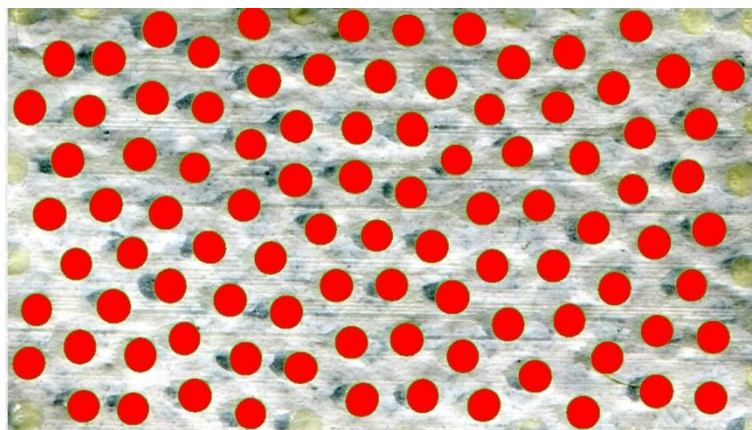
Pro změření obsahu, obvodu, průměru a výšky kopolyesterových bodů byla použita obrazová analýza. Dále se při ní zjišťovalo procentuální zakrytí plochy nanovláknenné membrány kopolyesterovými body.

První obrazy rubové strany laminátu byly vyhotoveny rastrovacím mikroskopem VEGA3 LM, druhá sada obrazů rubové strany laminátu byla vyhotovena skenerem EPSON PERFECTION V370. Obrazy řezů pro analýzu výšky kopolyesterových bodů byly pořízeny rastrovacím mikroskopem VEGA TS 5130. Všechny obrazy v jednotlivých sadách byly snímány za stejných světelných podmínek. V každé sadě bylo vytvořeno 10 snímků. Obrazová analýza byla vyhodnocena v programu NIS-Elements.

3.3.1 Obsah, obvod a průměr kopolyesterových bodů

Pro tuto část obrazové analýzy byly nakonec pro svoji kvalitu zvoleny snímky vytvořené skenerem. Postup analýzy pro určení obsahu, obvodu a průměru kopolyesterových bodů byl následující:

1. Nahrání obrazu
2. Kalibrace obrazu
3. Editace obrazu
4. Transformace obrazu prahováním (vytvoření binárního obrazu)
5. Měření objektů



Obrázek 17: Editace obrazu vložení kruhů a elips

Editace obrazu byla zhotovena vložení kruhu nebo elips, podle tvarů kopolyesterových bodů. Tímto způsobem byly označeny pouze kopolyesterové body, které byly na snímku celé. Zahrnutím necelistvých bodů by se zakreslily konečné výsledky.

Výsledky první části obrazové analýzy jsou znázorněny tabulce 4. Celkové množství zkoumaných kopolyesterových bodů pro určení obsahu, obvodu a průměru bylo 932.

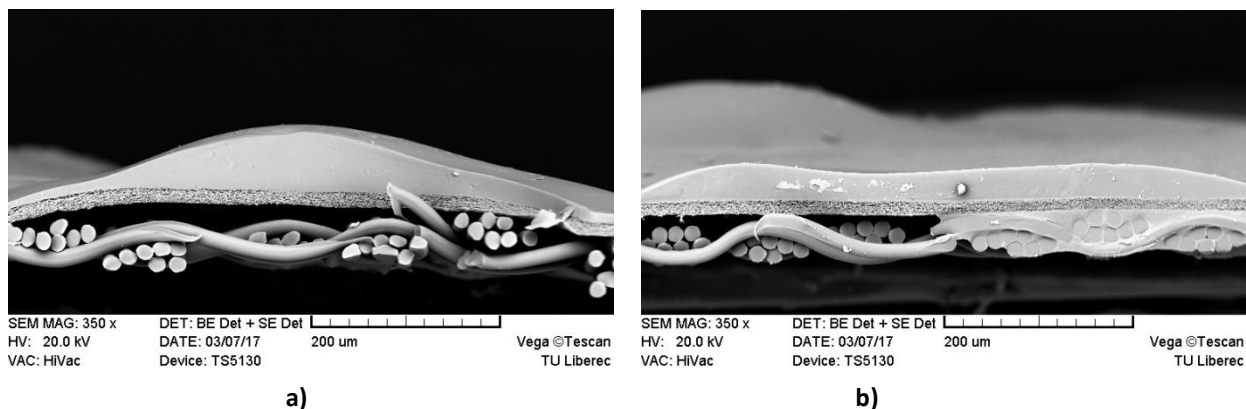
Tabulka 4: Výsledky první části obrazové analýzy kopolyesterových bodů

Kopolyesterové body			
	Obsah [μm^2]	Obvod [μm]	Průměr [μm]
Průměrná hodnota	401 817,4	2256,9	714,9
Minimum	334722,6	2066,9	652,8
Maximum	484266	2481,4	785,2
Směrodatná odchylka	25297,8	69,8	22,5
Variační koeficient	6,2	3,1	3,1
Int. Spolehlivosti -95%	396706,6	2042,7	710,4
Int. Spolehlivosti +95%	406959	2268,4	719,5

3.3.2 Výška kopolyesterového bodu

Postup analýzy pro určení výšky kopolyesterového bodu byl následující:

1. Nahrání obrazu
2. Kalibrace obrazu
3. Transformace obrazu prahování (vytvoření binárního obrazu)
4. Interaktivní měření délky



Obrázek 18: Řez kopolyesterovými body

Obrázek 18 a) a b) představuje vertikální řez kopolyesterovými body a ukazuje, že průřezy bodů nejsou stejné. Každý je tvarován jinak. Jejich krajní a tedy i minimální výška v některých případech se postupně ztrácí a splývá s nanovláknennou vrstvou. Je tedy obtížné určit minimální hodnotu výšky kopolyesterového bodu. Výsledek minimální hodnoty může být zkreslený.

Výsledky druhé části obrazové analýzy jsou znázorněny tabulce 5. Celkové množství zkoumaných kopolyesterových bodů pro určení jejich výšky bylo 10.

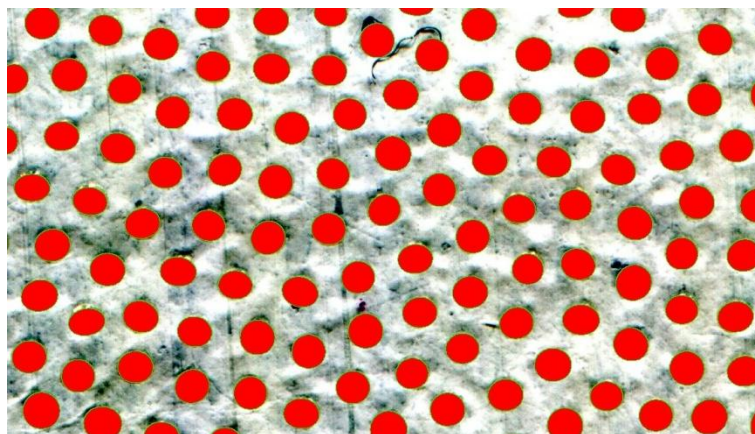
Tabulka 5: Výsledky druhé části obrazové analýzy kopolyesterových bodů

Výška kopolyesterového bodu [μm]	
Průměr	44,34
Minimum	19,43
Maximum	65,13
Směrodatná odchylka	11,5
Variační koeficient	26,02
Int. Spolehlivosti -95%	42,42
Int. Spolehlivosti +95%	46,26

3.3.3 Procentuální zakrytí nanovláknenné membrány kopolyesterovými body

Pro tuto část obrazové analýzy byly také zvoleny snímky vytvořené skenerem. Postup analýzy pro určení procentuálního zakrytí bylo velmi obdobné jako v prvním případě:

1. Nahrání obrazu
2. Kalibrace obrazu
3. Editace obrazu
4. Transformace obrazu prahováním (vytvoření binárního obrazu)
5. Měření polí



Obrázek 19: Editace obrazu vložením kruhů a elips

Editace obrazu byla zhotovena vložením kruhu nebo elips, podle tvarů kopolyesterových bodů. V tomto případě byly takto označeny všechny kopolyesterové body, i ty, které nejsou na obrázku celé.

Výsledky třetí části obrazové analýzy jsou znázorněny v tabulce č. 6. Celkové množství zkoumaných snímků bylo 10.

Tabulka 6: Výsledky třetí části obrazové analýzy

Procentuální zakrytí nanovlákněné membrány kopolyesterovými body [%]	
1. snímek	28,9
2. snímek	29,4
3. snímek	28,9
4. snímek	28,2
5. snímek	28,4
6. snímek	28,7
7. snímek	28,2
8. snímek	29,4
9. snímek	28,5
10. snímek	28,9
Průměr	28,5
Minimum	28,2
Maximum	29,4
Směrodatná odchylka	0,435
Variační koeficient	1,514
Int. Spolehlivosti -95%	28,48
Int. Spolehlivosti +95%	29,02

3.4 Tepelné vlastnosti

3.4.1 Postup při měření

Tepelné vlastnosti byly měřeny pomocí přístroje ALAMBETA podle interní normy č. 23-304-02/01, zdroj [9], s názvem *Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta*. Podstata zkoušky na přístroji ALAMBETA spočívá v průchodu tepelných toků $q_1(t)$ a $q_2(t)$ povrchy vzorku od neustáleného stavu k ustálenému. Měření bylo provedeno v laboratoři za okolní teploty $22,5^\circ\text{C}$ a za relativní vlhkosti vzduchu 38 %. Rozměr testovaného vzorku byl 10x10mm. Teplota kontaktní plochy přístroje je 36°C , podobně jak je tomu u teploty lidského těla. [7]



Obrázek 20: Přístroj ALAMBETA

Přístroj měří následující vlastnosti: tepelnou jímavost, plošný odpor vedení tepla, tloušťku materiálu, poměr maximálního a ustáleného tepelného toku, tepelný tok, měrnou tepelnou vodivost a měrnou teplotní vodivost. Vlastnosti, které byly pro tuto práci sledovány, jsou tloušťka materiálu, měrná tepelná vodivost a plošný odpor vedení tepla.

Tloušťka materiálu je vlastnost udávaná v jednotkách [mm]. Měrná tepelná vodivost představuje množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a vytvoří rozdíl teplot 1 K a udává se v jednotkách [$\text{W}/\text{m}\cdot\text{K}$]. Plošný odpor vedení tepla udává, jaký odpor klade materiál proti průchodu tepla textilií. Je dán poměrem tloušťky materiálu a měrné tepelné vodivosti a udává se v jednotkách [$\text{W}^{-1}\text{K}\cdot\text{m}^2$].

Po spuštění přístroje samovolně klesla měřící hlavice k nastavení tloušťky h_0 . Dále byl měřený vzorek položen lícem na základnu přístroje. Poté se spustila hlavice, která je teplejší než okolí a odpovídá průměrné teplotě lidské kůže. Přístroj začal pomocí snímačů tepelného toku měřit jednotlivé vlastnosti. Výsledky byly zpracovány a

zobrazeny elektronikou přístroje. Tento proces byl opakován desetkrát, pokaždé na jiné části materiálu. Vzhledem k tomu, že přístroj má malý displej, na kterém nelze zobrazit větší počet desetinných míst dané hodnoty, je potřeba podle manuálu přístroje hodnoty upravit. Měrná tepelná vodivost a plošný odpor vedená tepla byly proto děleny hodnotou 10^3 . [9]

Jednou ze základních podmínek pro správné měření přístrojem Alambeta je tloušťka materiálu od 0,5 mm. Vzhledem k tomu, že použité materiály, zvláště pak membrána, mají nižší tloušťku materiálu, nelze v této zkoušce vyloučit chybně naměřená data.

3.4.2 Vyhodnocení měření

Při vyhodnocení výsledků ze zkoušky tloušťky materiálu, měrné tepelné vodivosti a plošného odporu vedení tepla se porovnávaly hodnoty dvouvrstvého laminátu a dvou a půlvrstvého laminátu. Zjišťovalo se, zda má „půl vrstva“ vytvořená z kopolyesterového lepidla na tyto vlastnosti vliv.

Pro vyhodnocení výsledků byl použit program MS Excel a Statistica. Naměřené hodnoty jsou data z normálního rozdělení. Jako metoda vyhodnocení hodnot tloušťky materiálu, měrné tepelné vodivosti a plošného odporu vedení tepla byla zvolena jednofaktorová analýza rozptylu, neboli ANOVA. Odezvou pro vyhodnocení byla tloušťka materiálu, měrná tepelná vodivost a plošný odpor vedení tepla, faktorem bylo zakrytí laminátu body kopolyesterovým lepidlem. V případě dvouvrstvého laminátu se jednalo o 0 % zakrytí, v případě dvou a půlvrstvého laminátu se jednalo o 28,5 % zakrytí.

Tloušťka materiálu

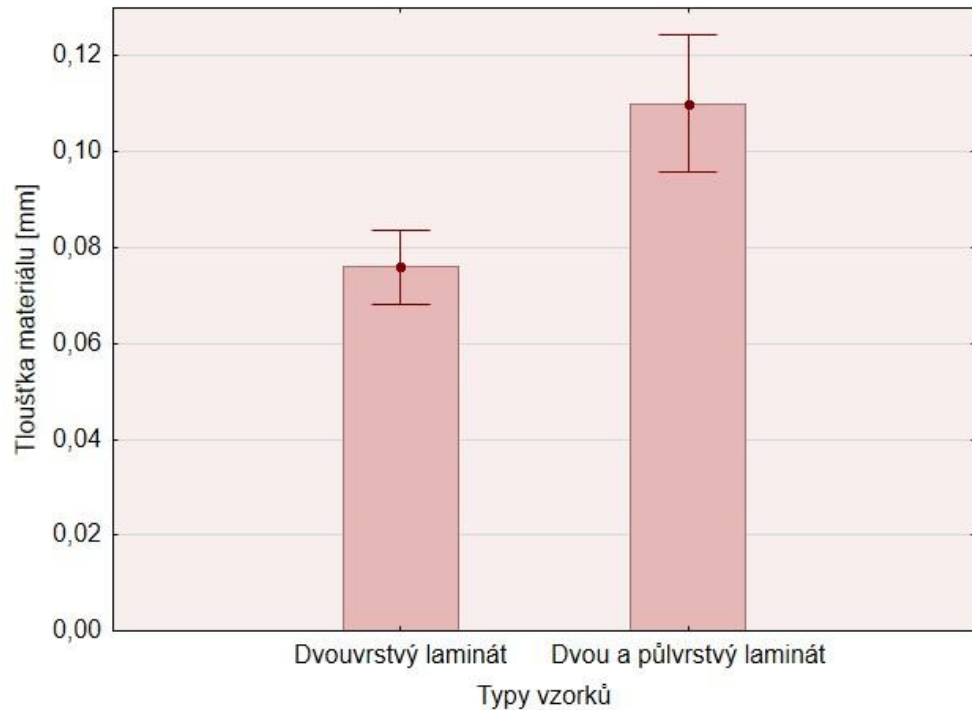
H_0 : Tloušťka materiálu nezávisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

H_1 : Tloušťka materiálu závisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

Tabulka 7: Jednofaktorová ANOVA tloušťky materiálu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	0,0058	1	0,0058	22,42	1,65E-04	4,414
Reziduum	0,0046	18	2,58E-04			
Celkový	0,01	19				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Tloušťka materiálu zcela logicky závisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem. Naměřené hodnoty tloušťky materiálu všech materiálů jsou uvedeny v příloze A.



Obrázek 21 Porovnání tloušťky materiálu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

V případě tvorby dvou a půlvrstvých laminátů se klade důraz na nízkou hmotnost a malou tloušťku materiálu. Ale je zcela logické, že materiál, který je tvořený více vrstvami, má zároveň větší tloušťku materiálu. Z grafu na obrázku 21 je tedy patrné, že dvouvrstvý laminát je užší, ovšem lze z něj také vyčíst, že rozdíl mezi tloušťkami laminátů je zanedbatelný.

Měrná tepelná vodivost

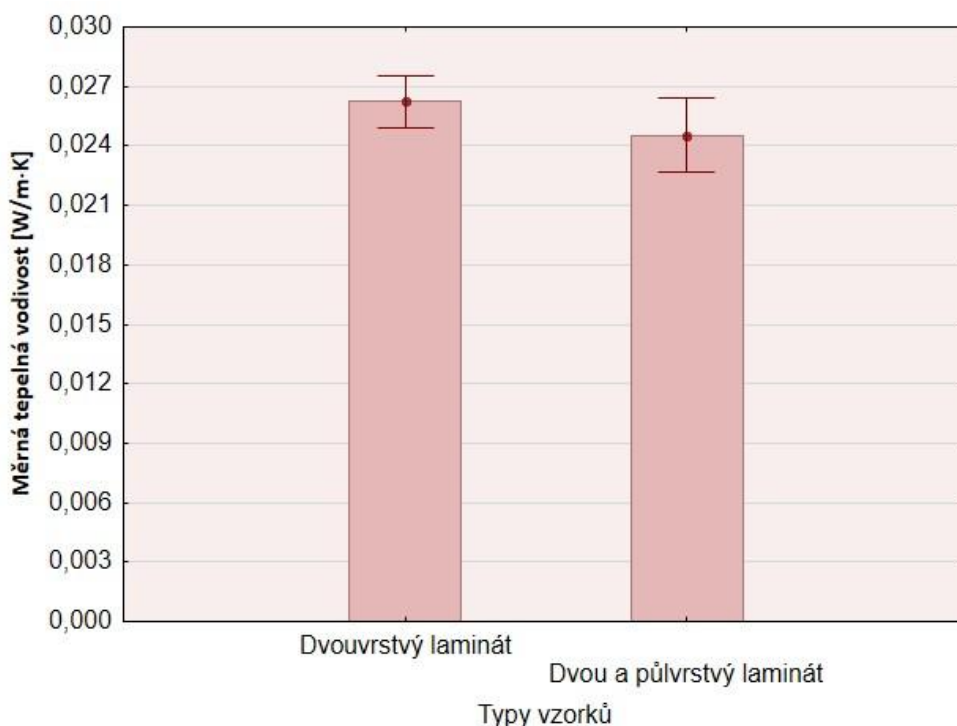
H_0 : Měrná tepelná vodivost nezávisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

H_1 : Měrná tepelná vodivost závisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

Tabulka 8: Jednofaktorová ANOVA měrné tepelné vodivosti dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	1,50E-05	1	1,50E-05	2,94	0,104	4,414
Reziduum	9,17E-05	18	5,09E-06			
Celkový	1,07E-04	19				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA nezamítáme H_0 , jelikož $F > F_{krit}$. Z tohoto pohledu měrná tepelná vodivost nezávisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem. Po převedení testovací statistiky do pravděpodobnostní škály a počítání pravděpodobnost p, která kvantifikuje pravděpodobnost realizace hodnoty testovací statistiky, pokud nulová hypotéza platí, se dané tvrzení ještě potvrzuje. Hodnota p je větší než hladina významnosti $\alpha=0,05$, tedy $p > \alpha$. Měrná tepelná vodivost opravdu nezávisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem. Naměřené hodnoty měrné tepelné vodivosti všech materiálů jsou uvedeny v příloze B.



Obrázek 22 Porovnání měrné tepelné vodivosti dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Z analýzy rozptylu vyplývá, že hodnoty měrné tepelné vodivosti nejsou statisticky významné. Typ zakrytí membrány není pro měrnou tepelnou vodivost materiálu určující

a nijak ji neovlivňuje. Z naměřených hodnot pro dané lamináty nelze jednoznačně určit, který typ je vhodnější. Průměry hodnot se totiž od sebe liší pouze o 0,002 W/m·K.

Plošný odpor vedení tepla

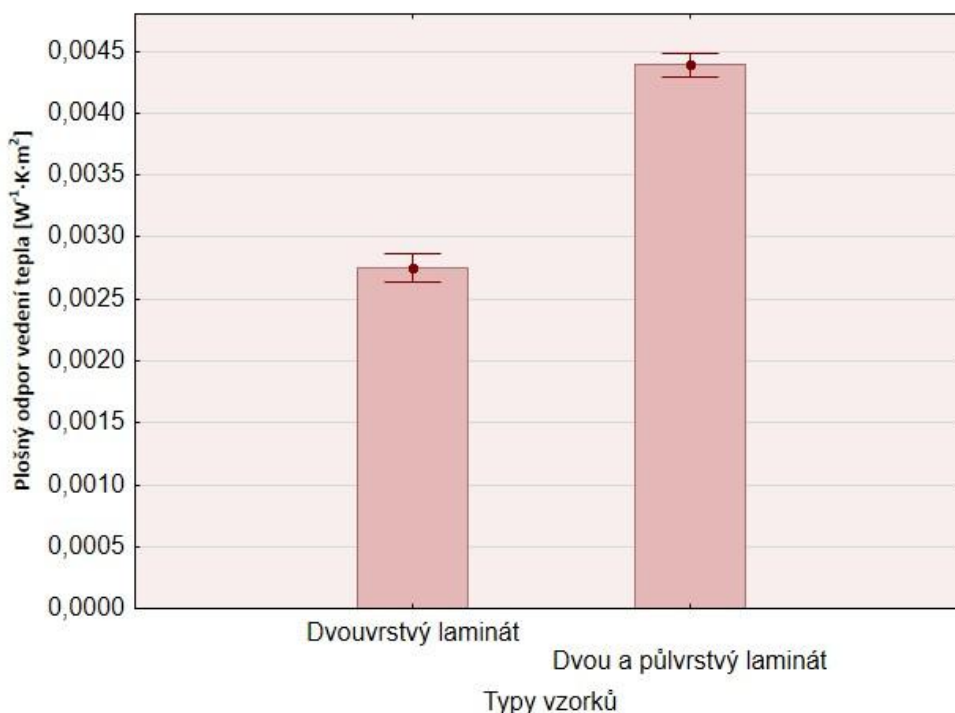
H_0 : Plošný odpor vedení tepla nezávisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

H_1 : Plošný odpor vedení tepla závisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

Tabulka 9: Jednofaktorová ANOVA plošného odporu vedení tepla dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	1,34E-05	1	1,34E-05	647,23	1,46E-15	4,414
Reziduum	3,74E-07	18	2,08E-08			
Celkový	1,38E-05	19				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Plošný odpor vedení tepla závisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem. Naměřené hodnoty plošného odporu vedení tepla všech materiálů jsou uvedeny v příloze C.



Obrázek 23 Porovnání plošného odporu vedení tepla dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Z grafu na obrázku 23 vyplývá, že dvou a půlvrstvý laminát dosahuje vyšší hodnoty plošného odporu vedení tepla. Zajistí tak nositeli lepší tepelnou izolaci, které je docíleno nánosem kopolyesterového lepidla. Laminát klade vyšší odpor proti průchodu tepla. V případě využití laminátu na sportovní zimní bundu, bude laminát vně bundy udržovat snadněji vyšší teplotu než je teplota okolí. Naopak dvouvrstvý laminát vykazuje menší tepelně-izolační vlastnosti.

3.4.3 Porovnání laminátu s konkurenčními materiály

Při vyhodnocení výsledků ze zkoušky tloušťky materiálu, měrné tepelné vodivosti a plošného odporu vedení tepla se porovnávaly hodnoty dvou a půlvrstvého laminátu a konkurenčního materiálu A a B. Zjišťovalo se, zda má vliv na tyto vlastnosti způsob zakrytí membrány. Pro vyhodnocení výsledků byl použit program MS Excel a Statistica. Naměřené hodnoty jsou data z normálního rozdělení. Jako metoda vyhodnocení hodnot tloušťky materiálu, měrné tepelné vodivosti a plošného odporu vedení tepla byla zvolena jednofaktorová analýza rozptylu, neboli ANOVA. Odezvou pro vyhodnocení byla tloušťka materiálu, měrná tepelná vodivost a plošný odpor vedení tepla, faktorem byl způsob zakrytí laminátu. V případě dvou a půlvrstvého laminátu se jednalo o 28,5 % zakrytí membrány kopolyesterovými body, v případě konkurenčního materiálu A laminátu se jednalo o 29,5 % zakrytí potiskem a v případě konkurenčního materiálu B se jednalo o 52 % zarytí potiskem.

Tloušťka materiálu

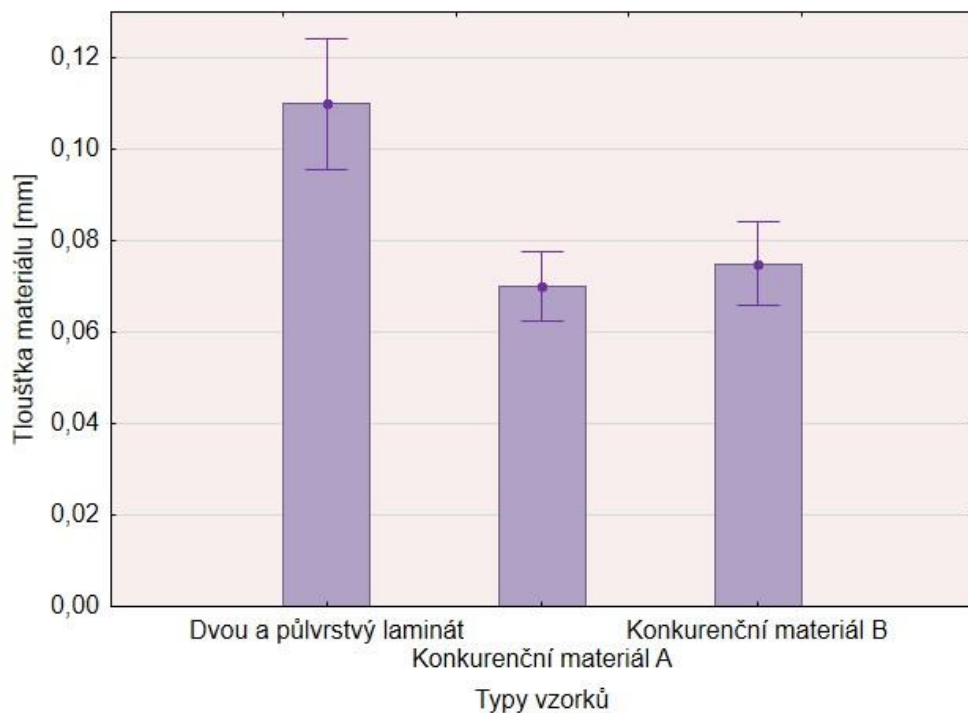
H_0 : Tloušťka materiálu nezávisí na typu zakrytí membrány

H_1 : Tloušťka materiálu závisí na typu zakrytí membrány.

Tabulka 10: Jednofaktorová ANOVA tloušťky materiálu laminátu a konkurenčních materiálů

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	0,009	2	0,0047	21,2	2,9E-06	3,354
Reziduum	0,006	27	2,2E-04			
Celkový	0,016	29				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Tloušťka materiálu závisí na způsobu zakrytí membrány. Naměřené hodnoty tloušťky materiálu všech materiálů jsou uvedeny v příloze A.



Obrázek 24 Porovnání tloušťky materiálu laminátu a konkurenčních materiálů

Při tvorbě laminátů se klade důraz na nízkou hmotnost a malou tloušťku materiálu. Vzhledem k tomu, že potisk na laminátech zcela splývá s membránou, kdežto kopolyesterové body z povrchu membrány vystupují, lze předpokládat, že v tomto

případě budou mít lepší hodnoty konkurenční materiály. Tento předpoklad zcela podporuje graf na obrázku 24.

Měrná tepelná vodivost

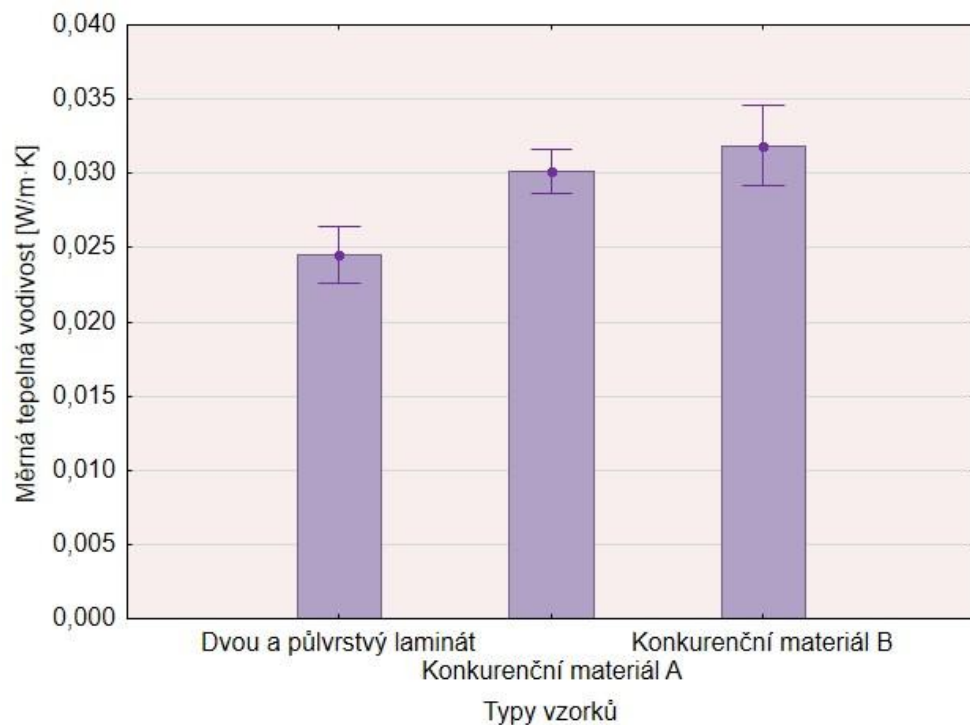
H_0 : Měrná tepelná vodivost nezávisí na typu zakrytí membrány

H_1 : Měrná tepelná vodivost závisí na typu zakrytí membrány

Tabulka 11: Jednofaktorová ANOVA měrné tepelné vodivosti laminátu a konkurenčních materiálů

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	2,9E-04	2	1,47E-04	17,63	1,26E-05	3,354
Reziduum	2,3E-04	27	8,36E-06			
Celkový	5,2E-04	29				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Měrná tepelná vodivost závisí na typu zakrytí membrány. Naměřené hodnoty měrné tepelné vodivosti všech materiálů jsou uvedeny v příloze B.



Obrázek 25 Porovnání měrné tepelné vodivosti laminátu a konkurenčních materiálů

Pro udržení určité teploty vně oděvu je vhodná malá měrná tepelná vodivost. Při vyšší měrné tepelné vodivosti snadněji přechází naakumulované teplo do vnějšího prostředí, což je pro zimní a podzimní oděvy nevýhodné. Z grafu na obrázku 25 vyplývá, že dvou a půlvrstvý laminát dosahuje lepších výsledků než konkurenční materiály díky pokrytí nanovláknenné membrány lepidlem.

Plošný odpor vedení tepla

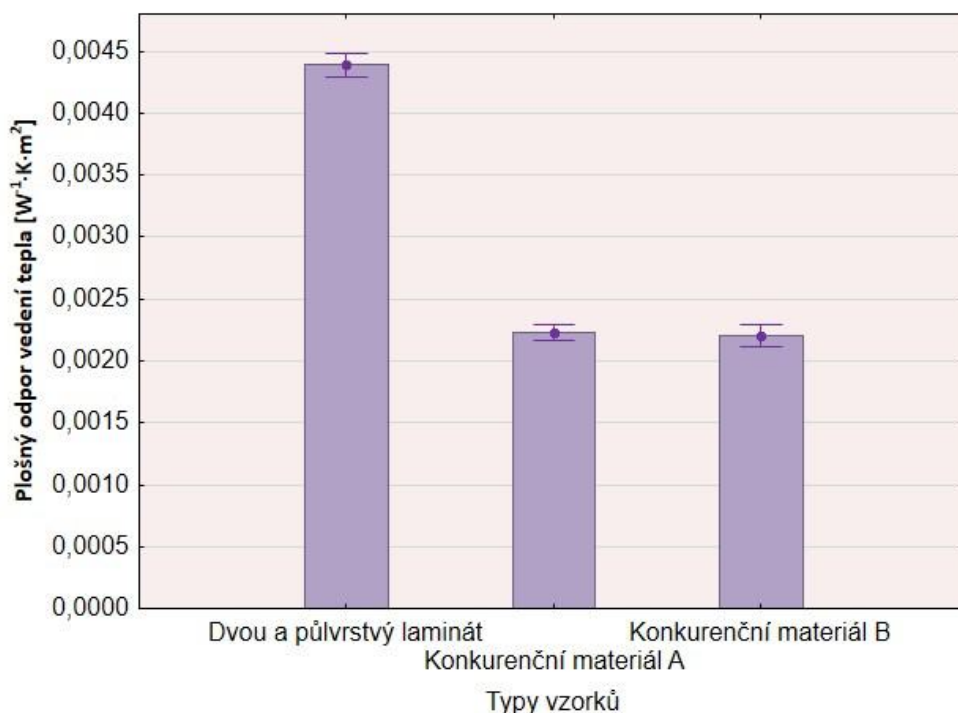
H_0 : Plošný odpor vedení tepla nezávisí na typu zakrytí membrány

H_1 : Plošný odpor vedení tepla závisí na typu zakrytí membrány.

Tabulka 12: Jednofaktorová ANOVA plošného odporu vedení tepla laminátu a konkurenčních materiálů

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	3,15E-05	2	1,58E-05	1216,62	3,51E-27	3,354
Reziduum	3,50E-07	27	1,3E-08			
Celkový	3,19E-05	29				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Plošný odpor vedení tepla závisí na typu zakrytí membrány. Naměřené hodnoty plošného odporu vedení tepla všech materiálů jsou uvedeny v příloze C.



Obrázek 26 Porovnání plošného odporu vedení tepla laminátu a konkurenčních materiálů

Z grafu na obrázku 26 vyplývá, že dvou a půlvrstvý laminát zajistí nositeli lepší tepelnou izolaci. Laminát díky nánosu kopolyesterových bodů klade vyšší odpor proti průchodu tepla. V případě využití laminátu na sportovní zimní bundu, bude laminát vně bundy udržovat snadněji vyšší teplotu než je teplota okolí. Naopak konkurenční materiály vykazují menší tepelně-izolační vlastnosti.

3.5 Výparný odpor

3.5.1 Postup při měření

Výparný odpor byl měřen pomocí přístroje PERMETEST, který je svou podstatou tzv. Skin model malých rozměrů. Zkouška byla provedena v souladu s normou ČSN EN 31092, zdroj [5]. Měření bylo prováděno v laboratoři se stálou teplotou okolí $22,6^{\circ}C$ a relativní vlhkostí vzduchu 35 %. Zkušební plocha vzorku byla 20 cm^2 . Výparný odpor je udáván v jednotkách [$\text{Pa} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{W}^{-1}$]

Přístroj je založen na přímém měření tepelného toku q procházejícího povrchem tohoto tepelného modelu lidské pokožky. Povrch modelu je porézní a je zvlhčován, čímž je zajištěna simulace pocením. Na tento model je přiložen přes separační folii měřený vzorek. Na vnější stranu vzorku je foukán vzduch. Principem měření na přístroji PERMETEST je měření tepelného toku bez vzorku a poté s testovaným vzorkem. Přístroj tak registruje odpovídající tepelné toky q_0 a q_v . Příslušný výparný tepelný tok je

měření snímačem. Jeho hodnota je přímo úměrná paropropustnosti textilie a nepřímo úměrná jejímu výparnému odporu. Přístroj je propojen s počítačem pomocí programu PERMETEST, který zobrazuje naměřené hodnoty a umožňuje jejich další statistické zpracování. [5]

Při reálném postupu měření byl nejprve změřen tepelný tok bez vzorku a poté bylo provedeno měření s kalibrační tkaninou, která zakryla měřící hlavici. Kalibrační tkanina je u všech měření stejná a jsou u ní známy hodnoty výparného odporu i paropropustnosti pro vodní páry. Tímto krokem byl přístroj kalibrován a následovalo samotné testování vzorků. Nejprve byl změřen tepelný tok bez vzorku, poté s testovaným vzorkem, který zakryl měřící hlavici. Naměřené hodnoty byly zobrazeny v počítači v programu PERMETST.



Obrázek 27: Přístroj PERMETEST

3.5.2 Vyhodnocení měření

Při vyhodnocení výsledků ze zkoušky výparného odporu se porovnávaly hodnoty dvouvrstvého laminátu a dvou a půlvrstvého laminátu. Zjišťovalo se, zda má „půl vrstva“ vytvořená z kopolyesterového lepidla vliv na výparný odpor.

Pro vyhodnocení výsledků byl použit program MS Excel a Statistica. Naměřené hodnoty jsou data z normálního rozdělení. Jako metoda vyhodnocení hodnot výparného odporu byla zvolena jednofaktorová analýza rozptylu, neboli ANOVA. Odezvou pro vyhodnocení byl výparný odpor, faktorem bylo zakrytí laminátu body kopolyesterovým lepidlem. V případě dvouvrstvého laminátu se jednalo o 0 % zakrytí, v případě dvou a půlvrstvého laminátu se jednalo o 28,5 % zakrytí

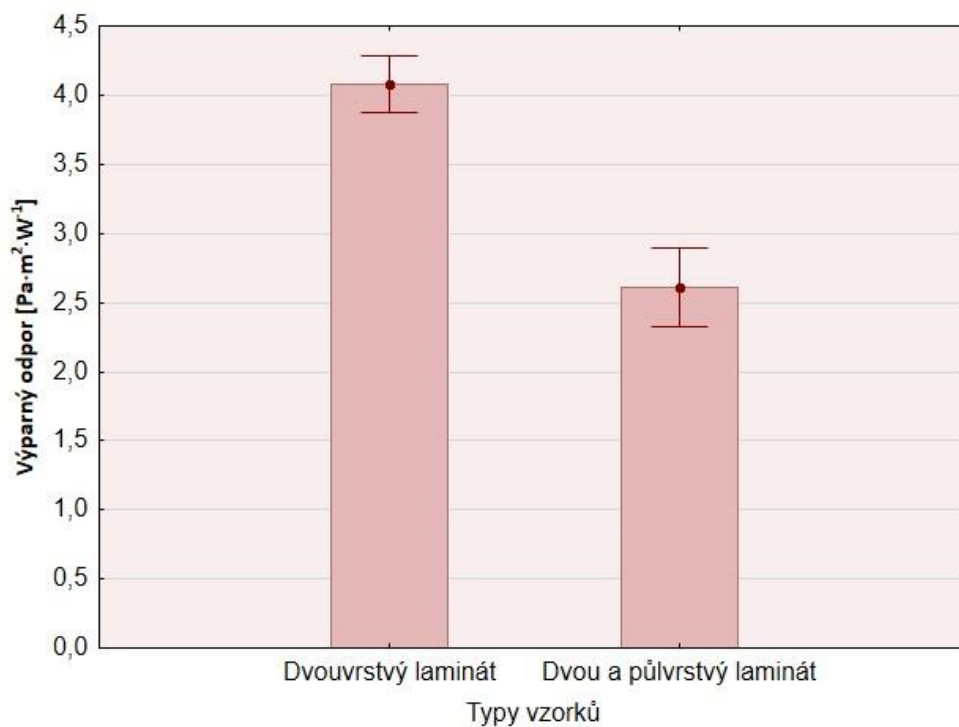
H_0 : Výparný odpor nezávisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

H_1 : Výparný odpor závisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

Tabulka 13: Jednofaktorová ANOVA výparného odporu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	10,8	1	10,8	86,63	2,66E-08	4,414
Reziduum	2,25	18	0,125			
Celkový	13	19				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Výparný odpor závisí na procentuálním zakrytí membrány. Naměřené hodnoty výparného odporu všech materiálů jsou uvedeny v příloze D.



Obrázek 28 Porovnání výparného odporu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Pro outdoorové textilní materiály je vhodná co nejvyšší paropropustnost vodních par. Toho je dosaženo tehdy, když je hodnota výparného odporu R_{et} co nejnižší. Z grafu na obrázku 28 tedy vyplývá, že daný parametr lépe splňuje dvou a půlvrstvý laminát. Vyšší hodnotu výparného odporu tedy zajišťuje lépe laminát s nánosem kopolyesterového lepidla. Oba lamináty dosahují podle tabulky v kapitole 2.3.2. nejlepšího hodnocení označené jako *velmi dobré*, jsou tedy schopné 1m^2 textilního materiálu za 24 hodin propustit více než 20 000 g vlhkosti.

3.5.3 Porovnání laminátu s konkurenčními materiály

Při vyhodnocení výsledků ze zkoušky výparného odporu materiálu se porovnávaly hodnoty dvou a půlvrstvého laminátu a konkurenčního materiálu A a B. Zjišťovalo se, zda způsob zakrytí membrány má vliv na výsledky výparného odporu. Pro vyhodnocení výsledků byl použit program MS Excel a Statistica. Naměřené hodnoty jsou data z normálního rozdělení. Jako metoda vyhodnocení hodnot výparného odporu byla zvolena jednofaktorová analýza rozptylu, neboli ANOVA. Odezvou pro vyhodnocení byl výparný odpor, faktorem byl způsob zakrytí laminátu. V případě dvou a půlvrstvého laminátu se jednalo o 28,5 % zakrytí membrány kopolyesterovými body, v případě konkurenčního materiálu A laminátu se jednalo o 29,5 % zakrytí potiskem a v případě konkurenčního materiálu B se jednalo o 52 % zarytí potiskem.

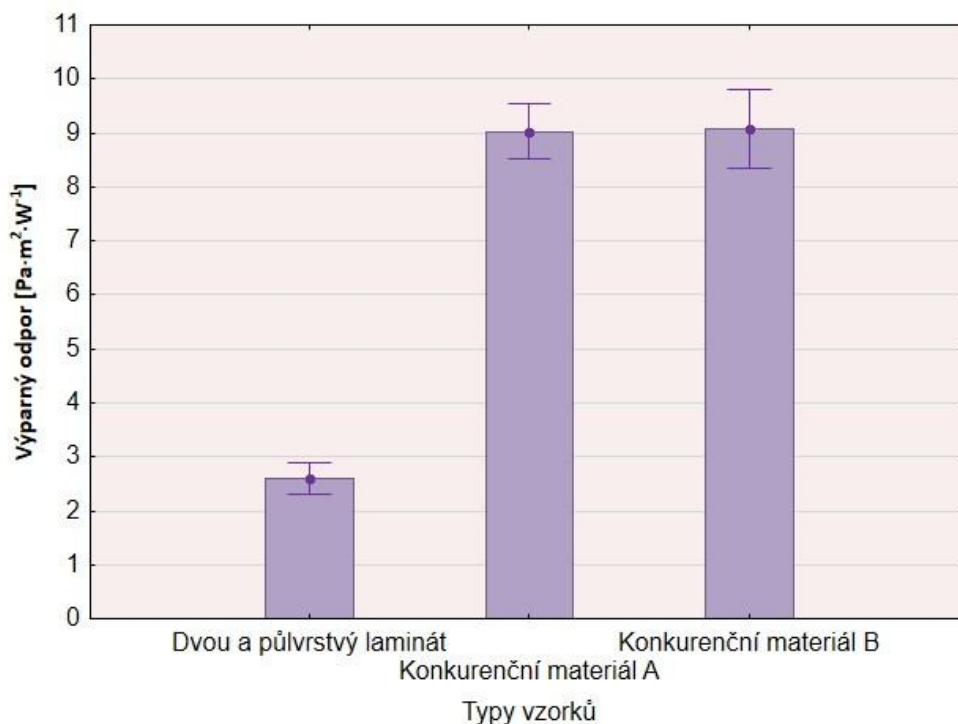
H_0 : Výparný odpor materiálu nezávisí na typu zakrytí membrány

H_1 : Výparný odpor materiálu závisí na typu zakrytí membrány.

Tabulka 14: Jednofaktorová ANOVA výparného odporu laminátu a konkurenčních materiálů

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	276,5	2	138,2	242,5	5,59E-18	3,354
Reziduum	15,4	27	0,57			
Celkový	291,9	29				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Výparný odpor závisí na způsobu zakrytí membrány. Naměřené hodnoty výparného odporu všech materiálů jsou uvedeny v příloze D.



Obrázek 29 Porovnání výparného odporu laminátu a konkurenčních materiálů

Z grafu na obrázku 29 je patrné, že konkurenční materiály dosahují horších hodnot výparného odporu. Laminát dosahuje lepších výsledků díky nánosu kopolyesterových bodů. Laminát je v rámci funkčnosti více paropropustný a tudíž komfortnější.

3.6 Prodyšnost vzduchu

3.6.1 Postup při měření

Prodyšnost vzduchu textilních materiálů je charakterizováno jako jejich schopnost propouštět vzduch za daných podmínek. Měření prodyšnosti vzduchu bylo provedeno na přístroji TEXTTEST FX 3300 podle normy ČSN EN ISO 9237, zdroj [3], která definuje prodyšnost jako rychlost proudícího vzduchu přes vzorek textilie za specifických podmínek pro měřenou plochu, tlakový spád a dobu.

Měření bylo provedeno v laboratoři za relativní vlhkosti vzduchu 38 % a při teplotě okolí 22,5°C. Byla zvolena standardní plocha upínací čelisti 20 cm² a tlakový spád byl nastaven na hodnotu 100 Pa, což je normou doporučená hodnota pro oděvní textilie. Jednotka měření byla nastavena na [l/m²/s]. [3]

Přístroj byl nejprve zapnut hlavním vypínačem a po krátké chvíli, přibližně po 10 sekundách, byl připraven k měření. Vyrovnaný nezmačkaný vzorek bez skladů byl umístěn přes měřicí hlavu a následným zmáčknutím upínacího ramene do dolní polohy

bylo automaticky spuštěno proudění vzduchu. Pomocí ovládání byl nastaven vhodný rozsah měření pro zkoušený vzorek tak, aby barevný indikátor byl ustálen v zeleném pásmu. Výsledné hodnoty byly zobrazeny na displeji a zaznamenány do tabulek. Zkouška se ukončila zvednutím upínacího ramene do výchozí polohy, proudění vzduchu se tím zastavilo. Tento proces se opakoval desetkrát.



Obrázek 30: Přístroj TEXTEST FX 3300

3.6.2 Vyhodnocení měření

Při vyhodnocení výsledků ze zkoušky prodyšnosti vzduchu se porovnávaly hodnoty dvouvrstvého laminátu a dvou a půlvrstvého laminátu. Zjišťovalo se, zda má „půl vrstva“ vytvořená z kopolyesterového lepidla vliv na prodyšnost vzduchu.

Pro vyhodnocení výsledků byl použit program MS Excel a Statistica. Naměřené hodnoty jsou data z normálního rozdělení. Jako metoda vyhodnocení hodnot prodyšnosti vzduchu byla zvolena jednofaktorová analýza rozptylu, neboli ANOVA. Odezvou pro vyhodnocení byla prodyšnost vzduchu, faktorem bylo zakrytí laminátu body kopolyesterovým lepidlem. V případě dvouvrstvého laminátu se jednalo o 0 % zakrytí, v případě dvou a půlvrstvého laminátu se jednalo o 28,5 % zakrytí.

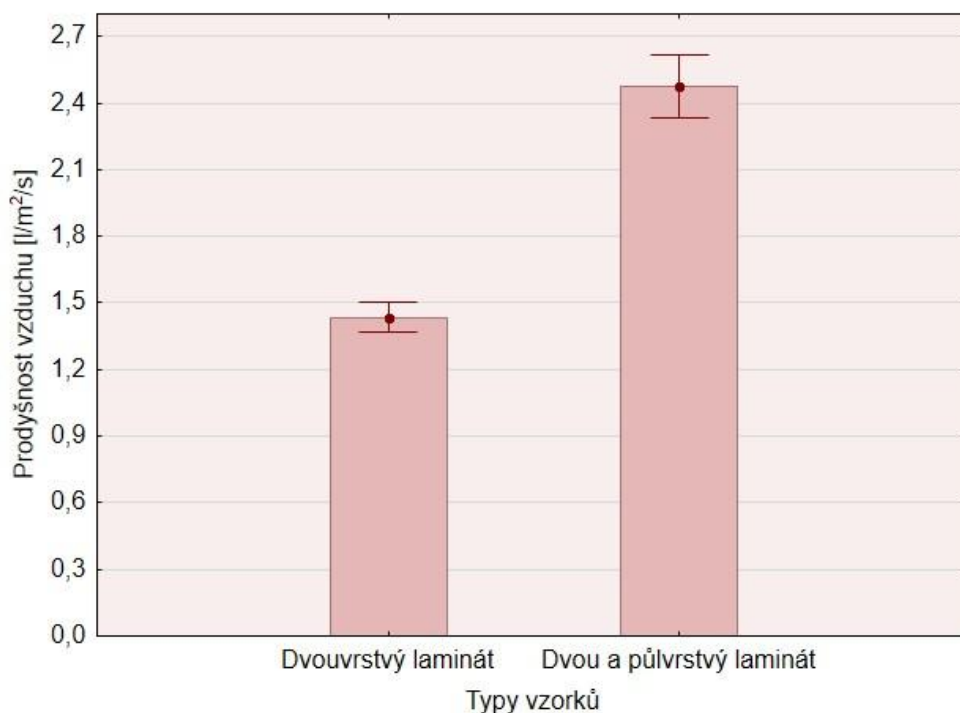
H_0 : Prodyšnost vzduchu nezávisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

H_1 : Prodyšnost vzduchu závisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

Tabulka 15: Jednofaktorová ANOVA prodyšnosti vzduchu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	5,42	1	5,42	225,8	1,25E-11	4,414
Reziduum	0,43	18	0,024			
Celkový	5,85	19				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Prodyšnost vzduchu závisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem. Naměřené hodnoty prodyšnosti vzduchu všech materiálů jsou uvedeny v příloze E.



Obrázek 31 Porovnání prodyšnosti vzduchu dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Při hodnocení prodyšnosti vzduchu u outdoorových materiálů je velmi důležitý účel použití. U outdoorových materiálů určených na dresy nebo letní sportovní oděvy je vysoká prodyšnost žádoucí, naopak u materiálů vhodné na zimní oblečení je vysoká prodyšnost vzduchu nežádoucí. Vzhledem k tomu, že testované lamináty jsou určeny pro výrobu sportovních bund podzimního a zimního charakteru, je z hlediska prodyšnosti vzduchu vhodnější nízká prodyšnost, které dosahuje dvouvrstvý laminát. Vzhledem k tomu, že u dvou a půlvrstvého laminátu je jedna vrstva navíc z logického pohledu by měla prodyšnost dosahovat nižších hodnot a být tím pádem pro outdoorové

sportovní oblečení vhodnější. Ovšem z výsledků testování tomu tak není. Jediný rozdílný faktor mezi testovanými lamináty je vrstva kopolyesterových bodů. Dvou a půlvrstvý laminát jimi musí být určitým způsobem ovlivněn.

3.6.3 Porovnání laminátu s konkurenčními materiály

Při vyhodnocení výsledků ze zkoušky prodyšnosti vzduchu se porovnávaly hodnoty dvou a půlvrstvého laminátu a konkurenčního materiálu A a B. Zjišťovalo se, zda má vliv způsob zakrytí membrány na výsledky prodyšnosti vzduchu. Pro vyhodnocení výsledků byl použit program MS Excel a Statistica. Naměřené hodnoty jsou data z normálního rozdělení. Jako metoda vyhodnocení hodnot prodyšnosti vzduchu byla zvolena jednofaktorová analýza rozptylu, neboli ANOVA. Odezvou pro vyhodnocení byla prodyšnosti vzduchu, faktorem byl způsob zakrytí laminátu. V případě dvou a půlvrstvého laminátu se jednalo o 28,5 % zakrytí membrány kopolyesterovými body, v případě konkurenčního materiálu A laminátu se jednalo o 29,5 % zakrytí potiskem a v případě konkurenčního materiálu B se jednalo o 52 % zarytí potiskem.

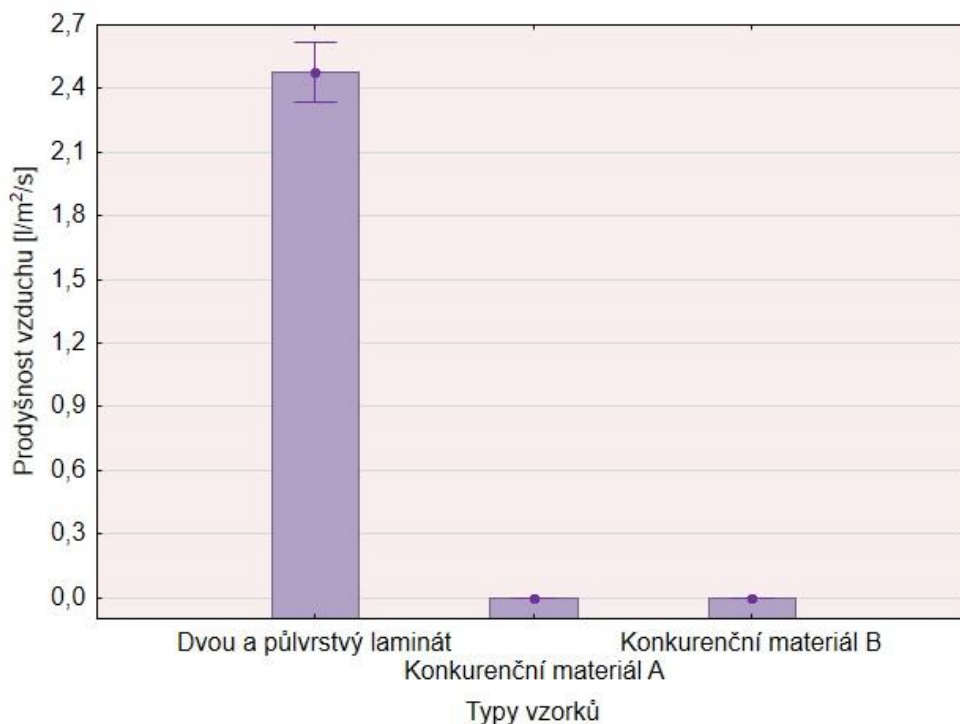
H_0 : Prodyšnost vzduchu nezávisí na typu zakrytí membrány

H_1 : Prodyšnost vzduchu závisí na typu zakrytí membrány.

Tabulka 16: Jednofaktorová ANOVA prodyšnosti vzduchu laminátu a konkurenčních materiálů

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	40,87	2	20,44	1578,1	1,08E-28	3,354
Reziduum	0,35	27	0,013			
Celkový	41,22	29				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Prodyšnost vzduchu závisí na způsobu zakrytí membrány. Naměřené hodnoty prodyšnosti vzduchu všech materiálů jsou uvedeny v příloze E.



Obrázek 32 Porovnání výparného odporu laminátu a konkurenčních materiálů

Potisk membrán konkurenčních materiálů způsobuje, že konkurenční lamináty jsou prakticky neprodyšné. Vzhledem k tomu, že testované lamináty jsou určeny pro výrobu sportovních bund podzimního a zimního charakteru je nízká prodyšnost žádoucí. Sportovní bunda díky potisku membrán neprofoukne, je tak zcela větruodolná. Při porovnání dvou a půlvrstvého laminátu s konkurenčními materiály dosahuje dvou a půlvrstvý laminát horších hodnot výparného odporu.

3.7 Hydrostatická odolnost

3.7.1 Postup při měření

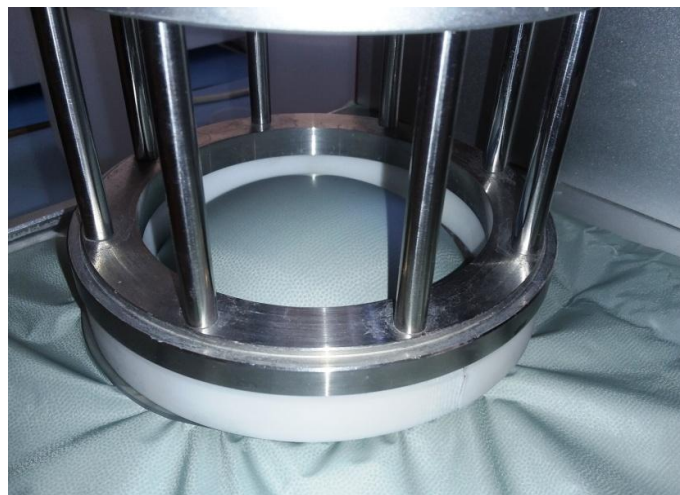
Hydrostatická odolnost textilií byla provedena na přístroji Hydrostatic Head Tester M018 SDL Atlas, Inc. podle normy ČSN EN 20811 (80 0818), zdroj [4]. Měření bylo prováděno v laboratoři při teplotě okolí 22,5°C a za relativní vlhkosti vzduchu 38 %.

Pomocí tohoto přístroje je zjištěna hodnota tlaku vody, při které dojde k penetraci měřené textilie. Testovaný vzorek je ze shora ručně upnut na kruhovou testovací plochu o rozměru 100 cm² a voda je ke vzorku přiváděna tlakem ze spodu. [4]



Obrázek 33: Příklad přístroje Hydrostatic Head Tester M018 SDL Atlas, Inc.

Po spuštění přístroje byla testovací plocha naplněna vodou po testovací hladinu. Následovalo nastavení měření na displeji přístroje, jednotky měření byly zvoleny centimetry vodního sloupce, přírůstek tlaku byl zvolen na 60 cm/min. Testovací vzorek byl položen rubem dolu na testovací plochu, ručně upnut hlavici s dotažením na maximum. Samotné testování začalo sepnutím tlačítka Start. V průběhu testování byl kontrolován přírůstek vodního tlaku na displeji a zároveň povrch testované textilie. Ve chvíli proniknutí třech kapek vody přes textilií nebo při poškození textilie protržením tlakem vody byla zaznamenána hodnota z displeje a test byl tlačítkem Stop zastaven. Následně byla uvolněna upínací hlavice, vyjmut vzorek a vypuštěna voda z testovací plochy. Pro každý vzorek bylo měření opakováno třikrát.



Obrázek 34: Měření hydrostatické odolnosti

3.7.2 Vyhodnocení měření

Při vyhodnocení výsledků ze zkoušky hydrostatické odolnosti se porovnávaly hodnoty dvouvrstvého laminátu a dvou a půlvrstvého laminátu. Zjišťovalo se, zda má „půl vrstva“ vytvořená z kopolyesterového lepidla vliv na hydrostatickou odolnost.

Pro vyhodnocení výsledků byl použit program MS Excel a Statistica. Naměřené hodnoty jsou data z normálního rozdělení. Jako metoda vyhodnocení hodnot hydrostatické odolnosti byla zvolena jednofaktorová analýza rozptylu, neboli ANOVA. Odezvou pro vyhodnocení byla hydrostatická odolnost, faktorem bylo zakrytí laminátu body kopolyesterovým lepidlem. V případě dvouvrstvého laminátu se jednalo o 0 % zakrytí, v případě dvou a půlvrstvého laminátu se jednalo o 28,5 % zakrytí

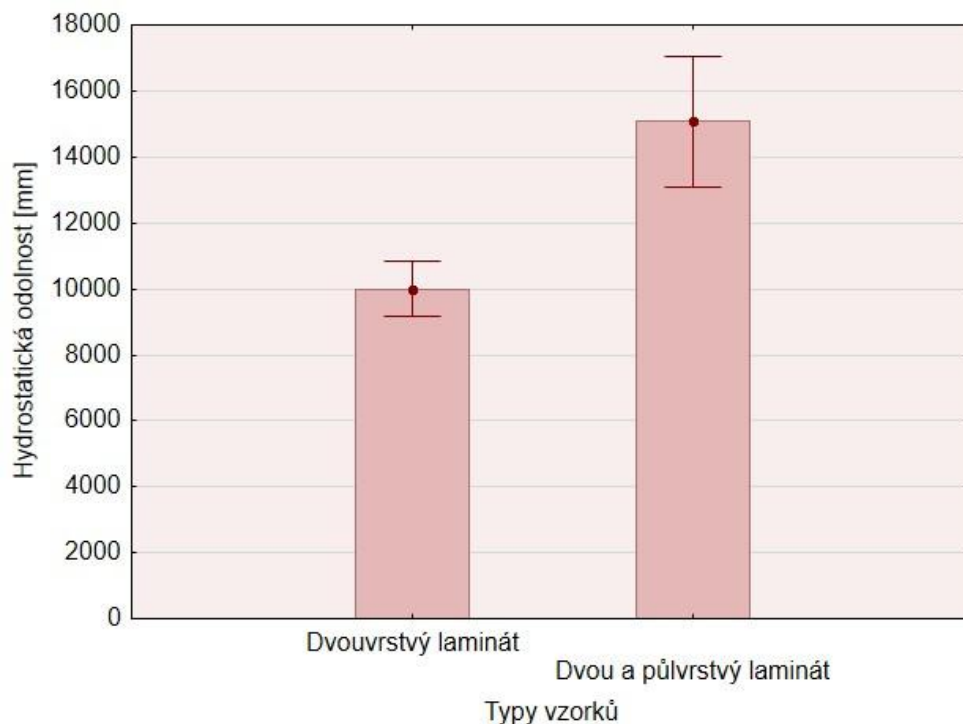
H_0 : Hydrostatická odolnost nezávisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

H_1 : Hydrostatická odolnost závisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

Tabulka 17: Jednofaktorová ANOVA hydrostatické odolnosti dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti v	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	38557350	1	38557350	101,53	5,46 E-04	7,709
Reziduum	1519000	4	379750			
Celkový	40076350	5				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Hydrostatická odolnost závisí na zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem. Naměřené hodnoty hydrostatické odolnosti všech materiálů jsou uvedeny v příloze F.



Obrázek 35 Porovnání hydrostatické odolnosti dvou a dvou a půlvrstvého laminátu

Hydrostatická odolnost je na výrobcích uváděná jako výška vodního sloupce. Čím vyšší je hodnota vodního sloupce, tím je materiál odolnější vůči promoknutí. Z grafu na obrázku 35 vyplývá, že dvou a půlvrstvý laminát má vyšší hodnotu hydrostatické odolnosti a je tím pádem odolnější vůči promoknutí. Vysoké hydrostatické odolnosti dvou a půlvrstvý laminát dosahuje nanesením kopolyesterového lepidla na nanovláknennou membránu. Vzhledem k tomu, že všechny naměřené hodnoty z testování hydrostatické odolnosti pro dvou a půlvrstvý laminát překonaly hranici 1 300 mm lze tento materiál považovat za nepromokavý.

3.7.3 Porovnání laminátu s konkurenčními materiály

Při vyhodnocení výsledků ze zkoušky hydrostatické odolnosti se porovnávaly hodnoty dvou a půlvrstvého laminátu a konkurenčního materiálu A a B. Zjišťovalo se, zda má vliv způsob zakrytí membrány na výsledky hydrostatické odolnosti. Pro vyhodnocení výsledků byl použit program MS Excel a Statistica. Naměřené hodnoty jsou data z normálního rozdělení. Jako metoda vyhodnocení hodnot hydrostatické odolnosti byla zvolena jednofaktorová analýza rozptylu, neboli ANOVA. Odezvou pro vyhodnocení byla hydrostatická odolnost, faktorem byl způsob zakrytí laminátu. V případě dvou a půlvrstvého laminátu se jednalo o 28,5 % zakrytí membrány kopolyesterovými body, v případě konkurenčního materiálu A laminátu se jednalo o 29,5 % zakrytí potiskem a v případě konkurenčního materiálu B se jednalo o 52 % zarytí potiskem.

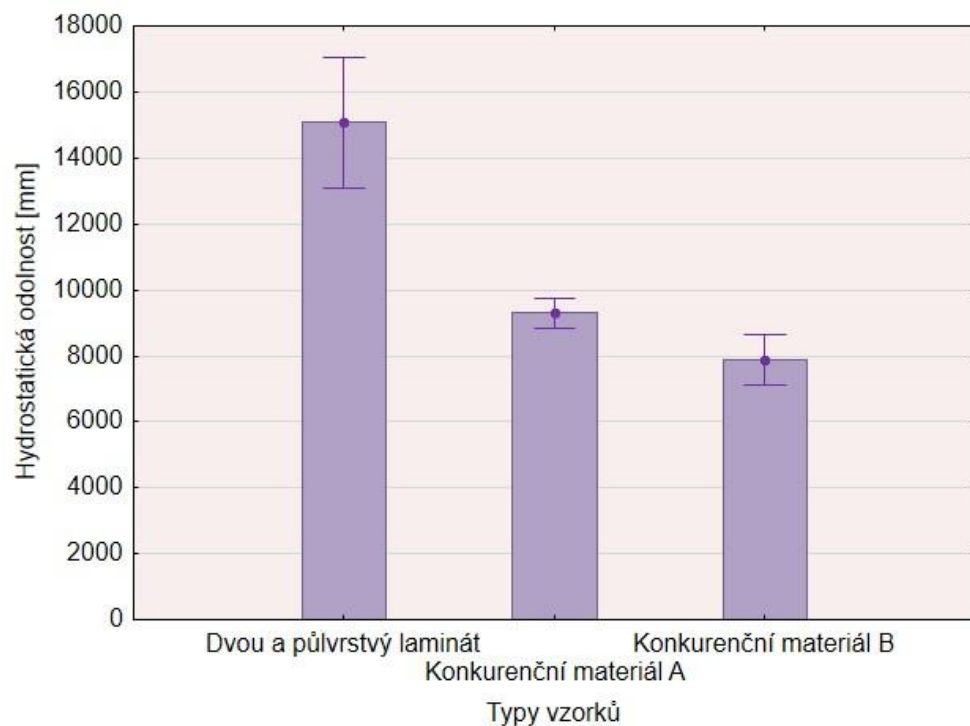
H_0 : Hydrostatická odolnost materiálu nezávisí na typu zakrytí membrány

H_1 : Hydrostatická odolnost závisí na typu zakrytí membrány.

Tabulka 18: Jednofaktorová ANOVA hydrostatické odolnosti laminátu a konkurenčních materiálů

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Stupně volnosti ν	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F_e	P hodnota	F_{krit}
Faktor	86690956	2	43345478	168,22	3,38E-06	5,143
Reziduum	1546067	6	257677,8			
Celkový	88237022	8				

Dle výsledků jednofaktorové analýzy ANOVA na hladině významnosti $\alpha=0,05$ % zamítáme H_0 a přijímáme H_1 . Prodyšnost vzduchu závisí na způsobu zakrytí membrány. Naměřené hodnoty tloušťky materiálu všech materiálů jsou uvedeny v příloze F.



Obrázek 36 Porovnání hydrostatické odolnosti laminátu a konkurenčních materiálů

Stejně jako v předchozím porovnání materiálů i v tomto případě dvou a půlvrstvý laminát díky kopolyesterovým bodům dosahuje lepších výsledků hydrostatické odolnosti oproti konkurenčním materiálům.

3.8 Odolnost v oděru

3.8.1 Postup při měření

Odolnost v oděru se provádí na přístroji SDL Atlas M235 Martindale, který se využívá na testování odolnosti proti oděru a posuzování žmolkovatosti textilií. Zkouška byla provedena podle normy ČSN EN ISO 12947-4 s názvem *Textilie – Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale – Část 4: Hodnocení změny vzhledu*, zdroj [2]. Testovalo se při teplotě okolí 22°C a za relativní vlhkosti vzduchu 63 %. Průměr zkušebních vzorků byl 38 mm, průměr standardní odírací textilie byl 140 mm. Přítlak byl 9 kPa. Tato zkouška se dle zmíněné normy provádí pouze za působení hmotnosti držáku vzorků a čepu. Nebylo tedy využito žádné závaží. Hmotnost zatížení bylo rovno 198 g. [2, 28]

K testování je zapotřebí kruhový vzorek upnutý do držáku vzorků, který je vystaven stanovenému přítlaku a zároveň je odírán o standardní textilií. Textilie je odírána postupným pohybem, jenž opisuje Lissajousův obrazec. Držák vzorků je volně otočný kolem své osy kolmé k ploše vzorku. Odolnost plošné textilie vůči oděru se u této zkoušky zjišťuje hodnocením změny vzhledu. [2]

Zkušební vzorek byl umístěn 1x lícovou a 3x rubovou stranou dolů do upínacího kroužku držáku. Na něj byla položena podložka z pěnového materiálu o stejném rozměru. Vložka držáku vzorku byla umístěna do upínacího kroužku, těleso držáku vzorku bylo umístěno nad upínací kroužek a pevně zašroubováno. Zkušební přístroj byl uveden do pohybu a vzorky byly po stanoveném počtu otáček kontrolovány. Držáky vzorků byly vyjmuty z přístroje a byly zkoumány známky poškození. Pokud nedošlo k poškození, držáky vzorků byly navraceny do přístroje a testoval se další zkušební interval. Tento postup se opakoval tolikrát, dokud nebylo zpozorováno porušení vzorku.

3.8.2 Vyhodnocení měření

Zkouška odolnosti v oděru byla hodnocena subjektivně. Testované vzorky byly čtyři, všechny byly dvou a půlvrstvé lamináty, jejichž „půl vrstva“ byla vyrobena pomocí kopolyesterových bodů. První vzorek byl odírán lícovou stranou, zbylé tři vzorky s pořadovým číslem 2., 3. a 4. byly odírány rubovou stranou.

Po prvních 500 otáčkách na vzorcích, které byly odírány z rubu, začal prosvítat vrchový zelený materiál. Ovšem membrána ani kopolyesterové body nebyly porušeny. U vzorku, který byl odírán z lícové strany, nedošlo při 500 otáčkách k žádné viditelné změně.

Po 1 000 otáčkách začaly na vzorku, který byl odírán z lícové strany, prosvítat kopolyesterové body. U vzorků odíraných z rubové strany nedošlo ke změně.

K žádné změně nedošlo ani při 1 500 otáčkách, u vzorku 1. ani po 3 000 otáčkách. U vzorku 2. a 4. došlo po 3 000 otáčkách k porušení povrchu membrány. Vzorek 3. byl beze změny.



Obrázek 37: Odolnost v oděru vzorků 2., 3. a 4. po 3 000 otáčkách

Po 3 500 otáčkách zůstal 2. vzorek beze změny. Na vzorku 4. Došlo k nárůstu odření. Na vzorku 3. bylo zaznamenáno první narušení povrchu membrány. Vzorek 1. se začal viditelně leštit.



Obrázek 38: Odolnost v oděru vzorků 2., 3. a 4. po 3 500 otáčkách

Ani po 10 000 otáčkách se u 1. vzorku, který byl odírán z lícové strany, neobjevilo jediné narušení povrchu laminátu. Vrchovým materiálem se viditelně vyleštil a prosvítaly skrz něj kopolyesterové body. Lze předpokládat, že materiál by se za daných podmínek neporušil ani při delší době testování, pouze by se dál leštil jeho povrch.



Obrázek 39: Odolnost v oděru vzorku 1. po 10 000 otáčkách

3.8.3 Porovnání laminátu s konkurenčním materiálem

Oba konkurenční materiály byly odírány pouze po rubové straně laminátu, tedy po potištěné membráně. Konkurenční materiál A pod označením 2., zobrazen na levé straně obrázků, konkurenční materiál B pod označením 3., zobrazen na pravé straně obrázků.

U obou konkurenčních materiálů došlo po 1 500 otáčkách k leštění povrchu membrány a lehkému smazávání potisku. S rostoucím počtem otáček, 2 000 až 4 000 otáček, dosahovaly povrchy laminátů stále vyššího lesku a postupně byl stírán jejich potisk, což má vliv na chování a vlastnosti membrány.



Obrázek 40 Odolnost v oděru konkurenčních materiálů po 1 500 otáčkách [11]



Obrázek 41 Odolnost v oděru konkurenčních materiálů po 4 000 otáčkách [11]

Zkoušku odolnosti oděru jednoznačně ovlivňuje druh materiálu. Ovšem výsledek zkoušky je sporný. Konkurenční lamináty mají z rubové strany podstatně vyšší odolnost oděru. Materiál se neprodřel, nedošlo k porušení povrchu materiálu, ale po 1500 otáčkách se začal smazávat potisk a leštit povrch. Nanovlákněná membrána s nanoseným kopolyesterovým lepidlem z důvodu její konstrukce podlehla oděru po 3000 otáčkách, kdy došlo k porušení povrchu materiálů. I přesto, že se konkurenční materiály neprodřely, smazaný potisk bude mít za následek změnu vlastností laminátu. K těmto změnám dojde již po 1500 otáčkách, kdežto dvou a půlvrstvý laminát zaznamenal změny (porušení povrchu) až po 3000 otáčkách.

3.9 Zhodnocení

Celkem bylo provedeno sedm zkoušek užitečných vlastností laminátu. Jednalo se o zkoušku tloušťky materiálu, měrné tepelné vodivosti, plošného odporu vedení tepla, výparného odporu, prodyšnosti vzduchu, hydrostatické odolnosti a odolnosti v oděru. Ty byly následně vyhodnoceny pomocí analýzy rozptylu. Z výsledků lze vyčíst, že dvou a půlvrstvý laminát dosahoval lepších výsledků ve čtyřech případech ze sedmi.

Dvou a půlvrstvý laminát díky své konstrukci, především využití kopolyesterových bodů a nanovlákněné membrány, dosáhl lepších výsledků oproti dvouvrstvému laminátu i konkurenčním materiálům ve zkoušce plošného odporu vedení tepla, výparného odporu a hydrostatické odolnosti. Analýza rozptylu ve všech zmíněných případech dokázala, že procentuální zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem má vliv na dané vlastnosti. Zároveň také prokázala, že i typ zakrytí membrány má na tyto vlastnosti vliv. V těchto třech případech lze říci, že byl zvolen správný způsob zakrytí membrány i s vhodnou volbou procentuálního zakrytí.

Ve zkoušce měrné tepelné vodivosti analýza rozptylu neprokázala závislost mezi procentuálním zakrytím membrány a vlastností materiálu. Ovšem zkouška prokázala, že měrná tepelná vodivost závisí na typu zakrytí membrány. I v tomto případě dvou a půlvrstvý laminát dosahovala lepších hodnot než konkurenční materiály.

Zkoušky, ve kterých dvou a půlvrstvý laminát nedisponoval tak dobrými výsledky, byly zkoušky tloušťky materiálu, prodyšnosti vzduchu a odolnosti v oděru. Ve všech těchto případech analýza rozptylu prokázala, že procentuální zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem má vliv na dané vlastnosti. Zároveň také prokázala, že i typ zakrytí membrány má na tyto vlastnosti vliv. Při zkoušce tloušťky materiálu se dalo předpokládat, že dvou a půlvrstvý laminát bude mít vyšší hodnotu, jelikož je vytvořen ze tří vrstev. Což se výsledek testování potvrdil. Při zkoušce prodyšnosti vzduchu se naplno projevila výhoda potištěné membrány u konkurenčních materiálů, která je plně neprodyšná a zajišťuje tak nositeli absolutní větruodolnost. Zkouška odolnosti v oděru je poměrně sporná. Dvou a půlvrstvý laminát zaznamenal

změny po 3 000 otáčkách, byl porušen povrch laminátu. Konkurenční materiály zaznamenaly změny již po 1 500 otáčkách, ovšem nedošlo k narušení povrchu, ale k jeho leštění a smazání tisku. I přesto, že se konkurenční lamináty neprotrhly, dá se předpokládat, že smazaný potisk bude mít negativní vliv na vlastnosti laminátu.

Poslední bodem, který mluví ve prospěch dvou a půlvrstvého laminátu, je plošná hmotnost. Při tvorbě laminátů je plošná hmotnost jedním z parametrů, jehož hodnota je vhodná co nejnižší. V porovnání dvou a půlvrstvého laminátu s konkurenčními materiály je dvou a půlvrstvý laminát v jenom případě až o polovinu lehčí a druhém případě až o 73 % lehčí.

Dvou a půlvrstvý laminát při testování vlastností dosahoval dobrých výsledků. V několika výše zmíněných případech dokonce dosahoval nejlepších výsledků z poměřovaných materiálů. Vzhledem k budoucímu použití laminátu je prospěšná zejména dobrá hydrostatická odolnost a paropropustnost. Z těchto uvedených důvodů nenavrhuji žádné změny materiálu. Pokud by se změny zapracovaly, mělo by to za následek zlepšení některých vlastností, ale také existuje riziko zhoršení jiných vlastností. V nynějším stavu může být dvou a půlvrstvý laminát považován za ideální mezistupeň mezi dvouvrstvým a třívrstvým laminátem.

Z pohledu výrobního procesu existuje problém, který je vhodný k odstranění. Je to způsob nanášení kopolyesterového lepidla. Díky obrazové analýze bylo zjištěno, že kopolyesterové body po nanesení nezůstávají na naneseném místě, ale stékají, jak je ukázáno na obrázku 42. Pro odstranění této vady je nutné prozkoumat celou technologii výroby laminátu a najít příčinu. Navrhuji se zaměřit na úhel, ve kterém se laminát po nanesení kopolyesterových bodů odvíjí od glavurovacího válce na zbožový vál, nebo prozkoumat, zda byl vhodně vybrán glavurovací válec.



Obrázek 42 Mikroskopický pohled na rubovou stranu laminátu

4. ZÁVĚR

Práce analyzovala a vyhodnocovala testování dvou a půlvrstvého laminátu, který byl vytvořen pomocí kopolyesterového lepidla. Laminát je určen jako textilní materiál vhodný pro outdoorové oděvy do nepříznivých klimatických podmínek. Vrstva vyrobená z kopolyesterového lepidla byla vytvořena především za účelem ochrany membrány při namáhání a zároveň zachování jejich specifických vlastností.

Nejprve byla provedena obrazová analýza pro zjištění detailních rozměrů kopolyesterových bodů a zejména pro určení procentuálního zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem.

V další fázi práce byly dvouvrstvý laminát bez nanosení „půl vrstvy“, dvou a půlvrstvý laminát a dva konkurenční materiály podrobeny zkouškám užitečných vlastností v laboratořích TUL. Jednalo se o zkoušky tepelných vlastností, výparného odporu, prodyšnosti vzduchu, hydrostatické odolnosti a odolnosti v oděru. Výsledky zkoušek byly statisticky zpracovány a byly z nich vytvořeny dvě analýzy rozptylu. První analýza rozptylu potvrzovala nebo vyvracela vliv procentuálního zakrytí membrány na danou vlastnost. Druhá analýza rozptylu potvrzovala nebo vyvracela vliv typu zakrytí membrány na danou vlastnost. Z výsledků zkoušek lze vyčíst, že dvou a půlvrstvý laminát dosahoval lepších výsledků ve čtyřech případech ze sedmi.

Dvou a půlvrstvý laminát díky své konstrukci, především využití kopolyesterových bodů a nanovlákněné membrány, dosáhl lepších výsledků oproti dvouvrstvému laminátu i konkurenčním materiálům ve zkoušce plošného odporu vedení tepla, výparného odporu a hydrostatické odolnosti. Analýzy rozptylu ve všech zmíněných případech prokázaly, že procentuální zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem má vliv na dané vlastnosti. Zároveň také prokázaly, že i typ zakrytí membrány má na tyto vlastnosti vliv. V těchto třech případech lze říci, že byl zvolen správný způsob zakrytí membrány i s vhodnou volbou procentuálního zakrytí.

Ve zkoušce měrné tepelné vodivosti analýza rozptylu neprokázala závislost procentuálního zakrytí membrány a vlastnosti materiálu. Ovšem prokázala, že měrná tepelná vodivost závisí na typu zakrytí membrány. I v tomto případě dvou a půlvrstvý laminát dosahoval lepších hodnot než konkurenční materiály.

Zkoušky, ve kterých dvou a půlvrstvý laminát nedisponoval tak dobrými výsledky, byla zkouška tloušťky materiálu, prodyšnosti vzduchu a odolnosti v oděru. Ve všech těchto případech analýza rozptylu prokázala, že procentuální zakrytí membrány kopolyesterovým lepidlem má vliv na dané vlastnosti. Zároveň také prokázala, že i typ zakrytí membrány má na tyto vlastnosti vliv. Při zkoušce tloušťky materiálu se dalo předpokládat, že dvou a půlvrstvý laminát bude mít vyšší hodnotu, jelikož je vytvořen ze tří vrstev. Což zkouška potvrdila. Při zkoušce prodyšnosti vzduchu se naplno

projevila výhoda potištěné membrány u konkurenčních materiálů, která je téměř plně neprodyšná a zajišťuje tak nositeli absolutní větruodolnost. Zkouška odolnosti oděru je poměrně sporná. Dvou a půlvrstvý laminát zaznamenal změny po 3 000 otáčkách, byl porušen povrch laminátu. Konkurenční materiály zaznamenaly změny již po 1 500 otáčkách, ovšem nedošlo k narušení povrchu, ale k jeho leštění a smazání tisku. I přesto, že se konkurenční lamináty neprotrhly, užité vlastnosti materiálů budou ovlivněny.

Nános kopolyesterových bodů na nanovláknennou membránu přinesl požadovaný efekt. Byl vytvořen nový laminát, který má srovnatelné a v některých případech i lepší vlastnosti jako konkurenční materiály. Další směřování této práce vidím ve zlepšení technologie výroby za účelem odstranění vady stékání kopolyesterových bodů.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] BEZDĚKOVÁ, E. *Biodegradabilní polymery jako alternativa k nánosování textilií pro reklamní tisk*. Liberec, 2009. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce L. Ocheretna
- [2] ČSN EN ISO 12947-4. *Textilie – Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale – Část 4: Hodnocení změny vzhledu*. Praha: Český normalizační institut, 1999. 16 s. Třídící znak 80 0846.
- [3] ČSN EN ISO 9237. *Textilie – Zjišťování prodyšnosti plošných textilií*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 12 s. Třídící znak 80 0818.
- [4] ČSN EN 20811. *Stanovení odolnosti proti pronikání vody – Zkouška tlakem vody*. Praha: Český normalizační institut, 1994. Třídící znak 80 20811.
- [5] ČSN EN 31092. *Textilie – Zjišťování fyziologických vlastností – měření tepelné odolnosti a odolnosti vůči vodním parám za stálých podmínek*. Praha: Český normalizační institut, 1996. Třídící znak 80 0819.
- [6] HAVLOVÁ, N. *Softshellové materiály firmy Touche*. Liberec, 2013. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce M. Havlová.
- [7] HES, L. a P. SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2005. ISBN 80-7083-926-0.
- [8] HUDEČEK, J. a V. STRÁDALOVÁ. *Encyklopedie do kapsy*. Praha: Ottovo nakladatelství, 1999. ISBN 80-7181-345-1.
- [9] Interní norma č. 23-304-02/01: *Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta*. Liberec: TUL: Výzkumné centrum Textil LN00B090, 2004.
- [10] KNÍŽEK, R. *Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. ISBN 978-80-7494-012-5.
- [11] PAPEŽOVÁ, A. *Ochrana nanovláknenné membrány pomocí nánosů barviva*. Liberec, 2014. Diplomová práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce R. Knížek.
- [12] TERŠL, S. *Malá encyklopedie textilií a odívání*. Praha: Nakladatelství technické literatury, 1987. ISBN 04-828-87
- [13] GAMISPORT - sportovní a outdoor oblečení a boty: *Membrány GORE-TEX* [online]. [cit. 2016-08-08]. Dostupné z: <http://www.gamisport.cz/s/membrany-gore-tex/>

- [14] *High Point: Dvouvrstvý, třívrstvý a 2,5 vrstvý laminát* [online]. [cit. 2016-08-01]. Dostupné z: <http://www.highpoint.cz/hp-podpora/slovník-pojmu/dvouvrstvy-trivrstvy-a-25-vrstvy-laminat.html>
- [15] *Hudy: Materiály a Technologie* [online]. [cit. 2016-08-02]. Dostupné z: <http://www.hudy.cz/materialy/g/gore-tex--paclite--shell.html>
- [16] *JumpSport: Co je to materiál GORE-TEX* [online]. [cit. 2016-08-02]. Dostupné z: <http://jumpsport.cz/poradna/co-je-to-material-gore-tex>
- [17] *LAMINACE* [online]. [cit. 2016-07-23]. Dostupné z: https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/1385/mod_resource/content/0/Laminace%2C%20povrstvov%C3%A1n%C3%AD%2C%20pojen%C3%AD%20ultraazvukem.pdf
- [18] *NANOMEMBRANE: Technologie NANOMEMBRANE* [online]. [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: <http://www.nanomembrane.cz/cs/technologie>
- [19] *Netkané textilie: Technologie 6* [online]. [cit. 2016-08-12]. Dostupné z: https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/1013/mod_resource/content/2/Netkan%C3%A9%20textilie%20technologie%206.pdf
- [20] *NETKANÉ TEXTILIE* [online]. [cit. 2016-08-12]. Dostupné z: https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/938/mod_resource/content/1/Oldrich%20Jirsak%20a%20Klara%20Kalinov%C3%A1.pdf
- [21] *Podlepvání - Katedra oděvnictví* [online]. [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: <http://readgur.com/doc/837382/podlepov%C3%A1n%C3%AD---katedra-od%C4%9Bvnictv%C3%AD>
- [22] *Rock Point: Climatic* [online]. [cit. 2016-08-14]. Dostupné z: <http://www.rockpoint.cz/prehled-materialu/?w=4823&l=c>
- [23] *SvetOutdooru.cz: Víte, co si oblékáte? I.* [online]. [cit. 2016-07-28]. Dostupné z: <http://www.svetoutdooru.cz/rady/vite-co-si-oblekate-i/>
- [24] *Tebo: Laminace - kaširování* [online]. [cit. 2016-07-23]. Dostupné z: <http://www.tebo.cz/cz/produkty/laminace-kasirovani/>
- [25] *Technické textilie: Význam a hlavní typy úprav technických textilií, výroba* [online]. [cit. 2016-07-23]. Dostupné z: https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/598/mod_resource/content/1/TTX3_%C3%9Apravy.pdf
- [26] *Technologie hotmelt* [online]. [cit. 2016-08-15]. Dostupné z: https://nanoed.tul.cz/pluginfile.php/4961/mod_resource/content/0/9.pdf
- [27] *TEXTILNÍ VLÁKNA: Klasická a speciální. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2002. ISBN 80-7083-644-X*

- [28] *Textilní zkušebnictví část V* [online]. [cit. 2016-09-01]. Dostupné z:
http://www.kmi.tul.cz/studijni_materialy/data/2015-04-09/11-47-50.pdf
- [29] *Textilní zkušební ústav: Oděry a žmolkování* [online]. [cit. 2016-09-01].
Dostupné z: <http://www.tzu.cz/odery-a-zmolkovani>
- [30] *Užitné vlastnosti oděvních materiálů* [online]. [cit. 2016-09-01]. Dostupné z:
http://www.kod.tul.cz/predmety/OM/prednasky/OM_prednaska4_B_2013.pdf
- [31] *Www.nalehko.com: Membránové textilie – technologie, srovnání, doporučení* [online]. [cit. 2016-07-30]. Dostupné z:
http://www.nalehko.com/membranove_textilie
- [32] *Textile Innovation Knowledge Platform* [online]. Copyright 2014 Textile Centre
od Excellence, [cit. 2017-8-4]. Dostupné z:
<http://www.tikp.co.uk/knowledge/technology/coating-and-laminating/laminating/>
- [33] *Global Sources* [online]. Copyright 014 Trade Media Holdings Ltd., [cit. 2016-10-20]. Dostupné z: <http://www.globalsources.com/gsol//Breathable-waterproof/p/sm/1070602532.htm#1070602532>

PŘÍLOHA A: TLOUŠŤKA MATERIÁLU

Název zkoušky: Tloušťka materiálu	Klimatické podmínky: T=22,5°C, RH=38 %
Norma: Interní norma č. 23-304-02/01	Zkušební plocha: 100 mm ²
Zkušební přístroj: Alambeta	Počet měření: 10
Vypracovala: Tereza Turínková	

Tloušťka materiálu [mm]						
Měření	Typ materiálu					
	Membrána	Vrchní materiál	Dvouvrstvý laminát	Dvou a půlvrstvý laminát	Konkurenční materiál A	Konkurenční materiál B
1.	0,01	0,05	0,06	0,11	0,08	0,06
2.	0,01	0,05	0,07	0,13	0,06	0,06
3.	0,01	0,06	0,09	0,14	0,07	0,09
4.	0,02	0,07	0,09	0,12	0,06	0,09
5.	0,01	0,07	0,07	0,11	0,06	0,07
6.	0,03	0,06	0,08	0,1	0,09	0,08
7.	0,01	0,07	0,07	0,09	0,07	0,09
8.	0,02	0,05	0,07	0,09	0,08	0,08
9.	0,03	0,06	0,09	0,08	0,07	0,06
10.	0,03	0,05	0,07	0,13	0,06	0,07
Průměr	0,018	0,059	0,076	0,11	0,07	0,075
Minimum	0,01	0,05	0,06	0,08	0,06	0,06
Maximum	0,03	0,07	0,09	0,14	0,09	0,09
Směrodatná odchylka	0,009	0,009	0,011	0,02	0,0105	0,013
Variační koeficient	51,05	14,84	14,14	18,18	15,06	16,92
Interval spolehlivosti -95%	0,012	0,054	0,069	0,098	0,063	0,067
Interval spolehlivosti +95%	0,024	0,064	0,083	0,122	0,077	0,083

PŘÍLOHA B: MĚRNÁ TEPELNÁ VODIVOST

Název zkoušky: Měrná tepelná vodivost	Klimatické podmínky: T=22,5°C, RH=38 %
Norma: Interní norma č. 23-304-02/01	Zkušební plocha: 100 mm ²
Zkušební přístroj: Alambeta	Počet měření: 10
Vypracovala: Tereza Turínková	

Měrná tepelná vodivost [W/m·K]*					
Měření	Vrchní materiál	Dvouvrstvý laminát	Dvou a půlvrstvý laminát	Konkurenční materiál A	Konkurenční materiál B
1.	0,0221	0,0287	0,0239	0,0323	0,0299
2.	0,0229	0,0265	0,0288	0,0279	0,0266
3.	0,0244	0,0245	0,0283	0,0327	0,0365
4.	0,0259	0,0273	0,0238	0,0282	0,0339
5.	0,0253	0,0235	0,0217	0,0321	0,0362
6.	0,0234	0,0267	0,0217	0,0298	0,0364
7.	0,0243	0,0243	0,0226	0,0278	0,0276
8.	0,0267	0,0254	0,0268	0,0326	0,0285
9.	0,0239	0,0267	0,0249	0,0293	0,0314
10.	0,0255	0,029	0,0228	0,0288	0,0317
Průměr	0,024	0,026	0,025	0,030	0,032
Minimum	0,022	0,024	0,022	0,028	0,027
Maximum	0,027	0,029	0,029	0,033	0,037
Směrodatná odchylka	0,0014	0,0009	0,0026	0,002	0,0037
Variační koeficient	5,84	3,48	10,65	6,81	11,76
Interval spolehlivosti -95%	0,024	0,026	0,023	0,0289	0,030
Interval spolehlivosti +95%	0,025	0,027	0,026	0,0314	0,034

* hodnoty měrné tepelné vodivosti u membrány jsou vzhledem k její malé tloušťce zkrácené a proto nejsou v tabulce uvedené.

PŘÍLOHA C: PLOŠNÝ ODPOR VEDENÍ TEPLA

Název zkoušky: Plošný odpor vedení tepla	Klimatické podmínky: T=22,5°C, RH=38 %
Norma: Interní norma č. 23-304-02/01	Zkušební plocha: 100 mm ²
Zkušební přístroj: Alambeta	Počet měření: 10
Vypracovala: Tereza Turínková	

Plošný odpor vedení tepla [$W^{-1} \cdot K \cdot m^2$]						
Měření	Typ materiálu					
	Membrána	Vrchní materiál	Dvouvrstvý laminát	Dvou a půlvrstvý laminát	Konkurenční materiál A	Konkurenční materiál B
1.	0,0021	0,0025	0,0027	0,0045	0,0023	0,002
2.	0,0021	0,0026	0,0026	0,0044	0,0022	0,0023
3.	0,0021	0,0025	0,0027	0,0043	0,0023	0,0022
4.	0,0022	0,0026	0,003	0,0043	0,0022	0,0024
5.	0,002	0,0027	0,0029	0,0045	0,0021	0,0022
6.	0,0019	0,0026	0,0028	0,0045	0,0023	0,0022
7.	0,0021	0,0025	0,0026	0,0045	0,0021	0,0022
8.	0,002	0,0025	0,0025	0,0042	0,0023	0,0023
9.	0,0019	0,0025	0,0028	0,0045	0,0022	0,0022
10.	0,0018	0,0026	0,0029	0,0042	0,0023	0,002
Průměr	0,0020	0,0026	0,0028	0,0044	0,0022	0,0022
Minimum	0,0018	0,0025	0,0025	0,0042	0,0021	0,002
Maximum	0,0022	0,0027	0,003	0,0045	0,0023	0,0024
Směrodatná odchylka	0,00012	0,00007	0,00016	0,00013	0,00008	0,000125
Variační koeficient	6,086	2,73	5,75	2,93	3,692	5,669
Interval spolehlivosti -95%	0,0019	0,0025	0,0027	0,00431	0,00218	0,00212
Interval spolehlivosti +95%	0,0021	0,0026	0,0028	0,00447	0,00228	0,00228

PŘÍLOHA D: VÝPARNÝ ODPOR

Název zkoušky: Výparný odpor	Klimatické podmínky: T=22,6 °C, RH=35 %
Norma: ČSN EN 31092	Zkušební plocha: 20 cm ²
Zkušební přístroj: Permetest	Počet měření: 10
Vypracovala: Tereza Turínková	

Výparný odpor [Pa·m ² ·W ⁻¹]						
Měření	Typ materiálu					
	Membrána	Vrchní materiál	Dvouvrstvý laminát	Dvou a půlvrstvý laminát	Konkurenční materiál A	Konkurenční materiál B
1.	0,1	2,4	4	2,2	9,4	8,3
2.	0,2	2,4	3,8	3,1	8,5	10,2
3.	0,2	3,1	4,3	2,8	9,2	8,8
4.	0,2	3,1	4,5	3,1	10,2	9,4
5.	0,2	2,8	3,7	2,1	8,6	9
6.	0,2	2,5	3,9	2,9	9,5	9,4
7.	0,2	2,7	3,9	2,9	9,4	7,4
8.	0,3	2,4	4,3	2,1	7,6	10,9
9.	0,3	2,5	3,9	2,6	8,9	9,3
10.	0,4	2,5	4,5	2,3	9	8
Průměr	0,23	2,64	4,08	2,61	9,03	9,07
Minimum	0,1	2,4	3,7	2,1	7,6	7,4
Maximum	0,4	3,1	4,5	3,1	10,2	10,9
Směrodatná odchylka	0,0823	0,0467	0,2936	0,4040	0,7009	1,027
Variační koeficient	35,79	1,768	7,197	15,48	7,76	11,33
Interval spolehlivosti -95%	0,1790	2,611	3,898	2,36	8,6	8,43
Interval spolehlivosti +95%	0,281	2,67	4,26	2,86	9,46	9,71

PŘÍLOHA E: PRODYŠNOST VZDUCHU

Název zkoušky: Prodyšnost vzduchu	Klimatické podmínky: T=22,5 °C, RH=38 %
Norma: ČSN EN ISO 9237	Zkušební plocha: 20 cm ²
Zkušební přístroj: TEXTTEST FX 3300	Počet měření: 10
Vypracovala: Tereza Turínková	

Prodyšnost vzduchu [l/m ² /s]						
Měření	Typ materiálu					
	Membrána	Vrchní materiál	Dvouvrstvý laminát	Dvou a půlvrstvý laminát	Konkurenční materiál A	Konkurenční materiál B
1.	2,51	533	1,32	2,65	0	0
2.	2,52	548	1,55	2,64	0	0
3.	2,55	530	1,55	2,42	0	0
4.	2,49	546	1,43	2,23	0	0
5.	2,48	528	1,42	2,21	0	0
6.	2,55	529	1,44	2,21	0	0
7.	2,51	548	1,44	2,69	0	0
8.	2,44	534	1,33	2,67	0	0
9.	2,49	530	1,31	2,52	0	0
10.	2,53	536	1,56	2,52	0	0
Průměr	2,51	536,2	1,44	2,48	0	0
Minimum	2,44	528	1,31	2,21	0	0
Maximum	2,55	548	1,56	2,69	0	0
Směrodatná odchylka	0,034	8,066	0,096	0,197	0	0
Variační koeficient	1,34	1,504	6,66	7,96	-	-
Interval spolehlivosti -95%	2,49	531,2	1,38	2,35	0	0
Interval spolehlivosti +95%	2,53	541,2	1,49	2,6	0	0

PŘÍLOHA F: HYDROSTATICKÁ ODOLNOST

Název zkoušky: Hydrostatická odolnost	Klimatické podmínky: T=22,5 °C, RH=38 %
Norma: ČSN EN 20811	Zkušební plocha: 100 cm ²
Zkušební přístroj: Hydrostatic Head Tester M018 SDL Atlas, Inc.	Počet měření: 3
Vypracovala: Tereza Turínková	

Hydrostatická odolnost [mm]						
Měření	Typ materiálu					
	Membrána	Vrchní materiál	Dvouvrstvý laminát	Dvou a půlvrstvý laminát	Materiál A**	Materiál B
1.	1560	1040	9680	15900	9110	7590
2.	1550	1210	10360	14300	9480	8210
3.	1650	950	9960	15010	9300	7900
Průměr	1586,7	1066,7	10000	15070	9297	7900
Minimum	1550	950	9680	14300	9110	7590
Maximum	1650	1210	10360	15900	9480	8210
Směrodatná odchylka	55,1	132,0	341,8	801,7	185,0	310
Variační koeficient	3,471	12,378	3,418	5,32	1,99	3,924
Interval spolehlivosti -95%	1524,34	917,25	9613,26	14162,8	9087,29	7549,2
Interval spolehlivosti +95%	1648,99	1216,08	10386,74	15977,19	9506,04	8250,8

** konkurenční materiál A při testování hydrostatické odolnosti neprasknul. Zkouška byla zastavena, když se na jeho povrchu objevily tři kapky vody.