



Vývoj laminátu s hydrofilní a s hydrofobní membránou a použití fleesu jako vrchního a podšívkového materiálu

Diplomová práce

Studijní program: N3106 – Textilní inženýrství
Studijní obor: 3106T018 – Netkané a nanovláknenné materiály
Autor práce: **Bc. Petra Harciníková**
Vedoucí práce: Ing. Roman Knížek, Ph.D.





TECHNICAL UNIVERSITY OF LIBEREC
Faculty of Textile Engineering ■

The development of hydrophilic and hydrophobic membrane laminate and use of the fleece as a top and lining material

Master thesis

Study programme: N3106 – Textile Engineering
Study branch: 3106T018 – Nonwoven and Nanomaterials

Author: **Bc. Petra Harciníková**
Supervisor: Ing. Roman Knížek, Ph.D.





Zadání diplomové práce

Vývoj laminátu s hydrofilní a s hydrofobní membránou a použití fleesu jako vrchního a podšívkového materiálu

Jméno a příjmení: **Bc. Petra Harciníková**
Osobní číslo: T17000371
Studijní program: N3106 Textilní inženýrství
Studijní obor: Netkané a nanovláknenné materiály
Zadávající katedra: Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů
Akademický rok: **2017/2018**

Zásady pro vypracování:

1. Prostudujte problematiku v oblasti hydrofilních a hydrofobních membrán, třívrstvých laminátů, laminace membrán v textilním průmyslu a komfortu textilií.
2. Připravte a vytipujte nevhodnější typy membrán, a to jak hydrofilní, pak i hydrofobní a vytvořte z nich laminát na průmyslové laminovací lince, jako vrchní a podšívkový materiál bude fleese.
3. Jak u samotných materiálů, tak i u vytvořených laminátů změřte tyto vlastnosti:
 - plošnou hmotnost
 - prodyšnost
 - paropropustnost
 - hydrostatickou odolnost
 - tepelný odpor
 - změnu komfortních vlastností po 5. prání
 - obrazovou analýzu vybraných membrán
4. Statisticky vyhodnoťte a vyberte nevhodnější laminát.
5. V závěru zhodnoťte naměřené výsledky.

Rozsah grafických prací:

dle potřeby dokumentace

Rozsah pracovní zprávy:

40-60 dle potřeby

Forma zpracování práce:

tištěná/elektronická



Seznam odborné literatury:

1. Knížek R.: Oděvy pro sportovní a outdoorové aplikace, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2013
2. Hes L, Sluka P: Komfort textilií, Technická univerzita v Liberci, Liberec 2005

Vedoucí práce:

Ing. Roman Knížek, Ph.D.
Katedra hodnocení textilií

Datum zadání práce:

20. února 2018

Předpokládaný termín odevzdání:

18. dubna 2019


Ing. Jana Drašarová, Ph.D.
děkanka

V Liberci 20. února 2018




Ing. Jiří Chvojka, Ph.D.
vedoucí katedry

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 texty tištěné verze práce a elektronické verze práce vložené do IS STAG se shodují.

17. 4. 2019

Bc. Petra Harciníková

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu diplomové práce Ing. Romanu Knížkovi, Ph.D., a dalším pedagogům a pracovníkům TUL za jejich vstřícnost, ochotu, rady, návrhy a odborné konzultace v dané problematice. Zároveň bych chtěla poděkovat své rodině a přátelům za podporu během mého studia a psaní závěrečné práce.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá výrobou a analýzou třívrstevných laminátů, které by mohly částečně nahradit druhou a třetí vrstvu vrstveného oblékání. Nejprve byly vybrány vhodné výchozí materiály a byla provedena jejich analýza. Pro svrchní a podšívkový materiál byla vybrána pletenina s fleecem. Jako funkční prvek byly vybrány textilní membrány, z hydrofobních membrán nanovláknenná membrána a mikroporézní membrána a dále hydrofilní a hydrofilní porézní membrána. Pro spojování vrstev byla použita technologie laminace. Dále byly hodnoceny vlastnosti vytvořených laminátů a to zejména tepelný odpor, prodyšnost, paropropustnost a hydrostatická odolnost pro zjištění nejlepší možné kombinace pletenina - membrána.

V teoretické části jsou popsány pojmy spjaté s touto problematikou, například použité textilní technologie a materiály, textilní membrány, komfort textilií a také postupy testování materiálů. V experimentální části jsou uvedeny výsledky měření ve formě tabulek a grafů. Jsou zde uvedeny výsledky daných vlastností výchozích materiálů, je popsán postup výroby laminátů a výsledky měření vlastností vytvořených laminátů.

Celkovým výsledkem práce je úspěšné vytvoření čtyř třívrstevných laminátů. Jejich analýzou bylo zjištěno, že nejvíce vyhovujícími jsou lamináty s nanovláknennou, mikroporézní a hydrofilní mikroporézní membránou.

V závěru je navrženo, jak s těmito třemi lamináty dále pracovat.

Klíčová slova

fleece, textilní membrány, třívrstevný laminát, hydrofobní membrány, hydrofilní membrány, vrstvené oblékání

Annotation

This thesis deals with the production and analysis of three-layer laminates, which could partially replace the second and third layer of layered dressing. First, suitable starting materials were selected and analyzed. Fleece knitted fabric was selected for the top and lining material. Textile membranes were selected as a functional element, nanofibrous membrane and microporous membrane and hydrophilic and hydrophilic porous membrane were selected from hydrophobic membranes. Laminating technology was used to bond layers. Furthermore, the properties of the laminates were evaluated, namely thermal resistance, breathability, vapor permeability and hydrostatic resistance to determine the best possible knit-membrane combination.

The theoretical part describes the concepts related to this issue, such as used textile technologies and materials, textile membranes, textile comfort and also materials testing procedures. The experimental part presents the results of measurements in the form of tables and graphs. The results of the properties of the starting materials are presented, the laminate manufacturing process and the results of the laminate properties measured are described.

The overall result of the work is the successful creation of four three-layer laminates. Their analysis revealed that nanofibrous, microporous and hydrophilic microporous membranes are the most suitable.

In conclusion, it is suggested how to work with these three laminates.

Key words

fleece, textile membranes, three-layer laminate, hydrophobic membranes, hydrophilic membranes, layered dressing

OBSAH

ÚVOD

14

1. Teoretická část

16

1.1 Polymery

16

1.1.1 Polyuretany - PUR

16

1.1.2 Polytetrafluorethylen - PTFE

17

1.1.3 Polyestery - PES

17

1.2 Textilní technologie

18

1.2.1 Pletení

18

1.2.2 Laminace

19

1.2.2.1 Dvouvrstvý laminát

19

1.2.2.2 Třívrstvý laminát

20

1.2.3 Hot melt

20

1.2.4 Zátěr

21

1.3 Textilní membrány

22

1.3.1 Hydrofobní membrány

22

1.3.1.1 Mikroporézní membrány

23

1.3.1.2 Nanovláknenné membrány

24

1.3.2 Hydrofilní membrány

25

1.4 Komfort textilií	26
1.4.1 Vlhkost vzduchu pod oděvem	27
1.4.2 Teplota vzduchu pod oděvem	27
1.4.3 Obsah oxidu uhličitého pod oděvem	28
1.4.4 Vrstvené oblékání	28
1.5 Textilní materiály	30
1.5.1 Fleece	30
1.5.2 Funkční mikiny	31
1.5.3 Softshell	31
1.5.4 Hardshell	32
1.6 Vlastnosti materiálů a principy jejich měření	33
1.6.1 Paropropustnost	33
1.6.1.1 Měření paropropustnosti	34
1.6.2 Prodyšnost	34
1.6.2.1 Měření prodyšnosti	35
1.6.3 Hydrostatická odolnost	35
1.6.3.1 Měření hydrostatické odolnosti	35
1.6.4 Tepelný odpor	36
1.6.4.1 Měření tepelného odporu a tloušťky	36

1.6.5 Sledování vlastností povrchu	37
1.6.5.1 Oděr	37
1.6.5.2 Žmolkovitost	38
1.6.6 Testování morfologie materiálu - SEM	38
1.6.7 Porozita	39
1.6.7.1 Měření porozity	39
1.6.8 Mechanické vlastnosti plošných textilií	39
1.6.8.1 Měření pevnosti	39
1.6.8.2 Měření tažnosti	40
Použité programy a přístroje	41
2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST	43
2.1 Specifikace materiálů	43
2.2 Statistické vyhodnocení	44
2.3 Postup výroby laminátů a měření vlastností	45
2.4 Testované vlastnosti fleecu	46
2.4.1 Měření žmolkovitosti	46
2.4.2 Měření oděru	47
2.4.3 Pevnost a tažnost	48
2.4.4 Měření ostatních vlastností	50

2.5 Testované vlastnosti membrán	51
2.5.1 Snímky membrán	51
2.5.2 Měření průměrů vláken	54
2.5.3 Měření tloušťky	55
2.5.4 Měření porozity	57
2.5.5 Měření paropropustnosti	58
2.5.6 Měření prodyšnosti	59
2.6 Výroba a testování laminátů	61
2.6.1 Laminace	61
2.6.2 Měření tepelného odporu	62
2.6.4 Měření prodyšnosti	67
2.6.5 Měření hydrostatické odolnosti	70
2.6.6 Měření plošné hmotnosti	72
2.6.7 Měření tloušťky	73
2.6.8 Měření pevnosti a tažnosti	74
2.6.9 Praní	76
2.7 Vyhodnocení výsledků měřených vlastností laminátů	77
ZÁVĚR	80
Použitá literatura a zdroje	82

SEZNAM OBRÁZKŮ	86
SEZNAM TABULEK	87
SEZNAM GRAFŮ	89
SEZNAM PŘÍLOH	90

Seznam použitých zkratek

cm	centimetr
cm ²	centimetr čtverečný
č.	číslo
ČSN	české technické normy
hod	hodina
F	pevnost
g	gram
IN	interní norma
ISO	international organization for standardization - mezinárodní normy
K	kelvin
l	litr
m	metr
mbar	milibar
min	minuta
mm	milimetr
MVTR	rychlost prostupu vodní páry
m ²	metr čtverečný
m ³	metr krychlový
N	newton
nm	nanometr
Pa	pascal
PE	polyethylen
PES	polyester
PTFE	polytetrafluorethylen
PUR	polyuretan
q	tepelný tok
Ret	výparný odpor
rpm	rotations per minute - otáčky za minutu

s	sekunda
S	směrodatná odchylka
SEM	skenovací elektronová mikroskopie
S ²	rozptyl
TEM	transmisní elektronová mikroskopie
TU	Technická univerzita
tzv.	takzvaný
v	variační koeficient
W	watt
\bar{x}	aritmetický průměr
ř/cm	řádek na centimetr
sl/cm	sloupek na centimetr
Δl	prodloužení
ε	poměrné prodloužení
%	procenta
°C	stupeň Celsia
μm	mikrometr

ÚVOD

V dnešní době neustále roste zájem o funkční oděvní materiály. Těchto materiálů je na trhu k dispozici nepřehledné množství od levných variant až po velmi drahé. Cena se odvíjí mimo jiné od toho, jaké požadavky na oděv uživatel má. Důležitou roli hraje i to, jakou část oděvu uživatel poptává. Při vyšší sportovní aktivitě v méně příznivých podmínkách by uživatel měl, pokud si chce zachovat tepelný komfort, dodržovat zásady tzv. cibulového neboli vrstveného oblékání. To znamená, že na sobě bude mít minimálně tři, popřípadě čtyři vrstvy. Každá z těchto vrstev má pak specifickou funkci. První odvádí vlhkost od pokožky, druhá izoluje tělesné teplo a je paropropustná, třetí chrání tělo před vnějšími podmínkami a je částečně paropropustná a poslední čtvrtá vrstva je používána především ve zhoršených podmínkách a musí být zcela nepromokavá a neprodyšná.

Cílem této diplomové práce bylo vytvořit zcela nový materiál, který se na trhu prozatím nevyskytuje a který by mohl snížit nutný počet používaných vrstev. Tento materiál by mohl nahradit druhou a třetí vrstvu tak, že by izoloval teplo, byl paropropustný, ale zároveň by uživatele chránil proti vnějším vlivům, byl hydrostaticky a větru odolný. Těchto vlastností bylo dosaženo díky kombinaci membrány a fleecové pleteniny.

Teoretická část popisuje materiály a procesy, které byly potřebné k výrobě laminátů. Dále jsou teoreticky popsána měření a testování, která byla použita a provedena v praktické části. Praktická část obsahuje popisy a výsledky měření společně s grafy, tabulkami a komentářem.

Testovaným materiálem byl třívrstvý laminát, skládající se z těchto vrstev - vnější a vnitřní vrstvu tvořila 100% polyesterová fleecová pletenina a mezi tyto dvě vrstvy byla laminována funkční membrána. Za účelem vytvoření různých laminátů byly použity čtyři odlišné membrány - 100% PTFE mikroporézní membrána, 100% PUR hydrofilní porézní membrána, PUR hydrofilní membrána a PUR hydrofobní nanovláknenná membrána. Nejprve byly materiály laminovány a posléze byly vzniklé lamináty analyzovány a testovány. Cílem bylo porovnání jejich vlastností a určení

nejlepší možné kombinace, hlavně z hlediska funkčnosti. Byla také zjišťována struktura a testovány vlastnosti samostatných materiálů, tedy fleecové pleteniny a čtyř membrán.

U fleecové pleteniny byl měřen oděr a žmolkovitost, dále tloušťka, plošná hmotnost, tepelný odpor, prodyšnost, paropropustnost, pevnost a tažnost. U samostatných membrán byla měřena tloušťka, prodyšnost a paropropustnost, metodou obrazové analýzy pak byly u některých membrán měřeny průměry vláken a porozita. U laminátů byla zjišťována pevnost a tažnost, tloušťka, plošná hmotnost, tepelný odpor, paropropustnost, prodyšnost a hydrostatická odolnost. Následně byly lamináty pětkrát prány a většina uvedených vlastností byla, pro zjištění eventuálních změn, měřena znovu.

Příprava laminátů proběhla ve firmě Nanomembrane a veškeré testování materiálů proběhlo v laboratořích TU v Liberci.

1. TEORETICKÁ ČÁST

V teoretické části jsou vysvětleny hlavní pojmy spojené s tématem diplomové práce. Jsou zde popsány polymery a technologie použité k výrobě materiálů - laminátů. Dále je popsána metodika měření daných vlastností vyrobených textilních laminátů.

1.1 Polymery

Tato kapitola se věnuje polymerům, které zásadně ovlivňovaly výsledné vlastnosti testovaných materiálů. Z tohoto důvodu jsou níže popsány polymery, které byly použity pro výrobu svrchního a spodního materiálu a textilních membrán použitých v diplomové práci.

Slovo polymer vzniklo ze dvou řeckých slov. Tím prvním je “poly” což znamená mnoho a druhým je “mer” což znamená jednotka, v případě polymerů základní stavební jednotka. Polymery jsou chemické látky, které mají velmi širokou škálu vlastností. V molekulách obsahují zpravidla atomy uhlíku, vodíku, kyslíku a dusíku. Ve formě výrobku jsou polymery v tuhém stavu, ale během zpracování mohou být i ve stavu kapalném, což dovoluje za určité teploty a tlaku udělit vznikajícímu výrobku různý tvar, dle potřeby použití. Ke vzniku polymerních makromolekul může dojít reakcí molekul obsahujících násobnou vazbu, heteroatom nebo alespoň dvě vhodné funkční skupiny. [1]

Polyuretan byl použit pro výrobu hydrofobní nanovlákněné membrány, hydrofilní membrány a hydrofilní porézní membrány. Polytetrafluoretylen byl použit pro výrobu mikroporézní membrány. Fleecová pletenina byla vyrobena z polyesteru, což je polymer typický pro výrobu fleecových materiálů.

1.1.1 Polyuretany - PUR

Polyuretany představují rozsáhlou skupinu polymerů, která je unikátní širokou škálou vlastností a použití. Tyto polymery jsou jedny z nejmasověji vyráběných. Uretany vznikají reakcí isokyanátů s alkoholy (viz obrázek č. 1).



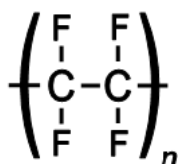
Obrázek č. 1 : Reakce izokyanátu s alkoholem za vzniku uretanu [2]

Polyuretany lze vyrábět tuhé, měkké, lineární i síťované. Jejich základními vlastnostmi jsou odolnost vůči oděru, adheze k různým druhům materiálů a stálost ve vodném prostředí. Používají se ve formě lehčených i nelehčených plastů, vláken, ale i jako nátěrové hmoty, lepidla a montážní hmoty. [1,3]

1.1.2 Polytetrafluorethylen - PTFE

Struktura polytetrafluoretylenu je tvořena nerozvětveným uhlíkovým řetězcem s navázanými fluory na každém uhlíku, viz obrázek č. 2. Tento polymer je z 93 až 97 % krystalický, nerozpustný ve většině rozpouštědel a odolný vůči vysokým teplotám. Je vysoce chemicky odolný, teplota tání dosahuje okolo 350 °C. I přes jeho vysoké krystalické zastoupení je vcelku měkký a má velmi nízký koeficient tření.

Fólie z tohoto polymeru se vyrábějí válcováním na nerezových kalandrech při 400 °C. Další možnost výroby je odřezávání z bloků a jejich následné dloužení. [3]



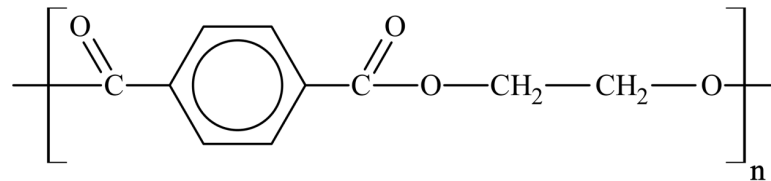
Obrázek č. 2: Strukturální vzorec polytetrafluoretylenu [4]

1.1.3 Polyestery - PES

Polyestery představují skupinu polymerů, které ve svém hlavním makromolekulárním řetězci obsahují esterové vazby $[-R^1-CO-O-R^2-]_n$. Lze je rozdělit na dva hlavní typy: lineární termoplastické a rozvětvené reaktoplastické. Hlavními zástupci jsou polyethyltereftalát nebo polybutyltereftalát.

Polyethyltereftalát se vyrábí polykondenzací. Typické použití pro tento polymer je výroba tzv. "PET lahví", dále se hojně využívá pro produkci textilních

vláken, vyráběných z jeho taveniny. Vlákna jsou méně mačková než vlna, méně navlhavá a rychleschnoucí oproti polyamidu. Jsou stále v prostředí zředěných roztoků hydroxidů a kyselin. Problémem je obtížná barvitelnost vláken. Jeho strukturální vzorec je uveden na obrázku č. 3. [1,3]



Obrázek č. 3: Strukturální vzorec polyethylentereftalátu [5]

1.2 Textilní technologie

Součástí práce bylo testování čtyř textilních laminátů, které byly složeny ze dvou vrstev fleecové pleteniny a v každém vzorku byla mezi nimi laminována jiná funkční membrána. V této kapitole jsou popsány technologie, které jsou zásadní pro výrobu použitých materiálů, jak z hlediska výroby samostatných vrstev, tak jejich následného pojení.

1.2.1 Pletení

Pleteniny jsou plošné textilie, které jsou vyrobeny z jedné nebo více soustav nití. Tyto soustavy jsou navzájem propojeny danou pletařskou technikou. Dle zvolené pletařské techniky jsou rozlišovány dvě základní skupiny pletenin: zátažné a osnovní. Základní vazební prvek pletenin je očko. Podle orientace oček a jiných vazebních prvků jsou rozlišovány pleteniny jednolící, oboulící, obourubní a interlokové.

Zátažná pletenina je vyráběna z příčné soustavy nití. Může být tvořena jednou nebo více nitěmi a dochází k průchodu nitě pleteninou postupně očko za očkem ve směru řádku. Naopak osnovní pletenina je vyráběna z podélné soustavy nití, označované jako osnova. Osnovní pleteninu není možné vytvořit z jedné nitě a každé očko v řádku je tedy tvořeno ze samostatné nitě.

Jednolící pletenina je tvořena z vazebných prvků, které jsou orientovány jedním směrem. Oboulící pletenina obsahuje jednolící sloupky a všechny nebo některé řádky oboulící. Obourubní pletenina obsahuje všechny nebo některé oboulící sloupky. [6,7]



Obrázek č. 4: a) schéma oka lícního, b) schéma oka rubního [7]

1.2.2 Laminace

Laminace je proces, při němž dochází ke spojení dvou a více vrstev. Tyto vrstvy mohou být jak textilie vzniklé pletením či tkaním, tak i textilie netkané nebo textilní membrány.

Proces laminace může být zprostředkován různými způsoby. Vždy musí být přítomno pojivo, které umožňuje spojení vrstev. Adheziva mohou být přidána mezi vrstvy zvlášť nebo jsou ve vrstvách již obsažena. Mohou se vyskytovat ve formě pevných částic, jako například mřížky, prášky nebo folie nebo ve formě roztoků či hot-meltů. Po nanesení adheziva na jednotlivé vrstvy musí dojít k jeho aktivaci přímým plamenem, vysokou teplotou, přtlakem nebo jejich kombinací.

Každá vrstva laminátu má svoji specifickou funkci a dané vlastnosti dle účelu dalšího použití. [8]

1.2.2.1 Dvouvrstvý laminát

Jak již název napovídá, jedná se o laminát tvořený dvěma vrstvami, spojuje se vrchní vrstva tvořená tkaninou nebo pleteninou s membránou.

Nevýhodou dvouvrstvého laminátu je, že membrána není chráněná spodní vrstvou (podšívkou). Snadněji tak dochází k jejímu poškození vlivem tření mezi nositelem a membránou a k zanášení membrány různými nečistotami (pot, soli atd.). Hydrostatická odolnost ovšem dosahuje stejných hodnot jako u třívrstvého laminátu.

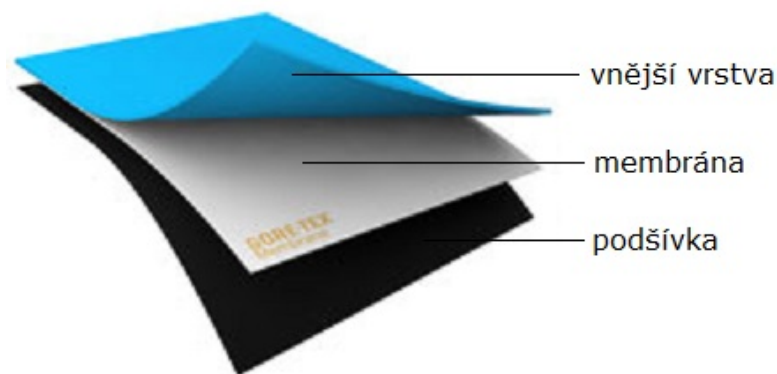
Výhodou dvouvrstvého laminátu je, že je lehčí a více paropropustný než třívrstvý laminát. V praxi se však tento druh laminátu většinou nevyskytuje. [9]

1.2.2.2 Třívrstvý laminát

Třívrstvý laminát se skládá z následujících vrstev: vrchní vrstvy, membrány a spodní vrstvy neboli podšívky.

Velkou výhodou v tomto případě je, že membrána je dobře chráněna před třením a nečistotami, právě díky přítomnosti spodní vrstvy. Někteří výrobci jsou schopni dosahovat i dobrých hodnot paropropustnosti. [9]

Příkladem třívrstvého laminátu je například membránový softshell (který je více popsán v kapitole *Softshell*).



Obrázek č. 5: Příklad třívrstvého laminátu s vnější vrstvou, membránou GORE-TEX a podšívkou [10]

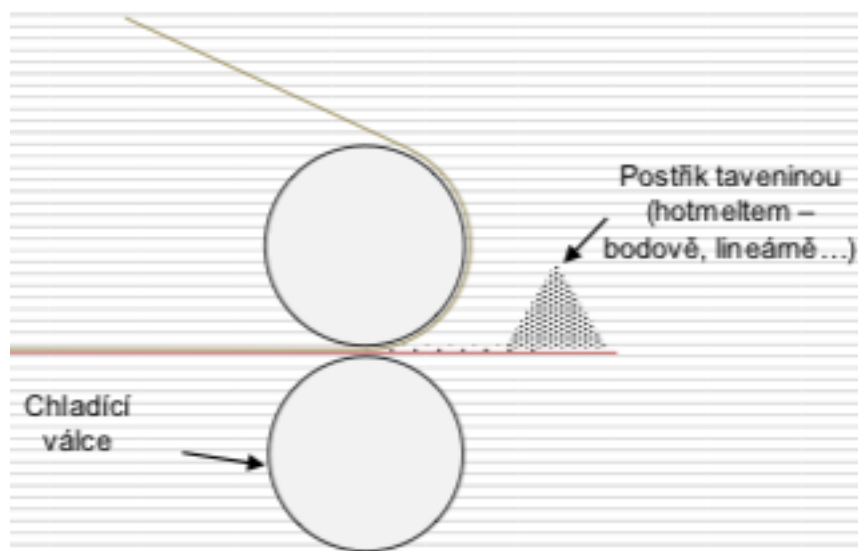
1.2.3 Hot melt

Hot melt je označení pro adheziva, zpravidla pevné látky, termoplastické polymery. To znamená, že v pokojové teplotě se vyskytují ve formě pevných látek a k měknutí dochází při zahřátí nad určitou teplotu. Poté se pak vyskytují ve formě kapalin s vysokou viskozitou, které jsou aplikovány na dané materiály jako pojivo. Po aplikaci si tyto látky ponechávají schopnost smáčení materiálu dokud opět nedojde k přechodu na pevnou látku. K tomuto zpětnému procesu dochází ochlazením pod teplotu tečení.

Hot-melty mohou být aplikovány dvěma způsoby. Jedním z nich je natavení adheziva a jeho následná aplikace nánosováním nebo sprejováním. Dalším způsobem je

nanesení adheziva na materiál v pevné formě a jeho následné roztavení přímo na materiálu (prášky, mřížky).

Použití vhodných adheziv typu hot melt při pojení porézních materiálů je však značně omezeno jejich vysokou viskozitou. Vlastností hot meltu je, že během chlazení dochází k tvorbě velmi pevné vnitřní struktury. Díky tomu, že jsou hot melty založeny na termoplastických polymerech je lze opakovaně zahřívat a tavit a zpětně ochlazovat za vzniku pevné látky. Tímto jsou hot melty limitovány v odolnosti vůči vysokým teplotám a což může způsobovat i tečení neboli creep vlivem dlouhodobého zatížení pod mezí kluzu nebo působením zvýšených teplot. Výhodou však je, že tato adheziva mohou tvořit spoje, které je možné termicky oddělovat a poté znovu spojovat. [11]



Obrázek č. 6: Schéma laminace pomocí hot-melt adheziv, nános bodově nebo lineárně [12]

1.2.4 Zátěr

Zátěry jsou jedna z možností jak zaručit nepromokavost oděvů, jsou pružné ale tvoří pevný film, který je méně prodyšný. Textilní materiály se povrstvují nebo zatírají latexy nebo pryskyřicemi (polyvinylchlorid, polyuretany, kaučuky atd.).

Zátěry se aplikují u svrchních oděvů na místech vystavených vyššímu namáhání, jako například na náramenicích, kolenou atd. Oproti membránovým materiálům jsou levnější. [9]

1.3 Textilní membrány

Textilní membrány byly vyvinuty pro zvýšení uživatelského pohodlí během užívání oděvů jako jsou bundy, kalhoty nebo rukavice a boty. Membrána je zpravidla vložena mezi vrchní a podšívkový materiál nebo může být spojena pouze s materiálem vrchním bez podšívky. Toto se děje pomocí laminace.

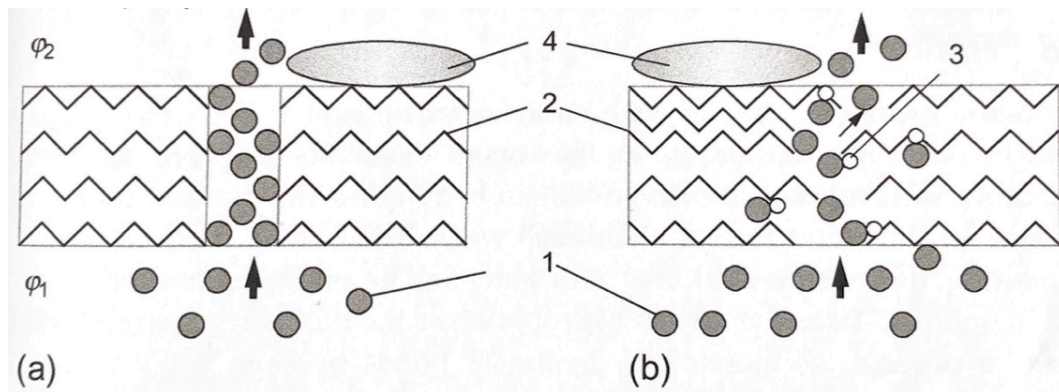
Jak již bylo řečeno, membrána má za úkol zlepšit komfort výrobku. Můžeme hovořit o třech základních funkcích, které by membrána měla zajišťovat: paropropustnost, nepromokavost a větruodolnost. Všechny tyto vlastnosti jsou pro používání funkčních materiálů důležité a měly by se dle požadavků spotřebitele navzájem doplňovat.

Pokud je membrána laminována mezi vrchní a podšívkový materiál, každá z těchto částí má svou specifickou funkci. Vrchní materiál bývá hydrofobně upraven, což zamezuje proniknutí vody pod oděv. Ne však vždy je tato funkce stoprocentní a proto je ideální použít voděodolnou membránu, která napomůže k zadržování vody. Dále může být membrána větruodolná a nejlépe paropropustná aby byla schopna odvést vlhkost od těla. Spodní podšívkový materiál pak zajišťuje udržení příjemné teploty pod oděvem.

Pro výrobu membrán se používají nejčastěji syntetické polymery jako PTFE, PES nebo PUR. Tloušťky membrán se pohybují v jednotkách mikrometrů a průměry vláken mezi mikro a nanometry, dle druhu membrán. Na trhu se momentálně vyskytují dva hlavní druhy membrán: hydrofilní a hydrofobní. [9]

1.3.1 Hydrofobní membrány

Tento druh membrán obsahuje velké množství mikroskopických pórů o velikostech mezi 0,02 a 1 μm , ty umožňují prostup membránou molekulám páry, ne však "velkým" z kondenzovaným kapkám vody, které mají velikost až 100 μm . Molekuly tělesné vlhkosti (potu) tak díky kapilárnímu mechanismu pronikají těmito mikro póry směrem od těla. Naopak velké kapky vody se z vnějšího prostředí nedostanou těmito mikro póry směrem k tělu. K tomuto jevu dochází díky kapilárnímu vztlínání. [9,13]



Obrázek č. 7: Porovnání jednotlivých mechanismů odvádění tělesné vlhkosti, a) kapilární vztlínání, b) převod par - difúze, 1) molekuly tělesné vlhkosti, 2) polymerní řetězce, 3) aktivní hydrofilní skupiny, 4) molekuly vody [13]

1.3.1.1 Mikroporézní membrány

Mikroporézní membrány jsou definovány jako tenké struktury obsahující velké množství pórů. Výhodou těchto membrán je dobrá paropropustnost a zachování vysokého vodního sloupce (kolem 20 000 mm).

Mikroporézní membrány jsou nejčastěji vyráběny z polymerů jako jsou polytetrafluoretyleny, polyuretany, polyamidy, polyestery a další. V některých případech mohou být odlévány přímo na textilii či nejprve formovány do membrány a poté s textilií laminovány. [9,14]

Gore-tex^R

První a nejznámější mikroporézní membránou, vynalezenou a představenou v roce 1976, je membrána Gore-tex^R. Tato mikroporézní membrána je vyrobena z expandovaného polytetrafluoretylenu neboli PTFE. Vyrábí se tažením fólií - neprodyšných membrán při kritických podmínkách. Vznikají tak trhliny, které mají velikosti v řádech mikrometrů. Díky malým rozměrům trhlin se membrána stává nepromokavou, větruodolnou a zároveň je schopna odvádět vodní páry. [9,13]

1.3.1.2 Nanovláknenné membrány

Nanovláknenné membrány spadají pod hydrofobní membrány a mají srovnatelné vlastnosti s mikroporézními membránami. Paropropustnost se pohybuje ve stejných hodnotách jako u mikroporézních membrán, hydrostatická odolnost je o něco nižší. Jejich struktura je tvořena náhodně orientovanými vlákny o průměrech v řádu mikro až nanometrů.

Nanovláknna

Vlákna, jejichž průměr se pohybuje v řádech mikrometrů až nanometrů, můžeme nazývat nanovláknny. Elektrostaticky připravená vlákna mají velmi specifické a unikátní vlastnosti, což je činí skvělými kandidáty pro širokou škálu aplikací. Nanovláknna jsou hojně využívána ve tkáňovém inženýrství, jako výztuhy pro kompozitní materiály, filtry, membrány a další.

Tato velmi jemná vlákna mají nízkou hustotu a velký měrný povrch. Vlákenné vrstvy jsou vysoce porézní s malými rozměry pórů a mají tak dobrou paropropustnost. [15,18]

Elektrostatické zvlákňování

Jednou z metod přípravy ultra jemných vláken, tzv. nanovláken, je elektrostatické zvlákňování. Dochází k působení elektrostatických sil na polymerní roztoky popřípadě polymerní taveniny. Běžnější je zvlákňování z polymerního roztoku, protože vyšší viskozita polymerních tavenin neumožňuje výrobu jemnějších vláken. Je možné zvlákňovat jak polymery syntetické, tak polymery přírodní. [15]

Proces elektrostatického zvlákňování využívá vysokého napětí pro vytvoření elektrického pole mezi kapkou polymerního roztoku na hrotu zvlákňovací jehly, která je připojená na zdroj vysokého napětí a kolektoru, který je uzemněn. Zvlákňovací jehlu lze nahradit i válečkem, či drátem. Pokud elektrostatická síla překoná povrchové napětí kapky polymeru, vznikne kónický tvar, tzv. Taylorův kužel. Z Taylorova kužele vzniká elektricky nabitá a kontinuální tryska polymerního roztoku, která směřuje ke kolektoru. Při pohybu této polymerní trysky směrem ke kolektoru dochází k jejímu enormnímu napínání a odpařování rozpouštědla. Tryska se tak postupně zužuje a dochází ke vzniku

ultra jemných vláken. Na povrch kolektoru se pak tato vlákna ukládají v náhodné orientaci. [16,17]

Nanospider™, neboli bezjehlová zvlákňovací technologie, vychází z poznatku, že k formování vláken není nutné využívat trysky ani kapiláry. Tato metoda je navíc produktivnější než jehlové zvlákňování. Toto zařízení umožňuje vysokou výrobní kapacitu, rovnoměrnost průměrů vláken vytvořené nanovlákněné vrstvy, hospodárny provoz, snadnou údržbu a flexibilitu ve výběru používaných polymerů a podkladových materiálů. [15, 18]

Nanomembrane

Nanomembrane je česká firma, která se věnuje produkci a výrobě membránového outdoorového oblečení. Jak již z názvu vyplývá, membrány používané touto firmou jsou nanovlákněné.

Stejnomená membrána Nanomembrane má průměry vláken do 150 nm a o 25 % více pórů na 1 cm² oproti mikroporézním membránám. Má dobré hodnoty paropropustnosti, je 100% větruodolná a extrémně hydrostaticky odolná. [19]

1.3.2 Hydrofilní membrány

Hydrofilní membrány jsou specifické v tom, že neobsahují žádné póry. Odvod tělesné vlhkosti je zprostředkován chemickým principem převodu par, kdy je kondenzující voda (pot) na vnitřní straně membrány rozváděna do materiálu membrány a poté chemicky transportována na vnější stranu membrány.

Nejprve dochází k adsorbci molekul tělesné vlhkosti na povrch membrány a poté k pohybu skrz membránu bez chemické interakce s polymerem. Amorfní části membrány se pak chovají jako póry a umožňují molekulám tělesné vlhkosti přesun směrem ven od těla. Naopak průnik molekul vody skrz membránu směrem k tělu není umožněn. Tento proces se nazývá difúze a je znázorněn na obrázku č. 7. Difúze je dosahováno především díky funkčním hydrofilním skupinám, obsažených v řetězci polymeru. Jedná se o skupiny -O-, CO-, -OH nebo -NH₂.

Výhodou těchto membrán je jejich minimální zanášení a vzhledem k použitému materiálu, kterým je většinou polyuretan i vyšší elasticita. Naopak nevýhodou je, že

nedochází k přenosu plynů a míra paropropustnosti je horší oproti mikroporézním membránám. [9,13]

Sympatex

Německá firma vyrábí pod stejným názvem hydrofilní membránu, která je neporézní a hydrofilní fólii z kopolymeru. Kopolymer sestává ze 70 % z polyesteru (PES), který tvoří hydrofobní část a 30 % z polyethylenu (PE), který tvoří naopak hydrofilní část. [9]

Dermizax

Japonská firma Toray vyrábí tuto hydrofilní membránu pod názvem Dermizax. Membrána je vyráběna z polyuretanu a dosahuje vysoké paropropustnosti, díky molekulové struktuře polyuretanu. [9]

1.4 Komfort textilií

Pokud je organismus v komfortním stavu, jsou všechny fyziologické funkce v optimu. Okolní prostředí společně s oděvem nevytváří nepříjemné vjemy, které by byly lidskými smysly vnímány.

Při subjektivním vnímání tohoto stavu nepřevládají pocity tepla nebo chladu a je tak možné ve stavu déle setrvat a pracovat. Komfort je organismem vnímán čtyřmi z pěti smyslů a to hmatem, zrakem, sluchem a čichem (pořadí dle důležitosti).

Pokud je ale organismus v diskomfortním stavu, mohou se dostavit pocity přemíry tepla nebo chladu. Pocit přemíry tepla se může dostavit při větším pracovním zatížení nebo v teplém a vlhkém klimatu. Naopak pocit chladu se dostavuje při nízkém pracovním zatížení a nízké teplotě okolního prostředí.

Komfort je dělen na psychologický, sensorický, termofyziologický a patofyziologický. Spotřebitelé u textilních výrobků vyžadují stále vyšší stupeň komfortu. Malé děti, senioři nebo nemocní lidé mají vyšší nároky na komfort než standardní populace. Také další specifické skupiny, které ke svojí práci potřebují ochranné oděvy. Mezi tyto skupiny se řadí například lékaři, hasiči, pracovníci s chemikáliemi nebo záchranáři. [20]

1.4.1 Vlhkost vzduchu pod oděvem

Pokud se relativní vlhkost vzduchu pod oděvem, tj. mezi pokožkou a první vrstvou oblečení, pohybuje od 35-60 % je tento stav vnímán jako tepelná pohoda. Velmi důležitá je dynamika vlhkosti vzduchu pod oděvem, ta totiž ovlivňuje schopnost oděvu odvádět pot od pokožky do okolního prostředí. Hygienicky vyhovující je druh textilie, pod níž je rychlost narůstání vlhkosti vzduchu nižší.

Pokud je organismus v teplém prostředí a odvádění vody (potu) od pokožky je nedostatečné, dochází k přehřívání organismu a hromadění vody na pokožce i v oděvu. Naopak v chladném prostředí zvýšení vlhkosti vzduchu pod oděvem svědčí o slabých tepelně-izolačních vlastnostech a také o nedostatečné paropropustnosti materiálu. V obou případech ale dochází ke zvlhnutí oděvu a tím ke zhoršení jeho tepelně-izolačních funkcí. [6]

1.4.2 Teplota vzduchu pod oděvem

Jedním z ukazatelů, zda je oděv vhodný pro použití v daných podmínkách, je teplota vzduchu v prostoru mezi pokožkou a oděvem (nejspodnější částí, která leží přímo na pokožce). Hodnota teploty je dána zejména fyzickou aktivitou člověka.

Například pro osobu v klidovém stavu je optimální teplota mezi 30-32 °C, naopak pro osobu, která vykonává namáhavou fyzickou práci je optimální teplota pouze okolo 15 °C. Proto je nutné při hodnocení teploty vzduchu pod oděvem dbát na individuální fyzickou aktivitu dané osoby.

Ukazatele teploty vzduchu v různých vrstvách oděvů lze využít pro srovnávací hygienické hodnocení výrobku určeného pro různé použití. Při menším tepelném odporu oděvu dojde při pobytu organismu v chladu ke znatelnému poklesu teploty vzduchu pod vrchní vrstvou oblečení. Bude-li organismus v prostředí silného větru a opět dojde k poklesu teploty vzduchu pod oděvem, svědčí to o vyšší prodyšnosti než je žádoucí, což je negativním ukazatelem. Pokud je ale žádoucí zmenšit tepelný odpor oděvu po dobu fyzické námahy a tím zamezit přehřátí organismu, je vyšší prodyšnost naopak pozitivní. [6]

1.4.3 Obsah oxidu uhličitého pod oděvem

Součástí mikroklimatu mezi pokožkou a oděvem jsou produkty látkové výměny, nejvýznamnějším je oxid uhličitý. Ukazatelem zamoření mikroklimatu je tedy obsah oxidu uhličitého. Možnost jak zplodiny metabolismu z mikroklimatu odstranit je větrání a intenzita větrání se odvíjí od prodyšnosti oděvu a jeho konstrukčního řešení. Obecně řečeno, čím více má oděv vrstev, tím méně je prodyšný. K vyšší produkci oxidu uhličitého dochází při vyšší fyzické námaze a za zvýšených teplot. [6]

1.4.4 Vrstvené oblékání

Pokud uživatel očekává správné fungování funkčního oblečení je nutné vědět, jak se obléci a jak jednotlivé kusy oblečení kombinovat a vrstvit. Pokud totiž uživatel neví, jak správně funkční oblečení vrstvit a zvolí některou z vrstev nevhodně, dojde k narušení celého systému a celkový výsledek je pak zhoršen.

Důležité je, aby se uživatel cítil v teple a suchu. Toho lze dosáhnout, pokud je pot odváděn směrem od těla a každá z vrstev je (alespoň částečně) paropropustná. Proto je důležité dodržovat zásady vrstveného (cibulového) oblékání a mít dostatečnou tepelně-izolační vrstvu. Vrstvené oblékání je totiž efektivní cestou, jak v náročných klimatických podmínkách udržet tělo v tepelné pohodě bez příznaků přehřátí nebo naopak podchlazení organismu.

System vrstveného oblékání, který je dnes známý, sestává ze tří základních vrstev. První vrstva, která je nejbliže k tělu je transportní vrstva, druhá je izolační vrstva a poslední je vrstva ochranná, která je v kontaktu s vnějším prostředím. [9]

Transportní vrstva

Jedná se o nejspodnější vrstvu oblečení, která je přímo ve styku s pokožkou. Hlavním úkolem je odvádět tělesnou vlhkost neboli pot od pokožky směrem ven a zabránit tak ochlazování nebo přehřívání těla v důsledku fyzické aktivity.

Tyto části oděvů jsou vyráběny z materiálů a vláken, které neabsorbují tělesnou vlhkost, ale transportují ji a označují se jako termoprádlo (Moira, Climatex, Coolmax). [9]

Izolační vrstva

Tato vrstva má za úkol udržet tělesnou teplotu akumulací tělesného tepla. Dále musí být tato vrstva i paropropustná, aby odváděla vyprodukovaný pot a přebytečné teplo ven. Pokud by k tomuto nedocházelo, pot by se hromadil v oděvním systému a tělo by ochlazovalo.

Izolační vrstva je vyráběna z izolačních syntetických vláken, která jsou schopna odvádět tělesnou vlhkost a zároveň si zachovávají dobré izolační vlastnosti. Používají se fleecové materiály v různých plošných hmotnostech a s různými povrchovými úpravami. [9]

Ochranná vrstva

Poslední, svrchní vrstva má za úkol nejen chránit tělo před okolními podmínkami a počasím, ale navíc také zachovávat vlastnosti prvních dvou vrstev. Musí tedy splňovat hydrostatickou odolnost, aby nedošlo k promočení transportní a izolační vrstvy a dále i paropropustnost, aby bylo zabráněno hromadění tělesné vlhkosti v izolační vrstvě. Také musí tato vrstva splňovat podmínku odolnosti proti větru, zabránit tak úbytku tělesného tepla v důsledku proudění vnějšího vzduchu. Pro tento účel je používána membrána, která často bývá součástí ochranné vrstvy, jedná se například o Gore-tex, Sympatex nebo Nanoprotex. [9]

Kombinovaná vrstva

Tato vrstva kombinuje vlastnosti jak izolační tak i ochranné vrstvy a zastává tak funkci dvou vrstev najednou. Může být odolná proti větru, zcela nebo částečně hydrostaticky odolná a paropropustná. Proto je možné v méně náročných klimatických podmínkách snížit počet vrstev využitím této kombinované vrstvy. V podmínkách mírného pásu jsou tyto materiály ideální v období jara či podzimu. Označují se například jako Windstopper, Softshell nebo No-wind. [9]

1.5 Textilní materiály

1.5.1 Fleece

Pojem fleece obecně označuje zátažné jedolící pleteniny ze syntetických vláken s vlasovým povrchem. Běžně se používá 100% polyester, popřípadě se kombinuje s jinými materiály, s polyamidem, vlnou nebo elastomerem. Tyto materiály pak slouží jako levnější varianta textilií z přírodních vláken. Jsou to materiály lehké, prodyšné a příjemné na omak, mají mimo jiné i vysoké tepelně-izolační vlastnosti, odolávají vlhkosti a rychle schnou.

Nejčastěji se pro výrobu fleecových materiálů používají polyesterová vlákna. Plošná textilie vzniká nejprve pletením a následně počesáním jednoho nebo obou povrchů. Pletenina prochází skrz stroj, který na její povrch působí drátěnými štětini. Štětiny počesávají povrch pleteniny a vzniká tak specifická vlasová vrstva. V takto vzniklé vlasové vrstvě se pak drží vzduch, který funguje jako izolant. Dále je povrch na stříhacím stroji upravován tak, aby byla všechna vyčesaná vlákna, stejně dlouhá. Délka vláken může být různá dle potřeby. Výhodou ve srovnání s přírodními materiály je dlouhá životnost a jednoduchá údržba. Nevýhodou je žmolovitost materiálu.

Použití fleecového materiálu je vcelku široké, vyrábí se z něj přikrývky, mikiny, spodní vrstvy softshellových bund a další produkty využívané ve sportu nebo při outdoorových aktivitách.

Fleecové oděvy mohou být používány jako spodní i vrchní vrstva. Hlavní funkce fleecu jsou tepelná izolace a transport vlhkosti směrem od těla. Jako spodní a druhá vrstva se používá fleece nižší plošné hmotnosti. Jejich struktura je uzpůsobena tomu, aby vnitřní strana mohla převzít a transportovat vlhkost směrem od těla. Vlákna na obou površích jsou většinou kratší a jemnější. Materiály mohou mít i antibakteriální úpravu. Vyšší plošné hmotnosti se pak používají jako vrchní materiál. Díky hustší struktuře lépe zabraňují působení vnějších vlivů. Vnější strana může být vodoodpudivě upravena nebo je fleece kombinován s jinými materiály, například s membránami, které zvyšují odolnost proti větru. [7, 21, 22, 23]

1.5.2 Funkční mikiny

Na trhu v dnešní době existuje široký sortiment pod názvem funkční mikiny. Jsou používány především jako druhá vrstva a jejich základními vlastnostmi by měly být paropropustnost a tepelná izolace. Pro jejich výrobu se používají převážně syntetická vlákna, hlavně polyester, elastan, polyamid a další. Syntetická vlákna se mohou mísit s přírodními vlákny, vlnou popřípadě bavlnou. Materiály se používají zejména tkané a pletené s fleecem.

Pro vylepšení vlastností funkčních mikin se používají také větruodolné membrány (NO WIND, WINDSTOPPER[®]), které se s materiálem laminují. Na materiály se mohou také aplikovat antibakteriální či vodoodpudivé úpravy.

1.5.3 Softshell

Pojem softshell označuje širokou škálu materiálů. Tyto materiály mohou mít často odlišné vlastnosti a parametry a proto je pro uživatele důležité tyto údaje pečlivě sledovat. Název vznikl spojením slov “soft” měkký a “shell” schránka. Z tohoto lze odvodit vlastnosti, kterými by měl materiál disponovat: mechanická odolnost, pružnost, větruodolnost, prodyšnost a tepelná izolace uvnitř oděvu díky spodní hřejivé vrstvě. Materiál může být i částečně hydrostaticky odolný.

Softshellové produkty jsou vyráběny ze syntetických materiálů a jsou využívané především jako outdoorové oblečení (bundy, kalhoty). Obecně rozlišujeme dva základní typy softshellových materiálů - bezmembránové (tkané) a membránové.

Bezmembránové (tkané) softshelly jsou vyráběny z hustě tkaných speciálních tkanin. Většinou neobsahují membrány a odolnost vůči větru je dána hustotou a vazbou tkaniny. Ve srovnání s membránovými softshelly jsou lehčí, prodyšnější, univerzálnější, levnější a proces výroby je jednodušší.

Membránové softshelly obsahují více vrstev, zpravidla tři, spojených v jednu. Svrchní část je nejčastěji tvořena polyuretanem s hladkým povrchem. Spodní vrstva je různě silná podle požadavků na míru zateplení (tenká pletenina až microfleece) a je vyráběna z polyesteru. Mezi svrchní a spodní vrstvou se nachází membrána. Membrány mohou být různé, opět dle požadovaných funkcí (odolnost vůči větru, vodě apod.).

Membránové softshellové oblečení funguje na tzv. cibulovém principu, to znamená, že každá vrstva má svou funkci. Softshellový materiál zastává zpravidla funkci druhé a třetí vrstvy. Svrchní část zajišťuje hydrostatickou odolnost, prostřední část, neboli membrána, odolnost proti větru či vodě a spodní část tepelnou izolaci. Problém z hlediska hydrostatické odolnosti nastává v oblasti švů. V případě klasické varianty softshellu nejsou švy zajištěny proti průniku vody, ale lze narazit i na stoprocentně nepromokavou variantu. Úplné nepromokavosti je dosaženo použitím technologie “skiving” neboli odfrézováním podšívky až na membránu a zalepením páskou nebo svařením spojů. Hydrostatickou odolnost lze také podpořit použitím vhodných impregnačních prostředků. [23, 24, 25]

1.5.4 Hardshell

Hardshell neboli tvrdá skořápka je označení pro poslední vrstvu - nepromokavou bundu. Požadavky na tento materiál jsou 100% nepromokavost ale také paropropustnost, což jsou zdánlivě protichůdné vlastnosti. Potřeba paropropustnosti materiálu vychází z funkčnosti celého vrstveného oblékání. Pokud by byla použita pouze nepromokavá bunda neschopná zajistit paropropustnost, došlo by ke kompletnímu znehodnocení spodních vrstev a narušení funkce vrstveného systému. Těchto vlastností se dosahuje použitím membrány či zátěru.

Zátěr je levnějším způsobem, jak dosáhnout nepromokavosti. Má také řadu nevýhod, jako jsou nižší parametry nepromokavosti, špatné hodnoty prodyšnosti a omezená životnost. Většinou se jedná o polyuretan, který je na materiál nanášen natřením a následně je ještě tepelně fixován. Nepromokavé bundy se zátěrem jsou tedy vhodnější pro méně náročné aktivity nebo pro omezené časové použití.

Membránové bundy jsou technologicky sofistikovanější a dosahují lepších vlastností. Používají se hydrofobní mikroporézní nebo hydrofilní membrány (více je o jednotlivých typech membrán popsáno v kapitole *Textilní membrány*). [26]

1.6 Vlastnosti materiálů a principy jejich měření

Pro správné testování materiálů je důležité znát vlastnosti, které by materiály měly splňovat a také principy jejich měření. Proto jsou metody popsány níže.

1.6.1 Paropropustnost

Paropropustnost je jev, kdy dochází k prostupu vodní páry (potu) skrz oděvní systém do vnějšího prostředí. Tento jev je zprostředkován pomocí difúze, kapilárního odvodu a sorpce, přičemž všechny tři mechanismy probíhají současně.

Difúze je prostup vlhkosti od povrchu pokožky k vnějšímu prostředí skrz oděvní systém prostřednictvím pórů. Dochází k přechodu vlhkosti z prostředí s vyšší koncentrací do prostředí s nižší koncentrací bez nutnosti dodávky energie. Postupně dochází k rozptylování částic v prostoru, dokud se koncentrace ve všech částech systému nevyrovnají.

Pokud je v kontaktu kapalný pot a první textilní vrstva, dochází ke vztlínání kapaliny do plochy textilie jejími kapilárními cestami. Tento proces se nazývá kapalinový odvod nebo také knotový efekt.

Sorpce je nejpomalejší z výše zmíněných procesů. Vlhkost nebo kapalný pot vnikají do neuspořádaných mezimolekulárních částí ve struktuře vlákna a následně se navazují na hydrofilní skupiny ve struktuře molekuly. Proto je tento proces podmíněn použitím textilie, která částečně obsahuje sorpční vlákna.

Aby docházelo k dokonalé paropropustnosti je nutné, aby každá část oděvu byla paropropustná. Proto, kvalitní a moderní outdoorové oděvy, musí mít velmi dobré hodnoty paropropustnosti, aby nedocházelo k přehřátí organismu a ke zvlhnutí spodní části oděvu.

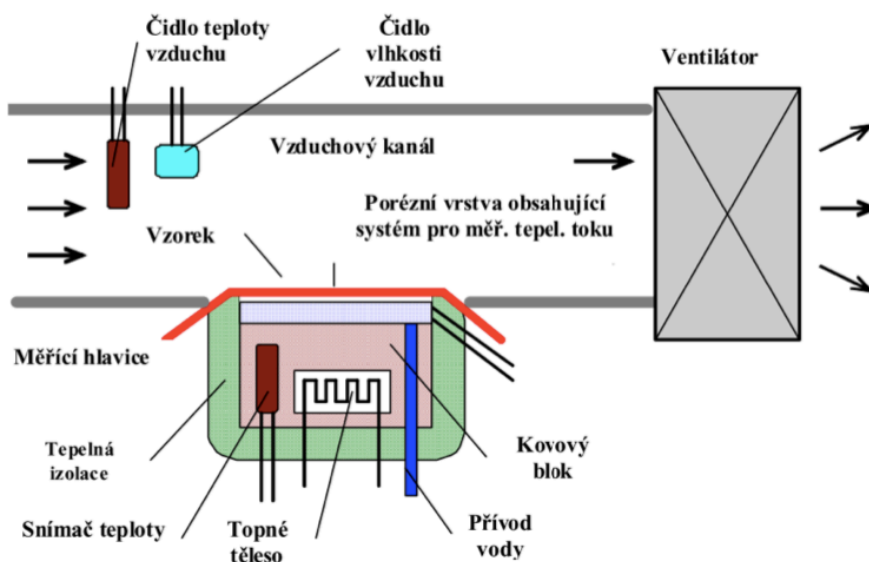
Jako velmi dobrá se označuje paropropustnost v hodnotách Ret pod 6 (MVTR nad 16 000 g/m²/24 hod), dobrá v hodnotách Ret mezi 6 a 13 (MVTR 15 000-6 000 g/m²/24 hod), uspokojivá v Ret mezi 13 a 20 (MVTR 5 000 - 4 000 g/m²/24 hod) a neuspokojivá v Ret nad 20 (MVTR pod 4 000 g/m²/24 hod). [9, 20]

1.6.1.1 Měření paropropustnosti

Paropropustnost se uvádí pomocí MVTR v $\text{g/m}^2/24$ hod, čili kolik vlhkosti v gramech propustí 1 m^2 textilie za 24 hodin. Platí zde, že čím je vyšší naměřená hodnota, tím je vyšší paropropustnost materiálu.

Druhý způsob vyjádření paropropustnosti je hodnota R_{et} v $\text{Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$. Zde platí, že čím je menší naměřená hodnota (menší odpor), tím je vyšší paropropustnost materiálu.

PERMETEST je přístroj malých rozměrů založený na přímém měření tepelného toku q , který prochází povrchem tepelného porézního modelu lidské pokožky. Povrch tohoto modelu je zavlhčován což simuluje funkci ochlazování pocením. Na povrch je přes separační folii položen měřený vzorek a jeho vnější strana je ofukována. [9, 20]



Obrázek č. 8: Schéma přístroje PERMETEST [20]

1.6.2 Prodyšnost

Pokud je materiál prodyšný, dochází k prostupu vzduchu skrz oděvní systém z vnějšího prostředí až k povrchu pokožky nositele. Tím pádem dochází i k odvádění tepla vznikajícího při zvýšené fyzické zátěži.

Na rozdíl od paropropustnosti není nutné, aby všechny části oděvu byly prodyšné. Prodyšnost je žádoucí u spodní vrstvy oblečení a sportovních oděvů

především v letním období (spodní prádlo, trika, svetry/mikiny) naopak u vrchních částí jako jsou bundy nebo kalhoty žádoucí není. V zimním období by mohlo dojít při silném a studeném větru k přestupu studeného vzduchu k nositeli, což by mohlo ohrozit jeho zdravotní stav.

Pokud se hodnota prodyšnosti pohybuje do 10 l/m²/s může být materiál označen za větruodolný. [9]

1.6.2.1 Měření prodyšnosti

Jak již bylo řečeno, prodyšnost je velmi žádoucí jev u sportovních oděvů typu trik, dresů apod., naopak u zimního oblečení jako jsou bundy nebo kalhoty žádoucí není. Každopádně je to ale velmi důležitá vlastnost textilií.

Hodnoty prodyšnosti se testují na přístroji FX 300, firmy TEXTTEST AG. Princip měření je založen na tvorbě tlakového rozdílu mezi oběma povrchy testované textilie a měření průtoku vzduchu. Velikost testované plochy se pohybuje mezi 5-20 cm². Měřený oděv může být vložen do přístroje v celku a není tak nutné vytvářet vzorek o specifických rozměrech. Tlak, který je při měření použit je 100 Pa pro oděvní textilie a 200 Pa pro technické textilie. [20]

1.6.3 Hydrostatická odolnost

Hydrostatická odolnost je odolnost vůči proniknutí vody skrz materiál. Na textilních výrobcích je uváděna jako výška vodního sloupce, která popisuje schopnost materiálu odolávat hydrostatickému tlaku. Hodnota vodního sloupce se udává v mm a čím je vyšší, tím je odolnost materiálu proti proniknutí vody větší.

Za nepromokavé lze označit ty oděvy, které jsou vyrobeny z materiálu s hodnotou vodního sloupce od 1300 a více mm. Tato hodnota spolehlivě zadržuje dopadající dešťové kapky. Pokud je však oděv používán v extrémních podmínkách, je nutno k tomuto faktu přihlédnout a volit oděvy s vyšší hodnotou vodního sloupce. [9]

1.6.3.1 Měření hydrostatické odolnosti

Zjednodušená verze měření hydrostatické odolnosti se provádí tak, že se na měřený materiál přiloží skleněný válec o průměru 10 cm a naplní se vodou. Voda ve válci

působí na materiál a když dojde k průniku prvních tří kapek je zaznamenána hodnota hydrostatické odolnosti.

Ve specializovaných laboratořích se tato hodnota měří na speciálních přístrojích a je poté převáděna na hodnoty výšky vodního sloupce, čili milimetry nebo metry pro lepší orientaci. Pomocí těchto přístrojů se zjišťuje tlak vody, při němž dojde k proniknutí vody testovanou textilií na třech místech nebo dojde k protržení textilie. Tlak se zaznamenává v cm vodního sloupce, přičemž 1 cm odpovídá 1 mbaru. [6,9]

1.6.4 Tepelný odpor

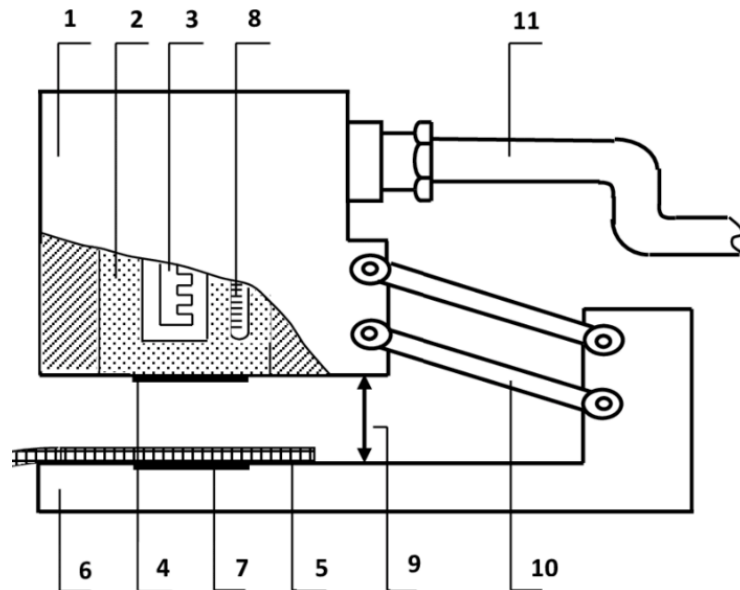
Odpor je dán poměrem tloušťky a měrné tepelné vodivosti materiálu (viz rovnice č.1) a udává, jaký klade materiál odpor vůči průchodu tepla skrz textilií. Součinitel měrné tepelné vodivosti udává množství tepla, které proteče jednotkou délky za jednotku času a dojde ke vzniku rozdílu teplot o 1 K. Nízká tepelná vodivost a naopak vysoký tepelný odpor zaručují dobrou tepelnou izolaci. V rovnici č. 1 je znázorněn výpočet tepelného odporu r , kde h je tloušťka materiálu a λ je součinitel měrné tepelné vodivosti. [27]

$$r = h / \lambda \quad (1)$$

1.6.4.1 Měření tepelného odporu a tloušťky

Tepelný odpor je měřen na tzv. přístroji ALAMBETA (viz obrázek č. 9). Hodnota, která je naměřena strojem ALAMBETA musí být dále vydělena 1000.

Měření spočívá v průchodu dvou tepelných toků povrchy vzorku od neustáleného k ustálenému stavu. Přístroj je řízen počítačem a je tak schopen vypočítat všechny statistické parametry. Dále obsahuje autodiagnostický program, který zabrání chybným operacím. Pro měření není nutné vytvářet specifické vzorky a je tak možné použít textilií v celé ploše. Minimální velikost vzorku však musí být 10-10 mm. Dále je přístroj schopen změřit i tloušťku materiálu. [27]



Obrázek č. 9: Schéma přístroje ALAMBETA, kde je (1) tepelně izolační kryt, (2) kovový blok, (3) topné těleso, (4) snímač tepelného toku, (5) vzorek textilie, (6) základna přístroje, (7) snímač tepelného toku, (8) teploměr, (10) paralelní vedení [20]

1.6.5 Sledování vlastností povrchu

Povrchové vlastnosti plošných textilií ovlivňují jak jejich funkčnost, tak i estetiku - reprezentativní vlastnosti. Používáním oděvu se však vlastnosti povrchu v čase mění a zpravidla dochází k jejich zhoršení, což může snižovat užitnou hodnotu oděvního výrobku. Tyto vlastnosti se měří na přístroji Martindale. [6]

1.6.5.1 Oděr

Narušení povrchu textilie, které vede až k jejímu rozpadu, je nazýváno oděrem. Během zkoušky dochází k působení brusného papíru nebo jiné textilie na textilní materiál, který je upevněn na rotující hlavici. Vlivem odírání materiálu dochází k porušení, ulamování a odpadávání jednotlivých vláken, k prodírání vazných bodů a mechanické degradaci textilie. [6]

1.6.5.2 Žmolkovitost

Pokud dochází k odírání povrchu textilie stejnou nebo jinou textilií, některá vlákna se začínou ze struktury uvolňovat a migrovat k jejímu povrchu. Z těchto vláken se začínou tvořit žmolky v podobě kuliček a později se mohou od povrchu uvolnit i odpadnout. Hlavní příčina žmolkovitosti spočívá ve vlastnostech vlákna. [6]

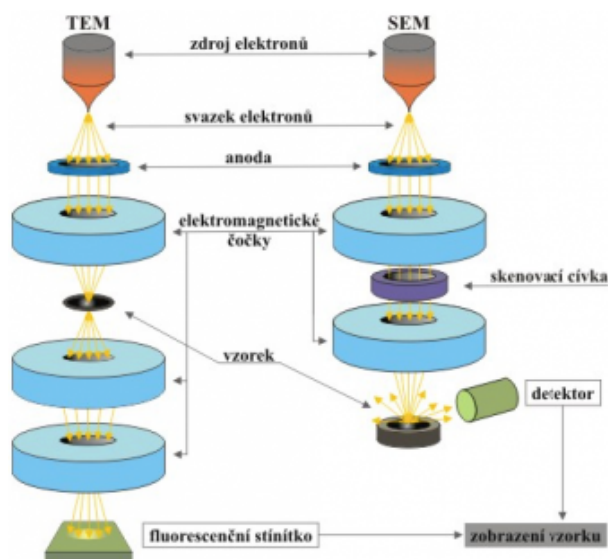
Zkouška probíhá na přístroji Martindale a dochází k odírání povrchu materiálu tím samým materiálem v krouživých pohybech. Dle normy je stanoven průběžný i celkový počet otáček a povrchová struktura materiálu je porovnávána s daným etalonem.

1.6.6 Testování morfologie materiálu - SEM

Elektronové mikroskopy jsou obecně přístroje, které, oproti běžným mikroskopům využívajícím světelného svazku, používají elektrony urychlené elektrickým polem a namísto klasických skleněných čoček čočky elektromagnetické. Pozorovaný vzorek společně se svazkem elektronů musí být umístěn ve vakuu, aby nedocházelo k interakcím elektronů a atmosféry. Mezní rozlišovací schopnost je jedna z hlavních charakteristik mikroskopů. Elektronové mikroskopy používají kratší vlnovou délku (0,01 - 0,001 nm) než má viditelné světlo a díky tomu je možné dosáhnout vyššího zvětšení (lze pozorovat mikrostrukturu, krystalografii a další).

Elektronové mikroskopy se dělí na TEM - transmisní elektronové mikroskopy a SEM - skenovací elektronové mikroskopy.

První SEM byl zkonstruován v roce 1942 a komerčně dostupným se stal v roce 1965. SEM jsou používány hlavně pro zobrazení a analýzu povrchů vzorků. Rozměry vzorků pro SEM analýzu jsou omezeny pouze velikostí vakuové komory daného přístroje, do které se vzorek vkládá. [28]



Obrázek č. 10: Schématické znázornění principu transmisního (TEM) a skenovacího (SEM) elektronového mikroskopu [28]

1.6.7 Porozita

Porozita porézního média je definována jako procento objemu porézního materiálu, který není obsazen vlákny. Důležitá je velikost pórů a jejich distribuce. Tato charakteristika je důležitá hlavně z hlediska transportních vlastností textilních materiálů. S porozitou se váže i prodyšnost a filtrační vlastnosti. [29]

1.6.7.1 Měření porozity

Měření porozity je možné provést více způsoby. Nepřímo, kdy je využíváno prosévání částic skrz textilii či povrchového napětí kapaliny, kterou je materiál smáčen (bubble point test). Dále je možné porozitu měřit přímo pomocí obrazové analýzy. [29]

1.6.8 Mechanické vlastnosti plošných textilií

Jedná se o silové namáhání plošných textilií v tahu ve směru jejich plochy. U oděvů jsou však tyto vlastnosti řazeny spíše na poslední místo, díky tomu, že u oděvů se tak silné namáhání v tahu v podstatě nevyskytuje. [6]

1.6.8.1 Měření pevnosti

Dochází k silovému působení na zkoušený vzorek až do jeho přetrhu, po testování se zaznamená síla nutná k přetrhu v newtonech. V tomto případě musí být namáhány nitě

jedné soustavy, to znamená nitě v jednom směru. U pletenin ve směru sloupku a řádku, u tkanin ve směru osnovy a útku. Pleteniny pak mají vyšší deformace ve vazných bodech. [6]

1.6.8.2 Měření tažnosti

Tažnost se definuje jako poměr mezi maximálním prodloužením zkušebního vzorku do přetrhu a jeho výchozí délkou. Dochází ke statickému zatěžování zkoušeného vzorku silou do okamžiku přetrhu. Je zaznamenána maximální vzdálenost čelistí neboli prodloužení vzorku. [6]

POUŽITÉ PROGRAMY A PŘÍSTROJE

Měření tepelného odporu a tloušťky materiálu	Alambeta, Sensora
Měření permeability	Air permeability tester III, TEXTTEST AG
Měření paropropustnosti	Permetest
Měření hydrostatické odolnosti	Firma Řezáč
Měření žmolkovitosti a oděru	Martindale M235, SDL Atlas
Měření pevnosti a tažnosti	Trhací stroj, Testometric M350-5C4
Váha	Radwag AS 220/C 2, Radwagwagi Elektroniczke
Pračka	Miele PROFESSIONAL, W6071
Zlatička	Quorum, Q150R
Rastrovací elektronový mikroskop	TESCAN VEGA TS 5130

Software pro měření průměru vláken a porozity	NIS Elements AR
Software pro vyhodnocování pevnosti a tažnosti	winTest Analysis 3.5.3
Číslicový tlakoměr	Greisinger, GMH 3100 Series
Laminační linka	Lacom

2. EXPERIMENTÁLNÍ ČÁST

V experimentální části jsou popsány použité materiály, je zde uveden postup výroby laminátů, postup měření vlastností materiálů a také výsledky měření s komentářem.

2.1 Specifikace materiálů

Pletenina

- materiál: 100% PES
- vazba: zátažná jednolícni s fleecem
- hustota řádků a sloupků: 10 ř/cm, 11 sl/cm
- plošná hmotnost: 12 g/m²
- barva: černá

Membrány

- | | |
|--------------------------|--|
| Hydrofobní nanovláknenná | - materiál: PUR |
| | - plošná hmotnost: 7 g/m ² |
| Mikroporézní | - materiál: 100% PTFE |
| | - plošná hmotnost: 20 g/m ² |
| Hydrofilní porézní | - materiál: 100% PUR |
| | - plošná hmotnost: 20 g/m ² |
| Hydrofilní | - materiál: 100% PUR |
| | - plošná hmotnost: 13 g/m ² |

Adhezivum

- materiál: PUR
- forma: hot-melt
- název: iowat 6330

2.2 Statistické vyhodnocení

Statistické vyhodnocení bylo zprostředkováno výpočtem aritmetického průměru (rovnice 2), rozptylu (rovnice 4), směrodatné odchylky (rovnice 3) a variačního koeficientu (rovnice 5), dle následujících vzorců. [30]

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

$$s = \sqrt{\frac{1}{N-1} \left(\sum_{i=1}^N x_i^2 - N_x^{-2} \right)} \quad (3)$$

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (4)$$

$$v_x = \frac{S_x}{\bar{x}} \quad (5)$$

Hodnocení, zda se daná měřená vlastnost významně změnila po procesu praní, bylo zprostředkováno jednovýběrovým t-testem (rovnice 6), pomocí rozdílů hodnot před a po praní. Byla stanovena hypotéza, že se vlastnost signifikantně nezměnila a pokud byl výsledek P hodnoty t-testu nižší než 0,05, pak byla tato hypotéza zamítnuta. [30]

$$P \left[\frac{|\bar{X} - \mu_0|}{S} \sqrt{n} \geq t_{n-1}(\alpha) \right] = \alpha. \quad (6)$$

2.3 Postup výroby laminátů a měření vlastností

Prvním krokem vývoje laminátů bylo stanovení vhodných hydrofilních a hydrofobních membrán. Od každého typu byly vybrány dvě membrány. Hydrofilním zástupcem byla 100% PUR hydrofilní membrána a 100% PUR hydrofilní porézní membrána. Použité hydrofobní membrány byly PUR nanovláknenná membrána a 100% PTFE mikroporézní membrána. Všechny tyto membrány se v oděvním průmyslu běžně využívají pro vylepšení komfortních a funkčních vlastností oděvů.

Druhým krokem vývoje laminátů bylo měření vlastností jednotlivých materiálů, tedy fleecu a membrán. Poté byly materiály laminovány a to tak, že vrchním a podšívkovým materiálem byl fleece. Byly tedy vytvořeny čtyři různé lamináty, které se lišily použitou membránou. Dále byly měřeny vlastnosti vytvořených laminátů.

U fleecu byly testovány povrchové vlastnosti, což je oděr a žmolkovitost dále byly měřeny tyto vlastnosti: tepelný odpor, prodyšnost, paropropustnost, tloušťka, plošná hmotnost, tažnost a pevnost. Hydrostatická odolnost nebyla kvůli struktuře fleecu měřena.

Dále byly pořízeny SEM snímky všech použitých membrán, aby bylo možné sledovat jejich strukturu. U mikroporézní a hydrofilní porézní membrány byla měřena porozita a u nanovláknenné membrány byla měřena porozita i průměry vláken. U všech membrán byla měřena prodyšnost a paropropustnost. Zbylé vlastnosti nebyly u membrán z technických důvodů měřeny.

V případě laminátů byly měřeny tepelný odpor, prodyšnost, paropropustnost, hydrostatická odolnost a po naměření těchto vlastností byly lamináty vyprány a vlastnosti byly měřeny znovu pro zjištění odolnosti laminátů vůči praní. Tloušťka, plošná hmotnost, tažnost a pevnost byly měřeny pouze před praním, protože proces praní by na tyto vlastnosti neměl mít vliv.

2.4 Testované vlastnosti fleecu

2.4.1 Měření žmolkovitosti

Žmolkovitost byla měřena pouze u vzorku fleecu. Měření probíhalo dle normy ČSN EN ISO 12945-2 (80 0837). [31]

Teplota v laboratoři byla 23 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 46 %. Na přístroji Martindale byl zvolen program určený pro pleteniny, otáčky byly nastaveny na 47,5 otáček za minutu a celkový počet otáček 5000. Vzorek byl při 125, 500, 1000, 2000 a nakonec 5000 otáčkách vyjmut z přístroje a srovnán s etalonem žmolkovitosti. Vzorek byl srovnáván s etalonem č. W2. Vzorek byl po 5000 otáčkách zdokumentován společně s etalonem a obrázky jsou součástí přílohy.

Tabulka č.1: Hodnocení žmolkovitosti pleteniny

POČET OTÁČEK	HODNOTA ETALONU W2
125	W2 - 4-5
500	W2 - 4-5
1000	W2 - 3-4
2000	W2 - 3-4
5000	W2 - 3-4

Žmolkovitost byla vyhodnocována subjektivně a pro hodnocení žmolkovitosti fleecu byl použit etalon označení W2. Tento etalon má 4 možné fáze žmolkovitosti a byl vždy porovnáván se stavem zkoušené textilie po daném počtu otáček. Po 125 a 500 otáčkách odpovídala míra žmolkovitosti nízkým hodnotám etalonu 4-5. Po 1000 otáčkách byl materiál hodnocen jako 3-4, tedy vyšší míra žmolkovitosti. Při ukončení zkoušky, čili po 5000 otáčkách, se povrchová struktura materiálu již více nezměnila a žmolkovitost byla celkově vyhodnocena dle etanolu na hodnotu 3-4.

2.4.2 Měření oděru

Oděr byl měřen pouze u vzorku fleecu. Měření probíhalo dle normy ČSN EN ISO 12947 (ČSN 80 0846). [32]

Teplota v laboratoři byla 26 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 44 %. Z fleecu byly vytvořeny čtyři vzorky, které byly nejprve zváženy a upnuty do přístroje Martindale. Hmotnosti jednotlivých vzorků jsou zaznamenány v tabulce č. 2. Dle normy bylo zvoleno předpětí 9 kPa a jako odírací materiál sloužila normovaná tkanina. Poté byl přístroj zapnut a protože nebyla známa hodnota otáček pro zkoušený materiál, byl přístroj nastaven na 5 000 otáček. Po 5 000 otáčkách byly zkoušené vzorky kontrolovány. Po ukončení zkoušky byly vzorky znovu zváženy. Poté byl vypočten hmotnostní úbytek odíraných vzorků. Výsledky hmotnostního úbytku jsou uvedeny v tabulce č. 2.

Tabulka č.2: Stanovení hmotnostního úbytku při oděru pleteniny

VZOREK	HMOTNOST PŘED ODĚREM [g]	HMOTNOST PO ODĚRU [g]	HMOTNOSTNÍ ÚBYTEK [g]
č. 1	0,166	0,146	0,02
č. 2	0,164	0,145	0,019
č. 3	0,168	0,143	0,025
č. 4	0,154	0,134	0,02

Všechny čtyři vzorky byly celkově podrobeny 50 000 otáčkám. Ani po tomto počtu otáček nedošlo k porušení základní vazby pleteniny. Po prvních 5 000 otáčkách začal povrch materiálu žmolkovatět. Po 10 000 otáčkách došlo k prvnímu porušení povrchového vlasu a toto porušení se se zvyšujícími otáčkami navyšovalo. Hmotnostní úbytek byl u všech čtyř vzorků podobný.

2.4.3 Pevnost a tažnost

Měření pevnosti a tažnosti probíhalo dle normy ČSN EN ISO 13934-1. [33]

Teplota v laboratoři byla 25 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 45%. Nejprve byl testován samotný fleece. Byly vytvořeny tři vzorky ve směru řádků i sloupků o velikosti 50 · 200 mm. Upínací délka vzorku byla 100 mm. Použité předpětí bylo 0,5 N. Poté byly vzorky postupně upnuty do čelistí trhacího stroje a došlo k samotnému měření. Vzorek byl podroben zkoušce rychlostí 100 mm/min. Pomocí softwaru winTest Analysis 3.5.3 byla získána data měření a vytvořena statistika. Výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 3.

Tabulka č. 3: Měření pevnosti a tažnosti pleteniny dle normy ČSN EN ISO 13934-1

MĚŘENÍ	SMĚR SLOUPKŮ			SMĚR ŘÁDKŮ		
	F [N]	Δl [mm]	ϵ [%]	F [N]	Δl [mm]	ϵ [%]
1.	264	56	56	166	301	301
2.	290	59	59	93	200	200
3.	309	54	54	156	297	297
\bar{x}	287,67	56,33	56,33	138,33	266	266
S^2	340,22	4,22	4,22	1044,22	2180,67	2180,67
$S \pm$	18,45	2,05	2,05	32,31	46,70	46,70
v	0,06	0,04	0,04	0,23	0,18	0,18

Během měření pevnosti a tažnosti fleecových vzorků však došlo k roztržení všech vzorků přímo u upínacích čelistí a proto byla použita již neplatná norma ČSN 80 0810 [34], která tento problém vyřešila. Došlo k roztržení vzorků zhruba uprostřed. Ostatní parametry zůstaly stejné, upínací délka byla 100 mm, použité předpětí 0,5 N a rychlost zkoušky 100 mm/min. Data z tohoto měření byla taktéž získána pomocí softwaru winTest Analysis 3.5.3 a z dat byla vytvořena statistika a zaznamenány grafy. Číselné výsledky jsou uvedeny v tabulce č. 4 a grafy s průběhy tahových křivek jsou součástí přílohy.

Tabulka č. 4: Měření pevnosti a tažnosti pleteniny dle normy ČSN 80 0810

MĚŘENÍ	SMĚR SLOUPKŮ			SMĚR ŘÁDKŮ		
	F [N]	Δl [mm]	ϵ [%]	F [N]	Δl [mm]	ϵ [%]
1.	336	74	74	181	216	216
2.	378	69	69	174	204	204
3.	381	72	72	176	215	215
\bar{x}	365	71,67	71,67	177	211,67	211,67
S²	422	4,22	4,22	8,67	29,56	29,56
S \pm	20,54	2,05	2,05	2,94	5,44	5,44
v	0,06	0,03	0,03	0,02	0,03	0,03

Pokud jsou porovnávány výsledky z tabulky č. 3 a 4 lze konstatovat, že dosažená pevnost ve směru sloupků i řádků je v případě použití normy ČSN 80 0810 vyšší. Pevnost je vždy vyšší ve směru sloupků a naopak nižší ve směru řádků. Tažnost je vždy vyšší ve směru řádků a nižší ve směru sloupků. Toto vychází se struktury fleecu - zátažné jednovláknové pleteniny a i v případě laminátů by měly být výsledky shodné.

2.4.4 Měření ostatních vlastností

U fleecu byla navíc měřena prodyšnost, paropropustnost, tepelný odpor, plošná hmotnost a tloušťka, aby bylo možné sledovat, jak se tyto vlastnosti změní po procesu laminace.

Při všech těchto měřeních byly v laboratoři stejné podmínky, teplota 23 °C a 46 % vlhkost. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 5.

Tabulka č. 5: Měření ostatních vlastností pleteniny

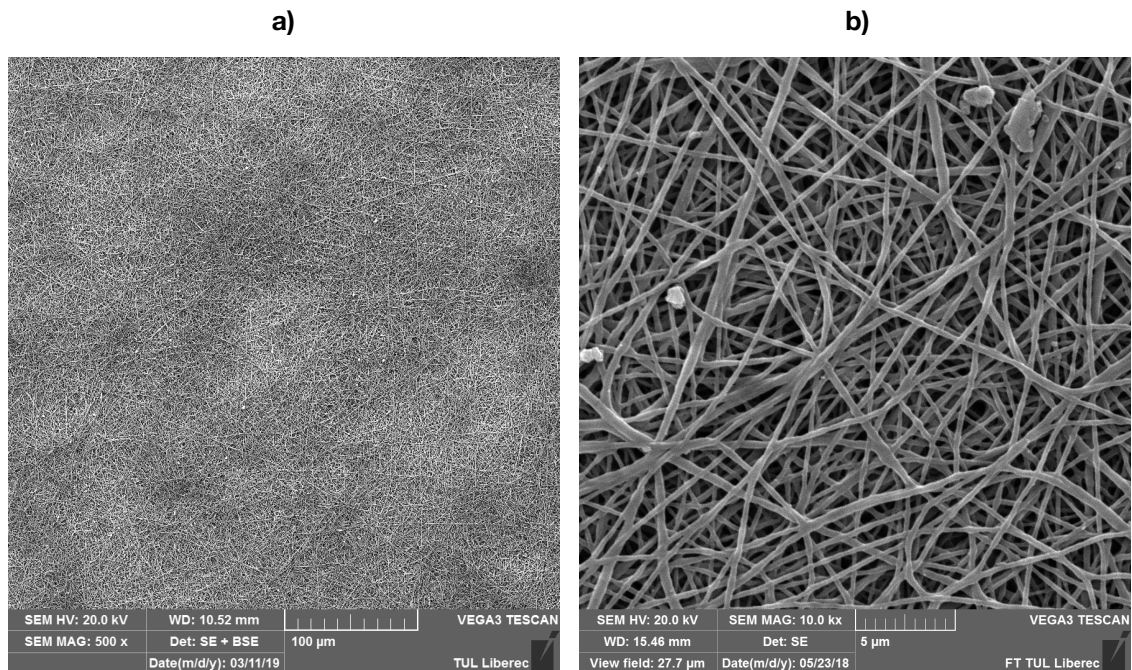
MĚŘENÍ	PRODYŠNOST [l/m ² /s]	PLOŠNÁ HMOTNOST [g·m ²]	TLOUŠŤKA [mm]	TEPELNÝ ODPOR [W ⁻¹ ·K·m ²]	PAROPROPUST- NOST [Pa·m ² ·W ⁻¹]
1.	2200	113,32	1,6	0,04	3,1
2.	2240	114,65	1,5	0,04	3,1
3.	2290	116,64	1,5	0,04	3,7
4.	2290	114,80	1,5	0,04	X
5.	2350	114,52	1,6	0,04	X
\bar{x}	2274	114,79	1,6	0,04	3,3
S ²	3230	1,14	1,6·10 ⁻³	4,57·10 ⁻⁷	0,12
S ±	56,83	1,10	0,04	6,7·10 ⁻⁴	0,35
v	0,03	0,01	0,03	0,02	0,1

Dle výsledků je patrné, že fleece vykazuje vysoké hodnoty prodyšnosti, to je dáno hlavně strukturou a nižším zaplněním pleteniny. Tepelný odpor fleecu dosahuje hodnot 0,04 W⁻¹·K·m². Obecně je fleece typický dobrým tepelným komfortem, což je dáno vlasovou strukturou pleteniny. Z hlediska plošné hmotnosti je to materiál relativně lehký a tloušťka materiálu je ovlivněna výškou vlasu na jeho povrchu. Hodnoty paropropustnosti jsou nízké, tudíž je materiál schopen velmi dobře odvádět vlhkost od těla. I touto vlastností je fleece typický, hlavně díky jeho materiálovému složení. (Podrobnější informace o vlastnostech fleecu jsou popsány v kapitole *Fleece*.)

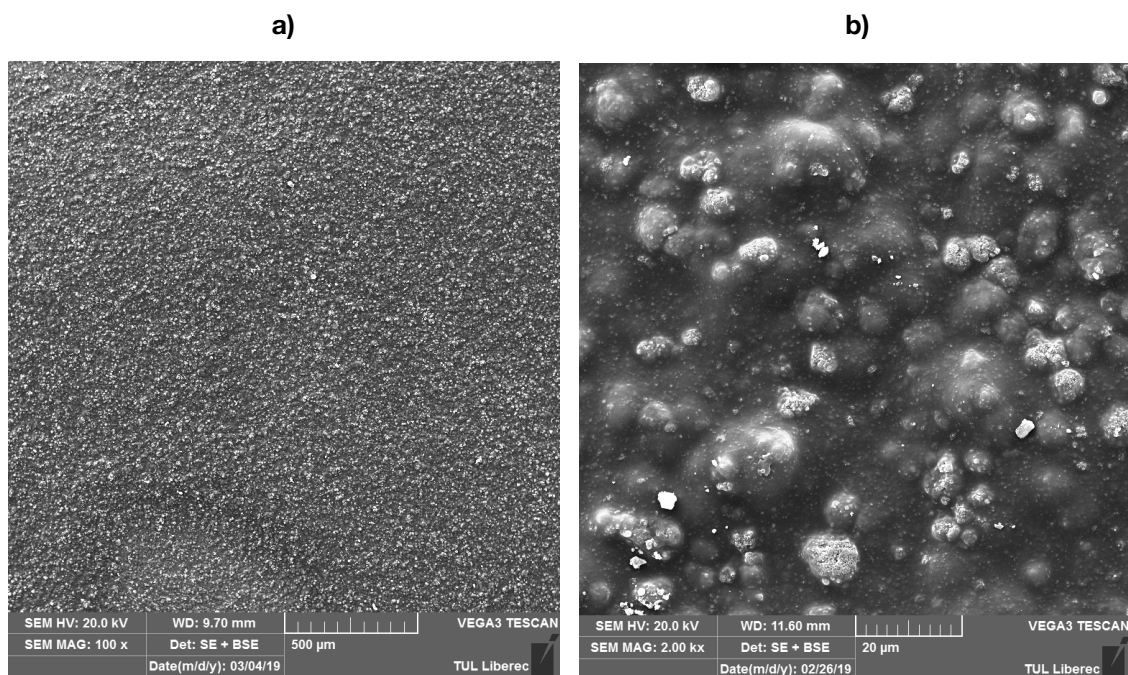
2.5 Testované vlastnosti membrán

2.5.1 Snímky membrán

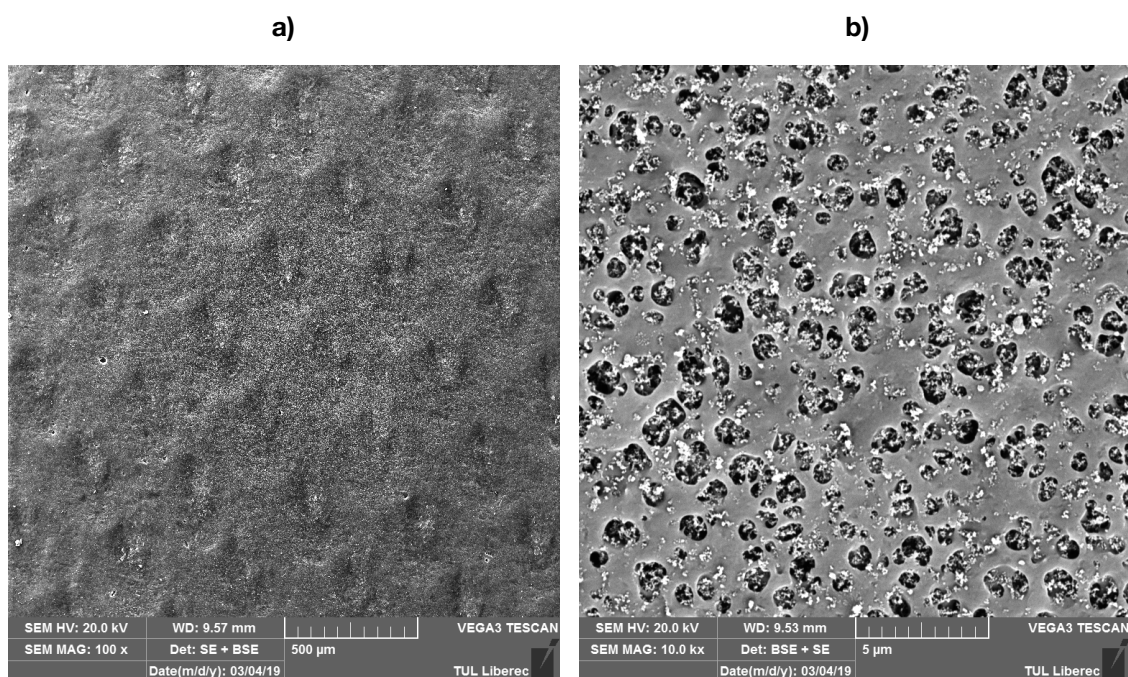
Z jednotlivých vzorků membrán byly odebrány malé vzorky o velikostech přibližně 0,5 · 0,5 cm, které byly pozlacené ve zlatičce Quorum. Dále byly pořízeny snímky na skenovacím elektronovém mikroskopu (SEM) VEGA3 SB. Snímky jsou na obrázcích č. 11 až č. 14.



Obrázek č. 11: Snímky hydrofobní nanovlákněné membrány, a) zvětšení 500 x,
b) zvětšení 10 000 x

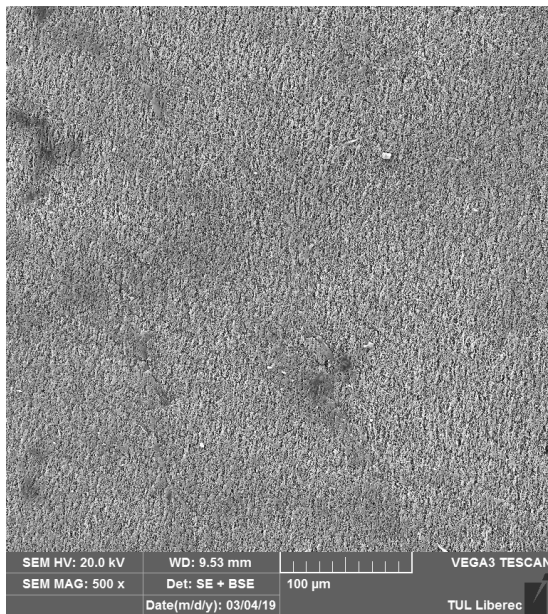


Obrázek č. 12: Snímky hydrofilní membrány, a) zvětšení 100 x, b) zvětšení 2000 x

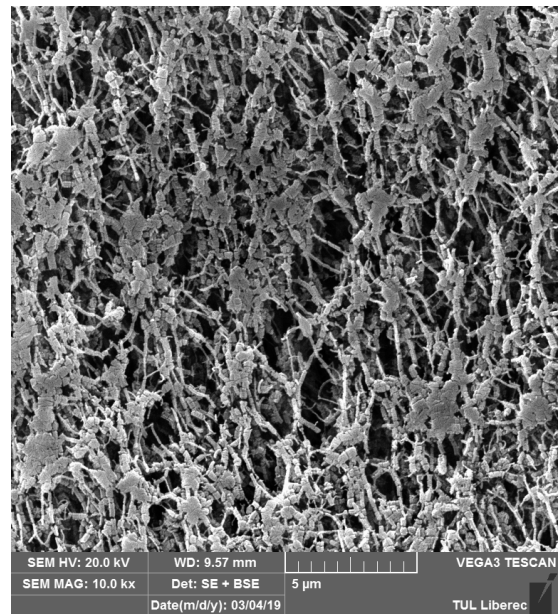


Obrázek č. 13: Snímky hydrofilní porézní membrány, a) zvětšení 100 x,
b) zvětšení 10 000 x

a)



b)



Obrázek č. 14: Snímky mikroporézní membrány, a) zvětšení 500 x, b) zvětšení 10 000 x

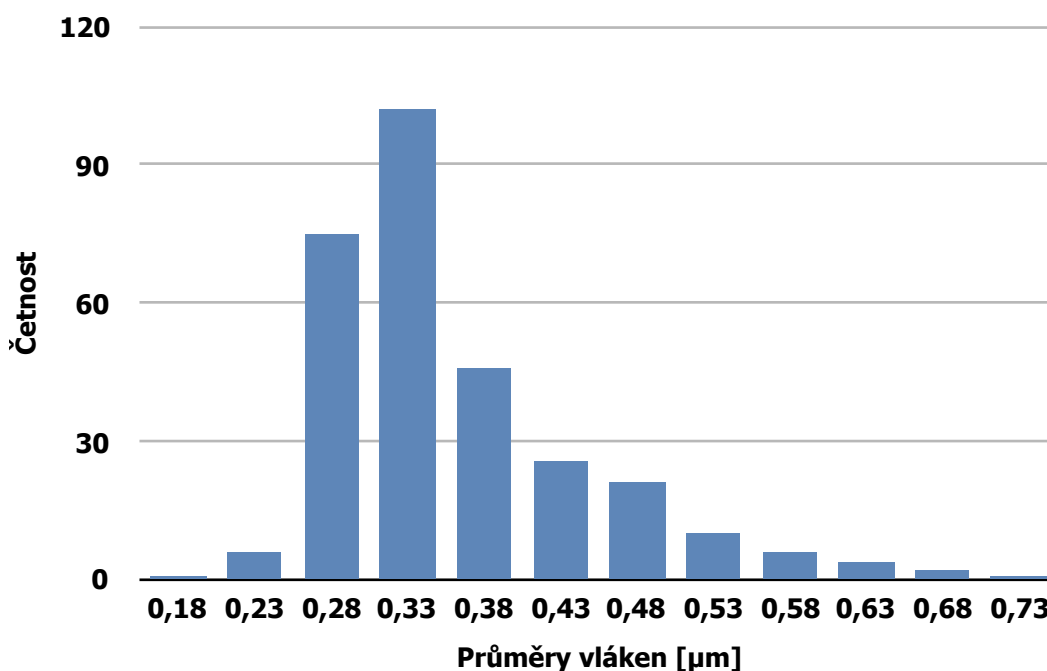
Na snímcích ze skenovacího elektronového mikroskopu lze dobře pozorovat jednotlivé rozdíly mezi strukturou membrán. Snímky jsou uvedeny ve dvojnásobném zvětšení pro možnost jejich porovnání. Již podle snímků je zřejmé, že každá membrána má odlišnou strukturu a tak i vlastnosti.

2.5.2 Měření průměrů vláken

Ze tří získaných snímků nanovláčkové membrány při zvětšení 5000 x bylo provedeno měření průměrů vláken pomocí obrazové analýzy v programu NIS Elements. Nejprve byl obraz nakalibrován dle měřítka a poté proběhlo ruční měření průměrů vláken. Statistické veličiny byly určeny ze 300 měření (100 měření z každého snímku) a jsou zaznamenány v tabulce č. 6, dále byl vytvořen histogram četností průměrů vláken (viz graf č. 1).

Tabulka č. 6: Statistické vyhodnocení průměrů vláken nanovláčkové membrány

PRŮMĚRY VLÁKEN	HODNOTA
POČET MĚŘENÍ	300
PRŮMĚR [μm]	0,33
MINIMUM [μm]	0,18
MAXIMUM [μm]	0,7
S \pm	0,09

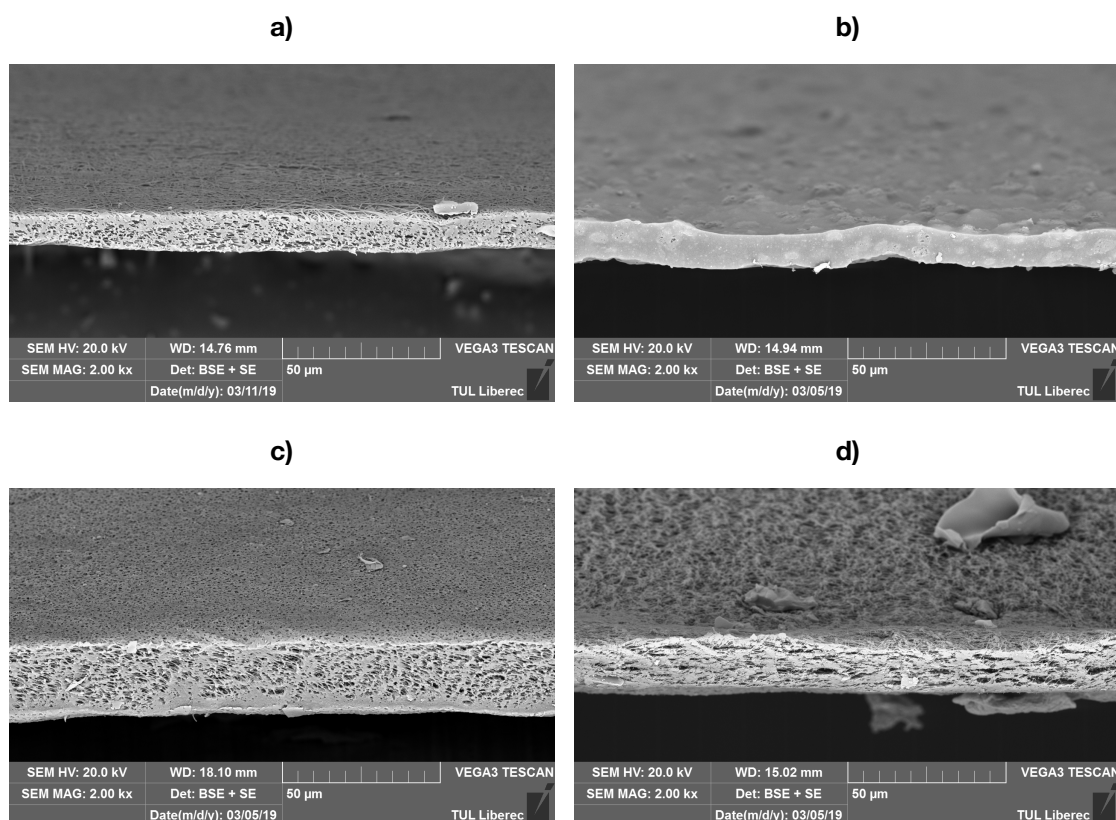


Graf č.1: Histogram průměrů vláken nanovláčkové membrány

Dle tabulky č. 6 byla průměrná hodnota průměrů vláken nanovlákněné membrány 0,33 μm což je 330 nm. Nejnižší hodnota se pohybovala okolo 180 nm a nejvyšší okolo 700 nm. Naměřené průměry vláken lze pozorovat v grafu č. 1 neboli histogramu, kde jsou hodnoty rozděleny do tříd dle jejich četnosti.

2.5.3 Měření tloušťky

Obdobně jako při měření průměrů vláken byly, ke stanovení tloušťky jednotlivých membrán, zapotřebí snímky z elektronového skenovacího mikroskopu. V tomto případě byly pořízeny snímky řezů membrán při zvětšení 2 000 x. Poté bylo provedeno měření tloušťky pomocí programu NIS Elements. Pro každou membránu byly statistické veličiny určeny ze 100 měření z jednoho snímku. Snímky řezů jsou na obrázku č. 15 a výsledky měření jsou zaznamenány v tabulce č. 7.



Obrázek č. 15: Snímky řezů membrán, všechny při zvětšení 2 000 x, a) hydrofobní nanovlákněná membrána, b) hydrofilní membrána, c) hydrofilní porézní membrána, d) mikroporézní membrána

Tabulka č. 7: Statistické vyhodnocení tloušťek membrán

TLOUŠŤKA MEMBRÁNY	hydrofobní nanovláknenná membrána	hydrofilní membrána	hydrofilní porézní membrána	mikroporézní membrána
POČET MĚŘENÍ	100	100	100	100
PRŮMĚR [μm]	10,61	11,34	22,66	14,46
MINIMUM [μm]	7,66	9,68	20,55	11,79
MAXIMUM [μm]	13,02	15,11	24,83	17,49
S ±	1,26	1,25	0,86	1,31

Dle snímků a výsledků v tabulce č. 7 je patrné, že největší tloušťky dosahovala hydrofilní porézní membrána. Ostatní membrány byly hodnotami tloušťky podobné. Nejtenčí byla, dle očekávání, hydrofobní nanovláknenná membrána.

2.5.4 Měření porozity

Porozita byla určována u nanovláknenné, mikroporézní a hydrofilní porézní membrány ze tří snímků z elektronového skenovacího mikroskopu pro každý materiál. Při vyhodnocování porozity byl opět použit program NIS Elements. Prvním krokem byla kalibrace snímku dle měřítka, následována binarizací obrazu a poté bylo možné měřit zadané parametry. Byla měřena porozita materiálů v % a ekvivalentní průměr pórů. Statistické vyhodnocení bylo provedeno přímo v programu NIS Elements.

Tabulka č. 8: Statistické vyhodnocení porozity membrán

MEŘENÍ	nanovláknenná membrána		mikroporézní membrána		hydrofilní porézní membrána	
	EKV. PRŮMĚR PÓRU [μm]	POROZITA [%]	EKV. PRŮMĚR PÓRU [μm]	POROZITA [%]	EKV. PRŮMĚR PÓRU [μm]	POROZITA [%]
PRŮMĚR	0,23	16,7	0,17	21,6	0,2	16,1
MINIMUM	0,03	15,9	0,03	19	0,03	13,9
MAXIMUM	1,29	17,2	2,02	25,3	1,41	19,3
S ±	0,18	0,6	0,19	2,7	0,2	0,023

Dle tabulky č. 8 lze říci, že porozita i ekvivalentní průměry pórů jsou u těchto tří membrán podobné. Porozita je nejvyšší u mikroporézní membrány a ekvivalentní průměr pórů má nejvyšší hodnotu u nanovláknenné membrány. Hodnoty průměrů pórů se shodují s hodnotami uvedenými v teoretické části (v kapitole *Textilní membrány*). Měření porozity tímto způsobem je však pouze orientační, protože binarizace snímků v programu NIS Elements je velmi subjektivní.

2.5.5 Měření paropropustnosti

Měření probíhalo dle normy IN 23-304-01/01. [36]

Teplota v laboratoři byla 25 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 43 %. Tento způsob testování je tzv. nedestruktivní, proto mohl být pro měření použit celý vzorek membrány. Nejprve byl přístroj PERMETEST nakalibrován a poté proběhlo měření.

Membrána byla vložena do speciální komory a byl zapnut program pro měření paropropustnosti. Takto bylo měření opakováno třikrát na různých místech membrány. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulky č. 9.

Tabulka č. 9: Měření paropropustnosti membrán

MĚŘENÍ [Pa·m²·W⁻¹]	hydrofobní nanovláknenná membrána	hydrofilní membrána	hydrofilní porézní membrána	mikroporézní membrána
1.	0,9	6,8	1	1,3
2.	1,1	6,3	0,8	1,6
3.	0,9	6,3	0,8	1,8
\bar{x}	0,97	6,47	0,87	1,57
S²	0,01	0,08	0,01	0,06
S ±	0,12	0,29	0,12	0,25
v	0,12	0,04	0,13	0,16

Paropropustnost je, v tomto případě, vyjadřována odporem, tudíž zde platí pravidlo, že čím je hodnota nižší, tím je lepší.

Pro tuto práci nejlepších hodnot paropropustnosti dosahovala hydrofilní porézní membrána, u které byly naměřeny nejnižší hodnoty. Následována byla hydrofobní nanovláknennou membránou a mikroporézní membránou. Paropropustnost těchto tří membrán byla hodnocena jako velmi dobrá. Tyto typy membrán obsahují póry, kterými snadno dochází k průchodu molekul tělesné vlhkosti (potu) směrem od těla (měřící sondy). U hydrofilní porézní membrány dochází navíc k prostupu tělesné vlhkosti dalším mechanismem. Díky hydrofilním vlastnostem, dojde k navázání molekul vody do struktury membrány a následné migraci molekul skrz membránu ven. Proto jsou hodnoty nejnižší a tudíž i nejlepší. Nejhorších naměřených výsledků paropropustnosti

dosahovala hydrofilní membrána, jejíž hodnoty paropropustnosti byly hodnocené jako dobré.

2.5.6 Měření prodyšnosti

Měření probíhalo dle normy ČSN EN ISO 9237 (ČSN 80 0817). [35]

Teplota v laboratoři byla 25 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 43 %. Tento způsob testování je tzv. nedestruktivní, proto mohl být pro měření použit celý vzorek membrány. Nejprve byly nastaveny parametry přístroje TEXTTEST; tlak 100 Pa a jednotky měření l/m²/s, tedy bylo zjišťováno kolik litrů vzduchu projde jedním metrem čtverečním textilie za sekundu.

Vzorek byl položen na specifické místo přístroje, sevřen horní čelistí a poté proběhlo měření. Takto bylo měření opakováno pětkrát na různých místech textilie. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulky č. 10.

Tabulka č. 10: Měření prodyšnosti membrán

MĚŘENÍ [l/m²/s]	hydrofobní nanovláknenná membrána	hydrofilní membrána	hydrofilní porézní membrána	mikroporézní membrána
1.	2,88	0	0,23	7,60
2.	3,14	0	0,23	7,10
3.	3,10	0	0,24	7,55
4.	2,94	0	0,23	7,28
5.	2,52	0	0,24	6,85
\bar{x}	2,92	0	0,23	7,28
S²	0,02	0	3,3·10 ⁻⁵	0,08
S ±	0,25	0	0,01	0,31
v	0,08	x	0,02	0,04

Dle tabulky č. 10 byla nejvyšší hodnota prodyšnosti naměřena u membrány mikroporézní následované membránou nanovláknennou. Tyto membrány obsahují póry, které umožní prostup vzduchu skrz membránu. Nejnižší, nulová hodnota prodyšnosti byla naměřena u hydrofilní membrány. Ani při zvýšení tlaku na 200 Pa nebylo možné

prodyšnost naměřit. Toto je dáno strukturou membrány. Jedná se v podstatě o fólii, která neobsahuje žádné póry a není tak možné, aby došlo k prostupu vzduchu membránou.

2.6 Výroba a testování laminátů

2.6.1 Laminace

Pro spojení jednotlivých vrstev a vznik laminátů byla použita technologie laminace. Bylo použito 100% polyuretanové adhezivum ve formě hot-meltu, které se používá pro laminaci softshellových materiálů, konkrétně adhezivum na fleecové materiály. Parametry laminace jsou zaznamenány v tabulce č. 11.

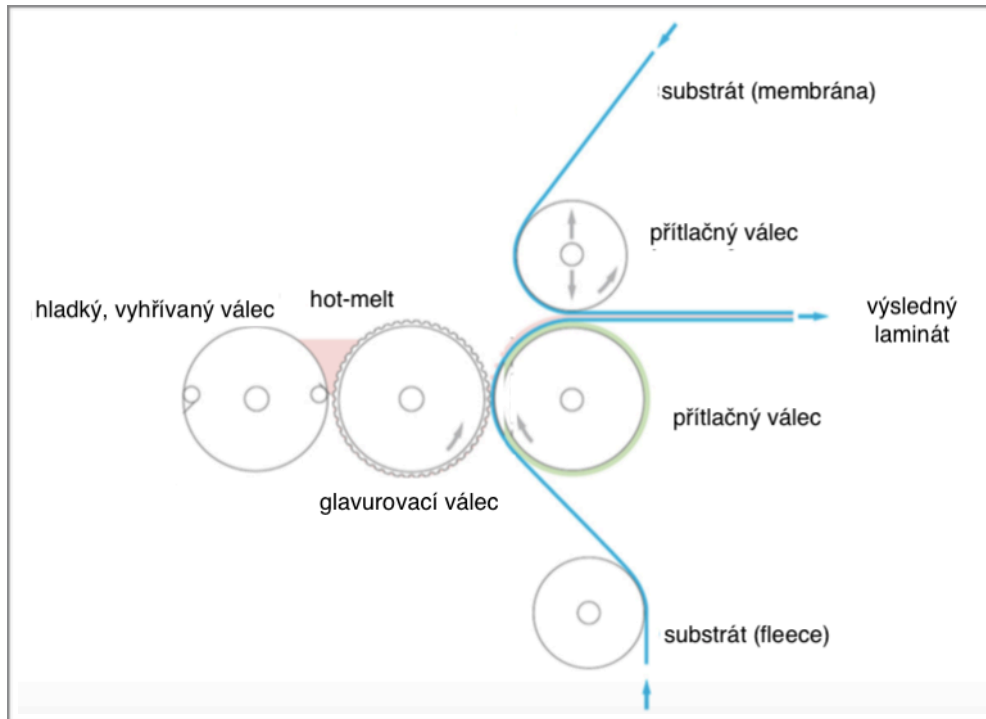
Tabulka č. 11: Parametry procesu laminace

PARAMETRY LAMINACE	
RYCHLOST PRŮCHODU MATERIÁLU	3 m/s
TLAK PŘÍTLAČNÝCH VÁLČŮ	6 bar
TEPLOTA NANÁŠECÍHO VÁLCE	105 °C
ZAKRYTÍ HOT-MELTEM	do 30 %
ADHEZIVUM	100% PUR ve formě hot-meltu

K natavení adheziva docházelo mezi dvěma válci. Oba tyto válce byly vyhřívané na uvedenou teplotu. První z nich byl hladký a druhý byl glavurovací s rastrovaným povrchem. Glavurovací válec se otáčel okolo své osy a nanášel tak natavené adhezivum na pleteninu s fleecem z její hladké strany. Dále byla k pletenině s fleecem přiváděna membrána s podkladovým materiálem. Poté byly oba substráty spojeny díky tlaku mezi přítlačnými válci a nanesenému adhezivu. Podkladový materiál nebyl ve styku s pleteninou. Takto vytvořený laminát byl odvíjen. Celý postup viz obrázek č. 16.

Nejprve byl takto vytvořen dvouvrstvý laminát skládající se z fleecu a membrány. Vytvořený laminát byl ponechán 24 hodin v klidu, aby došlo k zatuhnutí adheziva a vytvoření dostatečně pevných pojivých míst. Poté byl odstraněn podkladový materiál membrány a dvouvrstvý laminát byl obdobně pojen s druhou vrstvou pleteniny s fleecem. Adhezivum bylo opět nanášeno na pleteninu s fleecem z její hladké strany a jako druhý substrát byl přiváděn dvouvrstvý laminát, který byl ve styku s pleteninou ze strany membrány. Vznikl tak laminát třívrstvý.

Proces laminace byl zprostředkován firmou Nanomembrane na laminační lince Lacome. Jednotlivé parametry laminace byly konzultovány a nastaveny dle zkušeností firmy a jejích pracovníků s tímto procesem.



Obrázek č. 16: Proces výroby laminátu [37]

2.6.2 Měření tepelného odporu

Měření probíhalo dle interní normy IN 23-303-01/01 [27].

Teplota v laboratoři byla 23 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 46 %. Tento způsob testování je tzv. nedestruktivní, proto mohla být pro měření použita celá textilie. Nejprve byl přístroj ALAMBETA nakalibrován, poté byl materiál vložen mezi čelisti přístroje a změřen tepelný odpor materiálu. Kontaktní plocha přístroje byla zahřáta na 36 °C. Tepelný odpor byl měřen na pěti různých místech textilie. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulky č. 12.

Tabulka č. 12: Měření tepelného odporu laminátů před praním

MĚŘENÍ [W ⁻¹ ·K·m ²]	LAMINÁT s hydrofobní nanovlákenno u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
1.	0,0745	0,0767	0,0731	0,0845
2.	0,072	0,0734	0,0733	0,084
3.	0,0747	0,0745	0,0728	0,0832
4.	0,0759	0,0731	0,0758	0,0848
5.	0,0742	0,0742	0,0741	0,0852
\bar{x}	0,0743	0,0744	0,0738	0,0843
S ²	2,01.10 ⁻⁶	2,01.10 ⁻⁶	1,46.10 ⁻⁶	5,98.10 ⁻⁷
S ±	0,0014	0,0014	0,0012	0,0008
v	0,0191	0,0190	0,0164	0,0092

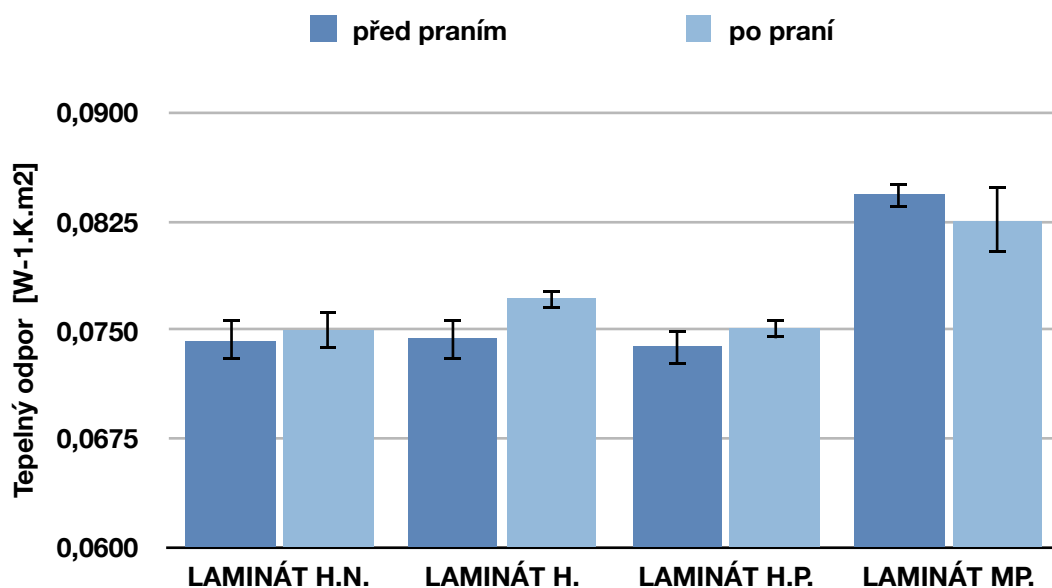
Při hodnocení plošného odporu vedení tepla je žádoucí dosahovat co nejvyšších hodnot, pokud chceme docílit dobré tepelné izolace a tak i tepelného komfortu textilie.

Dle tabulky č. 12 byla nejvyšší průměrná hodnota tepelného odporu naměřena u laminátu s mikroporézní membránou. Naopak nejnižší průměrná hodnota byla naměřena u laminátu s hydrofilní porézní membránou. Ve srovnání s tabulkou č. 5, kde je uvedena průměrná hodnota tepelného odporu samostatného fleecu, jsou hodnoty tepelného odporu laminátů zhruba dvakrát větší. To odpovídá dvojnásobnému použití fleecu v laminátech a znamená to, že membrány nemají na tepelný odpor laminátu vliv.

Po naměření hodnot tepelného odporu byly vzorky prány a hodnoty opětovně měřeny. (Proces praní je popsán v kapitole *Praní*). Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce č. 13. Pro lepší orientaci byly průměrné hodnoty tepelného odporu před a po praní vloženy do sloupcového grafu (graf č.2).

Tabulka č. 13: Měření tepelného odporu laminátů po praní

MĚŘENÍ [W ⁻¹ .K.m ²]	LAMINÁT s hydrofobní nanovlákenno u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
1.	0,0735	0,0775	0,0752	0,085
2.	0,0759	0,077	0,0745	0,0807
3.	0,0737	0,0764	0,0745	0,0801
4.	0,0761	0,0765	0,0756	0,0824
5.	0,0756	0,0781	0,0757	0,0850
\bar{x}	0,0750	0,0771	0,0751	0,0826
S ²	1,58.10 ⁻⁶	5,05.10 ⁻⁷	3,35.10 ⁻⁷	5,35.10 ⁻⁶
S ±	0,0013	0,0007	0,0006	0,0023
v	0,0168	0,0092	0,0077	0,0280



Graf č. 2: Porovnání tepelného odporu laminátů před a po praní

Po vyprání se průměrné hodnoty plošného odporu vedení tepla změnilo pouze nepatrně. Dle statistického vyhodnocení pomocí t-testu bylo prokázáno, že se hodnoty praním signifikantně nezměnily ani u jednoho ze vzorků. Hodnota tepelného odporu zůstala

nejvyšší u laminátu s mikroporézní membránou. Lze tedy říci, že nejlepší výsledek z hlediska plošného odporu vedení tepla vykazoval laminát s mikroporézní membránou.

2.6.3 Měření paropropustnosti

Měření probíhalo dle normy IN 23-304-01/01. [36]

Teplota v laboratoři byla 23 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 46 %. Tento způsob testování je tzv. nedestruktivní, proto mohla být pro měření použita celá textilie. Nejprve byl přístroj PERMETEST nakalibrován a poté proběhlo měření.

Textilie byla vložena do speciální komory a byl zapnut program pro měření paropropustnosti. Takto bylo měření opakováno třikrát na různých místech textilie. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulky č. 14.

Tabulka č. 14: Měření paropropustnosti laminátů před praním

MĚŘENÍ [Pa·m²·W⁻¹]	LAMINÁT s hydrofobní nanovlákenno u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
1.	8,9	16,8	12,1	8,7
2.	8,9	17	12	9
3.	9,1	17	12,5	9
\bar{x}	8,97	16,93	12,2	8,9
S²	0,01	0,01	0,07	0,03
S ±	0,12	0,12	0,26	0,17
v	0,01	0,01	0,02	0,02

Jak již bylo řečeno, paropropustnost v Ret je vyjadřována odporem, tudíž zde platí pravidlo, že čím je hodnota nižší, tím lépe. Nejnižší hodnota paropropustnosti byla naměřena u laminátu s mikroporézní membránou a s nanovlákennou membránou. Nejvyšší byla naopak naměřena u laminátu s hydrofilní membránou. Z tohoto hlediska se tedy laminát s mikroporézní membránou jevil jako nejlepší materiál.

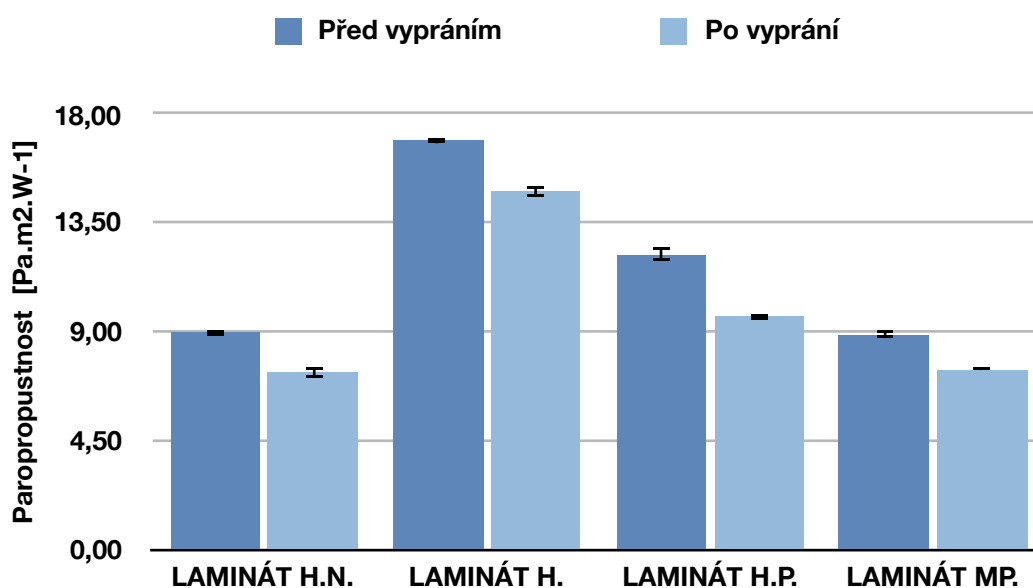
V porovnání s měřením paropropustnosti samotného fleecu (tabulka č. 5) hodnoty paropropustnosti vzrostly. Pokud se ale vezme v úvahu měření paropropustnosti samostatného fleecu i samostatných membrán (tabulka č. 9), hodnoty

paropropustnosti laminátů korespondují s těmito výsledky. Hodnoty u každého laminátu zhruba odpovídají dvojnásobné paropropustnosti fleecového materiálu a k ní přičtené paropropustnosti dané membrány.

Po naměření paropropustnosti byly vzorky prány a měření proběhlo znovu. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce č. 15.

Tabulka č. 15: Měření paropropustnosti laminátů po prání

MĚŘENÍ [Pa·m ² ·W ⁻¹]	LAMINÁT s hydrofobní nanovlákenno u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
1.	7,2	14,7	9,6	7,5
2.	7,5	14,6	9,6	7,4
3.	7,2	15,1	9,6	7,5
\bar{x}	7,3	14,8	9,6	7,45
S ²	0,03	0,07	0	3,33·10 ⁻³
S ±	0,17	0,26	0	0,06
v	0,02	0,02	0	0,01



Graf č. 3: Porovnání paropropustnosti laminátů před a po prání

Po praní došlo u všech vzorků k podobnému poklesu hodnot paropropustnosti. U všech membrán bylo párovým t-testem prokázáno, že došlo k signifikantní změně (k poklesu) hodnot paropropustnosti po praní. Toto je pravděpodobně dáno změnou struktury materiálů, především membrán po praní. Nejlepší hodnoty po praní vykazoval laminát s nanovláknennou membránou naopak nejhorší hodnoty laminát s hydrofilní membránou. Lze ale konstatovat, že v tomto případě proces praní pozitivně ovlivnil paropropustnost laminátů.

2.6.4 Měření prodyšnosti

Měření probíhalo dle normy ČSN EN ISO 9237 (ČSN 80 0817). [35]

Teplota v laboratoři byla 23 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 46 %. Tento způsob testování je tzv. nedestruktivní, proto mohla být pro měření použita celá textilie. Nejprve byl nastaveny parametry přístroje TEXTEST; tlak 100 Pa a jednotky měření l/m²/s, tedy bylo zjišťováno kolik litrů vzduchu projde jedním metrem čtverečním textilie za sekundu.

Vzorek byl položen na specifické místo přístroje a sevřen horní čelistí. Takto bylo měření opakováno pětkrát na různých místech textilie. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulky č. 16.

Tabulka č. 16: Měření prodyšnosti laminátů před praním

MĚŘENÍ [l/m ² /s]	LAMINÁT s hydrofobní nanovláknennou u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
1.	2,69	2,01	2,16	5,13
2.	2,7	1,9	1,99	5,18
3.	2,82	1,91	2,12	5,85
4.	2,68	2,00	2,09	6,33
5.	2,82	1,89	1,93	5,84
\bar{x}	2,74	1,94	2,06	5,67
S ²	5,1.10 ⁻³	3,4.10 ⁻³	9,07.10 ⁻³	257,13.10 ⁻³
S ±	0,005	0,058	0,095	0,507
v	0,026	0,030	0,046	0,089

Pokud je hodnocena prodyšnost, tak čím nižší je její hodnota, tím hůře dochází k prostupu vzduchu - větru skrz textílii a naopak příliš vysoká hodnota značí vysoký vstup vzduchu nebo větru skrz textílii. Musíme tedy brát v úvahu, jaká hodnota je pro danou textílii vhodná z hlediska jejího budoucího použití. Pro vyvíjený materiál je žádoucí co nejnižší prodyšnost, protože má částečně suplovat třetí vrstvu, která má být odolná vůči vnějším podmínkám, tedy i větru.

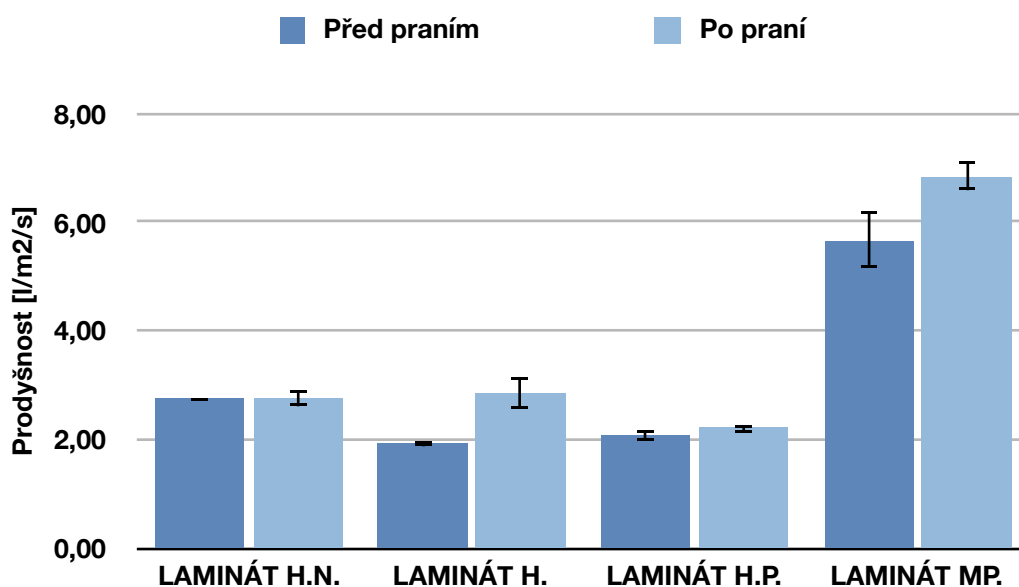
Nejnižší průměrná hodnota byla naměřena u laminátu s hydrofilní membránou, toto je dáno právě tím, že hydrofilní membrána je v podstatě fólie a propustí tak minimum vzduchu. Ve srovnání s měřením prodyšnosti samostatné membrány (tabulka č. 10) se však hodnota zvýšila, k tomuto jevu mohlo dojít kvůli procesu laminace, kdy mohla být pozměněna struktura membrány. Naopak nejvyšší hodnota byla naměřena u laminátu s mikroporézní membránou, což je zapříčiněno strukturou membrány. Tento výsledek opět koresponduje s měřením prodyšnosti u samostatných membrán, kde mikroporézní membrána vykazovala nejvyšší hodnoty.

V porovnání s měřenou prodyšností samotného fleecového materiálu (tabulka č. 5) došlo ke značnému poklesu vlastnosti, což je v tomto případě žádoucí. Použití membrán tedy pozitivně ovlivňuje hodnoty prodyšnosti laminátů.

Po naměření hodnot prodyšnosti byly vzorky prány a hodnoty opětovně měřeny. Výsledky měření jsou uvedeny v tabulce č. 17.

Tabulka č. 17: Měření prodyšnosti laminátů po prání

MĚŘENÍ [l/m ² /s]	LAMINÁT s hydrofobní nanovlákenno u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
1.	2,62	2,56	2,15	6,81
2.	2,68	3,32	2,24	6,98
3.	2,65	2,80	2,14	7,11
4.	2,97	2,90	2,29	6,86
5.	2,82	2,68	2,22	6,42
\bar{x}	2,75	2,85	2,21	6,84
S ²	0,021	0,085	0,004	0,067
S ±	0,146	0,291	0,063	0,260
v	0,053	0,102	0,029	0,038



Graf č. 4: Porovnání prodyšnosti laminátů před a po prání

Po procesu praní došlo, kromě laminátu s nanovlákennou membránou, u laminátů ke zvýšení prodyšnosti. To patrně značí, že během praní došlo k mechanickému poškození membrán a to mělo negativní vliv na hodnoty prodyšnosti.

Dle párového t-testu došlo k významné změně hodnot po praní u laminátu s mikroporézní membránou. U ostatních vzorků nebyla statisticky významná změna

pomocí t-testu prokázána. Nejvyšší hodnoty prodyšnosti i po praní vykazoval laminát s mikroporézní membránou. Naopak nejnižší hodnotu prodyšnosti po praní vykazoval laminát s hydrofilní porézní membránou, který se z tohoto hlediska jeví jako nejlepší.

2.6.5 Měření hydrostatické odolnosti

Měření probíhalo dle normy ČSN EN ISO 811 (800818). [38]

Teplota v laboratoři byla 23 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 46 %. Z každého materiálu byly odebrány tři vzorky. Nejprve byla na přístroji nastavena hodnota napětí 3,4 V, což znamená nárůst tlaku o 10 cm/min vodního sloupce. Poté byl pracovní válec přístroje naplněn vodou až po okraj. Na hladinu vody byl položen vzorek a byl upevněn pomocí upínací čelisti a matic. Dále byl zapnut číslicový tlakoměr GMH 3100, který zobrazoval maximální působící tlak. Hodnoty byly měřeny v jednotkách mbar a v tabulce jsou uvedeny v cm. Tyto hodnoty jsou zaznamenány v tabulce č. 18.

Tabulka č. 18: Měření hydrostatické odolnosti laminátů před praním

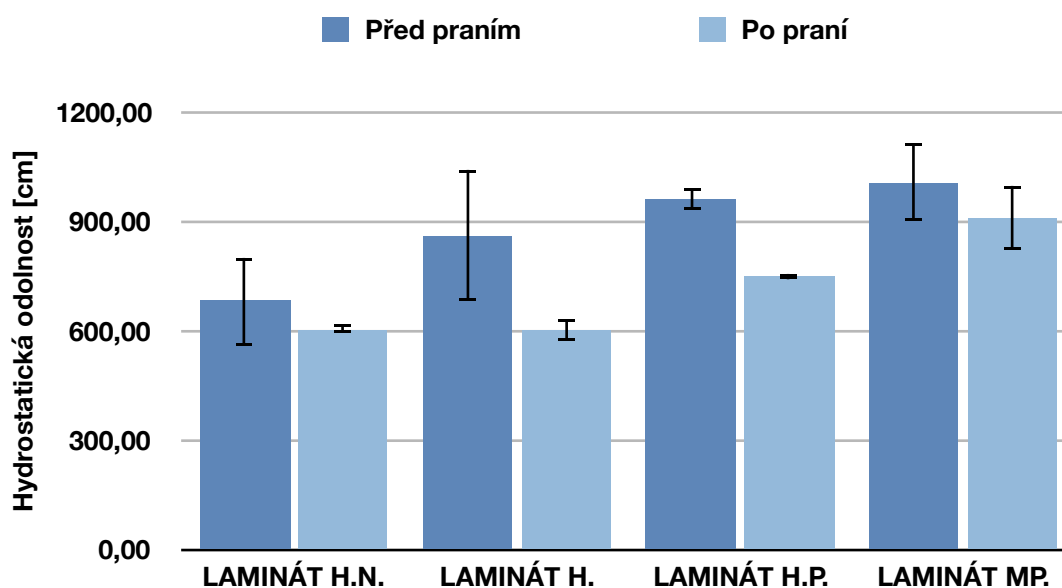
MĚŘENÍ [cm]	LAMINÁT s hydrofobní nanovlákenno u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
1.	637	715	927	1110
2.	591	1061	986	897
3.	819	814	968	1020
\bar{x}	682	863	960	1009
S²	14537,33	31754,33	914,33	11433
S ±	120,57	178,19	30,24	106,93
v	0,17	0,21	0,03	0,11

Všechny materiály mohly být označené za nepromokavé, protože jejich hodnota vodního sloupce byla vyšší než 130 cm (1300 mm). Nejvyšší hodnoty hydrostatické odolnosti vykazoval laminát s mikroporézní membránou a nejnižší hodnoty byly naměřeny u laminátu s nanovlákennou membránou. U všech laminátů byly ale hodnoty hydrostatické odolnosti podobné.

Po naměření hydrostatické odolnosti byly vzorky prány a vlastnost byla měřena znovu. Výsledky byly zaznamenány do tabulky č. 19.

Tabulka č. 19: Měření hydrostatické odolnosti laminátů po prání

MĚŘENÍ [cm]	LAMINÁT s hydrofobní nanovlákenno u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
1.	621	618	739	824
2.	600	573	755	917
3.	598	628	758	996
\bar{x}	606	606	750	912
S^2	162,33	858,33	104,33	7412,33
$S \pm$	12,74	29,29	10,21	86,09
v	0,02	0,05	0,01	0,09



Graf č. 5: Porovnání hydrostatické odolnosti laminátů před a po prání

Předpoklad byl takový, že po prání dojde k poklesu hydrostatické odolnosti u všech laminátů, což je dáno mechanickým narušením struktury membrán během procesu praní. Ani u jednoho ze vzorků však dle t-testu nedošlo ke statisticky významné změně

hodnot po praní. To je s nejvyšší pravděpodobností dáno tím, že byl proveden malý počet měření a tak mohou být výsledky zatíženy větší chybou měření. Nejznamenitější změna byla naměřena u laminátu s hydrofilní membránou. Celkově nejvyšší hydrostatická odolnost byla opět naměřena u laminátu s mikroporézní membránou, čímž z ní dělá nejlepší materiál z hlediska hydrostatické odolnosti.

Hydrostatická odolnost byla jednoznačně pozitivně ovlivněna použitím textilních membrán. Samostatný fleece totiž hydrostaticky odolný není.

Výrobci průmyslově vyráběných a běžně na trhu dostupných softshellových materiálů uvádí hydrostatickou odolnost od 1 000 do 10 000 mm vodního sloupce (pokud jsou materiály označovány jako 100% hydrostaticky odolné). Hydrostatická odolnost vyrobených laminátů byla tedy naprosto dostačující i po procesu praní.

2.6.6 Měření plošné hmotnosti

Měření plošné hmotnosti probíhalo dle normy ISO ČSN EN 12127.[39]

Teplota v laboratoři byla 23 °C a relativní vlhkost vzduchu byla 46 %. Z každého materiálu bylo odebráno pět vzorků o velikosti 100 cm². Vzorky byly poté zváženy na váze s přesností na dvě desetinná místa. Hodnoty hmotnosti byly přepočteny na hodnoty plošné hmotnosti v jednotkách g·m² a zaznamenány do tabulky č. 21.

Tabulka č. 21: Měření plošné hmotnosti laminátů

MĚŘENÍ [g·m ²]	LAMINÁT s hydrofobní nanovlákenno u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
1.	262,77	266,44	282,61	279,13
2.	261,06	265,76	279,38	269,03
3.	262,44	266,22	277	269
4.	258,84	267,29	282,93	279,41
5.	261,7	268,12	282,27	282,74
\bar{x}	261,362	266,766	280,838	275,862
S ²	2,428	0,882	6,606	41,085
S ±	1,558	0,939	2,570	6,410
v	0,006	0,004	0,009	0,023

Z hlediska uživatelského komfortu či pohodlí je žádoucí aby byl materiál co nejlehčí. Proto nejlepší hodnoty plošné hmotnosti vykazoval laminát s nanovláknennou membránou následovaný laminátem s hydrofilní membránou, naopak nejtěžší byl laminát s hydrofilní porézní membránou.

2.6.7 Měření tloušťky

Pro měření tloušťky vzorků fleecu a laminátů byl použit přístroj ALAMBETA. Tento způsob testování je tzv. nedestruktivní, proto mohla být pro měření použita celá textilie. Nejprve byl přístroj nakalibrován, poté byl materiál vložen mezi čelisti přístroje a byla měřena tloušťka materiálu, a to na pěti různých místech textilie. Naměřené hodnoty byly zaznamenány do tabulky č. 20.

Tabulka č. 20: Měření tloušťky laminátů

MĚŘENÍ [mm]	LAMINÁT s hydrofobní nanovláknennou membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
1.	2,81	2,93	2,84	3,24
2.	2,74	2,81	2,82	3,22
3.	2,89	2,78	2,71	3,14
4.	2,87	2,75	2,81	3,18
5.	2,79	2,83	2,86	3,21
\bar{x}	2,82	2,82	2,808	3,198
S^2	$3,7 \cdot 10^{-3}$	$4,7 \cdot 10^{-3}$	$3,36 \cdot 10^{-3}$	$1,52 \cdot 10^{-3}$
$S \pm$	0,061	0,069	0,058	0,039
v	0,022	0,024	0,021	0,012

Všechny lamináty měly v průměru velmi podobné hodnoty tloušťky. Lamináty s nanovláknennou, hydrofilní a hydrofilní porézní membránou měly téměř nebo zcela shodné hodnoty, naopak nejtlustší byl laminát s mikroporézní membránou. Hodnoty tloušťky jsou však pouze doplňující informace.

2.6.8 Měření pevnosti a tažnosti

Jak již bylo řečeno během měření pevnosti a tažnosti fleecových vzorků dle normy ČSN EN ISO 13934-1 [33] došlo k roztržení vzorků přímo u upínacích čelistí a proto byla použita již neplatná norma ČSN 80 0810 [34], která tento vyřešila problém. Tato norma byla tedy použita i při měření pevnosti a tažnosti laminátů. Upínací délka vzorku byla 100 mm. Použité předpětí bylo 0,5 N. Vzorek byl podroben zkoušce rychlostí 100 mm/min. Data z tohoto měření byla taktéž získána pomocí softwaru winTest Analysis 3.5.3 a z dat byla vytvořena statistika a zaznamenány grafy. Číselné výsledky jsou uvedeny v tabulkách č. 22 až 25. Grafy jsou součástí přílohy (příloha B).

Tabulka č. 22: Měření pevnosti a tažnosti laminátu s nanovláknennou membránou

LAMINÁT s hydrofobní nanovláknennou membránou	SMĚR SLOUPKŮ			SMĚR ŘÁDKŮ		
	F [N]	Δl [mm]	ϵ [%]	F [N]	Δl [mm]	ϵ [%]
1.	743	68	68	320	182	182
2.	713	61	61	358	196	196
3.	652	62	62	334	178	178
\bar{x}	703	64	64	337	185	185
S^2	1433,56	9,56	9,56	246,22	59,56	59,56
$S \pm$	37,86	3,09	3,09	15,69	7,72	7,72
v	0,05	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04

Tabulka č. 23: Měření pevnosti a tažnosti laminátu s hydrofilní membránou

LAMINÁT s hydrofilní membránou	SMĚR SLOUPKŮ			SMĚR ŘÁDKŮ		
	F [N]	Δl [mm]	ϵ [%]	F [N]	Δl [mm]	ϵ [%]
1.	840	65	65	368	190	190
2.	732	61	61	371	186	186
3.	778	65	65	306	179	179
\bar{x}	783	64	64	348	185	185
S^2	1958,22	3,56	3,56	897,56	20,67	20,67
$S \pm$	44,25	1,89	1,89	29,96	4,55	4,55
v	0,06	0,03	0,03	0,09	0,02	0,02

Tabulka č. 24: Měření pevnosti a tažnosti laminátu s hydrofilní porézní membránou

LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	SMĚR SLOUPKŮ			SMĚR ŘÁDKŮ		
	F [N]	Δl [mm]	ϵ [%]	F [N]	Δl [mm]	ϵ [%]
1.	795	66	66	322	171	171
2.	687	64	64	358	191	191
3.	702	61	61	361	194	194
\bar{x}	728	63,67	63,67	347	185,33	185,33
S^2	2282	4,22	4,22	314	104,22	104,22
$S \pm$	47,77	2,05	2,05	17,72	10,21	10,21
v	0,07	0,03	0,03	0,05	0,06	0,06

Tabulka č. 25: Měření pevnosti a tažnosti laminátu s mikroporézní membránou

LAMINÁT s mikroporézní membránou	SMĚR SLOUPKŮ			SMĚR ŘÁDKŮ		
	F [N]	Δl [mm]	ε [%]	F [N]	Δl [mm]	ε [%]
1.	873	64	64	325	190	190
2.	817	61	61	343	199	199
3.	786	66	66	377	209	209
\bar{x}	825	64	64	348	199	199
S²	1296,22	4,22	4,22	464,89	60,22	60,22
S \pm	36	2,05	2,05	21,56	7,76	7,76
v	0,04	0,03	0,03	0,06	0,04	0,04

Dle předchozích tabulek můžeme konstatovat, že pevnosti ve směru sloupků se v průměru pohybovaly od 700 do 825 N a pevnosti ve směru řádků se pohybovaly od 337 do 348 N, čili hodnoty pevností v jednotlivých směrech jsou si velmi podobné. Naopak tažnost byla vždy vyšší ve směru řádků a nižší ve směru sloupků. Navíc jsou v podstatě pevnosti laminátů dvojnásobkem pevnosti samotného fleecu (viz tabulka č. 4). Můžeme tedy říci, že membrány nijak neovlivnily pevnost laminátů. Naopak při průběhu zkoušky bylo možné nejprve slyšet přetržení samotné membrány a až poté došlo k přetržení fleecového materiálu. V některých případech nedošlo k přetržení obou fleecových vrstev najednou, ale nejprve k přetržení jedné z nich a později druhé. Toto je viditelné v grafech, které jsou součástí přílohy (příloha B).

2.6.9 Praní

Za účelem zjištění vlastností laminátů po praní byly vzorky prány pětkrát po dobu zhruba 30 minut. Byly prány programem 15 - outdoor, teplota dosahovala maximálně 30 °C a otáčky dosahovaly 1000/min. Prací prostředky byly přímo navoleny pracím programem. Po jednotlivých vypráních byly vzorky sušeny a po posledním pátém praní byly opět měřeny vlastnosti laminátů.

2.7 Vyhodnocení výsledků měřených vlastností laminátů

Pro lepší orientaci ve výsledných hodnotách byly vytvořeny dvě tabulky (tabulka č. 26 a 27). První z nich porovnává hodnoty před praním laminátů a druhá po praní laminátů. Nejlepší hodnoty byly označeny zelenou barvou, žlutou barvou byly označeny hodnoty vyhovující a červenou barvou hodnoty nevyhovující.

Hodnoty tepelného odporu se u softhellowých materiálů do chladnějšího počasí pohybují okolo $0,04 \text{ W}^{-1}\cdot\text{K}\cdot\text{m}^2$. V případě laminátů bylo dosahováno zhruba dvakrát vyšších hodnot, což odpovídá použití dvou vrstev fleecu. Hodnoty tepelného odporu všech membrán tedy byly vyhovující. Za nejlepší byla ale označena pouze jedna, nejvyšší hodnota. Také lze konstatovat, že použití membrán v laminátech neovlivnilo výslednou hodnotu tepelného odporu. Z hlediska paropropustnosti jsou hodnoty pod $6 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$ považovány za velmi dobré a hodnoty od 6 do $13 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$ za dobré. U žádného z laminátů nebyla naměřena hodnota pod $6 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$. Většina laminátů však splňovala rozmezí od 6 do $13 \text{ Pa}\cdot\text{m}^2\cdot\text{W}^{-1}$ a tak mohly být označeny jako dobře paropropustné. Vyšší a nevyhovující hodnota byla naměřena pouze u laminátu s hydrofilní membránou. Celkově byla paropropustnost použitím membrán v laminátech ovlivněna negativně, protože se její hodnota zvýšila. Za větruodolný materiál lze považovat ten, jehož hodnoty prodyšnosti se pohybují do $10 \text{ l/m}^2/\text{s}$, tudíž všechny lamináty splnily tento požadavek a mohly být označeny za větruodolné. Celkově byla prodyšnost použitím membrán ovlivněna pozitivně, protože došlo ke snížení jejich hodnot, což bylo žádoucí. Hydrostatická odolnost byla jednoznačně použitím membrán ovlivněna pozitivně. Za hydrostaticky odolné materiály mohou být označeny ty, které jsou schopny udržet 1300 mm, neboli 130 cm vodního sloupce, což také všechny lamináty splnily. Pro budoucí použití těchto materiálů navíc byly jejich hodnoty hydrostatické odolnosti dostačující. Z hlediska uživatelského pohodlí, čím je plošná hmotnost nižší, tím je výrobek lepší. Proto byl, dle očekávání, za nejlehčí materiál označen laminát s nanovláknennou membránou. U ostatních laminátů však byly naměřeny velmi podobné hodnoty plošné hmotnosti a proto byly označeny jako vyhovující.

Tabulka č. 26: Porovnání výsledných hodnot laminátů před praním

před praním	LAMINÁT s hydrofobní nanovlákenou u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
TEPELNÝ ODPOR [W ⁻¹ K·m ²]	0,0743	0,0744	0,0738	0,0843
PAROPRO-PUSTNOST [Pa·m ² ·W ⁻¹]	8,97	16,93	12,2	8,9
PRODYŠNOST [l/m ² /s]	2,74	1,94	2,06	5,67
HYDROST. ODOLNOST [cm]	682,33	863,33	960,33	1009
PLOŠNÁ HMOTNOST [g·m ²]	261,36	266,77	280,84	275,86

Po naměření vlastností laminátů před praním se jako nejlepší dva vzorky jeví lamináty s nanovlákenou a mikroporézní membránou. U těchto laminátů bylo naměřeno dvě a více nejlepších hodnot a ani jedna z naměřených hodnot nebyla nevyhovující. U laminátu s hydrofilní porézní membránou byly všechny hodnoty vyhovující. Za nevyhovující byl označen laminát s hydrofilní membránou, především kvůli vysoké hodnotě paropropustnosti, která není žádoucí.

Tabulka č. 27: Porovnání výsledných hodnot laminátů po prání

po prání	LAMINÁT s hydrofobní nanovlákenno u membránou	LAMINÁT s hydrofilní membránou	LAMINÁT s hydrofilní porézní membránou	LAMINÁT s mikroporézní membránou
TEPELNÝ ODPOR [W ⁻¹ ·K·m ²]	0,0750	0,0771	0,0751	0,0826
PAROPRO-PUSTNOST [Pa·m ² ·W ⁻¹]	7,3	14,8	9,6	7,45
PRODYŠNOST [l/m ² /s]	2,75	2,85	2,21	6,84
HYDROST. ODOLNOST [cm]	606,33	606,33	750,67	912,33
PLOŠNÁ HMOTNOST [g·m ²]	261,36	266,77	280,84	275,86

Po pěti pracích cyklech zůstal výsledek obdobný. Nejlepší výsledky byly naměřeny u laminátu s mikroporézní a nanovlákennou membránou. Jako vyhovující lze označit laminát s hydrofilní porézní membránou. U laminátu s hydrofilní membránou se sice hodnota paropropustnosti snížila, ale nedostatečně. Tento laminát byl tedy i po 5 ti pracích cyklech označen jako nevhovující.

Ve výsledku lze za nejvíce vyhovující označit tři ze čtyř laminátů a to jak před, tak i po pěti pracích cyklech. Nejvíce vyhovující se jevil laminát s mikroporézní membránou, dále laminát s nanovlákennou membránou a laminát s hydrofilní porézní membránou. Jako nevhovující byl označen laminát s hydrofilní membránou, který nesplňoval požadované hodnoty paropropustnosti.

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zjistit, který z vytvořených laminátů bude mít nejlepší vlastnosti z hlediska uživatelského komfortu a funkčnosti. Proto byly měřeny vlastnosti jako tepelný odpor, paropropustnost, prodyšnost a hydrostatická odolnost. U tepelného odporu a hydrostatické odolnosti byly sledovány nejvyšší hodnoty a u prodyšnosti a paropropustnosti naopak nejnižší hodnoty.

V první části experimentu byly měřeny vlastnosti samostatných materiálů, tedy fleecu a membrán. U fleecu byly měřeny vlastnosti jeho povrchu - žmolkovitost a oděr. Celkově tento materiál vyšel jako oděru vzdorný, protože nedošlo k porušení základního vazebného prvku ani u jednoho z měřených vzorků. Pevnost a tažnost musely být měřeny již neplatnou normou ČSN 80 0810, při měření aktuální normou ČSN EN ISO 13934-1 se totiž vzorky trhaly u čelistí trhacího stroje a měření tak nebylo platné. Díky normě ČSN 80 0810 však došlo k přetrhu vzorků zhruba uprostřed a výsledky pevnosti a tažnosti tak mohly být platně zaznamenány. Byly také měřeny vlastnosti jako tepelný odpor, paropropustnost a prodyšnost, aby je bylo možné porovnat s naměřenými hodnotami laminátů. Hydrostatická odolnost u fleecového materiálu měřena nebyla, protože není hydrostaticky odolný. Dále byla měřena plošná hmotnost a tloušťka fleecu.

Morfologické vlastnosti membrán byly hodnoceny především obrazovou analýzou pomocí snímků z elektronového skenovacího mikroskopu. U všech membrán byla měřena tloušťka. U nanovláknenné, mikroporézní a hydrofilní porézní membrány byla měřena porozita v procentech a ekvivalentní průměr póru v mikrometrech. U nanovláknenné membrány byly měřeny průměry vláken. Prodyšnost a paropropustnost byly také měřeny u všech membrán pro zjištění jejich hodnot a následného porovnání s hodnotami naměřenými u laminátů.

Dále byly tyto materiály (fleecové a membrány) spojeny laminací. Pro spojení vrstev bylo použito polyuretanové adhezivum ve formě hot-meltu, vysoká teplota a tlak. Nejprve byl vytvořen dvouvrstvý a poté třívrstvý laminát.

Téměř všechny vzorky splňovaly požadavky na jednotlivé vlastnosti pro tento druh materiálu. Vlastnosti byly sledovány jak před tak i po praní laminátů. Dle statistiky

se však po procesu praní signifikantně změnila pouze paropropustnost, která vykazovala ještě lepší hodnoty než před praním. Měřené hodnoty tepelného odporu byly u všech laminátů velmi dobré. Výsledky měření paropropustnosti se kromě laminátu s hydrofilní membránou pohybovaly v požadovaném rozmezí a tudíž lze zbylé tři lamináty označit za dobře paropropustné. Laminát s hydrofilní membránou byl z hlediska paropropustnosti označen za nevhodný. Co se týče výsledků prodyšnosti, byly všechny čtyři lamináty označeny za větruodolné. Z hlediska hydrostatické odolnosti byly všechny vzorky označeny jako hydrostaticky odolné.

Ani u jednoho materiálu však nebyly zjištěny znatelně nejlepší výsledky měření. Většina hodnot byla velmi podobná a nebylo tak možné jednoznačně určit nejlepší laminát. Vlastnosti jako hydrostatická odolnost a paropropustnost byly měřeny třikrát, což je nejmenší možný statistický vzorek. Pro další postup v této práci by tedy bylo vhodné provést větší počet měření těchto vlastností a dosáhnout tak přesnějších hodnot statistických dat. Dále by bylo vhodné vzít v úvahu i ekonomickou stránku, která je z hlediska spotřebitele jedna z nejdůležitějších a může tak zásadně změnit preference vůči jednotlivým materiálům.

Jako další postup v rámci technologie by bylo možné provést úpravu svrchní části laminátu. Hydrofobní úprava by více podpořila odolnost materiálu vůči průniku vody z vnějšího prostředí.

Celkovým výsledkem této diplomové práce jsou úspěšně vytvořené nové materiály. Jsou to tři třívrstvé lamináty, jejichž svrchní a podšívková část je tvořena fleecovým materiálem a mezi tyto vrstvy je laminována membrána. Jsou to jmenovitě mikroporézní, nanovláknenná a hydrofilní mikroporézní membrána. Každý z těchto laminátů splňuje požadované vlastnosti, které na ně byly kladeny. Jako nevhodný byl označen laminát s hydrofilní membránou. Nebylo však možné určit pouze jeden laminát jako nejlepší.

POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- [1] DUCHÁČEK, Vratislav. *Polymery: Výroba, vlastnosti, zpracování, použití*. Druhé vydání. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2006. ISBN 80-7080-617-6.
- [2] ŠAFAŘÍKOVÁ, Barbora. *Recyklace pěnových materiálů*. Zlín, 2011. Bakalářská práce. Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Vedoucí práce Ing. Alena Kalendová Ph.D.
- [3] MLEZIVA, Jozef a Jaromír ŠŇUPÁREK. *Polymery: Výroba, struktura, vlastnosti a použití*. Druhé vydání. Praha: Sobotáles, 2000. ISBN 80-85920-72-7.
- [4] Polytetrafluorethylen. In: Wikipedie [online]. Wikipedie: Otevřená encyklopedie., 2019 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Polytetrafluorethylen#/media/File:Teflon_structure.PNG
- [5] Polyethylentereftalát. In: Wikipedie [online]. Wikipedie: Otevřená encyklopedie., 2019 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Polyethylentereftalát#/media/File:Polyethylene_terephthalate.svg
- [6] RŮŽIČKOVÁ, Dagmar. *Oděvní materiály*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2003. ISBN 80-7083-682-2.
- [7] HAVLOVÁ, Marie a Hana PAŘILOVÁ. *Typologie pletenin: názvoslovný katalog*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. ISBN 978-80-7372-940-0.
- [8] SINGHA, Kunal. *A Review on Coating & Lamination in Textiles: Processes and Applications*. American Journal of Polymer Science. 2012, 2(3), 39-49. DOI: 10.5923/j.ajps.20120203.04.
- [9] KNÍŽEK, Roman. *Oděvy pro sportovní a outdoorové aktivity*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2013. ISBN 978-80-7494-012-5.
- [10] Membrána. In: Motozem.cz [online]. Praha: Motozem, 2009 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.motozem.cz/membrana-1/>
- [11] Hot Melt. In: Adhezives.org [online]. USA: adhesives.org, 2012 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <https://www.adhesives.org/adhesives-sealants/adhesives-sealants-overview/adhesive-technologies/physically-hardening/hot-melt>
- [12] Novák O.: Význam a hlavní typy úprav technických textilií [Technické textilie - přednášky] Liberec. TUL, 2011

- [13] HORROCKS, A. Richard a Subhash C. ANAND. *Handbook of Technical Textiles: Volume 2: Technical Textile Applications*. Second edition. UK: Woodhead Publishing, 2016. ISBN 9781782424659.
- [14] FAN, J. a L. HUNTER. *Engineering Apparel Fabrics and Garments*. India: Woodhead Publishing, 2009. ISBN 978-1-84569-134-9.
- [15] RŮŽIČKOVÁ, Jana. *Elektrostatické zvlákňování nanovláken*. Vyd. 2., nezměn. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2006. ISBN 80-7372-066-3.
- [16] HAGHI, A. K. *Electrospinning of nanofibres in textiles*. Toronto: Apple Academic Press, 2012. ISBN 978-1-926895-04-8.
- [17] LUKÁŠ, D., A. SAKAR, MARTINOVÁ, A., K. VODSEĎÁLKOVÁ, A. LUBASOVÁ, J. CHALOUPEK, P. POKORNÝ, P. MIKEŠ, J. CHVOJKA a M. KOMÁREK. *Physical principles of electrospinning (Electrospinning as a nano-scale technology of the twenty-first century)*. Textile Progress. 2009, (41:2), 59 -140. DOI: 10.1080/00405160902904641.
- [18] Technologie Nanospider™. In: Elmarco, Nanospider™ equipment [online]. Česká republika: Elmarco, 2004 [cit. 2019-02-13]. Dostupné z: <http://www.elmarco.cz/technologie/technologie/>
- [19] Nanovláknenná membrána. In: Nanomembrane [online]. Česká republika: NANOMEMBRANE, 2019 [cit. 2019-03-12]. Dostupné z: <http://www.nanomembrane.cz/cs/technologie>
- [20] HES, Luboš a Petr SLUKA. *Úvod do komfortu textilií*. První vydání. Liberec: Technická univerzita, 2005. ISBN 80-7083-926-0
- [21] Fleece. In: TexInfo [online]. Praha: TexInfo, 2012 [cit. 2019-01-02]. Dostupné z: <http://www.texinfo.wz.cz/fleece.htm>
- [22] Polyester Fleece. In: How products are made [online]. USA: Advameg, 2005 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.madehow.com/Volume-4/Polyester-Fleece.html>
- [23] Fleece. In: OutdoorGuide [online]. Česká republika: OutdoorGuide, 2010 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.outdoorguide.cz/fleece-46.html>
- [24] Vše, co jste chtěli vědět o softshellu. In: 4Camping.cz [online]. Česká republika: ForCamping, 2019 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://www.4camping.cz/clanky/poradna/vse-co-jste-chteli-vedet-o-softshellu/>

- [25] Softshell. In: Textilní materiály - TexInfo [online]. Česká republika: TexInfo, 2012 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://texinfo.lukasmada.cz/softshell.htm>
- [26] Jak vybrat a vrstvit funkční oblečení?. In: Hanibal [online]. Česká republika: Hanibal sport, 2000 [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <https://www.hanibal.cz/poradna-novinky/210-jak-vybrat-a-vrstvit-funkcni-outdoorove-obleceni>
- [27] IN 23-304-02/01. *Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004.
- [28] JÄGER, A. a V. GÄRTNEROVÁ. *Elektronovým mikroskopem do nitra materiálů aneb jak vypadá jejich struktura*. In: Fyzikální ústav Akademie věd ČR [online]. Praha: Fyzikální ústav AV ČR [cit. 2019-02-12]. Dostupné z: <https://www.fzu.cz/popularizace/elektronovym-mikroskopem-do-nitra-materialu-aneb-jak-vypada-jejich-struktura>
- [29] Hruža J. Filtration 1. Presentation presented at: [Přednášky Textilie pro průmyslové aplikace, TUL; 2018; Liberec, Czech republik]
- [30] ANDĚL, Jiří. *Statistické metody*. Čtvrté vydání. Praha: Matfyzpress, 2007. ISBN 80-7378-003-8.
- [31] ČSN EN ISO 12945-2 (80 0837): *Textilie - Zjišťování sklonu plošných textilií k rozvláknění povrchu - Část 2: Modifikovaná metoda Martindale*. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [32] ČSN EN ISO 12947-1 (800846): *Textilie - Zjišťování odolnosti plošných textilií v oděru metodou Martindale - Část 2: Zjišťování poškození vzorku*. Praha: Český normalizační institut, 1999.
- [33] ČSN EN ISO 13934-1 (800812): *Textilie - Tahové vlastnosti plošných textilií - Část 1: Zjišťování maximální síly a tažnosti při maximální síle pomocí metody Strip*. Praha: Český normalizační institut, 2013
- [34] ČSN 80 0810 (800810): *Zisťovanie tržnej sily a ťažnosti pletenín*. Trenčín: Odborové normalizačné stredisko, 1984.
- [35] ČSN EN ISO 9237 (800817): *Textilie. Zjišťování prodyšnosti plošných textilií*. Praha: Český normalizační institut, 1996.
- [36] IN 23-304-02/01: *Měření tepelných vlastností na přístroji Alambeta*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2004.

- [37] MPBL– Laminating and Coating System. In: Lacom [online]. Germany: Lacom, 2017 [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: <https://lacom-online.com/en/auftragssysteme/mpbl-beschichtungs-und-laminierwerk/>
- [38] ČSN EN ISO 811 (800818): *Textilie - Stanovení odolnosti proti pronikání vody - Zkouška tlakem vody*. Praha: Český normalizační institut, 2018.
- [39] ČSN EN 12127: *Textilie - Plošné textilie - Zjišťování plošné hmotnosti pomocí malých vzorků*. Praha: Český normalizační institut, 1998.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 : Reakce izokyanátu s alkoholem za vzniku uretanu	17
Obrázek č. 2: Strukturní vzorec polytetrafluoretylenu	17
Obrázek č. 3: Strukturní vzorec polyetylentereftalátu	18
Obrázek č. 4: a) schéma oka lícního, b) schéma oka rubního	19
Obrázek č. 5: Příklad třívrstvého laminátu s vnější vrstvou, membránou GORE-TEX a podšívku	20
Obrázek č. 6: Schéma laminace pomocí hot-melt adheziv, nános bodově nebo lineárně	21
Obrázek č. 7: Porovnání jednotlivých mechanismů odvádění tělesné vlhkosti	23
Obrázek č. 8: Schéma přístroje PERMETEST	34
Obrázek č. 9: Schéma přístroje ALAMBETA	36
Obrázek č. 10: Schématické znázornění principu transmisního (TEM) a skenovacího (SEM) elektronového mikroskopu	38
Obrázek č. 11: Snímky hydrofobní nanovlákněné membrány	49
Obrázek č. 12: Snímky hydrofilní membrány	50
Obrázek č. 13: Snímky hydrofilní porézní membrány	50
Obrázek č. 14: Snímky mikroporézní membrány	51
Obrázek č. 15: Snímky řezů membrán	53
Obrázek č. 16: Proces výroby laminátu	58

SEZNAM TABULEK

Tabulka č.1: Hodnocení žmolkovitosti pleteniny	46
Tabulka č.2: Stanovení hmotnostního úbytku při oděru pleteniny	47
Tabulka č. 3: Měření pevnosti a tažnosti pleteniny dle normy ČSN EN ISO 13934-1	48
Tabulka č. 4: Měření pevnosti a tažnosti pleteniny dle normy ČSN 80 0810	49
Tabulka č. 5: Měření ostatních vlastností pleteniny	50
Tabulka č. 6: Statistické vyhodnocení průměrů vláken nanovlákněné membrány	54
Tabulka č. 7: Statistické vyhodnocení tloušťek membrán	56
Tabulka č. 8: Statistické vyhodnocení porozity membrán	57
Tabulka č. 9: Měření paropropustnosti membrán	58
Tabulka č. 10: Měření prodyšnosti membrán	59
Tabulka č. 11: Parametry procesu laminace	61
Tabulka č. 12: Měření tepelného odporu laminátů před praním	63
Tabulka č. 13: Měření tepelného odporu laminátů po praní	64
Tabulka č. 14: Měření paropropustnosti laminátů před praním	65
Tabulka č. 15: Měření paropropustnosti laminátů po praní	66
Tabulka č. 16: Měření prodyšnosti laminátů před praním	67
Tabulka č. 17: Měření prodyšnosti laminátů po praní	69
Tabulka č. 18: Měření hydrostatické odolnosti laminátů před praním	70

Tabulka č. 19: Měření hydrostatické odolnosti laminátů po praní	71
Tabulka č. 21: Měření plošné hmotnosti laminátů	72
Tabulka č. 20: Měření tloušťky laminátů	73
Tabulka č. 22: Měření pevnosti a tažnosti laminátu s nanovláknennou membránou	74
Tabulka č. 23: Měření pevnosti a tažnosti laminátu s hydrofilní membránou	75
Tabulka č. 24: Měření pevnosti a tažnosti laminátu s hydrofilní porézní membránou	75
Tabulka č. 25: Měření pevnosti a tažnosti laminátu s mikroporézní membránou	76
Tabulka č. 26: Porovnání výsledných hodnot laminátů před praním	78
Tabulka č. 27: Porovnání výsledných hodnot laminátů po praní	79

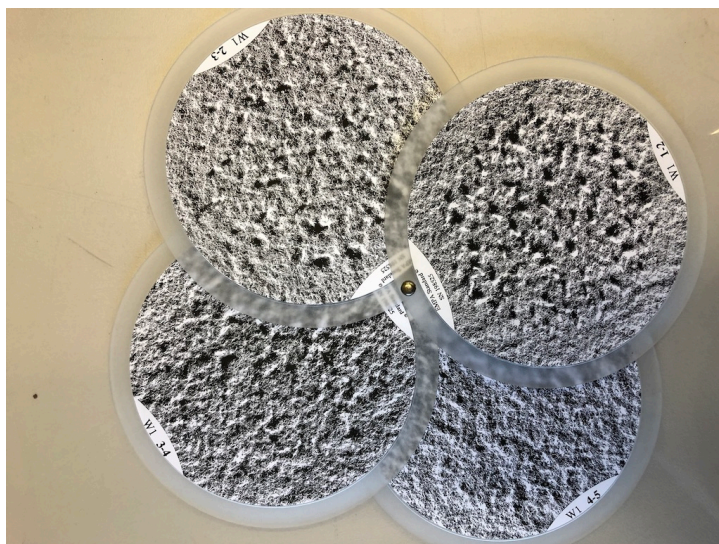
SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Histogram průměrů vláken nanovlákněné membrány	54
Graf č. 2: Porovnání tepelného odporu laminátů před a po praní	64
Graf č. 3: Porovnání paropropustnosti laminátů před a po praní	66
Graf č. 4: Porovnání prodyšnosti laminátů před a po praní	69
Graf č. 5: Porovnání hydrostatické odolnosti laminátů před a po praní	71

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A

Srovnávací obrázek etalonu W2 a pleteniny s fleecem po 5000 otáčkách



Obrázek č.: etanol W2 pro srovnání žmolkovitosti materiálu



Obrázek č.: vzorek pleteniny s fleecem po 5000 otáčkách

Příloha B

Seznam grafů pevností a tažností pleteniny s fleecem a jednotlivých laminátů, dle normy ČSN 80 0810

