



Bakalářská práce

Vlastnosti termicky pojených netkaných textilií vyrobených lisováním

Studijní program:

B0414A270001 Textilní marketing

Autor práce:

Radim Doričák

Vedoucí práce:

Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.

Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

Liberec 2022



Zadání bakalářské práce

Vlastnosti termicky pojených netkaných textilií vyrobených lisováním

Jméno a příjmení:

Radim Doričák

Osobní číslo:

T21000004

Studijní program:

B0414A270001 Textilní marketing

Zadávací katedra:

Katedra hodnocení textilií

Akademický rok:

2020/2021

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou výroby termicky pojených netkaných textilií. Zaměřte se především na proces lisování. Vypracujte rešerši na dané téma.
2. Navrhněte postup výroby netkané textilie s různým obsahem pojivých vláken a s různým postupem přípravy rouna.
3. Na vyrobených vzorcích měřte jejich mechanické vlastnosti. Celý experiment vyhodnoťte.
4. Diskutujte výsledky a navrhněte další postupy řešení daného problému.

Rozsah grafických prací:
Rozsah pracovní zprávy: 30-40 normostran
Forma zpracování práce: tištěná/elektronická
Jazyk práce: Čeština

Seznam odborné literatury:

1. ALBRECHT, Wilhelm, FUCHS, Hilmar, KITTELMANN, Walter. *Nonwovens Fabrics*. Weinheim: Wiley-VCH, 2003. ISBN 3-527-30406-1.
2. RUSSELL, Stephen J. *Handbook of nonwovens*. Cambridge, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
3. JIRSAK, Oldřich, WADSWORTH, Larry. *Nonwoven Textiles*. Durham: Carolina Academic Press, 1999. ISBN 0-89089-978-8.

Vedoucí práce: Ing. Jiří Chaloupek, Ph.D.
Katedra netkaných textilií a nanovláknenných materiálů

Datum zadání práce: 29. října 2020
Předpokládaný termín odevzdání: 5. ledna 2023

doc. Ing. Vladimír Bajzík, Ph.D.
děkan

L.S.

Ing. Roman Knížek, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

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

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

Anotace

Tato bakalářská práce se zabývá mechanickými vlastnostmi a prodyšností netkaných textilií. Pro zkoumání těchto vlastností bylo vyrobeno 6 typů různých vzorků po 2 kusech (12kusů celkem) netkaných textilií za využití bikomponentních vláken. Od každého vzorku bylo vyrobeno 12 kusů předloh, které byly následně měřeny na pevnost v tahu a 6 kusů předloh, na kterých se měřila prodyšnost.

Tato práce je rozdělena do dvou částí. První část je rešeršní, kde budou představeny netkané textilie, způsoby výroby, rozdělení, stroje, výrobní postupy, které jsou zapotřebí při jejich výrobě, význam, stav současného poznání a využití v automobilovém průmyslu

V experimentální části budou definovány parametry nové netkané textilie a technologické postupy výroby vzorků. Následně dojde ke změření mechanických vlastností tažnost a prodyšnost netkané textilie. V závěru práce budou vyhodnoceny výsledky experimentu.

Klíčová slova: netkané textilie, bikomponentní vlákna, vpichování, termické pojení, mechanické vlastnosti, prodyšnost

Annotation

This bachelor's thesis deals with mechanical properties and breathability of non-woven textiles. To investigate these properties, 6 types of different samples 2 piece each (12 pcs in total) of non-woven textiles were produced using bicomponent fibers. From each sample, 12 pieces of prototypes were produced, which were subsequently measured for tensile strength, and 6 pieces of prototypes, on which breathability was measured.

This dokument is divided into two parts. The first part is research, where non-woven textiles, methods of production, distribution, machines, production processes that are needed in their production, meaning, current state of knowledge and use in the automotive industry will be presented

In the experimental part will be defined the parameters of the new non-woven fabric and the technological procedures for the production of the samples. Subsequently, the mechanical properties of the stretch and breathability of the non-woven fabric will be measured. At the end of the work, the results of the experiment will be evaluated.

Keywords: nonwoven fabrics, bicomponent fibers, needling, thermal bonding, mechanical properties, breathability

Poděkování

Na úvod mé bakalářské práce, bych rád poděkoval lidem, kteří mi byli během vytváření bakalářské práce oporou a pomáhali mi při jejím vzniku. Především musím vyzdvihnout přístup pana Ing. Jiřího Chaloupka Ph.D, který mi byl vždy nápomocen. Děkuji Vám za vaši trpělivost, ochotu a čas, který jste mi věnoval. Dále děkuji za kladný přístup a otevřenost zaměstnancům KHT a zaměstnancům KNT. Zároveň bych rád poděkoval i mé rodině, a to hlavně přítelkyni za psychickou podporu a pomoc při tvorbě této bakalářské práce.

Obsah

Seznam symbolů a zkratk	9
Úvod.....	10
1. Rešeršní část	11
1.1 Základní definice.....	11
1.2 Netkané textilie a jejich historie.....	11
1.3 Postup výroby netkané textilie	12
1.3.1 Nejčastější vlákna použita při výrobě netkané textilie	13
1.3.2 Rozdělení dle způsobů výroby a zpevnování vlákenné vrstvy	18
1.3.3 Výrobní technologie	19
1.3.4 Postup přípravy vlákenné suroviny.....	19
1.3.5 Jak se připravuje vlákenná vrstva	19
1.3.6 Co je technologie vpichování?.....	21
1.3.7 Pojení vlákenných vrstev pomocí termického lisování	24
1.3.8 Termické lisování	25
1.3.9 Popis měřených vlastností	26
1.4 Stav současného poznání.....	28
1.4.1 Využití v automobilovém průmyslu	29
2. Experimentální část	30
2.1 Parametry nového složení netkané textilie	30
2.1.1 Typy vláken užitých ve vzorcích	30
2.1.2 Jemnost použitých vláken pro vzorky	30
2.1.3 Poměry vláken, plošná hmotnost vzorků.....	31
2.2 Popis postupu výroby vzorků.....	31

2.2.1	Vážení a směsování vláken.....	31
2.2.2	Mykání na válcovém mykacím stroji.....	32
2.2.3	Proces zpevnění – vpichování.....	32
2.2.4	Proces lisování na termickém lisu a termické pojení vláken	33
2.2.5	Přeměření hmotnosti vyrobených vzorků	35
2.2.6	Stříhání vzorků.....	36
2.3	Měření pevnosti.....	37
2.4	Měření prodyšnosti.....	37
2.5	Vyhodnocení experimentu	38
2.5.1	Vyhodnocení pevnosti vzorků	38
2.5.2	Vyhodnocení prodyšnosti vzorků	42
	Závěr	45
	Seznam literatury	47
3.	PŘÍLOHY	49
3.1	Příloha č.1. Údaje zkoušených variant vzorků	50
3.2	Příloha č.2 grafy a tabulky naměřených hodnot pevnosti v tahu	51
3.3	Příloha č.3 tabulky naměřených hodnot prodyšnosti	63

Seznam symbolů a zkratk

BIKO – bikomponentní vlákno

BP – bakalářská práce

coPES – kopolyesterové vlákno

KHT – katedra hodnocení textilií

KNT – katedra netkaných textilií

NT – netkané textilie

PES – polyesterová vlákna

PP – polypropylenová vlákna

T_m – teplota tání

Úvod

Při práci v automobilovém průmyslu, se setkávám s vývojem netkaných textilií s větším podílem recyklovaných vláken a zkoumám jejich vliv vzhledem k prodyšnosti. NT nalézají v automobilovém průmyslu uplatnění u mnoha dílů, jako například: stropnice, podběhy kol, které slouží ke ztlumení nárazů kamínků a ochraně karoserie, koberce v zavazadlovém prostoru, vzduchové a kapalinové filtry a jiné díly. Jejich široké využití v automobilovém průmyslu bylo mou hlavní inspirací pro rozšíření znalostí v tomto tématu. Avšak i za hranicemi automobilového průmyslu naleznou NT využití jako potřeby osobní hygieny, geotextilie, zdravotnické textilie, obuvnické textilie aj.

Cílem práce je vytvořit termicky pojenou NT, ověřit vliv materiálových a procesních parametrů na její vlastnosti. Materiálovými parametry jsou: typy vláken, poměr směsí a plošná hmotnost, respektive objemová hmotnost. Procesními parametry jsou: hloubka vpichu, počet vpichů na jednotku plochy, teplota a podmínky termického lisování.

Tato práce je rozdělena do dvou částí. První část je rešeršní, kde budu představovat NT, způsoby výroby, rozdělení NT, stroje a výrobní postupy, které jsou zapotřebí při jejich výrobě, význam a vlastnosti, stav současného poznání a využití v automobilovém průmyslu.

Druhá část je experimentální, kde budu definovat parametry NT k pokusu. Budu popisovat technologické postupy, jak budou vyrobeny vzorky. Následně dojde ke změření mechanických vlastností tažnosti a prodyšnosti. V závěru práce budu vyhodnocovat výsledky experimentu a budeme diskutovat nad výsledky.

1. Rešeršní část

První část práce bude věnována rešerši, a to představení NT, jejich historii, jak se vyrábí, jak se dají rozdělit, potřebné stroje pro výrobu vlákenné vrstvy a technologie mykání. Následovat bude popis zlepšení mechanických vlastností pomocí technologie vpichování a termické pojení vlákenné vrstvy lisováním za tepla. Ke konci rešeršní části se budeme zabírat i mechanickými vlastnostmi – pevnosti v tahu. Následuje kapitola prodyšnosti. V závěru této části bude uvedeno možné využití definované NT. Bude popsán stav předchozího experimentu, definice parametrů pro nový experiment, zároveň okrajově popíšeme využití v automobilovém odvětví.

1.1 Základní definice

NT jsou produkty, které jsou zastoupeny ve velkém množství v různých odvětvích. Vytváří se různými technologiemi a dnes tvoří širokou škálu sortimentu. Neustálým vývojem technologie výroby, změnou struktury a vývojem finálních produktů NT, dochází i ke změnám a přeformulování definice NT.

Dle posledních dohledaných oficiálních informací se jedná o tuto definici: „*Netkaná textilie je vrstva vyrobená z jednosměrně nebo náhodně orientovaných vláken, spojených třením a/nebo kohezí a/nebo adhezí s výjimkou papíru a výrobků vyrobených tkaním, pletením, všíváním, proplétáním nebo plstěním*“. [4]

Několik lidí specializovaných v oboru NT nesouhlasí s touto definicí, je tedy možné, že se v brzké době definice změní. Definice opomíjí různé moderní technologie výroby.

1.2 Netkané textilie a jejich historie

Tyto informace uvádíme proto, abychom si uvědomili, jak se sektor NT vyvíjí po krátkou dobu. První známky úprav kožešin, výroby prvních dřevěných jehlic datujeme již k první generaci člověka homo sapiens.

První zmínka o NT se dle archeologů datuje kolem roku 4 tisíce let př.n.l., kdy tehdejší lidé používali různé plstěné srsti jako příkrývky, či podložky do chladných příbytků. Jejich výroba probíhala obdobně jako dnes, kdy se za působení vody a mechanického namáhání zplstili první NT ze zvířecí srsti, jedny z prvních tehdy

dostupných přírodních vláken.

První zmínka o mechanickém zpevnění NT pomocí vpichování pochází z 15. století, kde se mluví o „*vpichovaných stezích*“, které se používaly ke zdobení církevních oděvů. K masovému rozšíření vpichovaných textilií došlo koncem roku 1949. [6]

V počátku 60. let 20. století se produkce NT zaměřuje na produkty, které nelze vyrábět jinými technologiemi než těmi, které jsou určené výhradně pro výrobu NT. Jsou to například: různé filtry do automobilů, filtry do vzduchotechniky budov, zdravotnické produkty – roušky, které zachytávají mikročástice prachu a bakterií ve vzduchu atd. NT jsou stále na vzestupu a jejich produkce se každý rok zvyšuje. Produkce NT v České republice byla v roce 2010 cca 140 000 t. V roce 2020 byla už cca 203 000 t. To značí, že za 10 let v ČR vzrostla produkce o 4,5 % každý rok [5]. Nárůst produkce je způsoben zejména rostoucím technologickým pokrokem, a hlavně vývojem nových produktů.

Tento sektor se s příchodem nanotechnologie stal ve 21. století velmi významným a je centrem pozornosti spousty investorů. Dnes je to nejrychleji se vyvíjející segment textilního odvětví.

1.3 Postup výroby netkané textilie

V této kapitole bude vysvětlený základní postup při výrobě NT. Představení vláknenných surovin použitých při výrobě, jakým způsobem se připravuje vláknenná vrstva, jaké jsou známé technologie výroby. Následovat bude rozdělení dle technologie výroby. Závěrem této kapitoly bude rozdělení dle využití NT.

Základní postup pro výrobu NT se dá shrnout do těchto činností:

- 1) Příprava vláknenných surovin
- 2) Výrobní technologie
 - a. Příprava vláknenné vrstvy
 - b. Zpevnění vláknenné vrstvy
 - c. Ořezání okrajů, řezání, případně navíjení
- 3) Finální úprava, případně další vrstvení, provrstvování a jiné úpravy. [4]

1.3.1 Nejčastější vlákna použita při výrobě netkané textilie

V této části popíšeme informace o základním stavebním materiálu, který je použit, pro vytvoření vlákenné vrstvy NT. Jedná se o chemická vlákna a jejich různé kombinace. Základní stavební materiál říkáme proto, že jsou to nejběžněji dostupná vlákna, ze kterých se dá cílový produkt vyrobit a stále zůstane cenově atraktivní. Nejčastěji použitá vlákna při výrobě jsou hlavně syntetická, která jsou nejvhodnější pro termické pojení vlákenných vrstev. Tato vlákna jsou převážně polypropylenová vlákna (PP), polyesterová vlákna (PES), konjugovaná vlákna/ bikomponentní vlákna (BIKO). BIKO vlákna budeme popisovat hlavně typ C/ S, které jsme použili při tvorbě nových vzorků, které jsou zadáním této BP. Okrajově popíšeme i vlákna BIKO S/ S a M/ F.

Syntetická vlákna

Většina vláken užitých při výrobě NT jsou syntetická. Jejich podíl z celkové produkce je více jak 90 %. Syntetická vlákna se rozdělují do 3 skupin, dle způsobů získávání polymeru. A to vlákna vyrobená z přírodních polymerů, syntetických polymerů a z organických polymerů. Vlákna vytvořená za pomoci chemických reakcí různých polymerů. Vznikají finální vlákna s požadovanými vlastnostmi. Jelikož jsou syntetická vlákna dobře ovlivnitelná při jejich tvorbě, může si zákazník vytvořit vlákno dle předem nadefinovaných vlastností, které má požadované vlákno splňovat. A tak vznikla první masově vyráběná syntetická vlákna. V roce 1941 to byl polyester (PES) a v roce 1960 byl objeven první polypropylen (PP) [7]. Pro svou nejlepší charakteristiku (výborné vlastnosti pevnosti a pružnosti) se ve světě nejvíc využívá vlákna PP – 63% zastoupení vláken.



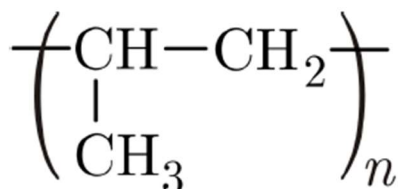
Obr. 1 Zastoupení základních typů vláken ve výrobě netkaných textilií [3]

Tab.1 Základní přehled teplot měknutí, tání a tepelné odolnosti vláken PP a PES. [4]

Vlákno	Teplota měknutí	Teplota tání	Tepelná odolnost
Polypropylenová vlákna	145-155 °C	165-170 °C	110 °C
Polyesterová vlákna	230-250 °C	256-260 °C	180-200 °C

Polypropylenová vlákna: (PP)

PP vlákno bylo vyrobeno kolem roku 1958 a tak je z polymerů nejmladší. Tato vlákna se vyznačují hlavně velmi vysokou pevností a pružností. Jsou velmi bikompatibilní (složení ze složky A a složky B) a mají výbornou odolnost vůči chemikáliím. Jsou to vlákna, které jsou hydrofobní (nenasávají vodu). Jejich použití nevyvolává alergie. Vlákna jsou také lipofilní, což znamená že velmi dobře k sobě vážou tuky – mají dobré fyziologické vlastnosti. PP vlákna mají nejmenší specifickou váhu ze syntetických vláken. Uplatnění se najde třeba ve zdravotnictví, a to jako chirurgické nitě. Jejich negativní vlastností je špatná barvitelnost (přidávají se barviva do hmoty již při vzniku vlákna, pozdější obarvení není účinné), snadná hořlavost. Při dlouhém působení olejů jsou nestabilní a rozpadají se. Jejich teplota měknutí začíná v rozmezí 145–155 °C, teplota tání je 170 °C a tepelná odolnost je 110 °C. Právě kvůli těmto hodnotám, jsou PP vlákna výbornými pojivy při tvorbě NT. [4]

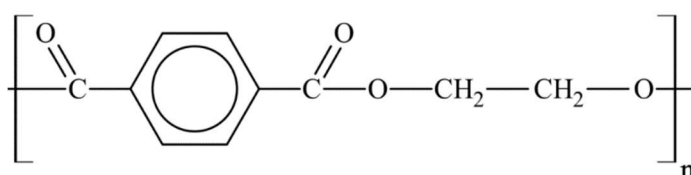


Obr. 2 Chemický vzorec polypropylenu [4]

Polyesterová vlákna (PES)

PES vlákno je na světě nejpoužívanější typ syntetického vlákna v celém textilním průmyslu, a tak se vyskytuje již snad ve všech produktech. Vlákno bylo vyrobeno průmyslově v roce 1941. Toto vlákno je cenově velmi dostupné. Běžně se vyskytuje například v oděvech, bytových textiliích, zdravotnictví atd. Výroba probíhá převážně zvláknováním z taveniny na bázi kondenzačních polymerů. Stojí na základu polymeru polyethyltereftalát, tento polymer obsahuje kyselinu tereftalátovou a etylenglykol. K pozitivním vlastnostem můžeme zařadit snadnou údržbu, tvarovou stabilitu, zároveň

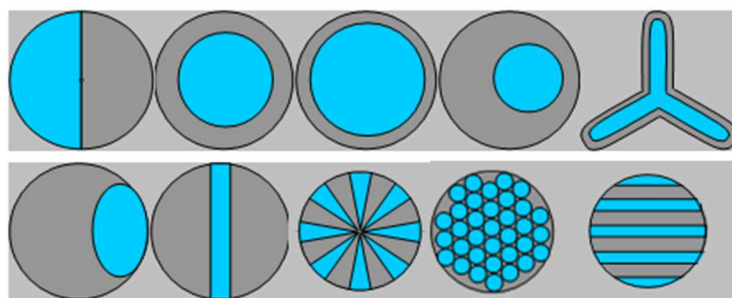
se dobře mísí s ostatními vlákny. Vlákna se obtížně barví, zároveň se dobře potiskuje a snadno se udržuje. PES vlákna mají dobrou odolnost proti chemikáliím včetně dlouhodobého působení, s výjimkou silných kyselin a zásad. Hlavním negativem tohoto vlákna je jejich žmolkovatost a hydrofóbnost, jež způsobuje špatné sorpční vlastnosti. Zadržuje statický náboj v nízkých vlhkostech prostředí. PES vlákna trpí fibrilací – rozštěpení konců vláken. Teplota tání je 256 °C, tepelná odolnost se pohybuje v rozmezí 180–200 °C. Neznámější česká značka, která pracuje s PES vlákny je Tesil. [4]



Obr. 3 Chemický vzorec polyethyltereftalátu [4]

Bikomponentní vlákna (BIKO) – pojivo

Bikomponentní/ konjugovaná vlákna neboli více komponentní vlákna. Vlákna se skládají minimálně ze dvou rozdílných polymerů. Využívají se při výrobě NT jako pojiva. Za masivním rozšířením využívání BIKO vláken, můžeme považovat rok 1986, kdy firma Neumag, výrobce strojů pro syntetická vlákna, vyrobila stroj, pro jednoduchou tvorbu BIKO vláken. Tou dobou byla nouze o zaručení stejnoměrného pojení vlákenných pavučin v celé tloušťce budoucí netkané textilie. Nejčastější výroba BIKO, se kombinuje z výše a níže tající polymerní složkou A a B. Nejběžnější užití jako výše tající složka je PES a jako níže tající složka buď coPES, nebo PP. Tyto vlákna se vyrábějí hlavně zvláknováním dvou různých polymerů za pomoci speciálních zvláknovacích hubic. Tyto speciální hubice mají takový tvar, aby polymery zvláknovaly v požadovaném finálním rozložení příčného tvaru. Malá definice příčných tvarů viz obr. 4. [4]



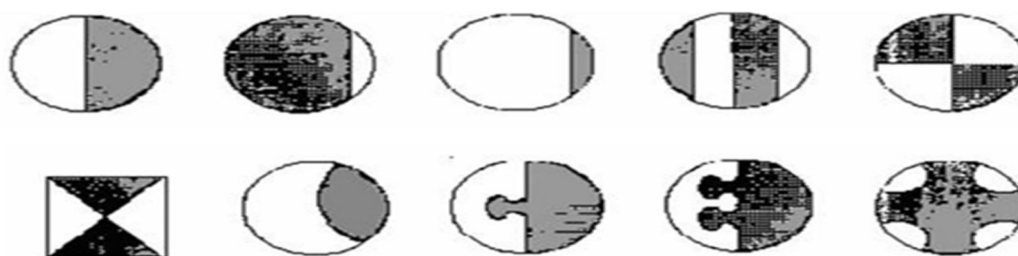
Obr. 4 BIKO vlákna a jejich možné tvary [8]

Nejvíce využívané kombinace pojiv polymeru BIKO vláken jsou: PES jádro (T_m 256 až 260°C) a coPES obal (T_m 110 až 220°C); PP jádro (T_m 175°C) a PE obal (T_m 130°C), PES jádro (T_m 256 až 260°C) a PE obal (T_m 130°C). BIKO vlákno. je důležité přidávat již do procesu výroby vlákenné pavučiny, kdy dochází k mísení vláken, které jsou následně termicky spojeny, důležité je, aby došlo k rovnoměrnému promísení vláken, aby byl účinek pojiv využit v nejlepším možném měřítku [3].

Typy BIKO vláken

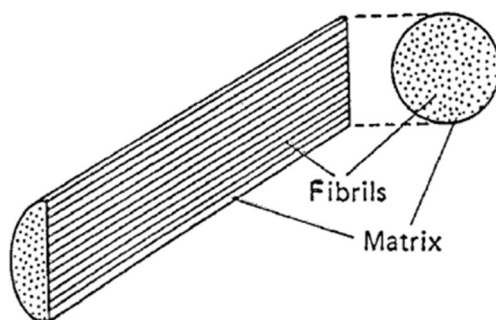
BIKO vlákno rozdělujeme dle příčného řezu vláknem. Kdy je důležité, jaký tvar jádro a jeho složky vůči sobě zaujímají. Jedno z nejčastěji využívaného BIKO vlákna je S/ S – angl.: SIDE by SIDE – bok po boku, dále C/ S neboli CORE/ SHEATH – jádro/ plášť (obal), anebo M/ F – Matrix/ Fibril – matrice/ vláknina. Pro termické pojení jsou relevantní typy bok po boku S/ S a jádro/ plášť (obal) C/ S.

Vlákno typu S/ S – bok po boku, kdy obě složky tohoto vlákna jsou rozdělené dle podílů v řezu vlákna na dvě a více oblastí. Vlákno je složeno ze složek s rozdílnou sráživostí a bobtnavostí. Tyto složky mají dobrou přilnavost, jinak bychom vytvořili dvě rozdílná vlákna s rozdílným složením. Geometrické uspořádání je asymetrické, dosahuje se trojrozměrného obloučkování v průběhu termického pojení, díky rozdílu termického srážení těchto složek.



Obr. 5 BIKO vlákna typu S/ S a jejich možné tvary [9]

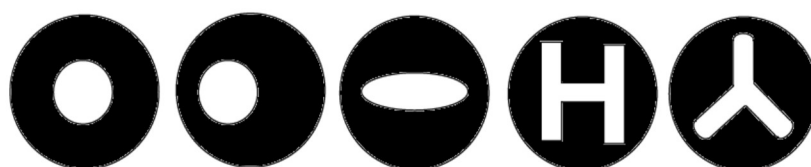
Vlákno typu M/ F matrice/ vláknina taky označené jako ostrovy v moři. Je vyrobené ze dvou polymerů, které se spojují dříve, než dojde ke společnému zvláknění, tím dojde k proniknutí krátkých a velmi dlouhých vláken do matrice. U tohoto typu vláken se změni vlastnosti obou složek. Tento typ BIKO se využívá k tvorbě velmi jemných vlákenných struktur např.: vysoce kvalitních syntetických usní.



Obr. 6 BIKO vlákna typu M/ F [9]

Vlákno typu C/ S jádro/ plášť (obal) můžeme popsat jednoduše jako jádro, které je zcela schované (obalené) do pláště (obalu). Jádro je převážně vyosené, nebo jinak tvarované, kdy velmi záleží na požadavku výsledných vlastností finálního produktu. Je velmi důležité, aby vlákno bylo vyrobené ze dvou složek s různou teplotou tavitelnosti. Rozdíl v teplotě tání u jádra-plášť PE/ PP je asi 40 °C. U vláken coPES/ PES, obal taje při 100–110 °C, zatímco jádro taje při 250–256 °C.

Vlákna typu coPES/ PES tvoří silné primární vazby samy mezi sebou, a proto jsou vhodné pro použití při tvorbě struktury se základními vlákny. Zde právě závisí na typu základních vláken. Vlákna je možné upravit tak, že mezi BIKO vlákny jsou tvořeny sekundární vazby. Příkladem jsou vlákna PE/ PES, které mají velký rozdíl mezi teplotou tání obalů PE (125–135 °C) a jádra PES (250–256 °C) a tím přináší řadu výhod při termickém pojení netkaných textilií. Mezi tyto výhody patří zejména široká škála pojících teplot, které mohou být snášeny, dokud není jádro ovlivněno teplotní škálou [1].

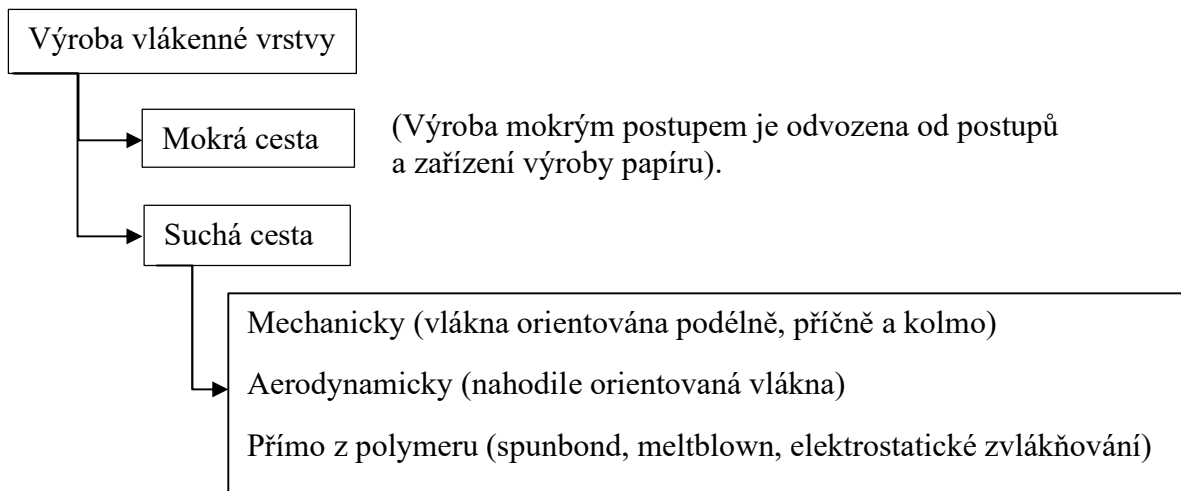


Obr. 7 BIKO vlákna typu C/ S [9]

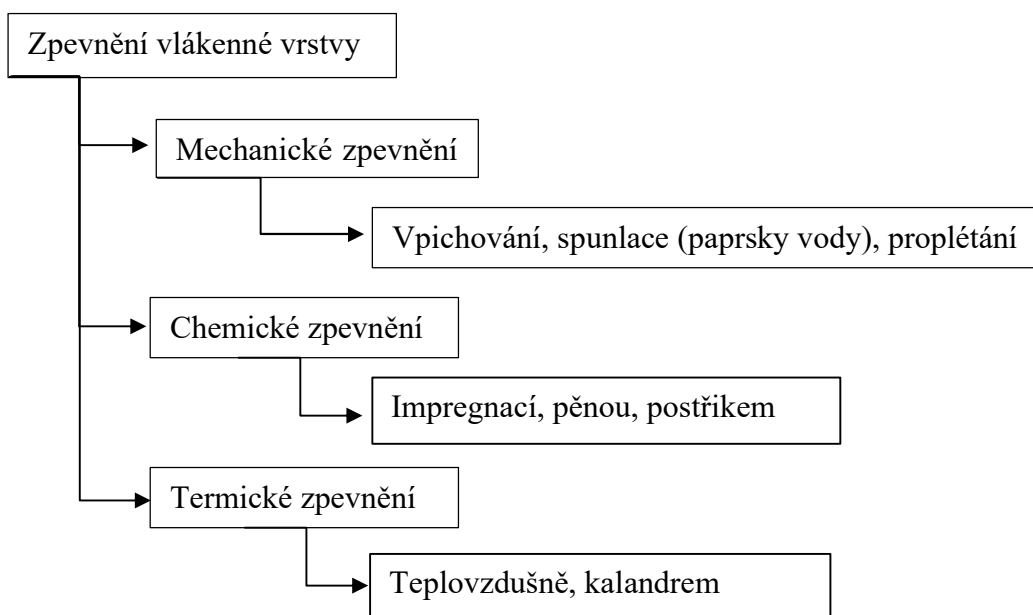
Pan Russell uvádí největší producenty bikomponentních vláken a technologií výroby netkaných textilií jako například: Fibre Inovation Technology (USA), Wellman International (Irsko). V České republice to může být třeba firma PFNonwovens s.r.o. [3]

1.3.2 Rozdělení dle způsobů výroby a zpevňování vláknenné vrstvy

Základní dělení postupů tvorby netkaných textilií dle technologie výroby vláknenné vrstvy a dle následného zpevnění vláknenné vrstvy je uvedeno na schématech níže. [4]



Základní dělení následného zpevnění vláknenné vrstvy je následující:



1.3.3 Výrobní technologie

V této kapitole představíme výrobní proces NT suchou cestou. Tento proces začíná přípravou vlákenné suroviny, následuje tvorba pavučiny za pomoci mykacích válcových strojů, vrstvení pavučiny, vpichování a až jako poslední operace termické lisování a pojení vlákenné vrstvy.

1.3.4 Postup přípravy vlákenné suroviny

Vlákennou surovinou, potažmo vlákna, která můžeme použít k výrobě NT, musí být k tomu vhodná. Různou kombinací jejich poměrů, dojde z části ke změně požadovaných cílových vlastností.

Jako vlákenná surovina se v největším poměru při tvorbě NT využívají PP vlákna a PES vlákna, viz kapitola: 1.3.1 obr.1. V našem případě jsme využili pro experiment BIKO vlákno – PES jádro (jako pevnější a polymer s vyšší teplotou tavení) a obal coPES (jako nízko tající složka).

Za přípravu vlákenné suroviny považujeme procesy a postupy jako jsou: přeprava a zařazení materiálu do procesu výroby NT. K tomu musíme vhodně zvolit postup. Úkony jako otevírání balíků, které obsahují vlákennou surovinu, postupné rozvolňování suroviny z balíků, dávkování do podavače výrobní linky, nebo stroje, následuje mísení vláken. Aby došlo k co možná nejlepšímu mísení vláken jednoho typu s druhým typem, doporučujeme vlákennou surovinu promísit aspoň 2x-3x.

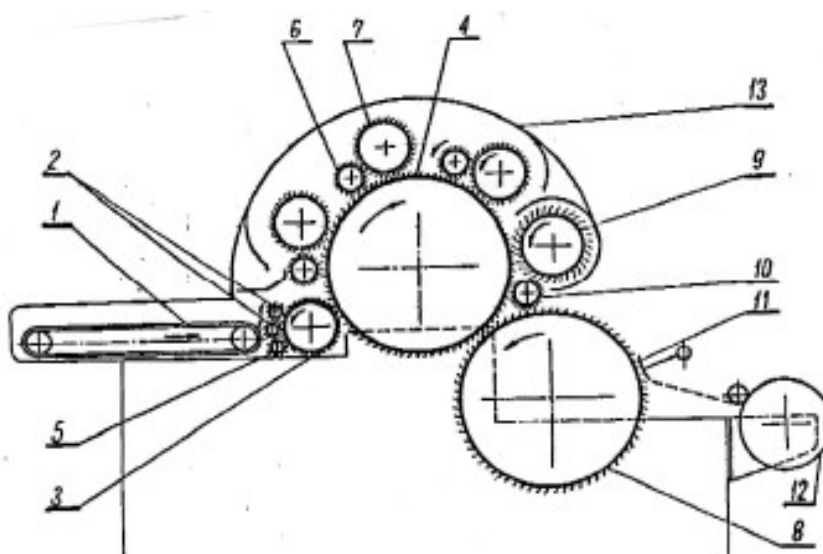
1.3.5 Jak se připravuje vlákenná vrstva

V této části uvedeme, jak probíhá výroba vlákenné vrstvy suchou cestou za pomoci mechanického stroje. Výrobní postupy znamenají, že výrobním procesem dojde k vytvoření požadovaného produktu. V našem případě vlákenná vrstva pavučiny a ta se následně vrství do více vrstev.

Vlákenná vrstva – pavučina se vyrábí hlavně za pomoci mykacích válcových strojů, speciálně vyvinutých mykacích zařízení, anebo rovnou za pomoci speciálních průmyslových mykacích linek pro tvorbu vlákenných vrstev pro NT.

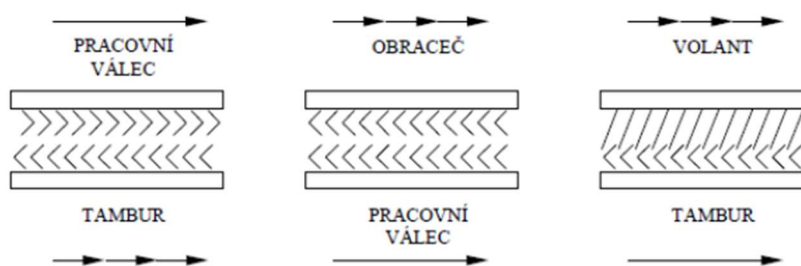
Mykací válcový stroj funguje na principu uložené soustavy válců, které mají na povrchu drátky, nebo jemné zoubky (pilky). Tyto povrchy válců jsou v různých

kombinací uloženy do velké sestavy válců pro mykací stroj. Tak jako můžete vidět na obr. 8. Hlavní úkol těchto povrchů je sjednotit, napřímit a zároveň promísit vlákna do finální vlákenné vrstvy – pavučiny. Nejdůležitější operace je mykání, které probíhá mezi tamburem a pracovním válcem, kdy jednotlivé povrchy válců pročesávají vstupní surovinu. Dále snímání, které probíhá mezi obracečem a pracovním válcem a v závěru musí dojít k povytažení, které probíhá mezi volantem a tamburem, tak aby mohlo dojít k odebrání vlákenné vrstvy z pracovního procesu. Finálním procesem je navíjení pavučiny na válec, zde se navíjí pavučina po tenkých vrstvách, což můžeme považovat za vrstvení materiálu.



Obr. 8 Schéma válcového mykacího stroje: 1 – podávací pás, 2 – podávací ústrojí (spodní a horní podávací válec), 3 – přenosový válec, 4 – tambur, 5 – kryt, 6 – obraceč, 7 – pracovní válec, 8 – snímací válec, 9 – volant, 10 – volantový snímač, 11 – sčesávací pilka, 12 – navíjecí válec, 13 – kryt mykacího stroje [2]

Tvary a rychlosti jednotlivých povrchů v popsáných operacích:



Obr. 9 Pracovní povrchy mykacího stroje a směry rychlosti pohybu válců [4]

Pracovní povrchy mykacího stroje se liší dle typu a tloušťky drátků, tvarem a počtem na plochu válce. Nejvyšší životnost mají pilkové povlaky, a proto se nejvíce využívají.

Nejúčinnější mykací proces je takový, ve kterém je velký počet pracovních drátů/hrotů na pracovní plochu válce. Následně musí být velké rozdíly obvodových rychlostí mezi tamburem a pracovními válci a dále musí být nejtěsnější sesazení pracovních povrchů válců. Samozřejmě existuje přímá závislost mezi nastavením povrchů válců a úpravy vlákenné suroviny. U vlákenné suroviny je účinek závislý na délce stříže, povrchové úpravě vlákna, na tvaru hrotů, nebo drátků a dalších parametřů.

Základním účelem mykacího válcového stroje je postupné mísení vlákenné suroviny (např. složka A a složka B), sjednocování malých chomáčků vlákenné suroviny, a jejich uspořádání do jednoho směru, většinou ve směru výstupu pavučiny. Vlivem tohoto nasměrování vláken jsou velmi rozdílné vlastnosti vlákenné vrstvy v různých směrech. Je vhodné tento proces několikrát opakovat tak, aby došlo ke stejnoměrnému rozložení vláken PES a vláken PES/ coPES.

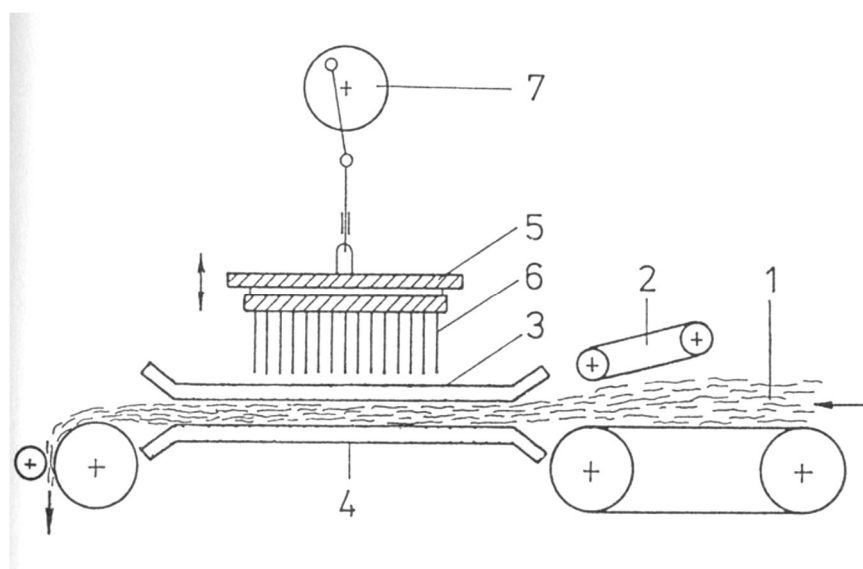
Mykací stroj při výstupu pavučiny z mykacího procesu navíjí tenkou vlákennou vrstvu na navíjecí válec. Při této operaci dochází k vrstvení vlákenné vrstvy na sebe. Každá NT je složena z několika vrstev na sebe uložených pavučin. Tímto způsobem můžeme navinout několik vrstev na sebe a dosáhnout požadované plošné hmotnosti.

1.3.6 Co je technologie vpichování?

Technologie vpichování znamená mechanické vpichování jehel s ostny do vlákenné vrstvy v předem definovaném počtu a rychlosti. Tímto způsobem dojde k přeorientování části vodorovně urovnaných vláken do kolmého směru, tak aby se upravili vlastnosti netkané vrstvy. Při vpichování dochází k částečné redukci tloušťky vlákenné vrstvy, přeorientování směru některých vláken z podélného na kolmý a ke změna délky a šířky výstupné vlákenné vrstvy po mechanickém zpevnění.

Postup spočívá v přivedení vlákenné vrstvy mezi dva perforované vodorovné rošty vpichovacího stroje, kde se v nastavené frekvenci otáček stroje pohybuje jehelní deska, ve které jsou umístěny ostnaté jehly kolmo k vlákenné vrstvě. Jehly pronikají skrz vlákennou vrstvu a jejich ostny stahují vlákna do perforovaného roštu a mění tím směr

uložení vlákna. Výše zpevnění vlákenné vrstvy je závislá na počtu vpichů v jednotce plochy vrstvy.



Obr. 10 Schéma vpichovacího stroje: 1 - vlákenná vrstva, 2 - vstupní ústrojí, 3 stěrací rošt, 4 - opěrný rošt, 5 - jehelná deska, 6 - vpichovací jehla, 7 - pohon jehelné desky [4]

Dva základní parametry pro vpichování jsou:

1. Počet vpichů na jednotku plochy textilie

$$V_p = \frac{a f p}{v}, \quad (1)$$

kde V_p - je počet vpichů ($1/m^2$)

a - celkový počet jehel na 1m vpichovací desky (ve všech řadách dohromady)

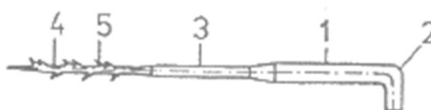
f - frekvence desky (s^{-1})

p - počet průchodů textilie strojem

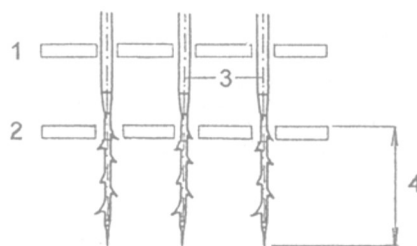
v - rychlost odvádění textilie ($m.s^{-1}$)

2. Hloubka vpichu

Vzdálenost špiček jehel od pracovní plochy opěrného roštu, kdy jsou jehly v dolní poloze. Hodnota je uvedena v milimetrech. Nejběžnější hloubka vpichu se používá v rozmezí od 5 mm do 25 mm. V našem případě bylo zvoleno 2mm a 5mm.



Obr. 11 Vpichovací jehla - 1 - stvol, 2 - kolínko, 3 - redukována část, 4 pracovní část, 5 - osten [8]



Obr. 12 Měření hloubky vpichu: 1 - stírací rošt, 2 - opěrný rošt, 3 – vpichovací jehla,
4- hloubka vpichu [8]

K menšímu ovlivnění dochází i vlivem volby jehly – typ a způsob rozmístění, dále tahové vlastnosti, délka, jemnost a povrchové vlastnosti vláken, ale tyto parametry nebudeme uvádět. Jejich vliv je zanedbatelný.

Vpichováním dochází k ovlivnění soudržnosti vlákenné vrstvy, a to hlavně změny třecích sil mezi vlákny. Při vpichování do vlákenné vrstvy se vlákna přeorientovávají z vodorovného směru do směru působení síly vpichovací jehly. Během toho se vlákna k sobě přitlačují, tím se zvětšuje třecí plocha a současně vzájemná přitlačovací síla vláken.



Obr. 13 závislost tloušťky a pevnosti vpichovaných textilií na parametrech vpichování
[4]

1.3.7 Pojení vláknenných vrstev pomocí termického lisování

V této kapitole bude uvedeno zpevnění vláknenných vrstev pojivy ve formě pevných polymerů, nebo kopolymerů. Budeme se zaměřovat hlavně na užití BIKO vláken.

Hlavní podstatou procesu při užití BIKO vlákna je

- vyrobit vláknennou vrstvu ze směsi základních a pojivých BIKO vláken. (dvou složkové vlákno o obsahu níže tajícího a výše tajícího polymeru)
- tavení pojiva zvýšením teploty vrstvy při lisování (tím dojde k započatí tavení složky s nižší teplotou tání a prolnutí/ spojení se základními vlákny)
- formování pojivých míst (rozliv složky s nižší teplotou tání a vznik pevných vazeb složky A s obsahem složky B a základními vlákny)

BIKO vláknenná pojiva se připravují zvlákněním a před procesem mykání se vkládají do základních vláken. Tím dochází k rovnoměrnému promísení základních vláken a BIKO vláken.

Ve světě se nejvíce využívají pojiva s níže tající monokomponentní, nebo BIKO vlákna, Tyto vlákna musí mít specifické vlastnosti vhodné při užití technologie teplovzdušného pojení lisováním [4]:

- a) Vlákna musí být odolná vůči tepelné a tepelně-oxidační degradaci při teplotě pojení.
- b) Vlákna musí mít správně zvolenou teplotu tání – nižší tající složka A, vyšší tající složka B a základní vlákna. Zároveň musíme brát v potaz tepelnou odolnost výrobku zmíněnou v bodě a. Aby během výroby a následně při užívání nedošlo k roztavení složky A a rozpojení vláknenné vrstvy, tím pádem rozpadu produktu.
- c) Nižší viskozitu tavení – zajistíme zvolením polymeru s nižší molekulovou hmotností a vyšším indexem toku. Při vysoké viskozitě se špatně formují pojivá místa.
- d) Vlákna musí mít lepší adhezi k základním vláknům, aby došlo k přilnutí jedné složky ke druhé.

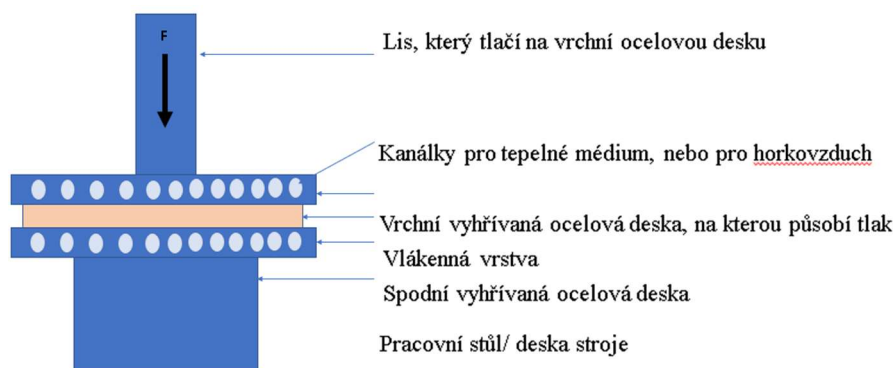
1.3.8 Termické lisování

V této kapitole bude uvedeno částečné spojení vláken ve vlákenné vrstvě za pomoci termického lisování. Termické lisování znamená slisování NT vrstvy za pomoci vyhřívaného lisovacího přístroje.

Proces termického lisování je následovný: vlákenná vrstva, která se musí skládat ze směsi základních a pojivých vláken, je vložena do mezery mezi dvě ocelové desky. Jedna, nebo obě ocelové desky musí být vyhřívány. Vlákenná vrstva je následně stlačena mezi tyto dvě ocelové desky. Jelikož jsou desky vyhřívány na požadovanou teplotu, která musí být nastavená nad nejnižší teplotu tání pojivé složky, dochází k částečnému tavení polymeru nízkotající složky, nebo je ve viskoelastickém stavu. Pojivo se následně vlivem tepla a tlaku rozlévá přes ostatní vlákna a dochází k tvorbě pojivých míst. Po ukončení této fáze dochází k ochlazení, kdy zformovaná pojivá místa ztuhnou a vlákenná vrstva je daleko více soudržnější.

Ocelové desky termického lisu musí být z kvalitní oceli, tak aby docházelo k rovnoměrnému rozvodu tepla v celé ploše. Tyto desky mohou být vytápěny buď horkým vzduchem, nebo musí být uzpůsobeny pro rozvod tepla pomocí oleje, nebo přehřáté vody. Tyto desky jsou konstruovány převážně pro vyhřívání do 250°C.

Vlákenné vrstvy mohou při tomto způsobu pojení být připravené i jiným způsobem pojení, jako například: mřížka, nebo membránová folie z termoplastického polymeru, která je vložena mezi dvě vlákenné vrstvy základních vláken. Tato folie musí být perforovaná, jelikož při teplovzdušném pojení, je nutná propustnost vzduchu vlákennou vrstvou.



Obr. 14 Termický lis s vyhříváním v ocelových deskách.

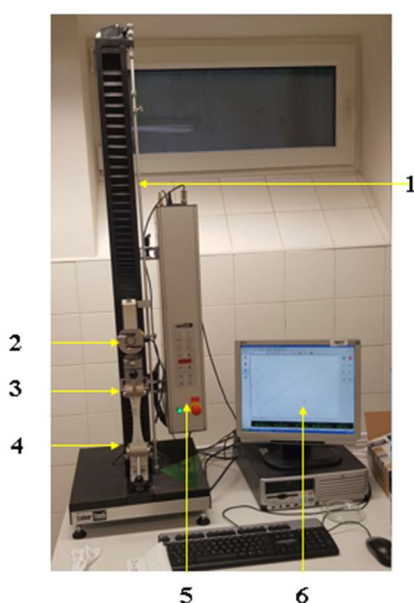
1.3.9 Popis měřených vlastností

U NT se jako nejčastější parametr měří její pevnost v tahu a prodyšnost. Tak aby bylo možné zvolit její následné možnosti užití.

Pevnost v tahu

Tato vlastnost nám říká, jakou sílu je schopný materiál přenést v tahu, než dojde k porušení jeho vnitřní stability. K překročení hranice, kdy už je materiál zdeformován. Udává se v N (newton).

Měření pevnosti:



Obr. 15 Přístroj pro měření pevnosti a tažnosti vzorku labtech. 1 – vodící tyč na které jsou umístěné dorazy a koncové spínače, 2 – siloměrný snímač, 3 – vrchní upínací čelist, 4 – spodní upínací čelist, 5 – tlačítkové ovládání přístroje, 6 – počítač s digitálním ovládáním a softwarem pro převod hodnot

Prodyšnost

Je vlastnost, kterou říkáme, jak dokáže měřený materiál propustit vzduch skrz plochu. Prodyšnost byla prvně brána jako koeficient, kolik vzduchu prochází skrz materiál na jednotku času. Dnes se měří dle platné normy ČSN EN ISO 9237 a udává se jako rychlost vzduchu procházejícího skrz materiál při daných zkušebních podmínkách.

Prodyšnost můžeme ovlivnit změnou následujících parametrů: tloušťka finální

vrstvy, tvar materiálu, objemová hmotnost, typ povrchové úpravy materiálu, počet navrstvených materiálů, tloušťka vzduchových mezer mezi materiály, hustota protkaných, nebo propletených přízí.

Měření prodyšnosti

Měření probíhá tak, že je změřeno množství vzduchu, které prochází skrz materiál za určitý čas a testovací ploše, měřeno za standardizovaného tlakového spádu. Velikost testovací plochy závisí na přístroji, jak má velkou testovací plochu. Nejčastěji najdeme od 25cm² do 55cm². Standardizovaný normální atmosférický tlak je 1013,25hPa

Prodyšnost:

$$W = \frac{100 \cdot Q}{36 \cdot S}, \quad (2)$$

kde W – je prodyšnost (l m⁻²s⁻¹)

Q – je měřený průtok vzduchu (l hod⁻¹)

S – zkušební plocha (cm²)

Porózita:

$$p = \frac{Q}{Q_0} * 100, \quad (3)$$

kde p – je porózita

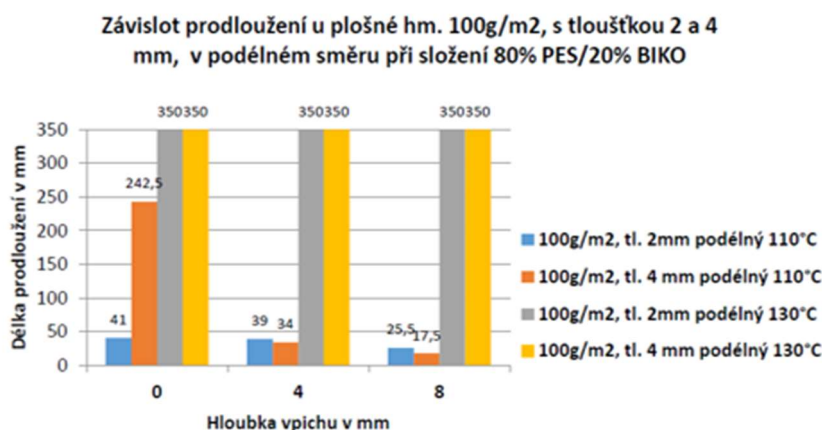
Q – je měřený průtok vzduchu (l hod⁻¹)

Q₀ – je měřený průtok vzduchu bez vzorku (l hod⁻¹)

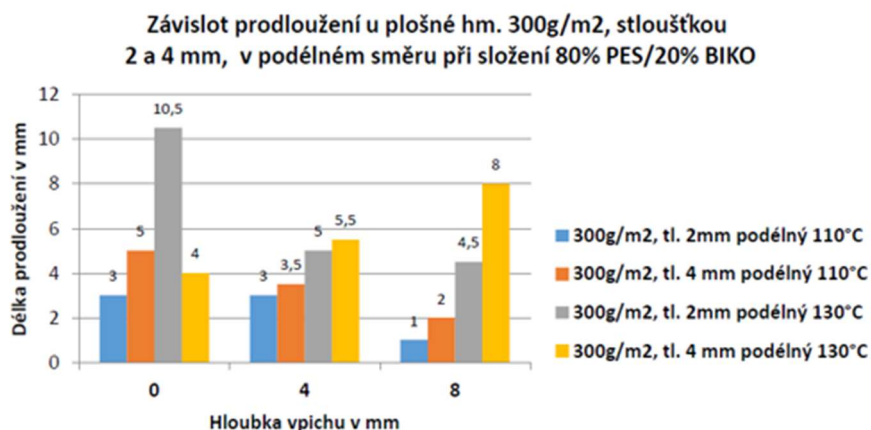
1.4 Stav současného poznání

Ze závěru bakalářské práce Martikana[1] vyplývá, že nejméně pevné zkoumané vzorky byly ve složení 80% PES/20 % BIKO, tloušťky NT 4mm, s definovanou plošnou hmotností $100\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, při volbě hloubky vpichu 0mm, tedy žádné vpichování, teplota pojení byla 130°C a uložení vláken v podélném směru. Nejpevnější vzorky byly ve složení 80% PES/20 % BIKO, tloušťky NT 2mm, s definovanou plošnou hmotností $300\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$, při volbě hloubky vpichu 8mm, teplota pojení byla 110°C a uložení vlákna v podélném směru.

Z experimentu Martikana[1] vyplývá následující: volba finální plošné hmotnosti velmi ovlivňuje výslednou pevnost a prodloužení. Tloušťka vzorků má vliv na délku prodloužení a hloubka vpichu má přímý vliv na pevnost vzorku. [1]



Obr. 16 Mechanické vlastnosti vzorků s parametry uvedenými v názvu grafu [1]



Obr. 17 Mechanické vlastnosti vzorků s parametry uvedenými v názvu grafu [1]

Z tohoto závěru lze vyvodit neprobádanou oblast, a to při definici vstupních parametrů pro výrobu vzorku: plošnou hmotnost 200 g.m^{-2} , volba hloubky vpichu 0 mm, 2mm a 5mm, tloušťky NT 2mm, teplotu pojení nastavit na 120°C . Navázat na zkoumané mechanické vlastnosti pevnost a pokračovat dále s prodyšností.

1.4.1 Využití v automobilovém průmyslu

Komponenty moderních automobilů, obsahují rok od roku více NT, a tak zaujímají v automobilovém průmyslu čím dál tím větší místo. V současných automobilech je zhruba 30–70 výrobků z NT. Různé díly jako filtry, potahy sedaček, polstrování, izolace, odhlučnění, výplně dveří, stropnice, tlumicí vrstvy z recyklovatelných textilií, koberec v podběžích kol – chrání karoserii před odíráním se od kamenů a tlumí hluky. [2]

Hlavními požadavky na textilie pro automobily jsou malé plošné hmotnosti, geometrická stabilita, vyšší pevnost, zároveň musí NT dokázat velmi významně tlumit hluky a pohlcovat vibrace, které vznikají při provozu aut. Tyto produkty dokáží poskytnou tepelnou izolaci. V nejnovějších požadavcích se začaly vlivem nástupu elektrických automobilů ve velké míře objevovat hlavně požadavky na nehořlavé vlastnosti, proto výrobci musí nasazovat různé retardéry hoření, aby tyto požadavky splnily. Jelikož moderní automobil bude mít elektrické baterie, chce se po výrobci i eliminace vzniku elektrostatického náboje, aby se zabránilo vznikům elektrických zkratů. Proto se musí volit takové materiály, aby vznik statické elektřiny eliminovaly. Díky výše uvedeným vlastnostem, lze NT použít v celé škále produktů automobilového odvětví.

2. Experimentální část

V druhé části se budeme věnovat experimentu. Budou uvedeny parametry materiálu pro nové testovací vzorky. Postupy při jejich výrobě za použití různých kombinací procentuálního složení materiálů, postupy při výrobě různých hloubek vpichování, měření pevnosti a zápis výsledků měření, měření prodyšnosti vrstvy a výsledky měření zápis do tabulek. Výroba zkušebních vzorků probíhala v poloprovoze NT budova E3 přízemí. Testování pevnosti bylo provedeno v laboratořích NT v odpovědnosti oddělení KNT v suterénu budovy E1. Testování prodyšnosti bylo provedeno v laboratořích NT v odpovědnosti oddělení KNT v suterénu budovy L.

2.1 Parametry nového složení netkané textilie

Z výsledků bakalářské práce Martikana[1] bylo vyvozeno, že nebyly prozkoumané NT s těmito nastavenými parametry: plošná hmotnost vzorků 200 g.m⁻², hloubka vpichu 0 mm (vzorek bez vpichování, použitý hlavně pro porovnávání vlivu vpichování), 2mm a 5mm, cílová tloušťka NT 2mm, teplota pojení nastavit na 120°C. Navázat na zkoumané mechanické vlastnosti pevnost a pokračovat dále s prodyšností. Zároveň podotýkáme, že Martikan [1] zkoumal jejich prodloužení, než dojde k přetržení. My budeme zkoumat celkovou pevnost nově definované plošné NT a to hlavně sílu potřebnou k destrukci (přetržení vzorku), k tomu jsme zvládli změřit i prodyšnost zkoumaných vzorků.

2.1.1 Typy vláken užitých ve vzorcích

Pro vzorky bylo rozhodnuto užít nejčastěji užívaná vlákna pro tvorbu NT. Jako hlavní, základní vlákno bylo zvoleno PES vlákno o staplové délce 56 mm. Toto vlákno jsme se rozhodli využít pro jeho vlastnosti, které byly popsány v kapitole.:1.3.1. Dále jako pojivé vlákno bylo rozhodnuto využít bikomponentní vlákno PES/ coPES jádro-plášť. Tyto vlákna byly o staplové délce 47 mm, toto vlákno bylo vybráno pro jeho nízkou teplotu tavení, aby při pojení nedocházelo k poškození základních vláken.

2.1.2 Jemnost použitých vláken pro vzorky

Jemnost zvolených vláken, z níž se NT skládá byla v následujících hodnotách. PES vlákno bylo o jemnosti 6,7dtex, BIKO vlákno coPES/ PES bylo o jemnosti 2,2dtex.

2.1.3 Poměry vláken, plošná hmotnost vzorků

Vzorky byly vyrobeny v poměrech ve dvou variantách, a to základní vlákno PES 90% + BIKO 10% v počtu 6ks vzorků a druhá varianta PES 80%+ BIKO 20% v počtu 6ks vzorků. Plošná hmotnost byla zvolena $200 \text{ g.m}^{-2} \pm 10\%$ obsahu. Tyto plošné textilie byly následně rozděleny na menší počet zkušebních vzorků pro potřebné zkoušky.

2.2 Popis postupu výroby vzorků

V této části popíšeme, jak byly vyrobeny vzorky. Budou uvedeny postupy a popsán proces výroby vzorků, tak jak byly skutečně vyrobeny v poloprovozu výroby NT v budově E3.

2.2.1 Vážení a směsování vláken

Vážení použitých směsových vláken bylo provedeno na digitální váze KERN KB 2000-2N. Tak aby vyšla požadovaná plošná hmotnost 200 g.m^{-2} bylo nutné dopočítat výslednou hmotnost finálního vzorku. Vzorky byly vyráběny v rozměru 50cm x 30cm. Aby plošná hmotnost odpovídala 200 g.m^{-2} , bylo nutné pro každý vzorek navážit 30g smíšených vláken. Tyto vlákna byly v poměrech 90% PES/ 10% BIKO a 80% PES/ 20% BIKO. V číslech bylo tedy nutné navážit 27g PES vláken a 3g BIKO vláken, pro druhou variantu bylo nutné navážit 24g PES vláken a 6g BIKO vláken. Těchto 30g bylo následně ručně smícháno v nádobce. Finální směs byla vložena do podavače válcového mykacího stroje. Váha, která byla použita k vážení byla pro navážení požadovaného množství dostatečná. Přesto se po finálním zvažení vyrobených vzorků vyskytly odchylky. Hodnoty uvádíme níže v kapitole 2.2.5



Obr. 18 Digitální váha KERN KB 2000-2N

2.2.2 Mykání na válcovém mykacím stroji

Vytvořená směs směsových vláken byla následně vkládána do podavače válcového mykacího stroje. Kde bylo zapotřebí rovnoměrně rozprostřít směsová vlákna v celé šíři podavače. Následně bylo potřeba zachytit výslednou pavučinu na navíjecí válec. Tato pavučina se navíjela na válec a zároveň docházelo k jejímu vrstvení už do první z forem netkané textilie a tou je rouno. Toto rouno bylo následně z navíjecího válce sejmuto za pomoci stříhacích nůžek. Rozměr rouna byl 50 * 30 cm. Tak aby došlo k dobrému promísení vláken, bylo zapotřebí toto rouno znovu vložit do mykacího stroje. Vlákenná směs znovu prošla mykacím strojem a na konci vzniklo opět rouno. Tímto způsobem bylo vyrobeno celkem 12 ks roun v různých poměrech textilních vláken (6ks 90%/ 10% a 6ks 80%/ 20%). tento proces je prvním stupněm, kdy můžeme již hovořit o NT.



Obr. 19 Válcový mykací stroj

2.2.3 Proces zpevnění – vpichování

Po procesu mykání následoval proces vpichování, kdy výsledná rouna vyrobená na mykacím stroji o rozměrech 50 cm * 30 cm, byla vložena na podavač vpichovacího stroje. Tento podavač posouval rouno na opěrný rošt, kde do rouna vnikaly jehly, které jsou umístěné na jahelné desce. Takto bylo upraveno celkem 8 ks (4ks 5mm a 4ks 2mm), zbylé 4ks nebyly upravené vpichováním. Ty byly použité v hodnocení jako základ pro porovnání vlivů.

Na tomto stroji bylo vždy nutné před každou sekvencí nastavit hloubku vpichu. A to v prvním případě 2mm (vyrobena 4 ks), v druhém případě 5mm (vyrobena 4ks).

Počet vpichů byl vypočítán strojem, a to v počtu 100/cm². Vpichování považujeme za první stupeň zpevnění netkané vrstvy.



Obr. 20 Vpichovací stroj

2.2.4 Proces lisování na termickém lisu a termické pojení vláken

Jako druhý stupeň zpevnění bylo zvoleno lisování a termické pojení NT. Tento způsob byl zvolen proto, že vlákněná směs BIKO vláken obsahuje nízko tající vláknennou složku a vysoko tající složku. Tato nízko tající složka se při zvýšené teplotě začne natavovat a spojí se v kontaktních místech s ostatními vlákny v netkané vrstvě.

Do lisovacího zařízení bylo nutné vložit finální parametry, které jsme si předem nadefinovali. Tyto parametry jsou: teplota lisovacích desek 120°C, finální tloušťka NT 2mm a doba po kterou budou lisovací desky sevřeny 90s.

Vytvořená NT (rouno) následně zpevněno prvním stupněm vpichování (2 mm a 5 mm), o rozměrech 50 cm x 30 cm byla vložena mezi dvě lisovací desky, které byly vyhřívané na požadovanou teplotu. Následně došlo k sevření a ke slisování NT na požadovanou tloušťku 2 mm. Po dobu 90 s byla NT sevřená, kdy na BIKO vlákna začala působit teplota vyhřívaných desek a nízko tající složka se začala tavit. Po uplynutí této doby se lisovací desky znovu oddálily od sebe, abychom mohli finální NT vyjmout. Po ukončení tohoto procesu dochází k postupnému ochlazování. Finální NT vychladla při pokojové teplotě, která byla v provozovně.

Při lisování bylo pozorováno, že střed NT byl daleko více spojen než okrajové oblasti NT. Krajiní oblasti NT byly také spojené, ale ne tak hustě jako střed. To mohlo být zapříčiněno tím, že střed lisovacích desek byl rychleji vyhřátý na požadovanou teplotu než rohy desek. I když rozptyl teploty má probíhat rovnoměrně, nebylo tomu tak. Další prvek, který mohl tento proces vyvolat/ urychlit bylo proudění vzduchu, či rychlejší ochlazování krajních části NT, než středová část. Tento výsledek byl pozorován u všech vytvořených NT. Celý list se nachází v ochranné bariéře, tak aby se co nejvíce omezilo působení těchto negativních vlivů (teplotní pokles vlivem působení víření vzduchu). U takto vytvořených finálních NT mohly být nevědomky ovlivněny její vlastnosti v určitých oblastech. Tímto způsobem bylo tedy vyrobeno 12ks finálních NT s požadovanými parametry nastavení.



Obr. 21 Příklad přístroje pro termické lisování



Obr. 22 Vyrobené varianty 6ks po 2 vzorcích, celkem 12ks

2.2.5 Přeměření hmotnosti vyrobených vzorků

Vyrobené NT byly před rozstříháním zváženy, aby došlo k přesnému definování plošné hmotnosti. Výsledné hmotnosti jsou zapsané do tabulky níže.

Tab.2 Varianty a jejich hmotnosti před rozstříháním na menší vzorky

Číslo varianty	Varianta	Hmotnost variant 50cm * 30cm	Plošná hmotnost
1.	90%/ 10% 0mm	34 g	226 g.m ⁻²
2.	90%/ 10% 2mm	34 g	226 g.m ⁻²
3.	90%/ 10% 5mm	33 g	220 g.m ⁻²
4.	90%/ 10% 0mm	34 g	226 g.m ⁻²
5.	90%/ 10% 2mm	33 g	220 g.m ⁻²
6.	90%/ 10% 5mm	33 g	220 g.m ⁻²
7.	80%/ 20% 0mm	31 g	206 g.m ⁻²
8.	80%/ 20% 2mm	30 g	200 g.m ⁻²
9.	80%/ 20% 5mm	30 g	200 g.m ⁻²
10.	80%/ 20% 0mm	29 g	193 g.m ⁻²
11.	80%/ 20% 2mm	30 g	200 g.m ⁻²
12.	80%/ 20% 5mm	29 g	193 g.m ⁻²
	Průměrná hmotnost	31,6 g	211 g.m ⁻²

Zelené varianty byly použité pro zkoušku pevnosti. Modré varianty byly použité k měření prodyšnosti.

Tímto můžeme potvrdit, že jsme se vešli do předem zadané a definované plošné hmotnosti $200 \text{ g.m}^{-2} \pm 10\%$ obsahu. Spodní hranice 180 g.m^{-2} , horní hranice tolerančního pásma 220 g.m^{-2} . 3 vzorky nevýrazně překročily toto toleranční pole.

2.2.6 Stříhání vzorků

Pro měření pevnosti na měřícím přístroji bylo potřeba vytvořenou NT nastříhat na požadované rozměry. Do měřícího zařízení bylo možné upnout vzorky o rozměru $5\text{cm} \times 3\text{cm}$ (proužky). Proto došlo za pomoci kancelářských nůžek k rozstříhání 6ks finálních NT a to v následném počtu a směru vláken uvedeném v tabulce č.3.



Obr. 23 Vyrobené vzorky z 6 variant po 6ks, před zkouškou

Tab.3 Očíslování variant a počet nastříhaných vzorků pro testování pevnosti

Číslo varianty	Počet vzorků (ks)	Hmotnost 50cm*30cm (g)	Plošná hmotnost (g.m ⁻²)	Složení směsi	Směr vláken	Počet vpichů (1/cm ²)	Hloubka vpichu (mm)
1.	6	34	226	90% PES/ 10% coPES	podélné	100	0
2.	6	34	226	90% PES/ 10% coPES	podélné	100	2
3.	6	33	220	90% PES/ 10% coPES	podélné	100	5
1.	6	34	226	90% PES/ 10% coPES	příčné	100	0
2.	6	34	226	90% PES/ 10% coPES	příčné	100	2
3.	6	33	220	90% PES/ 10% coPES	příčné	100	5
7.	6	31	206	80% PES/ 20% coPES	podélné	100	0
8.	6	30	200	80% PES/ 20% coPES	podélné	100	2
9	6	30	200	80% PES/ 20% coPES	podélné	100	5
7.	6	29	206	80% PES/ 20% coPES	příčné	100	0
8.	6	30	200	80% PES/ 20% coPES	příčné	100	2
9	6	29	200	80% PES/ 20% coPES	příčné	100	5
Celkem 72ks							

Pro měření prodyšnosti nebylo třeba vytvořené NT stříhat. Vytvořené rozměry NT 50 cm * 30 cm byly pro měření prodyšnosti dostatečné.

2.3 Měření pevnosti

Testování pevnosti bylo provedeno v laboratořích NT v odpovědnosti oddělení KNT v suterénu budovy E1. Předem nastříhané předlohy (72ks) byly upnuty mezi dvě čelisti do zařízení na měření pevnosti Labtech. Popis stroje viz kapitola 1.3.9. Počítač následně zapisoval naměřené hodnoty. Z těchto hodnot byla vypočtena výsledná pevnost při přetrhu. Takto bylo testováno všech 12 kombinačních variant parametrů viz přiložena tabulka v kapitole 2.2.6. tabulka 3.

2.4 Měření prodyšnosti

Testování prodyšnosti bylo provedeno v laboratořích NT v odpovědnosti oddělení KNT v suterénu budovy L. Pro měření prodyšnosti byl použit přístroj SDL Atlas M021A.

Měření probíhalo následovně: měřený materiál NT byl vložen pod sací komoru, bylo nutné materiál přidržit pomoci těsnícího kroužku, který se ovládal páčkou. Po připevnění materiálu k sací komoře se zmáčklo tlačítko start. Přístroj následně vytvořil v sací komoře podtlak a měřil objem propuštěného vzduchu. Z toho vyšel výsledek v l/m^2 . Tímto způsobem bylo změřeno 6 různých míst 1 varianty NT. Tento postup se opakoval 6x.



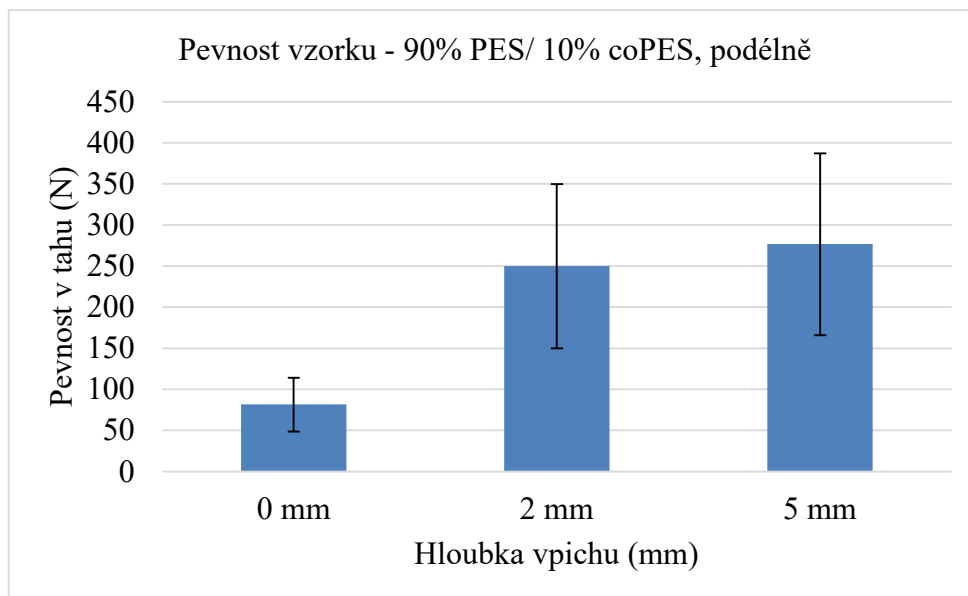
Obr. 24 Přístroj pro měření prodyšnosti: SDL atlas M021A

2.5 Vyhodnocení experimentu

V této kapitole budou vyhodnoceny obě zkoušky, které byly provedeny. Pevnost a prodyšnost vyrobených vzorků. V závěru bude provedeno shrnutí výsledků a určení dalších aktivit.

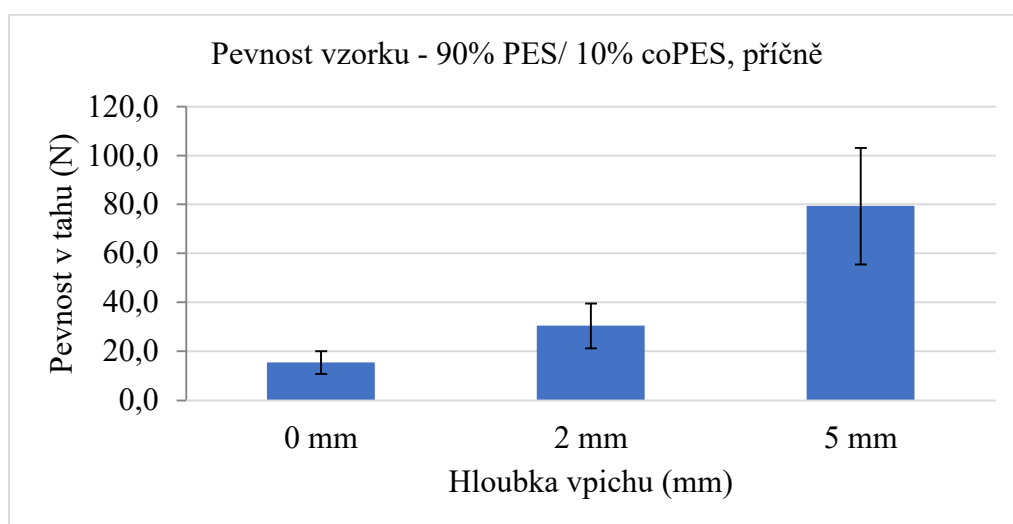
2.5.1 Vyhodnocení pevnosti vzorků

V této kapitole bude slovně vyhodnoceno šest grafů s výsledky měření pevnosti zkušebních vzorků v tahu. V grafech budou zaznamenány hodnoty pevnost vzorku v tahu (N) při experimentem nastavené hloubce vpichu a v obou směrech připravených vzorcích.



Graf č. 1 Měřená pevnost vzorku s obsahem vláken uvedených v názvu grafu.

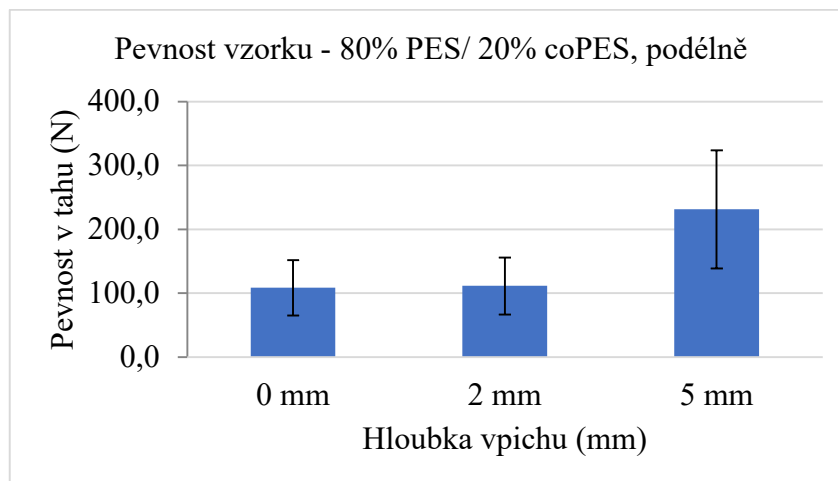
Z grafu č.1 je vidět, jak s nastavením vyšší hloubky vpichu dochází k výrazné změně pevnosti. Kdy největší skok pevnosti je mezi vzorkem bez vpichování 0 mm a 2 mm vpichování. Skok mezi 2 mm a 5 mm vpichu už není tak výrazný. Tento graf nám jasně říká, že vyšší hloubka vpichu znamená větší pevnost vzorku. Pak tedy nastavená hloubka vpichu 5 mm je v tomto grafu nejpevnější. Pevnost podélně uložených vláken je v řádech stovek (N).



Graf č. 2 Měřená pevnost vzorku s obsahem vláken uvedených v názvu grafu.

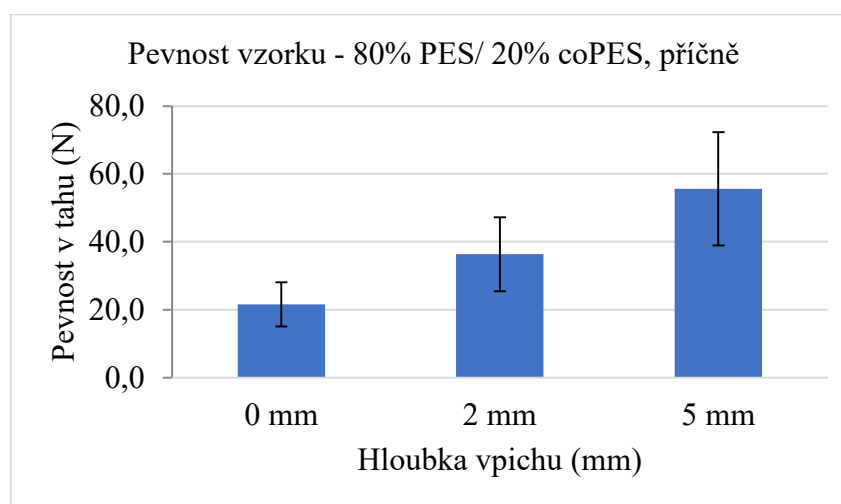
Z grafu č.2 je vidět podobný směr jako u grafu č.1, kdy s nastavením vyšší hloubky vpichu dochází k výrazné změně pevnosti, avšak skok je výrazný mezi 2 mm vpichu a 5 mm vpichu, nikoliv bez vpichu 0 mm. Skok mezi vzorky bez vpichu a 2 mm vpichu

není tak výrazný. Tento graf nám opět potvrzuje, že vyšší hloubka vpichu znamená větší pevnost vzorku. Pak tedy nastavená hloubka vpichu 5 mm je v tomto grafu nejpevnější. Pevnost příčně uložených vláken je v řádech desítek (N).



Graf č. 3 Měřená pevnost vzorku s obsahem vláken uvedených v názvu grafu.

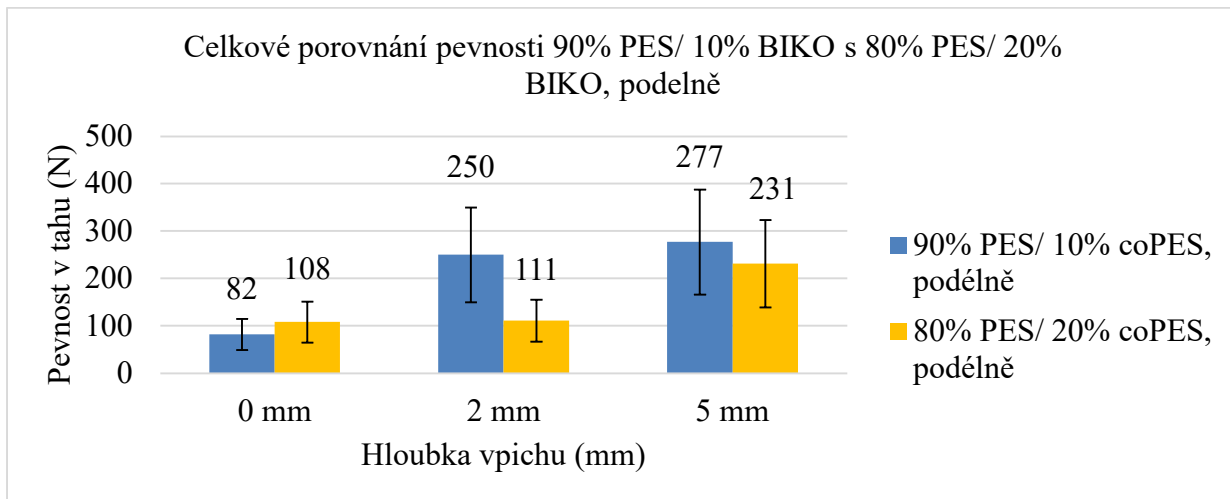
Z grafu č.3 je vidět že menší objem PES vláken má výrazný vliv na sníženou celkovou výslednou pevnost v tahu. Můžeme vyčíst, že u této skupiny vzorku není zas tak výrazný rozdíl mezi 0mm a 2mm vpichu, ale více jak dvojnásobný skok mezi 2mm a 5mm vpichem Tento graf nám opět potvrzuje, že vyšší hloubka vpichu znamená větší pevnost vzorku. Pak tedy nastavená hloubka vpichu 5mm je v tomto grafu nejpevnější.



Graf č. 4 Měřená pevnost vzorku s obsahem vláken uvedených v názvu grafu.

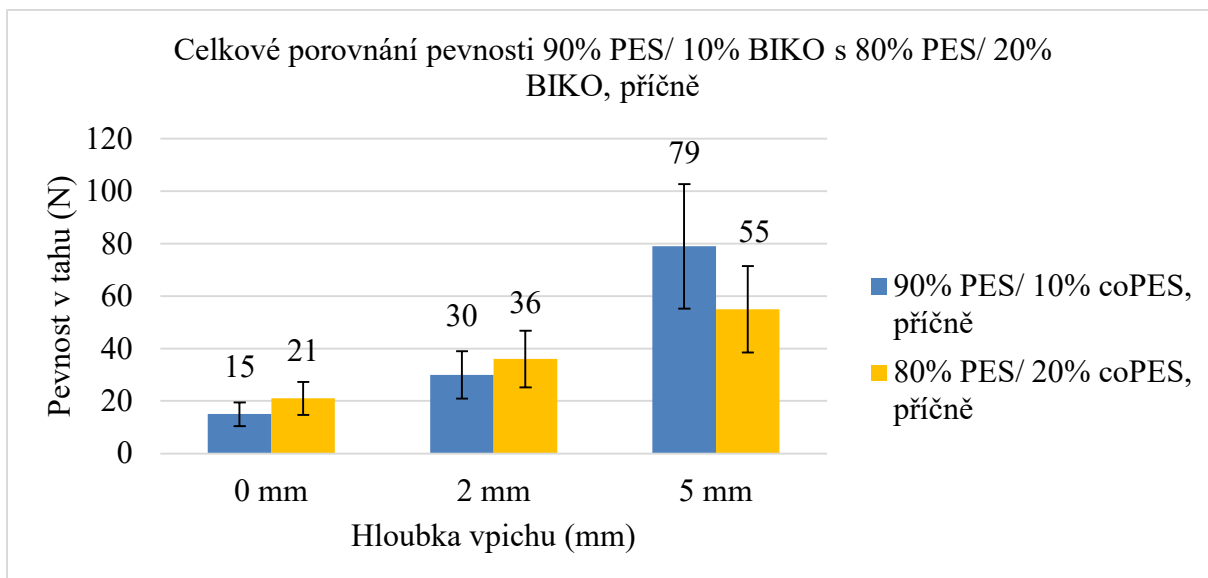
Z grafu č.4 je vidět že menší objem PES vláken tady již nemá tak výrazný vliv na sníženou celkovou výslednou pevnost v tahu. U této skupiny vzorku je ukázkově vidět,

že s rostoucí hloubkou vpichu, se zvětšuje pevnost v tahu. Tento graf nám opět potvrzuje, že vyšší hloubka vpichu znamená větší pevnost vzorku. Pak tedy nastavená hloubka vpichu 5mm je podle zaznamenaných hodnot v grafu nejpevnější.



Graf č. 5 Porovnání vzorku s obsahem vláken uvedených v názvu grafu.

V grafu č.5 je uvedeno vzájemné porovnání všech zkoumaných vzorků v podélném směru uložení vláken. Zde je zajímavé pozorovat vliv na pevnost při 0 mm, vzorky s 20% BIKO vláken, ty jsou o něco málo pevnější bez vpichování, avšak po 5mm vpichování ztrácí svou pevnost v porovnání s 5mm vpichem při obsahu 10% BIKO vláken. Je viditelné jak větší obsah PES vláken 90 % má daleko větší pevnost než menší obsah PES vláken s větším obsahem BIKO vláken. U 2 mm vpichu je rozdíl mezi jednotlivými vlákny velmi výrazný. Tento jev připisujeme špatné dávce vzorků, protože rozdíly jsou tady markantní. Že by byl rozdíl mezi 0 mm vpichem u složení 80% PES/ 20% BIKO a 2 mm pouze 3N se nám nepozdává. Zároveň skok u stejné varianty 80% PES/ 20% BIKO , ale mezi 2 mm a 5 mm byl nárůst 120N se nám taky nepozdává. Síla potřebná pro přetrh mezi 5 mm vpichem 80% PES/ 20% BIKO je více než dvojnásobná oproti varianty bez vpichu 0mm. U vzorku 90% PES/ 20% BIKO je síla potřebná k přetrhu mezi 5 mm a 0 mm je více než třínásobná. Pak můžeme říct, že hloubka vpichu v příčném směru výrazně ovlivňuje pevnost vzorku v tahu. Čím hlubší vpich, tím je vzorek pevnější. Zároveň už i nepatrná hloubka vpichu má velký vliv na pevnost vzorku v příčném směru uložení vláken viz nárůst síly u varianty 90% PES/ 10% BIKO bez vpichu 0 mm a 2 mm vpichu, nárůst síly je více než 3 násobný. Větší úprava hloubky vpichu už nemá tak zásadní vliv na pevnost.

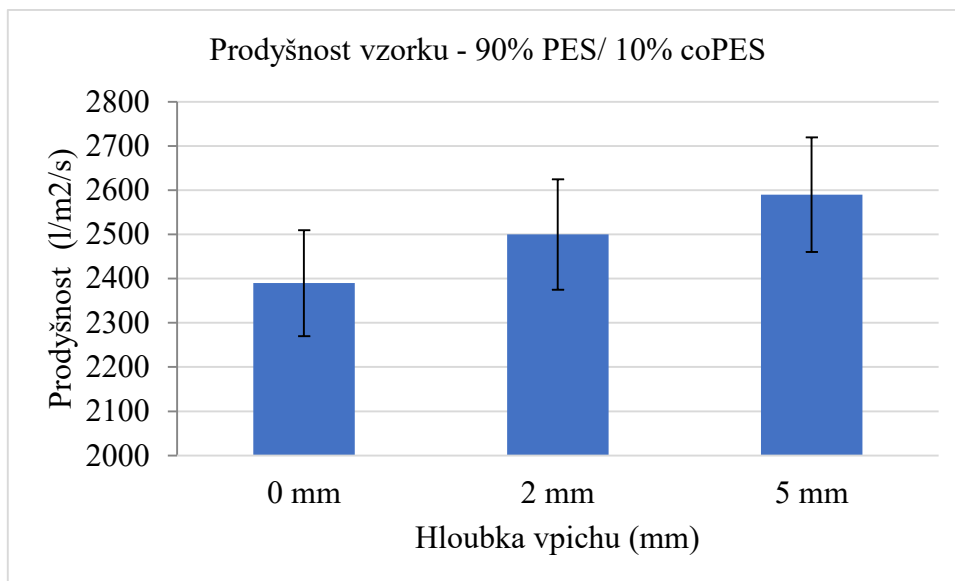


Graf č. 6 Porovnání vzorku s obsahem vláken uvedených v názvu grafu.

V grafu č.5 je znázorněno celkové porovnání pevnosti mezi 90% PES/ 10% BIKO s 80% PES/ 20% BIKO v příčném směru. Zde můžeme pozorovat trend, při kterém s větší hloubkou vpichování roste větší síla v tahu potřebná pro přetržení vzorku. Z výsledku jasně vyplývá, že u podélného směru má v nižších hloubkách vpichu malý vliv obsahu BIKO vláken na pevnost. Kdežto rozdíl u větší hloubky vpichu 5 mm mezi 10% a 20% BIKO vláken je již výrazný. Vliv vpichování na pevnost v tahu v podélném směru se dá určit i v násobcích. Síla potřebná pro přetrh mezi 5 mm vpichem 80% PES/ 20% BIKO je více než dvojnásobná oproti 0 mm vpichu. A u vzorku 90% PES/ 20% BIKO je síla potřebná k přetrhu mezi 5 mm a 0 mm skoro čtyřnásobná. Můžeme tedy říct, že hloubka v pichu v podélném směru výrazně ovlivňuje pevnost vzorku v tahu. Čím hlubší vpich, tím je vzorek pevnější.

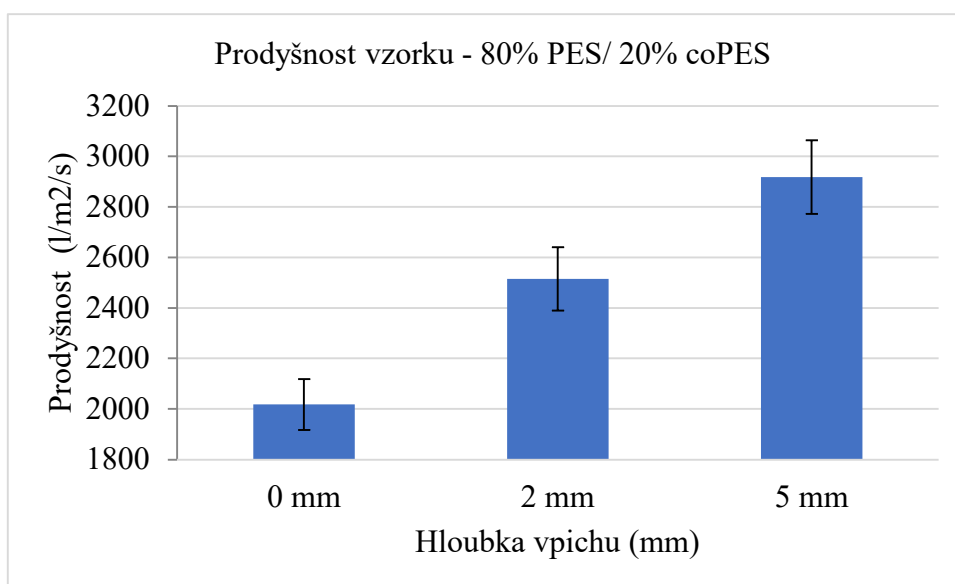
2.5.2 Vyhodnocení prodyšnosti vzorků

Nyní bude vyhodnocena prodyšnost ze třech vytvořených grafů pro všech šest variant. První varianta bude 90% PES/ 10% BIKO vláken při dvou hloubkách vpichování 2 mm a 5 mm, zároveň bude změřena i varianta bez vpichu. Druhá varianta bude 80% PES/ 10% BIKO vláken ve stejném nastavení hloubky vpichování a to 2 mm a 5 mm a zároveň verze bez vpichování.



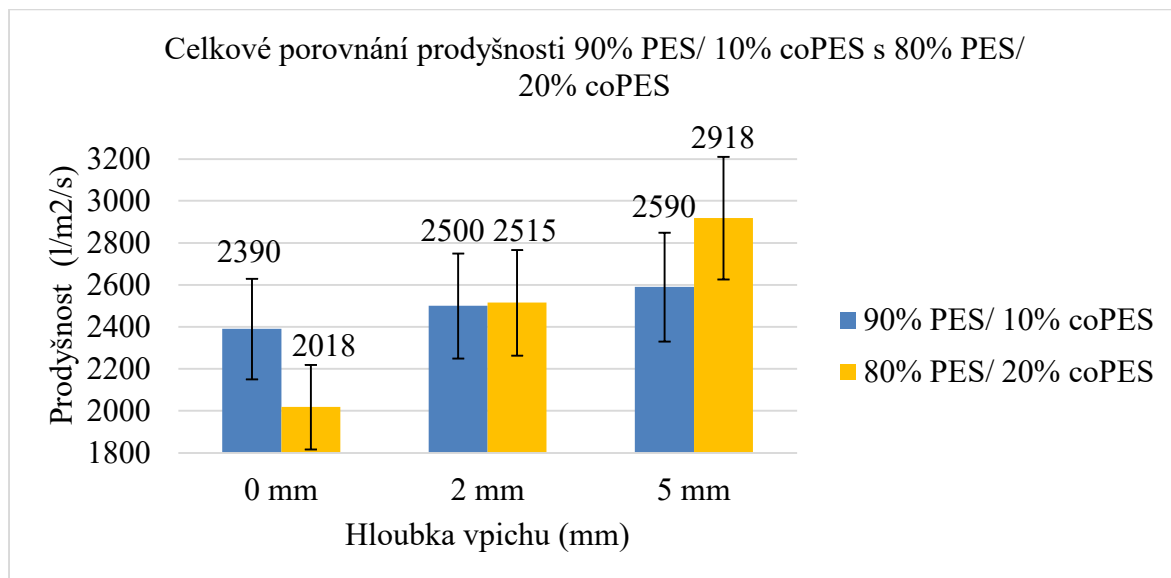
Graf č. 7 Prodyšnost vzorku 90% PES/ 10% BIKO všechny tři verze

V grafu č.7 je znázorněno množství prouděného vzduchu v litrech skrz určitou část NT po určitý čas. Tady můžeme s jistotou říci, že všechny varianty jsou velmi dobře propustné. Nárůsty mezi jednotlivými hloubkami nejsou tak výrazné, ale jsou rozhodně viditelné. Exceluje 5mm hloubka vpichu. Rozdíl mezi variantou bez vpichu 0 mm a 5 mm je cca 200l/m²/s, což není zas tak výrazný rozptyl. Je zajímavé pozorovat, jak s narůstající hloubkou vpichu roste prodyšnost. Pro potvrzení tohoto výroku by bylo vhodnější mít ještě pár vzorku s hlouběji nastaveným vpichem.



Graf č. 8 Prodyšnost vzorku 80% PES/ 20% BIKO všechny tři verze

Z grafu č.8 je dobře vidět, jak jsou velké rozdíly mezi jednotlivými vpichy. Rozdíl mezi variantou bez vpichu a 2 mm vpich je cca 500l/m²/s, takže hloubka vpichu u této varianty má výrazný vliv na její prodyšnost. Rozdíl mezi 2 mm a 5 mm vpichem je 400l/m²/s. Hloubka vpichu má výrazný vliv na prodyšnost vzorku. Každopádně u 20% BIKO varianty s 5mm hloubkou vpichu je prodyšnost celkově větší o cca 300l/m²/s , než u 10% BIKO varianty.



Graf č.9 Prodyšnost vzorku 90% PES/ 10% BIKO a 80% PES/ 20% BIKO všechny tři verze hloubky vpichu

V grafu č.9 můžeme vidět celkové porovnání jednotlivých variant. Kdy zásadní zjištění je, že varianta 80%PES/ 20% BIKO zaostává u varianty 0 mm než 90%PES/10% BIKO, u 2 mm se tyto dvě varianty vyrovnávají, ale při 5 mm vpichu už 80%PES/20% BIKO varianta zcela dominuje. Zároveň jde vidět jak u varianty 80% PES/ 20% BIKO jsou velmi výrazné rozdíly mezi jednotlivými hloubkami u varianty 90% PES/ 10% BIKO tak velké rozdíly nejsou pozorovány. Zde můžeme říct, že varianta 80% PES/ 20% BIKO je u 0 mm nejméně prodyšná a u varianty 5 mm nejvíce prodyšná. Může to být následkem 20% obsahu BIKO vláken, kdy při 0 mm vpichu, tedy varianta bez vpichu je celkem výrazně neprodyšná díky většímu obsahu coPES/ PES vláken, kdy se vlivem roztavení pláště BIKO vláken sníží její prodyšnost. Zato u varianty 5 mm vlivem větší hloubky kolmo orientovaných vláken, není tento efekt tak výrazný.

Závěr

Jak bylo řečeno v úvodu této BP, cílem práce bylo vyrobit různé vzorky a prozkoumat vlastnosti termického pojení netkaných textilií, a to pevnosti v tahu a prodyšnosti. Práce se skládá z teoretické části a praktické části. V teoretické části jsou kapitoly věnovány technologickému postupu a způsobu zpevnění netkané textilie, jako: postup výroby NT, nejčastější vlákna použita při výrobě NT, výrobní technologie, postup přípravy vlákenné suroviny, jak se připravuje vlákenná vrstva, pojení vlákenných vrstev pomocí termického lisování, termické lisování, popis měřených vlastností. Praktická část experimentu se věnuje definici parametrů pro výrobu nových vzorků NT, postup výroby nových vzorků a samostatné testování a jeho vyhodnocení. Bylo vyrobeno celkem 6ks různých kombinací parametrů a ty byly následně testovány na pevnost a prodyšnost NT. Toto bylo děláno proto, aby bylo poukázáno na přímý vliv hloubky vpichování na tyto dvě vlastnosti. Z hlediska výroby NT, může docházet během celého procesu výroby k různým vlivům, které následně změni výsledné vlastnosti požadované NT. Přínosem této práce je zjištění vlivů zpevnění vpichováním a následným termickým lisováním NT na pevnost a prodyšnost finální NT. Dále bylo vyzkoušeno jiné spektrum nastavení vstupních parametrů výroby NT a následné testování jejich vlivů na pevnost a prodyšnost vzorku.

Na základě výsledků této BP můžeme s jistotou říci, že různé kombinace poměrů vláken a hloubky vpichů mají přímý vliv na jejich vlastnosti. Například u varianty 80%PES/20%BIKO má jak hloubka vpichu, tak poměr vláken výrazný vliv na její prodyšnost. Nárůst prodyšnosti mezi 0mm vpichu a 5mm vpichu je necelých 50%. Dále u varianty 90%PES/20%BIKO určitě dominuje větší pevnost v podélném směru vláken. Mezi variantou 0mm vpichu a 5mm vpichu je nárůst pevnosti v podélném směru o cca 330%! Tudíž u této varianty má vpichování přímý vliv na její pevnost. Dalo se očekávat, že se zvýšeným obsahem PES vláken (90%) a větší hloubkou vpichu bude vzorek pevnější, zároveň s nižším podílem PES vláken (80%) a vyšším podílem BIKO vláken (20%) bude vzorek prodyšnější. Tento experiment se zdařil, a bylo docíleno předpokládaných výsledků.

Všechny vyrobené vzorky jsou poměrně pevné, udrží svou formu a jejich vhodné využití je podle nastavených parametrů následující. Variantu 80%PES/20%BIKO s 0mm vpichu navrhuji použít pro její nejmenší prodyšnost jako filtr pro užitkovou vodu, aby se

v něm usazovaly nečistoty při distribuci vodní soustavou. Tyto NT by měly být dostatečné. Variantu 80%PES/20%BIKO s 5mm vpichu navrhuji použít jako třeba různé vzduchové filtry v různých vzduchotechnikách čištění vzduchu v lakovnách, nebo v domácnostech. Mají výbornou prodyšnost, jsou pevné, drží svou formu. Manipulace s těmito vzorky by měla být dobrá. K těmto účelům by mohly být vhodné.

Jako další by bylo vhodné se zabírat cenovým vyhodnocením. Cenových dopadů nasazení těchto vzorků. Například do filtračních zařízení. Celkovou finanční náročnost od výroby až po jednotlivou cenu samotné netkané vrstvy.

Seznam literatury

- [1] Martikan, Martin. **Studium mechanických vlastností termicky pojených netkaných textilií**. Liberec, 2015. Str. 63, [vid 06-12-2021] Dostupné z: https://stag.tul.cz/StagPortletsJSR168/PagesDispatcherServlet?pp_destElement=%23ssSouboryStudentuDivId_1587&pp_locale=cs&pp_reqType=render&pp_portlet=souboryStudentuPagesPortlet&pp_page=souboryStudentuDownloadPage&pp_nameSpace=G227265&soubidno=1223 Bakalářská práce. Fakulta textilní Technické univerzity v Liberci. Vedoucí práce J. Chaloupek,
- [2] Albrecht W., H. Fuchs, W. Kittelmann: **Netkané textilie – vlákna**, Wiley-VCH, Weinheim 2003, ISBN: 3-527-30406-1
- [3] Russell, Upraveno: S.J. **Kniha o netkaných textiliích**. Boca Raton, Fla. [etc.] : Cambridge: CRC tisk; Woodhead, 2007. ISBN 978-185-5736-030.
- [4] Jirsák O., Wadsworth, L.C. **Netkané textilie**, Carolina Akademický tisk, Durham, NC 1999, ISBN 0-89089-978-8
- [5] Český statistický úřad, **Veřejná databáze** [online], 2021 [vid 06-12-2021] Dostupné z: https://vdb.czso.cz/vdbvo2/faces/index.jspx?_afPfm=VYSTUPOBJEKT&pvo=PRU07&z=T&f=TABULKA&katalog=30835&c=v3~8__RP201
- [6] **Netkané textilie**. In Wikipedie [online], Editováno: 1. 6. 2021 v 11:16 [vid 06-12-2021] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Netkan%C3%A9_textilie
- [7] **Syntetická vlákna**. In Wikipedie [online], Editováno: 28.2. 2021 v 22:29 [vid 06-01-2022] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Syntetick%C3%A1_vl%C3%A1kna
- [8] Chaloupek J., **Předmět – Výroba netkaných textilií**, E – Learning [online], 2021, [vid 19-01-2022] Dostupné z: <https://elearning.tul.cz/course/view.php?id=9347>
- [9] Ocheretná L., **Předmět – Textilní zbožíznalství 1**, E – Learning [online], 2022, [vid 25-03-2022] Dostupné z: <https://elearning.tul.cz/course/view.php?id=9117>

[10] Jirsák O., a Kalinová K. **Netkané textilie**. Liberec: Technická univerzita, 2003. ISBN 80-708-3746-2.

3. PŘÍLOHY

OBSAH:

Příloha č.1. Údaje zkoušených variant vzorků

Příloha č.2. Grafy a tabulky naměřených hodnot pevnosti síly v tahu zkoušených vzorků

Příloha č.3. Tabulky naměřených hodnot prodyšnosti

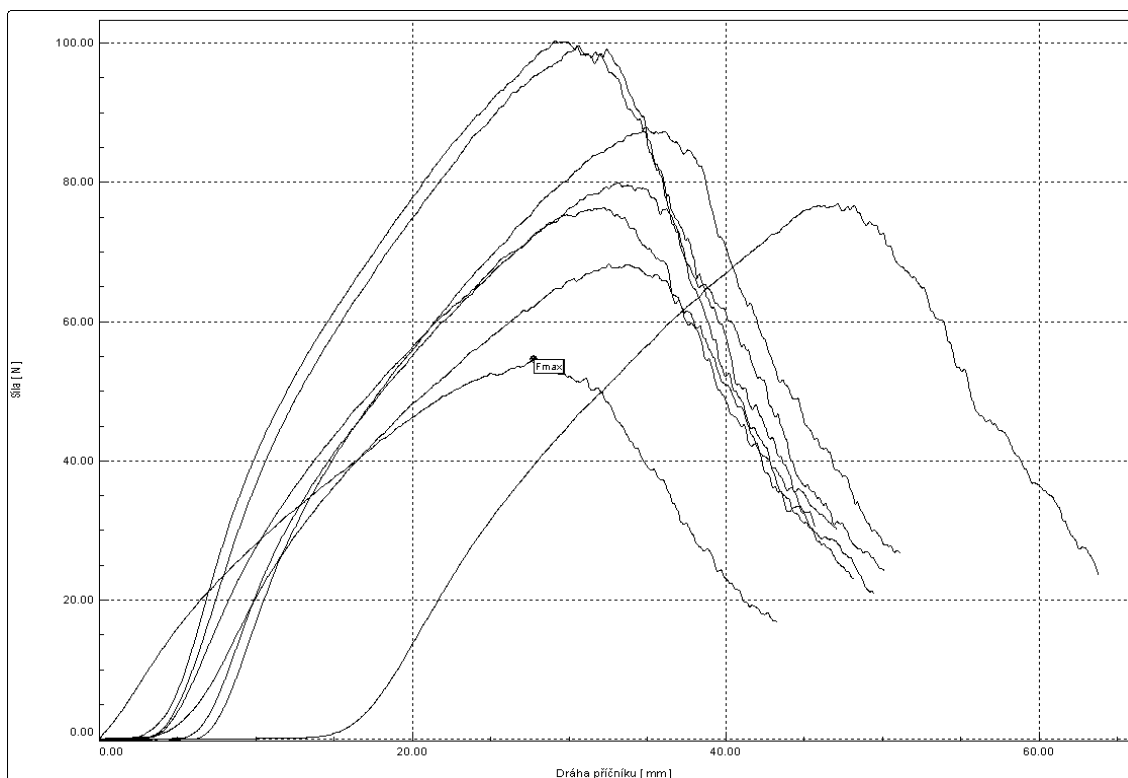
3.1 Příloha č.1. Údaje zkoušených variant vzorků

Tab. 4. - varianty vzorků, které byly testovány, z každého vzorku min. 6ks testováno

Číslo vzorku	Plošná hmotnost (g.m ⁻²)	Složení směsi	Směr vláken	Počet vpichů (1/cm ²)	Hloubka vpichu	Teplota pojení	Čas pojení	Cílová tloušťka
1.	226	90% PES/ 10% coPES	Podélné	100	0 mm	120 °C	90 s	2 mm
2.	226	90% PES/ 10% coPES	Podélné	100	2 mm	120 °C	90 s	2 mm
3.	220	90% PES/ 10% coPES	Podélné	100	5 mm	120 °C	90 s	2 mm
1.	226	90% PES/ 10% coPES	Příčné	100	0 mm	120 °C	90 s	2 mm
2.	226	90% PES/ 10% coPES	Příčné	100	2 mm	120 °C	90 s	2 mm
3.	220	90% PES/ 10% coPES	Příčné	100	5 mm	120 °C	90 s	2 mm
7.	206	80% PES/ 20% coPES	Podélné	100	0 mm	120 °C	90 s	2 mm
8.	200	80% PES/ 20% coPES	Podélné	100	2 mm	120 °C	90 s	2 mm
9	200	80% PES/ 20% coPES	Podélné	100	5 mm	120 °C	90 s	2 mm
7.	206	80% PES/ 20% coPES	Příčné	100	0 mm	120 °C	90 s	2 mm
8.	200	80% PES/ 20% coPES	Příčné	100	2 mm	120 °C	90 s	2 mm
9	200	80% PES/ 20% coPES	Příčné	100	5 mm	120 °C	90 s	2 mm

100jehel, počet vpichů 100 1/cm⁻²

3.2 Příloha č.2 grafy a tabulky naměřených hodnot pevnosti v tahu

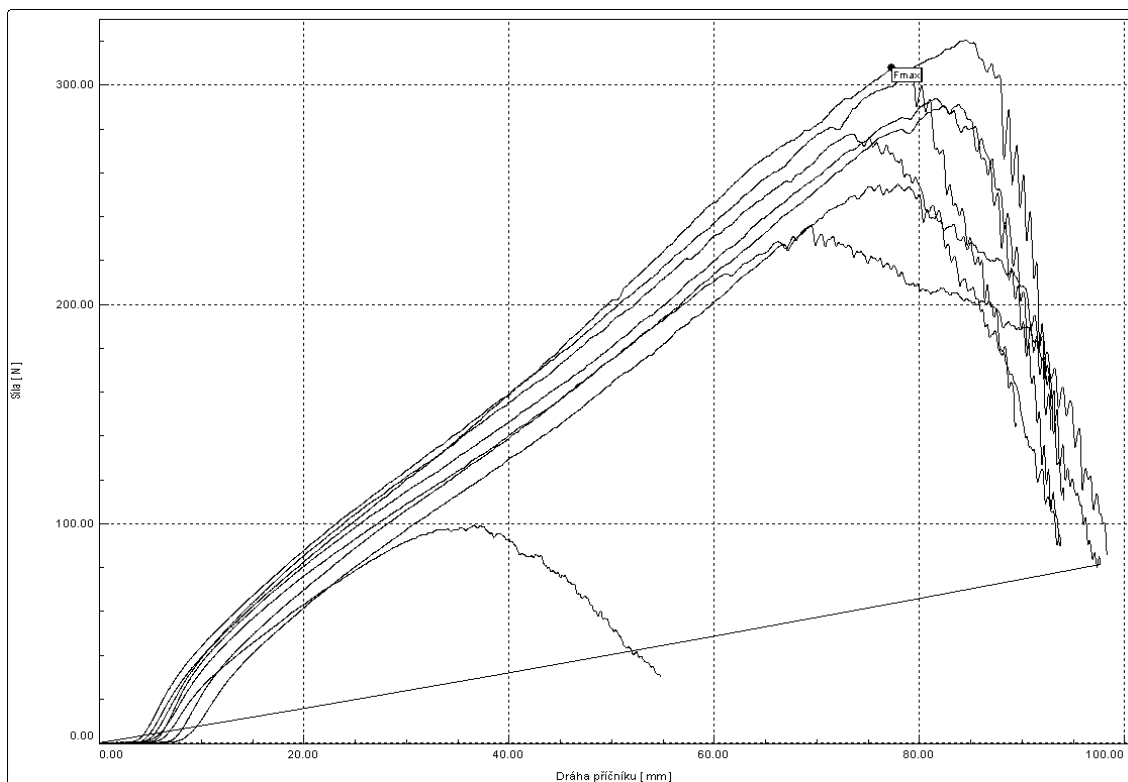


Obr. 25 vzorek 1 - 90% PES/ 10% coPES, podélné, vpich 0 mm, tloušťka 2mm.

Tab. 5 vzorek 1 - 90% PES/ 10% coPES, podélné, vpich 0 mm, tloušťka 2mm.

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	8	8	8
2	x	33,41	80,49	2,25
3	s	5,99	15,41	0,4

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	8	27,73	54,61	1,5
2	7	32,52	68,25	1,95
3	6	47,1	76,92	2,3
4	5	34,89	87,93	2,45
5	4	32,21	76,37	2,15
6	3	30,58	99,62	2,69
7	2	29,11	100,27	2,71
8	1	33,11	79,94	2,25

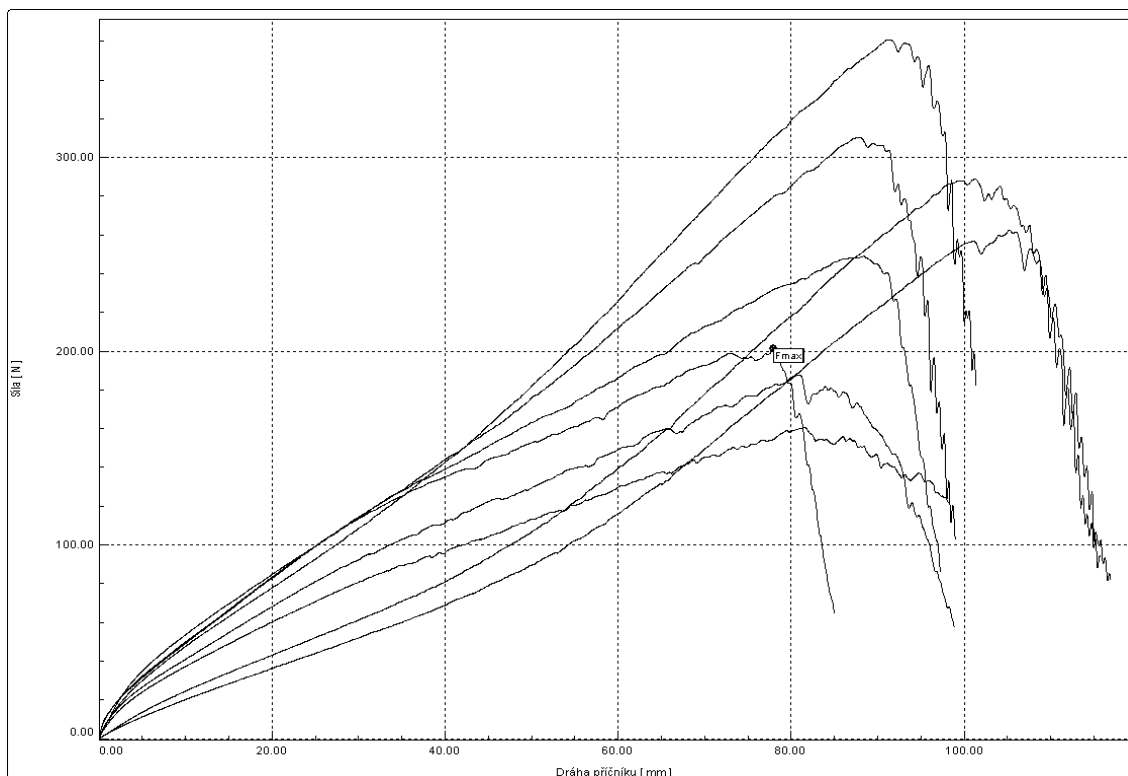


Obr. 26 vzorek 2 – 90% PES/ 10% coPES, podélné, vpich 2 mm, tloušťka 2mm.

Tab. 6 vzorek 2 – 90% PES/ 10% coPES, podélné, vpich 2 mm, tloušťka 2mm.

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	8	8	8
2	x	72,88	260,07	15,71
3	s	15,47	70,51	8,08

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	8	77,3	307,85	15,01
2	7	36,58	99,29	3,2
3	6	69,34	235,8	14,03
4	5	81,57	293,79	14,97
5	4	84,47	320,58	16,58
6	3	77,9	254,86	32,83
7	2	82,34	290,74	14,36
8	1	73,53	277,68	14,72

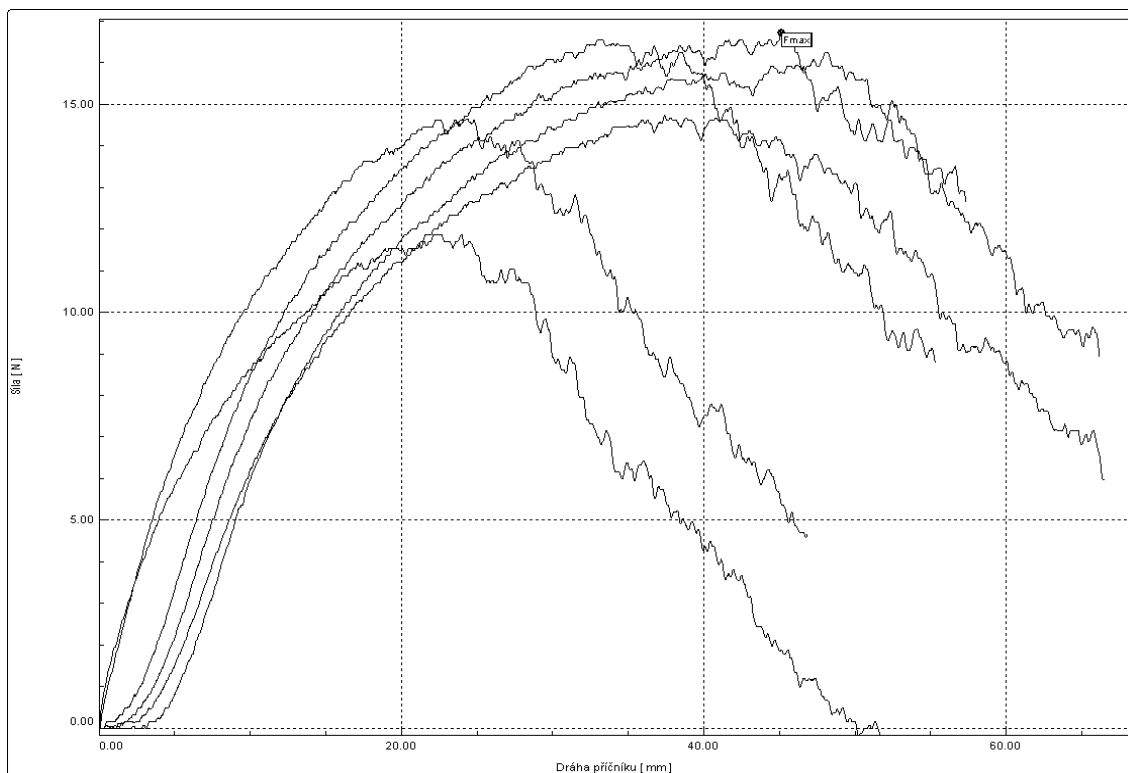


Obr. 27 vzorek 3 - 90% PES/ 10% coPES, podélné, vpich 5 mm, tloušťka 2mm.

Tab. 7 vzorek 3 – 90% PES/ 10% coPES, podélné, vpich 5 mm, tloušťka 2mm.

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	8	8	8
2	x	89,26	252,58	14,14
3	s	9,71	67,4	3,24

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	8	77,93	201,09	10,67
2	7	88,39	249,04	14,48
3	6	81,54	160,43	10,12
4	5	105,22	262,52	14,27
5	4	101,24	288,82	16,12
6	3	87,75	310,41	16,93
7	2	91,02	360,64	19,19
8	1	81,01	187,68	11,36

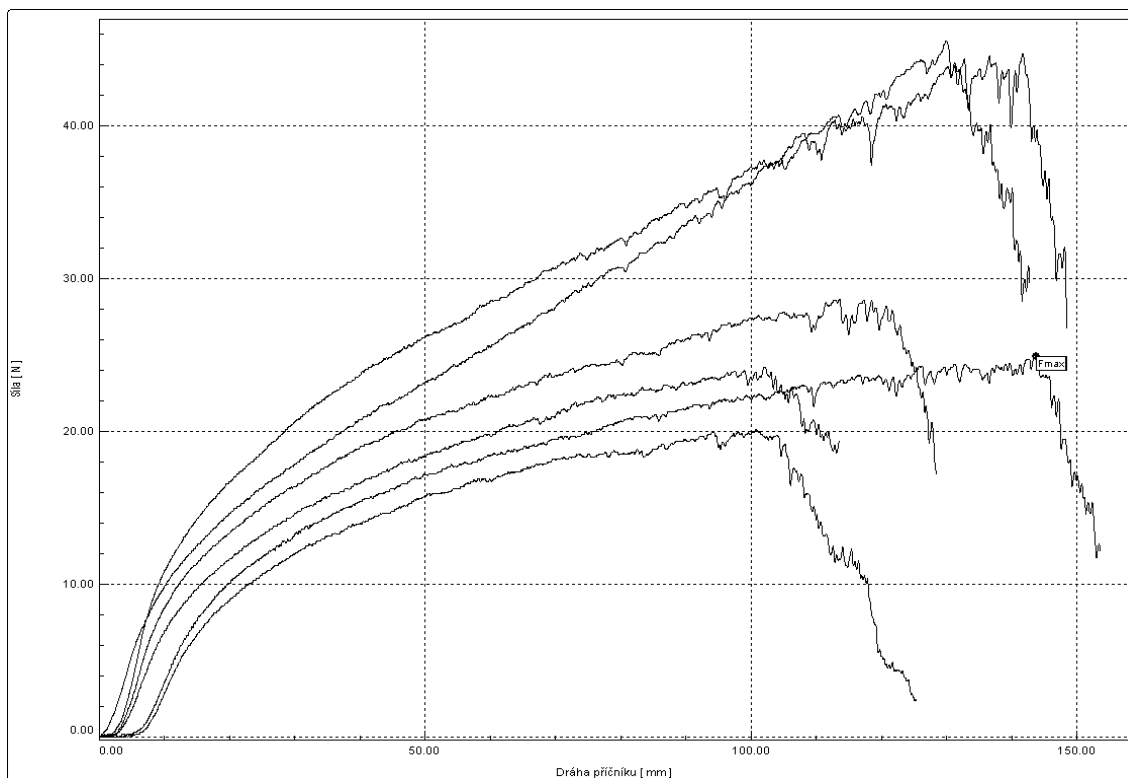


Obr. 28. vzorek 4 - 90% PES/ 10% coPES, příčné, vpich 0 mm, tloušťka 2mm

Tab. 8 vzorek 4 - 90% PES/ 10% coPES, příčné, vpich 0 mm, tloušťka 2mm

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	6	6	6
2	x	34,66	15,08	0,6
3	s	10,16	1,81	0,15

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	6	45,13	16,72	0,7
2	5	37,38	14,74	0,68
3	4	46,1	15,94	0,74
4	3	24,3	14,64	0,47
5	2	32,98	16,56	0,64
6	1	22,09	11,85	0,36

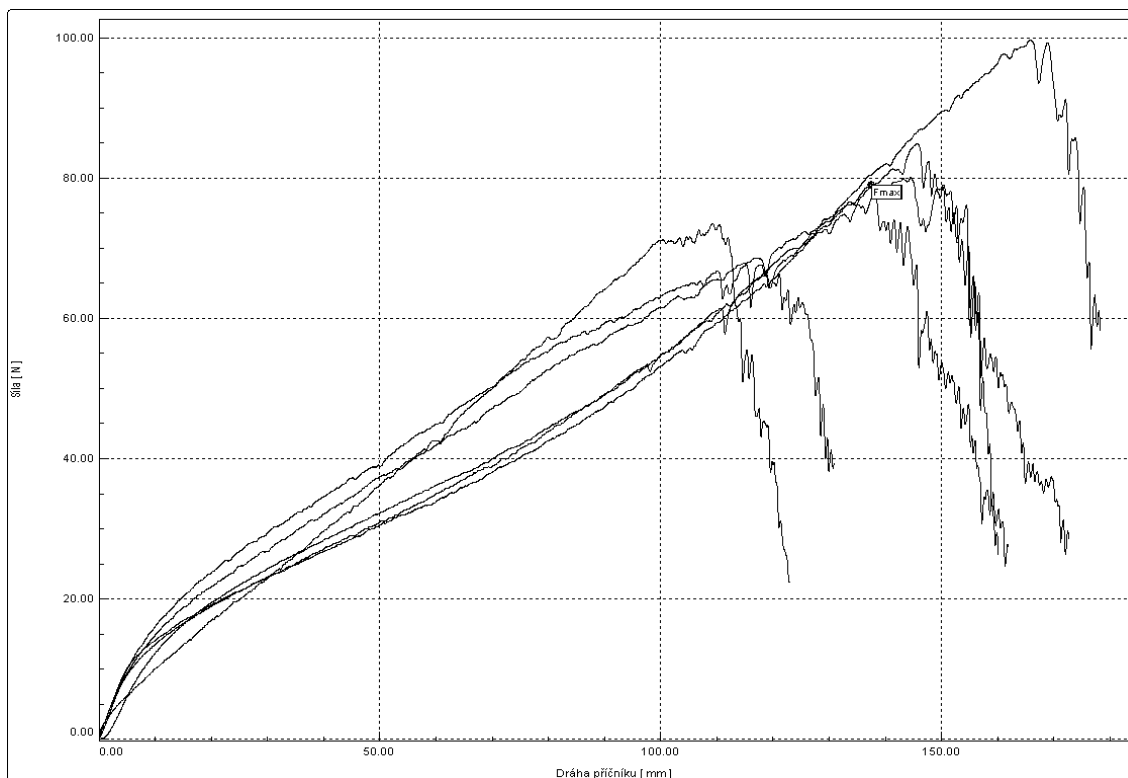


Obr. 29. vzorek 5 - 90% PES/ 10% coPES, příčné, vpich 2 mm, tloušťka 2mm.

Tab. 9 vzorek 5 - 90% PES/ 10% coPES, příčné, vpich 2 mm, tloušťka 2mm.

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	6	6	6
2	x	120,22	31,23	2,88
3	s	17,42	10,85	1,06

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	6	143,68	24,87	2,71
2	5	129,89	45,56	4,2
3	4	131,29	44	4,1
4	3	102,15	24,19	1,96
5	2	113,53	28,64	2,64
6	1	100,74	20,13	1,68

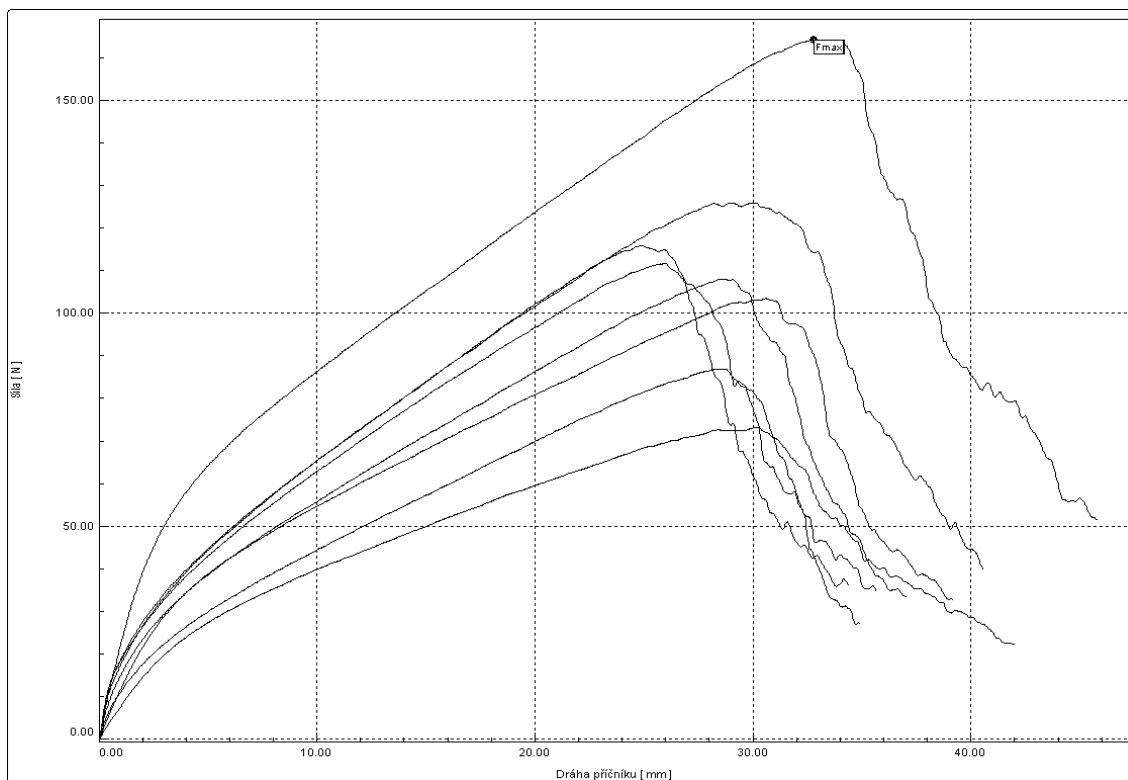


Obr. 30 vzorek 6 - 90% PES/ 10% coPES, příčné, vpich 5 mm, tloušťka 2mm.

Tab. 10 vzorek 6 - 90% PES/ 10% coPES, příčné, vpich 5 mm, tloušťka 2mm.

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	6	6	6
2	x	136,32	80,82	7,08
3	s	20,95	10,96	1,52

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	6	137,64	78,97	6,86
2	5	145,59	84,91	7,65
3	4	165,69	99,68	9,25
4	3	115,15	67,76	5,78
5	2	109,33	73,51	5,04
6	1	144,49	80,07	7,87

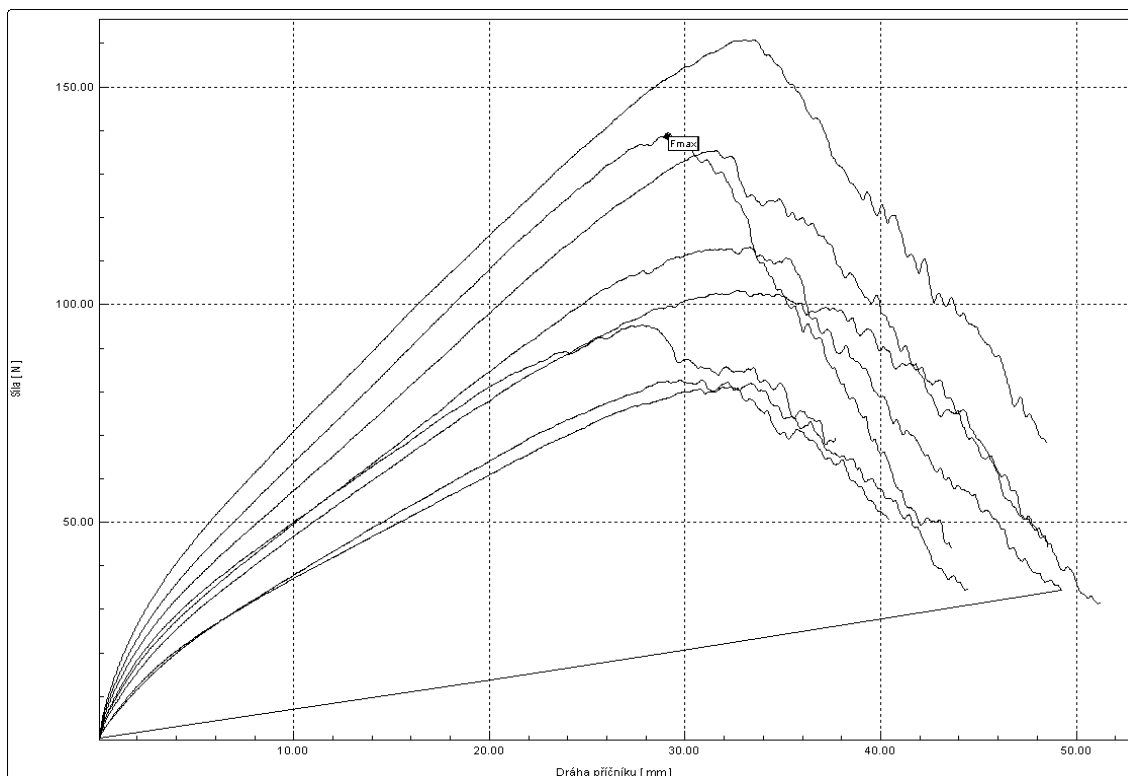


Obr. 31. - vzorek 7 - 80% PES/ 20% coPES, podélné, vpich 0 mm, tloušťka 2mm

Tab. 11 vzorek 7 - 80% PES/ 20% coPES, podélné, vpich 0 mm, tloušťka 2mm

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	8	8	8
2	x	28,97	111,13	2,77
3	s	2,57	27,09	0,94

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	8	32,78	164,07	4,85
2	7	28,67	108,03	2,51
3	6	30,11	125,85	3,32
4	5	24,83	115,79	2,49
5	4	28,67	86,86	1,91
6	3	30,57	103,45	2,57
7	2	30,14	73,22	1,96
8	1	25,96	111,76	2,53

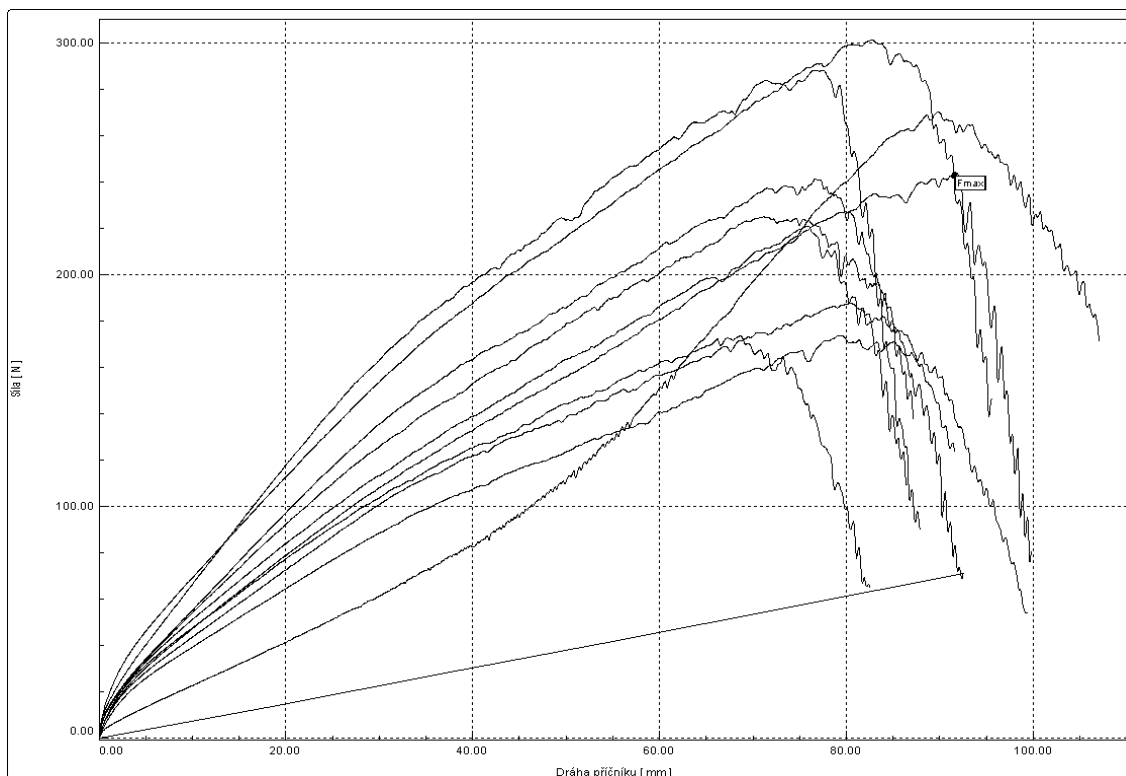


Obr. 32. - vzorek 8 - 80% PES/ 20% coPES, podélné, vpich 2 mm, tloušťka 2mm

Tab. 12 vzorek 8 - 80% PES/ 20% coPES, podélné, vpich 2 mm, tloušťka 2mm

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	8	8	8
2	x	31,32	113,88	3,96
3	s	2,14	28,62	1,97

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	8	33,05	160,82	5,03
2	7	27,84	95,36	2,49
3	6	32,68	103,22	3,52
4	5	33,32	81,86	2,37
5	4	29,71	82,67	2,22
6	3	33,28	113,13	8,2
7	2	31,58	135,33	4,12
8	1	29,14	138,61	3,76

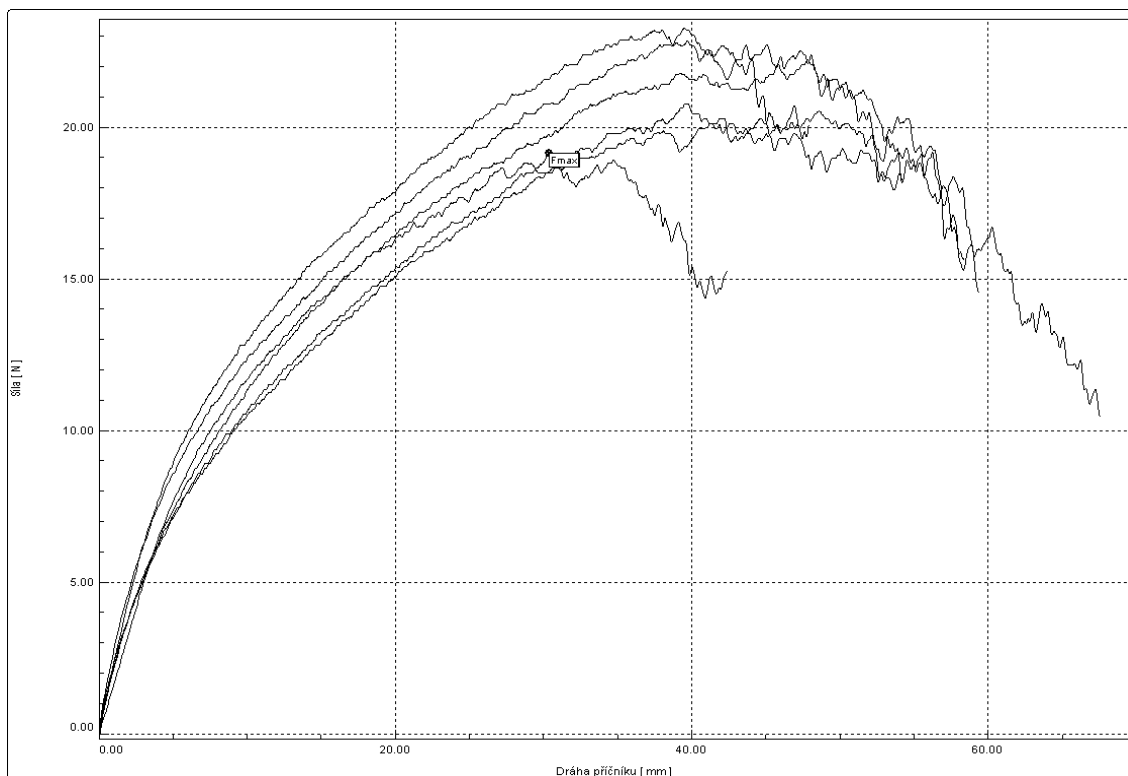


Obr. 33 - vzorek 9 - 80% PES/ 20% coPES, podélné, vpich 5 mm, tloušťka 2mm

Tab. 13 vzorek 9 - 80% PES/ 20% coPES, podélné, vpich 5 mm, tloušťka 2mm

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	10	10	10
2	x	79,3	232,46	15,07
3	s	7,33	45,37	6,34

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	10	91,73	242,52	14,46
2	9	82,8	301,32	18,28
3	8	80,37	187,87	11,01
4	7	68,58	173,65	9,18
5	6	71,12	224,95	31,39
6	5	75,9	220,99	11,64
7	4	79,27	173,71	10,84
8	3	89,75	270,12	14,46
9	2	76,86	288,11	15,98
10	1	76,66	241,35	13,47

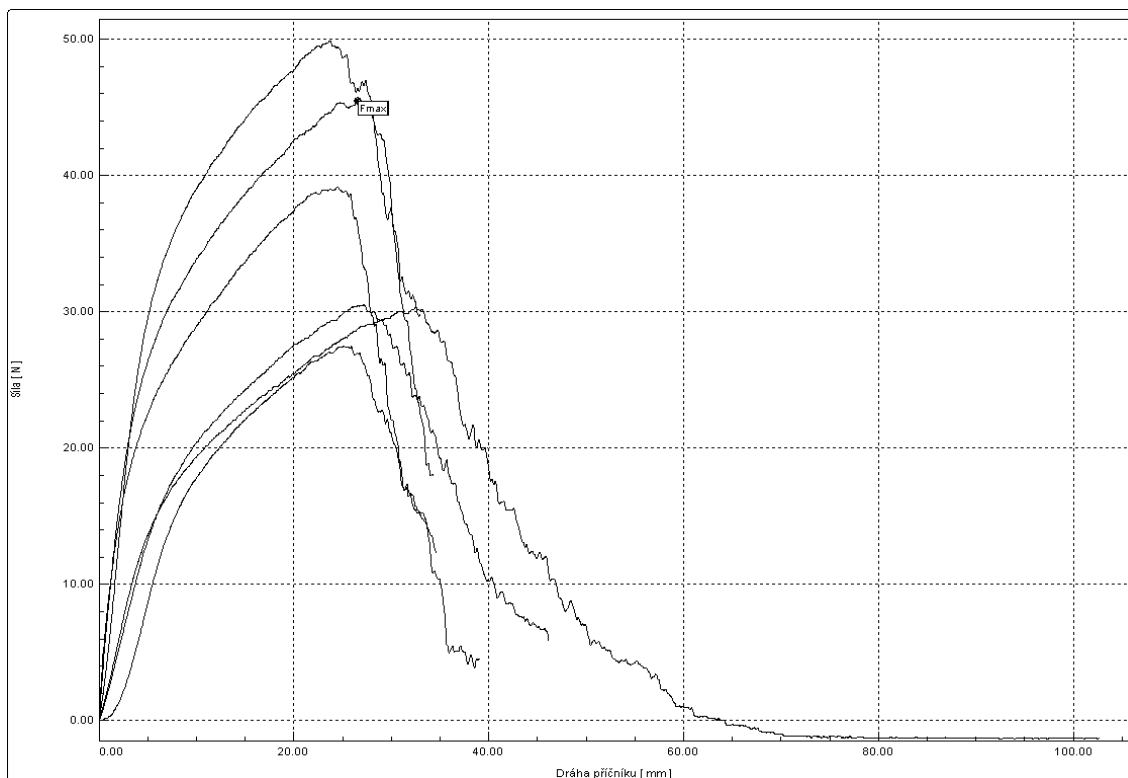


Obr. 34. - vzorek 10 - 80% PES/ 20% coPES, příčné, vpich 0 mm, tloušťka 2mm

Tab. 14 vzorek 10 - 80% PES/ 20% coPES, příčné, vpich 0 mm, tloušťka 2mm

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	6	6	6
2	x	40,91	21,48	0,89
3	s	6,66	1,58	0,18

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	6	30,41	19,16	0,6
2	5	47,77	22,24	1,11
3	4	39,46	23,28	0,83
4	3	48,58	20,55	0,91
5	2	39,51	20,78	0,84
6	1	39,72	22,86	1,04

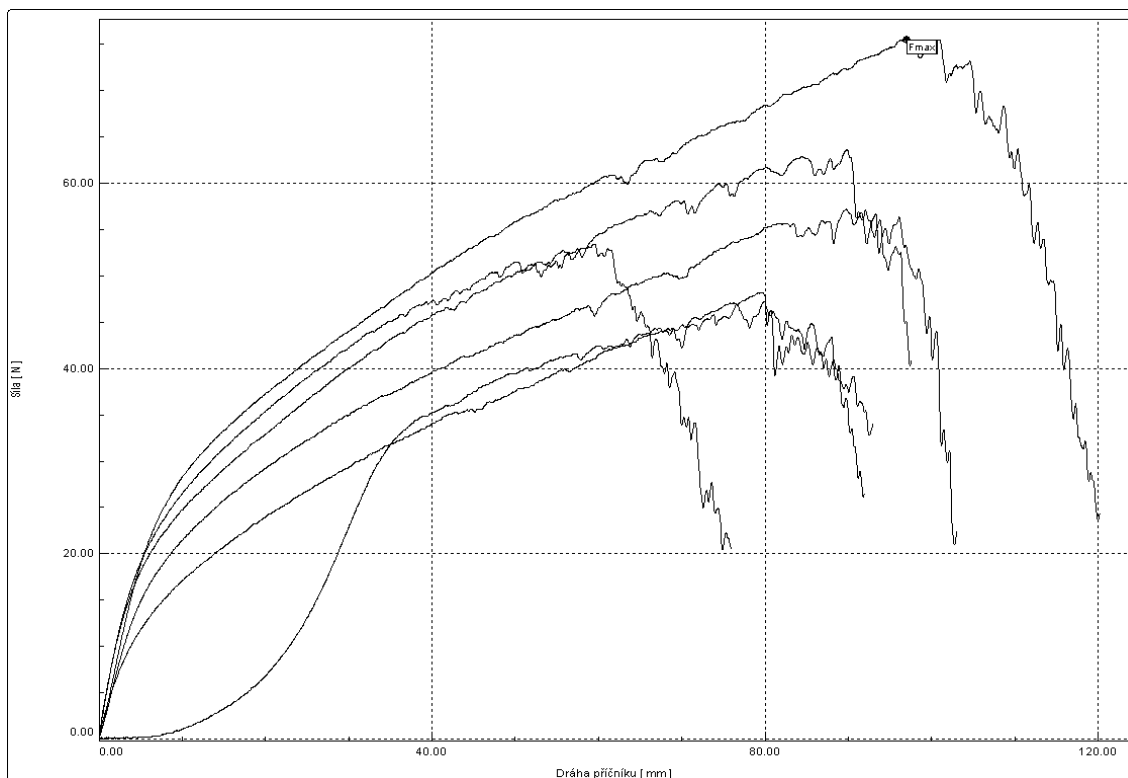


Obr. 35. - vzorek 11 - 80% PES/ 20% coPES, příčné, vpich 2 mm, tloušťka 2mm.

Tab. 15 vzorek 11 - 80% PES/ 20% coPES, příčné, vpich 2 mm, tloušťka 2mm.

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	6	6	6
2	x	26,58	37,13	1
3	s	3,18	9,15	0,22

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	6	26,6	45,43	1,18
2	5	23,69	49,87	1,26
3	4	24,46	39,16	1
4	3	25,06	27,47	0,64
5	2	27,16	30,52	0,9
6	1	32,51	30,36	1,01



Obr. 36. vzorek 12 - 80% PES/ 20% coPES, příčné, vpich 5 mm, tloušťka 2mm.

Tab. 16 vzorek 12 - 80% PES/ 20% coPES, příčné, vpich 5 mm, tloušťka 2mm.

Index	STAT	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	n	6	6	6
2	x	82,58	57,55	3,94
3	s	13,13	10,67	1,39

Index	Zkouška	Amax	Fmax	W
		Mm	N	J
1	6	97	75,49	6,38
2	5	59,47	53,45	2,95
3	4	89,85	63,64	4,44
4	3	79,87	47,24	3,03
5	2	89,72	57,24	4,16
6	1	79,6	48,22	2,69

3.3 Příloha č.3 tabulky naměřených hodnot prodyšnosti

Tab. 17. - varianty vzorků, které byly testovány, z každého vzorku min. 7ks

Číslo vzorku	Plošná hmotnost (g/m ²)	Složení směsi	Počet vpichů (1/cm ²)	Hloubka vpichu	Teplota pojení	Čas pojení	Cílová tloušťka	Průměrný průtok vzduchu
4	226	90% PES/ 10% coPES	100	0 mm	120 °C	90 s	2 mm	2390 l/m²/s
5	220	90% PES/ 10% coPES	100	2 mm	120 °C	90 s	2 mm	2500 l/m²/s
6	220	90% PES/ 10% coPES	100	5 mm	120 °C	90 s	2 mm	2590 l/m²/s
10	193	80% PES/ 20% coPES	100	0 mm	120 °C	90 s	2 mm	2018 l/m²/s
11	200	80% PES/ 20% coPES	100	2 mm	120 °C	90 s	2 mm	2515 l/m²/s
12	193	80% PES/ 20% coPES	100	5 mm	120 °C	90 s	2 mm	2918 l/m²/s

Tab. 18. – Počet měření a hodnoty měření prodyšnosti

Číslo vzorku	Měření č.1	Měření č.2	Měření č.3	Měření č.4	Měření č.5	Měření č.6	Měření č.7	Průměrný průtok vzduchu
4	2470	2430	2390	2270	2390	2190	2580	2390 l/m²/s
5	2490	2450	2520	2540	2500	2430	2730	2500 l/m²/s
6	2570	2750	2550	2490	2590	2240	2850	2590 l/m²/s
10	1990	1960	2070	2050	2018	1870	2470	2018 l/m²/s
11	2380	2330	2650	2700	2515	2170	2710	2515 l/m²/s
12	2970	2910	2750	3040	2918	2170	3200	2918 l/m²/s

Tab. 19. – Celkový zápis hodnot průměrného průtoku vzduchu NT

90% PES/ 10% coPES			80% PES/ 20% coPES		
Hloubka vpichu	Průměr průtok vzduchu		Hloubka vpichu	Průměr průtok vzduchu	
0 mm	2390	1 m ² /s	0 mm	2018	1 m ² /s
2 mm	2500	1 m ² /s	2 mm	2515	1 m ² /s
5 mm	2590	1 m ² /s	5 mm	2918	1 m ² /s