

Mendelova univerzita v Brně  
Lesnická a dřevařská fakulta  
Ústav nábytku, designu a bydlení

**Vplyv teploty na pevnost' lepeného spoja nábytkových hrán z  
listnatého dreva**  
Diplomová práca

2016/2017

**Bc. Petra Košutová**

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem práci: **Vplyv teploty na pevnost' lepeného spoja nábytkových hrán z listnatého dřeva**, vypracoval/a samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna 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, a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací.

Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity, a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:.....

.....

podpis

## **POĎAKOVANIE**

Moje poďakovanie patrí vedúcemu záverečnej práce Ing. Josefu Hlavatému Ph.D. za odborné vedenie, usmerňovanie, praktické rady a podnety k mojej práci a ochotu pomôcť mi pri spracovaní záverečnej práce.

Veľké poďakovanie patrí aj celej mojej rodine za podporu a trpezlivosť, ktorej sa mi dostávalo počas celého štúdia.

**Meno:** Petra Košutová

**Názov bakalárskej práce:**

*„Vplyv teploty na pevnosť lepeného spoja nábytkových hrán z listnatého dreva“*

**Abstrakt:**

Diplomová práca rieši problematiku vplyvu teploty na pevnosť a kvalitu lepeného spoja BK hrany a DTD. Skúšobné vzorky boli skúmané na základe skúšky v odlupovaní pod uhlom 90° a skúšky šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°.

Pre vykonanie skúšok boli vyrobené dve sady skúšobných vzoriek. Jedna sada vzoriek, kde hrana bola olepená tavným lepidlom EVA, druhá sada vzoriek olepená tavným PUR lepidlom.

Skúška bola vykonaná na vzorkách uložených v štandardných podmienkach ( $t=23\pm 2$  °C a relatívna vlhkosť vzduchu  $\varphi=50\pm 5$  %) a na vzorkách, ktoré boli vystavené cyklickému teplotnému zaťažovaniu. Cyklické zaťaženie slúžilo k simulovaniu vnútorného prostredia v prepravnom kontajneri počas medzinárodnej prepravy tovaru.

Namerané hodnoty boli spracované, analyzované, štatisticky vyhodnotené a následne medzi sebou porovnané.

**Kľúčové slová:** lepený spoj, BK hrana, DTD, tavné lepidlo EVA, tavné lepidlo PUR, teplota, odlupovanie, šikmý šmyk, prepravný kontajner, cyklické tepelné zaťažovanie.

**Name:** Petra Košutová

**The name of diploma thesis:**

*„The influence of temperature on adhesive-bound joint strength at furniture edges made from hardwood .“*

**Abstract:**

Diploma thesis deals with the influence of temperature on the strength and the quality of the glued joints between beech edge and particleboard. The samples were tested in peel test performed at an angle of 90° and shear under compression loading at an angle of 45°.

To perform the tests were made two sets of test samples. A set where the edge was glued with hotmelt adhesive EVA, the second set glued with hotmelt adhesive PUR.

The experiment was conducted on samples stored in standard conditions ( $T = 23 \pm 2$  °C and relative humidity  $\varphi = 50 \pm 5$  %) and on samples being exposed to cyclic thermal load. Cyclic thermal load was used to simulate the internal environment in shipping containers in international transport of goods.

The results of the measurements were processed, analyzed, statistically evaluated then matched with each other.

**Keywords:** glued joint, beech edge, particleboard, hot melt glue EVA, hot melt glue PUR, temperature, peel test, angle shear, shipping container, cyclic thermal loading.

# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD .....</b>	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>CIEĽ PRÁCE.....</b>	<b>11</b>
<b>3</b>	<b>LITERÁRNY PREHĽAD .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1</b>	<b>Teória lepenia a lepidlá.....</b>	<b>12</b>
<b>3.1.1</b>	<b>Lepenie.....</b>	<b>12</b>
3.1.1.1	Medzimolekulárne sily .....	13
3.1.1.2	Adhézia.....	13
3.1.1.3	Kohézia.....	14
3.1.1.4	Zmäčavosť .....	15
<b>3.1.2</b>	<b>Lepený spoj a faktory ovplyvňujúce lepený spoj .....</b>	<b>15</b>
<b>3.1.3</b>	<b>Lepidlá.....</b>	<b>16</b>
3.1.3.1	Polymeračný stupeň .....	17
3.1.3.2	Viskozita.....	17
3.1.3.3	Homogenita .....	18
3.1.3.4	Objemová stálosť .....	18
3.1.3.5	Zložky lepidla .....	19
<b>3.1.4</b>	<b>Rozdelenie lepidiel.....</b>	<b>19</b>
3.1.4.1	Rozdelenie podľa pôvodu.....	19
3.1.4.2	Rozdelenie podľa prechodu lepidla z kvapalného stavu do pevného	20
3.1.4.3	Delenie podľa iných znakov .....	20
<b>3.1.5</b>	<b>Tavné lepidlá .....</b>	<b>20</b>
3.1.5.1	Druhy tavných lepidiel .....	22
<b>3.1.6</b>	<b>EVA kopolyméry.....</b>	<b>23</b>
3.1.6.1	Základné zloženie tavných lepidiel.....	24
3.1.6.2	Výhody a nevýhody tavných lepidiel:.....	24

<b>3.1.7</b>	<b>PUR tavné lepidlá.....</b>	<b>25</b>
3.1.7.1	Využitie PUR tavných lepidiel .....	26
3.1.7.2	Výhody PUR tavných lepidiel .....	27
<b>3.2</b>	<b>Lepenie dreva .....</b>	<b>28</b>
3.2.1.1	Vplyv pórovitosti na proces lepenia.....	28
3.2.1.2	Vplyv povrchu dreva na lepenie .....	28
3.2.1.3	Chemické vplyvy na proces lepenia dreva .....	29
<b>3.3</b>	<b>Olepovanie bočných hrán .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.1</b>	<b>Nepretržité (priebežné) olepovanie.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.2</b>	<b>Postup olepovania metódou teplo-studenou.....</b>	<b>31</b>
3.3.2.1	Typy lepidiel pri olepovaní .....	32
<b>3.3.3</b>	<b>Postup olepovania metódou studeno-teplou.....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.4</b>	<b>Materiály na olepovanie bočných plôch .....</b>	<b>34</b>
3.3.4.1	Prehľad nábytkových hrán.....	34
3.3.4.2	Dyhové hrany.....	35
<b>3.4</b>	<b>Drevotrieskové dosky.....</b>	<b>37</b>
<b>3.4.1</b>	<b>Materiály pre výrobu .....</b>	<b>37</b>
<b>3.4.2</b>	<b>Výroba DTD .....</b>	<b>38</b>
<b>3.4.3</b>	<b>Použitie DTD .....</b>	<b>39</b>
<b>3.4.4</b>	<b>Rozdelenie DTD.....</b>	<b>39</b>
<b>3.5</b>	<b>Preprava tovaru .....</b>	<b>40</b>
<b>3.5.1</b>	<b>Kontajnerizácia .....</b>	<b>42</b>
3.5.1.1	Kontajnery .....	43
<b>3.5.2</b>	<b>Vplyvy pôsobiace na tovar v priebehu prepravy .....</b>	<b>44</b>
3.5.2.1	Klimatické vplyvy prostredia .....	44
<b>3.5.3</b>	<b>Dopravné trasy .....</b>	<b>48</b>
3.5.3.1	Nová čínska hodvábna cesta (euroázijská trasa).....	50

3.5.4	Import a export nábytku.....	52
3.5.5	Príklad prepravy nábytku od výrobcu k predajcovi .....	54
<b>4</b>	<b>METODIKA.....</b>	<b>57</b>
4.1	Metodika výroby skúšobných vzoriek .....	57
4.2	Metodika prípravy skúšobných vzoriek .....	59
4.3	Skúška šikmého smyku pod uhlom 45° pri tlakovom zaťažení	61
4.3.1	Postup skúšky .....	62
4.4	Skúška v odlupovaní .....	62
4.4.1	Postup skúšky .....	63
4.5	Stroje a pomôcky potrebné pre skúšku .....	64
4.5.1	Klimatizačná komora INCUCCELL V – 111 .....	64
4.5.2	Teplotný datalogger Testo 174H_1 .....	65
4.5.3	Trhací stroj INSTRON 3365.....	66
4.5.4	Tepelná komora INSTRON 3119-409-22 .....	67
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY A VYHODNOTENIE .....</b>	<b>68</b>
5.1	Skúška v odlupovaní ČSN EN 28510-1 .....	68
5.1.1	Ukážky vzoriek po priebehu skúšky v odlupovaní pod uhlom 90° .....	74
5.1.2	Vyhodnotenie výsledkov .....	76
5.1.2.1	EVA tavné lepidlo.....	76
5.1.2.2	PUR tavné lepidlo .....	77
5.1.2.3	Vzájomné štatistické porovnanie EVA a PUR tavného lepidla.....	78
5.2	Skúška šikmý smyk.....	80
5.2.1	Ukážky vzoriek po priebehu skúšky šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° .....	88
5.2.2	Vyhodnotenie výsledkov .....	90
5.2.2.1	EVA tavné lepidlo.....	90



5.2.2.2	PUR tavné lepidlo .....	91
5.2.2.3	Vzájomné štatistické porovnanie EVA a PUR tavného lepidla.....	92
<b>6</b>	<b>DISKUSIA .....</b>	<b>94</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVER .....</b>	<b>99</b>
<b>8</b>	<b>SUMMARY .....</b>	<b>101</b>
<b>9</b>	<b>ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY .....</b>	<b>103</b>
9.1	Knižné a časopisné zdroje.....	103
9.2	Internetové zdroje .....	104
9.3	Normy .....	105
<b>10</b>	<b>ZOZNAM OBRÁZKOV .....</b>	<b>106</b>
<b>11</b>	<b>ZOZNAM TABULIEK .....</b>	<b>110</b>
<b>12</b>	<b>ZOZNAM SKRATIEK .....</b>	<b>112</b>
<b>13</b>	<b>PRÍLOHY .....</b>	<b>113</b>
13.1	Ukážka výstupov z merania.....	113
13.2	Technické listy .....	121

# 1 ÚVOD

Oleповanie bočných plôch nábytkových dielcov je náročný proces a zaradujeme ho k základným technologickým operáciám pri výrobe nábytku. Kvalita prevedenia má zásadný vplyv na výslednú kvalitu a estetické pôsobenie nábytku. Bez olepenia bočných plôch nábytku vyrobeného z aglomerovaných materiálov, by nábytok stratil svoju funkčnosť, po čase by došlo k degradácii materiálov a tým k skráteniu jeho životnosti. Pri posudzovaní kvality nábytku sa kladie na bočné plochy veľký dôraz, práve preto sa lepeniu a kontrole musí venovať zvýšená pozornosť.

Cieľom výrobcov je vyvárať také lepené spoje, aby odolnosť dielcov voči atmosférickým vplyvom bola čo najvyššia a aby sa docielila dobrá elasticita spojov a čo najvyššia odolnosť voči mechanickému poškodeniu. Olepením bočných plôch sa zvyšuje aj estetické pôsobenie dielcov na finálnom výrobku. Po naformátovaní jednotlivých dielcov je viditeľná na plochách nevzhľadná rezná stopa. Preto sa používajú rôzne dekoračné materiály na olepenie bočných plôch, aby sa táto rezná stopa zakryla a taktiež, aby sa zvýšila estetická hodnota výrobku. To je dôvodom prečo nároky na kvalitu a prevedenie narastajú nielen zo strany výrobcov, ale aj spotrebiteľov.

Výsledná kvalita olepenia bočných plôch závisí od správne zvolenej technológie olepenia hrán a v neposlednom rade od výberu správneho typu lepidla. Voľba lepidla, závisí od typu technológie oleповania, ale aj od požiadaviek na výslednú kvalitu. Najviac sa uplatňujú tavné lepidlá a disperzné PVAC lepidlá. Pre účely diplomovej práce boli pre porovnanie vybrané tavné lepidlo etylenvinylacetátové (EVA) a polyuretánové (PUR).

Pre zachovanie potrebnej kvality je dôležité sa zamerať nielen na samotnú výrobu, ale aj na manipuláciu s výrobkom počas prepravy k cieľovým užívateľom. Práve pri tomto procese môže dochádzať k výraznému poškodeniu výrobku v lepených spojoch. K mechanickému poškodeniu dochádza nielen kvôli neopatrnému zaobchádzaniu. Ak export nábytku orientujeme mimo štáty EÚ, počas transportu na takúto dlhú vzdialenosť dochádza k extrémnym výkyvom teplôt, vlhkosti, stretáme sa s rôznou intenzitou klimatologických prvkov ako aj so zrážanlivosťou vodných pár. Práve tieto extrémne podmienky môžu spôsobiť, že výsledný výrobok nebude k zákazníkovi dodaný v požadovanej kvalite.

## 2 CIEĽ PRÁCE

Cieľom diplomovej práce je:

- uskutočniť dve skúšobné metódy pre stanovenie pevnosti lepeného spoja, konkrétne skúška podľa ČSN EN 28510-1 Lepidla – Skúška v odlupovaní pod uhlom 90 stupňov a skúška šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°,
- získať výsledky z dvoch skúšobných metód pre stanovenie pevnosti lepeného spoja,
- stanoviť vplyv teploty na pevnosť lepených spojov medzi BK nábytkovou hranou a DTD doskou u bočných plôch nábytkových dielcov, ktoré boli lepené tavným lepidlom EVA a PUR,
- stanoviť, akým spôsobom môže byť ovplyvnená pevnosť lepeného spoja po vystavení spoja cyklickému teplotnému namáhaniu, ktorý simuluje extrémne podmienky behom prepravy tovaru mimo EÚ,
- vyhodnotiť vplyv pôsobenia teploty na pevnosť lepených spojov na základe uskutočnených skúšok,
- porovnať správanie jednotlivých druhov použitého lepidla na olepenie bočných plôch voči vplyvu teploty,
- porovnať správanie jednotlivých druhov použitého lepidla na olepenie bočných plôch voči vplyvu teploty, v prípade cyklovaných a necyklovaných vzoriek,
- porovnať namerané hodnoty s nameranými hodnotami z prechádzajúcej skúšky, ktorá prebehla počas tvorby bakalárskej práce.

Výstupom práce bude stanovenie vplyvu teploty na pevnosť lepených spojov.

## **3 LITERÁRNY PREHĽAD**

### **3.1 TEÓRIA LEPENIA A LEPIDLÁ**

Téma lepenia je pre spracovanie diplomovej práce kľúčová a preto je jej venovaná veľká časť práce. Cieľom je získať ucelený prehľad o teórii lepenia, lepidlách, pevnosti lepených spojov. Bližšie sú rozobrané najmä tavné lepidlá, ktoré boli použité na výrobu vzoriek pre praktickú časť práce. Prehľad zbiera informácie z odbornej literatúry a článkov uverejnených vo vedeckých časopisoch.

Lepenie je jednou z moderných metód spojovania materiálov v nábytkárskom priemysle. Vývoj nových druhov syntetických lepidiel priniesol možnosť realizácie plynulých výrobných procesov lepenia a možnosť vyrábať nábytok čo najkvalitnejšie. Cieľom lepenia v nábytkárskom priemysle je vytvárať také lepené spoje, aby spojenie súčasti dielcov a celých výrobkov bolo čo najpevnejšie a trvalé. K tomu, aby spoje boli čo najstálejšie, je potrebné poznať nielen vlastnosti lepidiel a lepených materiálov, ale aj spôsob, akým budú lepené spoje namáhané. (Muzikář et al. 2008)

#### **3.1.1 Lepenie**

Pod pojmom lepenie označujeme schopnosť určitých látok spojovať dva predmety na základe príľnavosti k ich povrchu. (Eisner 1983)

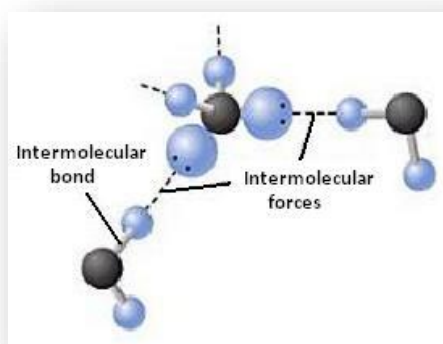
Je to proces pri ktorom dochádza k spojeniu minimálne dvoch materiálov kvapalnou látkou alebo látkou v pevnom stave prechádzajúcou kvapalným štádiom, prípadne plastickým, ktorá má schopnosť vytvoriť pevný, trvalý spoj. Proces lepenia sa skladá z čiastkových, na seba časovo nadväzujúcich procesov, vďaka ktorým vznikne pevný spoj materiálov. Medzi čiastkové procesy patrí: nanášanie lepidla, skladanie lepených materiálov, vytvrdzovanie lepidla či už za pôsobenia tlaku alebo bez, v prípade lepidla v pevnom skupenstve sa jedná aj o jeho aktiváciu vďaka ktorej sa stane lepivým. (Nemec et al. 1986)

Pevnosť lepeného spoja závisí od štyroch základných parametrov. Od príľnavosti lepidla k lepenému povrchu (adhézia), od súdržnosti hmoty lepidla teda vnútornej pevnosti lepidla (kohézia), od zmáčavosti lepeného povrchu kvapalným lepidlom, od pevnosti (súdržnosti) lepeného materiálu. (LEAR 2002)

Pri lepení prebiehajú chemické a technologické procesy, ktoré sú ovplyvnené fyzikálno-chemickými vlastnosťami lepidiel a lepených materiálov. Ide o medzimolekulárne sily, adhéziu, kohéziu a zmáčanie povrchu. (Gelbič 2000)

### 3.1.1.1 Medzimolekulárne sily

Každá hmota sa skladá z atómov. Atómy sú navzájom pospájané do molekúl chemickými väzbami, ktoré sa nazývajú aj primárne sily. Jednotlivé molekuly sa však navzájom ovplyvňujú a sú k sebe priťahované sekundárnymi príťažlivými silami. Keď dôjde k tesnému priblíženiu molekuly lepidla a lepenej látky vznikajú medzi nimi taktiež sekundárne príťažlivé sily. Pre ich vznik je potrebné veľmi tesné priblíženie, to docielime vyvolaním dostatočného tlaku na lepený spoj, lisovaním. Tieto sily sa v najväčšej miere podieľajú na vzniku adhézie. (Muzikár 2008)



Obr. 1 Názorná ukážka primárnych a sekundárnych príťažlivých síl  
(zdroj: <http://chemistry.tutorvista.com/physical-chemistry/intermolecular-forces.html>)

### 3.1.1.2 Adhézia

Adhézia (prilnavosť), je súhrn chemických a fyzikálnych síl, ktorými sa navzájom pútajú častice povrchu priblížených materiálov (lepeného materiálu a lepidla). (Pokorný 2000)

Teória adhézie sa rozdeľuje na mechanickú a špecifickú. Vývoj v poznatkoch teórie adhézie jednoznačne pridelil väčšinovú významnosť špecifickej adhézií. Teória mechanickej adhézie hovorí, že lepidlo v tekutom stave vniká do pórov, mechanicky zakotví v póroch dreva a v nerovnostiach lepených plôch a po vytvrdení vytvorí mechanické spojovacie mostíky tzv. mikrohmoždinkové spoje. Práve pre tento názor sa plochy pred lepením zdrsňujú. Vďaka pokusom bolo zistené, že mechanická adhézia sa podieľa na celkovej pevnosti lepeného spoja len z 10-30 %. Rozhodujúca je špecifická adhézia, ktorá je tvorená fyzikálnymi a chemickými silami. Práve tieto sily sa podieľajú na celkovej pevnosti lepeného spoja a to až s 70-90 %. (Muzikár 2008)

Adhézia je teda veľmi zložitý proces, existujú preto podmienky, aby sa dosiahla čo najlepšia prilnavosť. V prvom rade molekuly lepidla a lepený povrch sa musia dostatočne priblížiť, aby medzi nimi došlo k interakcií. Práve preto lepidlo musí byť počas lepenia

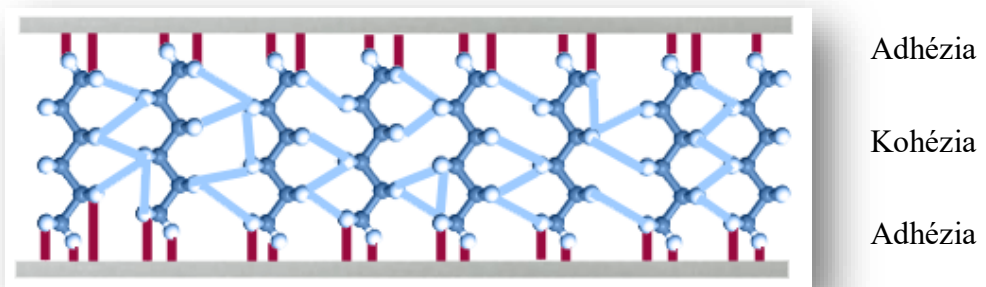
tekuté, minimálne plastické. Ďalej je potrebné, aby lepidlo dobre zmáčalo povrch lepeného materiálu, z toho vyplýva, aby povrchové napätie lepidla bolo nižšie ako povrchové napätie lepeného materiálu. Lepidlo musí zotrvať v lepenej špáre po určitý čas v tekutom stave, aby mohlo dôjsť k orientácii molekúl lepidla. Úpravou nepórovitého materiálu zdrsnením, naleptaním rozpúšťadlami môžeme doceliť lepšiu spôsobilosť pre lepenie. Adhézia je ovplyvňovaná hmotnosťou lepidla, s rastúcou molekulovou hmotnosťou narastá aj kohézia lepidla, ale len do určitého stupňa. Zvýšený tlak, teplota a lisovacia doba zlepšujú adhéziu, pretože sa vďaka týmto javom zlepši orientácia molekúl lepidla. (Eisner et al. 1983)

Predpoklad pre to, aby nastala adhézia lepidla k lepenému povrchu, je aby materiály vstupujúce do procesu lepenia mali z povrchu odstránené mechanické a chemické nečistoty ako prach, piliny, triesky, tuky, živice a iné. (Nemec et al. 1986)

Pokiaľ lepidlo nie je schopné dostatočne pevne prilnúť k materiálu, spoj nedrží dochádza k rozlepeniu na rozhraní lepidlo - lepený materiál. V takom prípade je vnútorná súdržnosť lepidla (kohézia) aj vlastná pevnosť materiálu vyššia než príľnavosť (adhézia). (LEAR,2002)

### 3.1.1.3 Kohézia

Pre pevnosť lepeného spoja nie je dôležitá len adhézia lepidla k adherendu, ale aj súdržnosť samotného filmu lepidla po jeho vytvrdení. To už hovoríme o kohézií, teda o vnútornej súdržnosti lepidla. Je to súhrn síl, ktorými sa pútajú molekuly toho istého materiálu (pevnosť samotného lepidla). Veľkosť kohézie závisí najmä na veľkosti a štruktúre molekúl lepidla. (Muzikár 2008)



Obr. 2 Znáročenie adhémie a kohémie  
(zdroj: <http://www.adhesiveandglue.com/adhesive-definition.html>)

Ak sa lepený spoj roztrhne vo vrstve lepidla, znamená to, že adhémie aj pevnosť lepeného materiálu je vyššia ako kohémie. Kohémna pevnosť závisí od charakteru lepidla a od tepelného namáhania lepeného spoja. (LEAR 2002)

### 3.1.1.4 Zmäčavosť

Ďalšia mimoriadne dôležitá vlastnosť pri lepení je zmáčavosť lepeného povrchu kvapalným lepidlom. Ak lepidlo nie je schopné sa rovnomerne rozprestrieť po lepenom povrchu, adhézna väzba nevznikne. Zmäčavosť súvisí s polaritou lepeného povrchu a s povrchovým napätím lepidla a povrchu. Lepidlá obsahujú veľa reakcie schopných chemických skupín, sú to molekuly lepidla jednostranne elektricky orientované, polárne. Lepidlo dobre zmáča polárne povrchy ako drevo, papier a iné deriváty celulózy, mierne povrchovo oxidované kovy, prírodné textílie, sklo a ďalšie. Naopak nezmáča nepolárne povrchy ako sú mnohé plasty a vosk. (Muzikár 2008)

Polarita povrchu látok je príčinou vzniku povrchovej energie, ktorá je vyjadrená veličinou povrchového napätia. Čím vyššia je hodnota povrchového napätia, tým je pevný povrch alebo kvapalina polárnejšia. Ak je povrchové napätie kvapaliny nižšie než povrchové napätie pevného povrchu, dôjde k rozliatiu kvapaliny po povrchu (zmáčanie). Naopak ak je povrchové napätie kvapaliny vyššie než napätie povrchu, kvapalina sa nerozleje, kvapka kvapaliny sa drží na povrchu ako guľička. Ak kvapalné lepidlo nezmáča lepený povrch, adhézia bude slabá a lepený spoj sa rozpadne. (LEAR 2002)



Obr. 3 Rôzne uhly zmáčania

(zdroj: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1784>)

### 3.1.2 Lepený spoj a faktory ovplyvňujúce lepený spoj

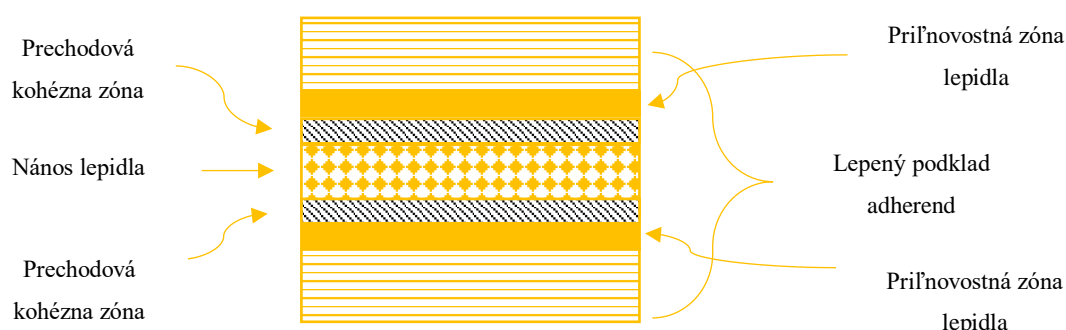
Pre vznik konštrukčne pevného a odolného lepeného spoja je nutné vytvoriť spoj, ktorého vnútorná štruktúra sa skladá z troch hlavných vrstiev a dvoch mikrovrstiev. (Tesařová et al. 2014)

Pre docielenie kvalitného lepeného spoja je nutné brať do úvahy nasledovné:

- voľba lepidla podľa vlastností lepených materiálov,
- polarita či už lepidla alebo lepeného materiálu (pre lepenie dreva polárne lepidlo),

- odstránenie vystupujúcich nerovností brúsením, pred samotným lepením,
- zdrsnenie povrchu brúsnym papierom alebo škrabkou,
- viskozita lepidla musí mať nízke hodnoty aby nepenetrovala do povrchu pred vytvorením samotnej vrstvičky lepidla na povrchu adherendu,
- povrchové napätie lepidla musí byť menšie ako povrchové napätie lepeného povrchu,
- spôsob nanášania a spracovania samotného lepidla,
- fyzikálnomechanické vlastnosti lepidla a lepených materiálov.

(Tesařová et al. 2014)



Obr. 4 Štruktúra lepeného spoja (vlastný zdroj)

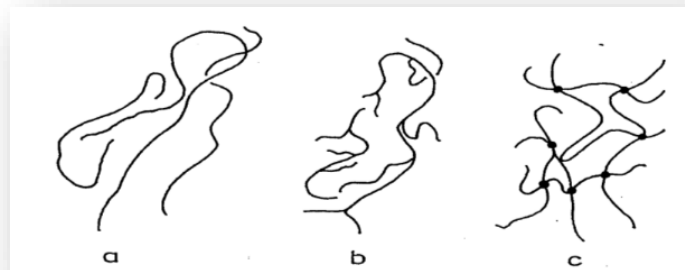
### 3.1.3 Lepidlá

Lepidlá (adhezíva) sú nekovové materiály rastlinného, živočíšneho pôvodu alebo pripravené synteticky. Podstatou lepidiel sú filmotvorné, makromolekulárne látky. Majú vysokú vnútornú súdržnosť (kohézia) a priľnavosť (adhézia) k povrchu tuhých látok. Práve vďaka týmto vlastnostiam sú schopné tuhé látky spájať. (Kubín, Oltman 1981)

Zloženie makromolekúl, čo sa týka obsahu a pomeru aktívnych skupín v reťazci, ovplyvňujú stupeň adhézie k podkladu. Konečný tvar (teda po vyschnutí, stuhnutí alebo vytvrdení filmu lepidla) ovplyvňuje tepelnú odolnosť a rozpustnosť lepidla.

Filmotvorné látky môžu mať lineárnu štruktúru makromolekuly, takáto štruktúra vytvára termoplastický film lepidla, ktorý je rozpustný v organických rozpúšťadlách, alebo vo vode. Naopak, pokiaľ filmotvorné látky vytvoria makromolekulu trojrozmernú (močovínové, epoxidové, fenolické, polyuretánové, atď.) vytvorí sa v lepenej špáre film, ktorý sa pri pôsobení tepla netaví a nerozpúšťa. (Osten 1986)





Lineárny      Rozvetvený      Zosieťovaný

Obr. 5 Makromolekulové reťazce (Liptáková et al. 2012)

### 3.1.3.1 Polymeračný stupeň

Vlastnosti lepeného spoja ovplyvňuje aj polymeračný stupeň, ktorý je daný dĺžkou molekúl filmotvorného polyméru. S narastajúcou dĺžkou makromolekuly rastie viskozita roztoku a kohézia lepidla, naopak adhézia klesá. Lepidlá s krátkou molekulou, teda nižším polymeračným stupňom majú nižšiu viskozitu. To spôsobí, že lepšie difundujú do mikropovrchu adherendu, na druhej strane ale vzniká film s menšou kohéziou. Pre správne fungovanie lepidla sú však potrebné vysoká adhézia aj kohézia filmu. Práve preto musia byť v lepidle zastúpené vysokomolekulárne aj nízkomolekulárne zložky. Najideálnejšie pre prípravu lepidiel sú polyméry, ktoré majú polymeračný stupeň od 50 do 300. (Osten 1986)

### 3.1.3.2 Viskozita

Viskozita je miera vnútorného trenia v kvapaline a ovplyvňuje tokové vlastnosti lepidiel. Závisí na obsahu a polymeračnom stupni filmotvornej látky, obsahu a kvalite plniva, pomere rozpúšťadla k riedidlu a v neposlednom rade na teplote. Čím je lepidlo viskóznejšie, teda hustejšie, tým horšie sa nanáša. Môže dôjsť k nedokonalému zmáčaniu povrchu.

U niektorých reaktívnych lepidiel (fenolické, močovínové, melamínové, atď.) môže nastať samovoľné zvýšenie viskozity starnutím a pôsobením tepla. Tieto lepidlá je nutné preto uchovať v chlade od +5 do +15 °C. Viskozita sa zvyšuje aj odparovaním rozpúšťadiel, práve preto treba lepidlá vždy uchovávať v dobre uzavretých nádobách. Viskozita sa pred použitím upravuje podľa pokynov výrobcu, buď miešaním s lepidlom inej viskozity, alebo pridaním vhodných plnív. Viskozitu lepidiel môžeme ľahko overiť skúškou na výtakovom poháriku. (Osten 1986)



Obr. 6 Kvapaliny s rôznymi stupňami viskozity  
(zdroj: <http://schoolworkhelper.net/what-is-viscosity-application-flow-factors/>)

### 3.1.3.3 Homogenita

Homogenita lepidla je základným predpokladom spoľahlivého spoja. Zvýšená pozornosť je preto nutná u viaczložkových lepidiel, ktoré sa musia pred použitím dôkladne zamiešať a tiež pri lepidlách s obsahom nerozpustných prísad. Pre správne premiešanie prísad je potrebné zvoliť poradie pridávania prísad plniva a tvrdidla. Tvrdidlo by sa malo pridávať ako posledné a v takej forme ako je dané výrobcom. Najviac dochádza k usadzovaniu plniva minerálneho pôvodu ako sadrovec, kaolín, krieda. Naopak najmenej sa usadzujú plnivá, ktoré bobtnajú teda múka, škrob, prášková celulóza. Homogenita sa môže znížiť nielen v dôsledku zlého rozmiešania zmesi ale aj nevhodným skladovaním a prekročením životnosti lepidla. (Osten 1986)

### 3.1.3.4 Objemová stálosť

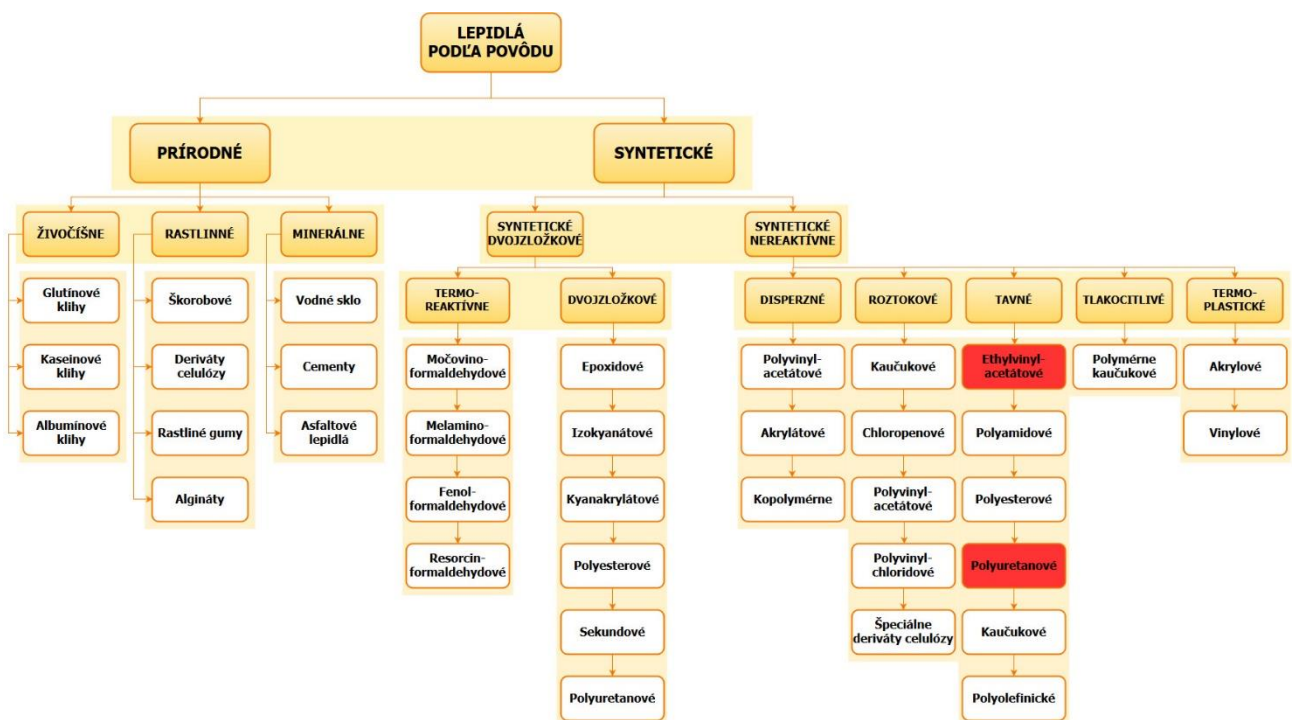
Čo sa týka objemovej stálosti filmu lepidla, je potrebné sa zamerať na objemové zmeny, ku ktorým dochádza pri premene tekutého lepidla v tuhý film. Objemová stálosť má vplyv na výslednú kvalitu spoja. Čím vyšší je obsah aktívnych látok (samotný polymér, ale aj reakcie schopné latky ako rozpúšťadlá, či látky zaisťujúce zosieťovanie štruktúry lepidla) v lepidle tým menšie sú objemové zmeny. Pre zníženie objemu lepidla dobre slúžia plnivá nebobtnavé, minerálneho pôvodu. Najväčšiu objemovú stálosť majú lepidlá tavné a bezrozpúšťadlové, reaktívne lepidlá. Naopak najviac zmenšujú svoj objem lepidlá rozpúšťadlové a disperzné, pretože obsah aktívnych látok je u nich 30 až 60 %. Objemová stálosť sa pri niektorých typoch lepidiel, ktoré dlho zadržiavajú rozpúšťadla, dosiahne až po veľmi dlhom čase a to 2 až 3 týždne. Pokiaľ vieme že na lepený spoj bude treba hrubá vrstva lepidla, je vhodné zvoliť lepidlo objemovo najstálejšie. (Osten 1986)

### 3.1.3.5 Zložky lepidla

- filmotvorná látka (pojivo),
- rozpúšťadlo,
- riedidlo,
- tvrdidlo,
- plnivá,
- nastavovadlá,
- stabilizátory
- zušľachtujúce prísady. (Muzikár 2008)

### 3.1.4 Rozdelenie lepidiel

#### 3.1.4.1 Rozdelenie podľa pôvodu



Obr. 7 Rozdelenie lepidiel podľa pôvodu (vlastný zdroj)

### 3.1.4.2 Rozdelenie podľa prechodu lepidla z kvapalného stavu do pevného

- Lepidlá tuhnúce vsiaknutím a odparením rozpúšťadiel v spoji
  1. rozpúšťadlové roztokové
  2. rozpúšťadlové disperzné
- Lepidlá reaktívne
  1. tuhnúce vplyvom vlhkosti prostredia
  2. tuhnúce bez prístupnosti kyslíka (anaeróbne)
  3. tuhnúce po pridaní tvrdidiel
  4. tuhnúce pri zvýšenej teplote
- Lepidlá tavné
- Lepidlá stále lepidivé, citlivé na tlak. (Pokorný, 2000)

### 3.1.4.3 Delenie podľa iných znakov

- Podľa oboru použitia (nábytok, čalúnenie, obalová technika)
- Podľa zlepovaného materiálu (papier, drevo, sklo, textil, peny)
- Podľa miesta použitia (lepidlo na montáž, dyhovanie, olepovanie hrán)
- Podľa rýchlosti zasychania (napr. sekundové)
- Podľa vlastností lepeného spoja (napr. lepidlo konštrukčné)
- Podľa dodanej formy (prášok, perličky, tabuľky, fólie, tyčinky)
- Podľa vzhľadu (napr. biely glej). (Tesařová et al. 2014)

### 3.1.5 Tavné lepidlá

Nazývame ich aj bezrozpúšťadlové termoplasty. Za normálnej teploty sú to pevné látky termoplastického charakteru, vznikajú na báze syntetických polymérov alebo kopolymérov, poprípade inak modifikovaných zmesí. Práve tieto základné zložky tavných lepidiel zabezpečujú dobrú mechanickú pevnosť lepidlového filmu a tvoria základ adhézných vlastností lepidla.

Pre zvýšenie lepidivosti a zníženie viskozity sa do taveniny pridávajú živice. Taktiež sa pridávajú zmäkčovadlá, pigmenty, stabilizátory a ďalšie. Nízka viskozita je jedným z predpokladov správnej funkcie tavného lepidla, preto sa používajú filmtvorné látky s nízkou molekulovou hmotnosťou.

Tavné lepidlá si vlastnosť termoplasticity zachovávajú aj v už vytvorenom spoji, vďaka čomu je možné lepený spoj znovu zahriať a rozpojiť. Nevýhodou tejto vlastnosti

však je obmedzená odolnosť spoja proti zvýšenej teplote. Práve táto problematika je skúmaná v praktickej časti diplomovej práce. (Eisner et al. 1983)



Obr. 8, 9,10,11 Tavné lepidlá vo forme granúl, prášku, fólie, pásikov  
(zdroj: <https://www.google.com/imghp?hl=sk>)

Tavné lepidlá sa pripravujú tak, že sa krátko ohrejú na teplotu pri ktorej dôjde k ich roztaveniu a stanú sa lepivými. Táto teplota sa pohybuje v rozmedzí 120 – 150 °C. Tavenina lepidla sa naniesie na spojovaný povrch a to buď nanášacími valcami, striekaním, vypustením z tavnej komory. Existujú aj prípady keď sa lepidlo nanáša vo forme prášku, pásikov, fólií alebo na nosiči z papiera, tkaniny, derivátu celulózy. Aktivácia teplom pri lepení je nutná či už je lepidlo vo forme granúl, prášku, fólie alebo pásikov. (Eisner et al. 1983)



Obr. 12 Proces lepenia tavným lepidlom (vlastný zdroj)

Lepené dielce sa po nanosení taveniny zložia a zaťažia sa miernym tlakom na niekoľko sekúnd. Lepidlá s vyššou teplotou mäknutia tuhnú rýchlejšie ako lepidlá s nízkou teplotou mäknutia. Po ochladení spoj ostáva pod tlakom, aby bolo dosiahnuté dostatočné stuhnutie a pevný spoj. Pri lepení je dôležité zachovať konštantnú teplotu, aby kvalita lepeného spoja bola všade rovnomerná. Na samotnú pevnosť má vplyv aj kvalita

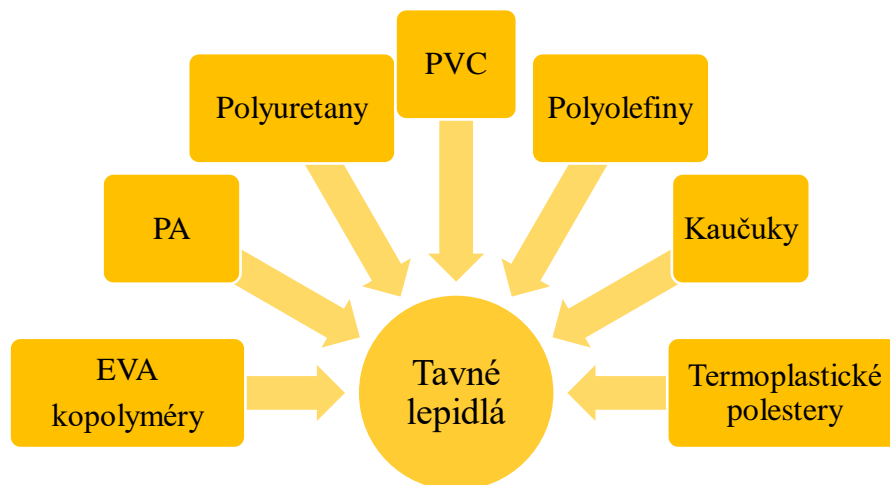
spojovacích plôch teda ich drsnosť, vlhkosť, savosť a taktiež samotný lisovací tlak. (Eisner et al. 1983)

Tavné lepidlá neobsahujú rozpúšťadlá a prchavé látky, pri spracovaní sa nemení ich chemické zloženie a neuvolňujú sa žiadne vedľajšie látky. Vďaka týmto vlastnostiam sú oproti roztokovým lepidlám výhodnejšie, nakoľko sú šetrnejšie k životnému prostrediu a k pracovnému prostrediu. (Eisner et al. 1983)

Tavné lepidlá našli svoje uplatnenie v mechanizovaných výrobných procesoch pri strojom, sériovom spracovaní. V takýchto podmienkach je zabezpečená vysoká produktivita a taktiež je zabezpečená zrovnateľná a opakovateľná kvalita lepeného spoja. Tavné lepidlá sa využívajú pri spájaní tradičných aj plastických materiálov ako drevo, kov, papier, sklo, usne, tkaniny, plasty. Najvýznamnejšie uplatnenie majú v obalovej technike, výrobe obuvi, nábytku a ďalších. (Eisner et al. 1983)

Pre výrobu nábytku nie sú tavné lepidlá vo veľkom zastúpení tvoria len 11 % z celkových lepidiel využívaných v nábytkárskom priemysle, pričom najväčšie zastúpenie má PVAc lepidlo. Využívajú sa na miestach, kde nie je vyžadovaná vysoká sila lepeného spoja. Najviac sa používajú ako rýchlomontážne v sériovej výrobe nábytku a pri olepovaní bočných plôch. Sú vhodné pre plošné a rohové spoje, najmä kolíkové spoje, ale vhodné sú aj na lepenie pokosov skriniek a zásuviek. (Skeist 1990)

### 3.1.5.1 Druhy tavných lepidiel



Obr.13 Rozdelenie tavných lepidiel (vlastný zdroj)

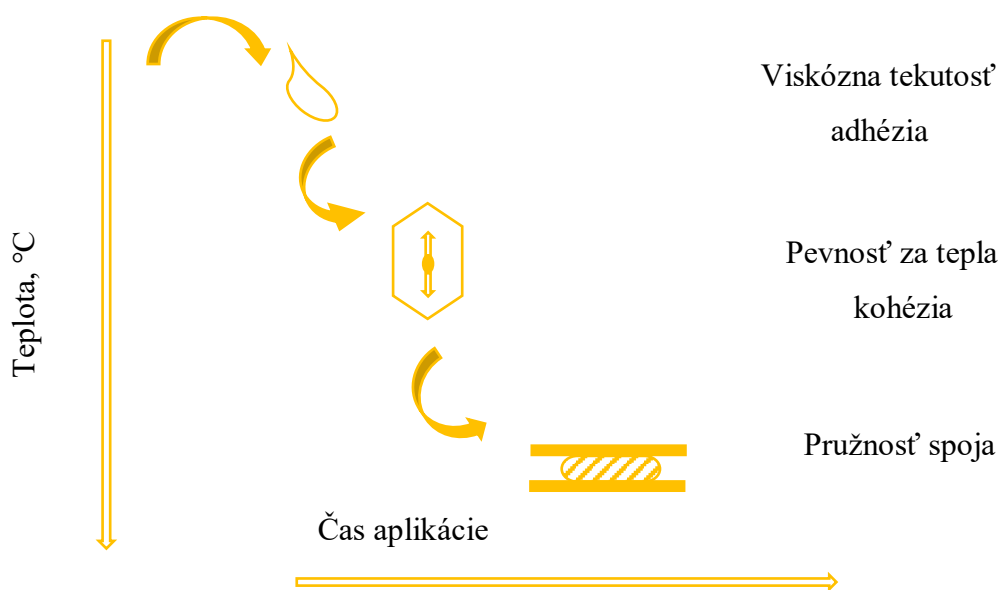
### 3.1.6 EVA kopolyméry

Výroba EVA tavného lepidla stúpala o 150 % v priebehu rokov 1975-87. Viac ako polovica celej výroby ide do baliaceho priemyslu. EVA tavné lepidlo tvorí takmer 2/3 z celkovej výroby tavných lepidiel. Ďalšie odbory, kde sa využívajú tieto lepidlá na báze EVA kopolymérov sú: výroba kobercov, výroba jednorazových plienok, lepená knižná väzba, olepovanie hrán, nábytok. (Skeist 1990)

Tavne lepidlá pre lepenie dreva sú prevažne na báze kopolymérov etylénu a vinylacetátu (EVA kopolyméry). Takéto kopolyméry sa vyrábajú v rôznom pomere oboch základných zložiek buď ako plasty, ktoré sa spracujú vstrekovaním, alebo ako surovina pre výrobu tavných lepidiel. (Eisner 1983)

Tavné lepidlá na báze EVA kopolymérov sú za bežnej teploty tuhú látkou, neobsahujú rozpúšťadlo ani vodu. Tavné lepidlá na báze EVA spĺňajú požiadavky na hygienu, preto ich je možné využiť tam, kde sú zvýšené nároky na potravinársku nezávadnosť. Ľahko sa pripravia k použitiu, nasypú sa do vyhrievacej nádoby a natavia. Majú rýchly čas tuhnutia, vďaka čomu je možné využívať automatizáciu lepiaceho procesu.

Výroba tavných lepidiel na báze EVA kopolymérov prebieha v miešacích zariadeniach vyhrievaných na teplotu 120-170 °C. Do miešacieho zariadenia sa pridávajú jednotlivé zložky, ktoré sa miešajú (dochádza k homogenizácii) 60 až 180 minút. Vzniknutá tavenina sa vypustí do výtlačnej časti výrobného linky, z ktorej putuje do chladiacej linky, kde tavenina získava pevnú predajnú formu. (Gelbič 2000)



Obr. 14 Jednotlivé štádiá zmien lepidla pri ochladzovaní (vlastný zdroj)

Zmena teploty zo 170 a viac °C na nižšiu teplotu je rýchla, trvá to 1-3 sekundy až k bodu mäknutia. Ochladenie pod bod mäknutia je za 20 sekúnd až niekoľko minút. Pri tomto ochladení na izbovú teplotu prechádza lepidlo rôznymi fázami od viskóznejskej tekutosti, cez pevnosť za tepla až do stavu elasticity. (Gelbič, 2000)

### **3.1.6.1 Základné zloženie tavných lepidiel**

Tavné lepidlá na báze polyetylenylacetátu obsahujú 4 základné zložky:

- EVA kopolyméry 30 % až 40 %
- Živice 30 % až 40 %
- Vosky 20 % až 30 %
- Antioxidanty 1 %

Pomer jednotlivých zložiek ku kopolyméru závisí od miesta aplikácie a od požadovanej účinnosti. Použitý kopolymér musí spĺňať určité požiadavky a to dobrú tavitelnosť, miešateľnosť so živicami a voskami a termostabilitu. Pevnosť a tuhosť tavnému lepidlu dodávajú práve kopolyméry. Živice zabezpečujú priľnavosť, znižujú vysokú medzu prietlačnosti kopolymérov, znižujú viskozitu, zabezpečujú vyššiu tepelnú odolnosť. Vosky upravujú rýchlosť tuhnutia, znižujú viskozitu, taktiež môžu znižovať výrobné náklady. Antioxidanty znižujú mieru oxidácie makromolekúl už pri samotnej výrobe tavného lepidla, ale aj pri tavení a pred aplikáciou. Do takejto zmesi sa v niektorých prípadoch môžu pridávať aj plnivá či plastifikátory vďaka čomu sa docielí zníženie výrobných nákladov a v konečnom dôsledku aj predajnej ceny. (Gelbič, 2000)

### **3.1.6.2 Výhody a nevýhody tavných lepidiel:**

- použiteľné pre rôzne povrchy,
- aplikuje sa jednostranný nános,
- niekoľko sekundový čas tuhnutia,
- zvyšuje sa produktivita,
- tavné lepidlo sa dávkuje do zariadenia priamo z obalu,
- vďaka vývoju tavných lepidiel dochádza aj k vývoju aplikačných zariadení,
- možnosť výroby rôznych typov tavných lepidiel pre rôzne výrobné potreby,
- jednoduché skladovanie,
- jednoduché čistenie a údržba aplikačného zariadenia,



- aplikácia priamo na zlepovaný povrch vo vertikálnej alebo horizontálnej polohe,
- účinnosť v roztavenom stave aj pri chladnutí,
- nie sú odolné voči zvýšeným teplotám a vzdušnej vlhkosti. (Gelbič 2000)

### 3.1.7 PUR tavné lepidlá

Polyuretánové reaktívne tavné lepidlá (PUR) predstavuje skok v technológii lepenia. Poskytujú zvýšenie produktivity a výnimočnú kvalitu lepených spojov v nábytkárskom priemysle, ako aj v iných odvetviach montážneho lepenia. Polyuretánové reaktívne tavné lepidlo bolo vyvinuté približne v roku 1985 a priemyselne sa používa od roku 1986. (Thompson 1998)

Polyuretánové tavné lepidlá sú schopné sa prispôbiť pre mnoho procesov a aplikácií vďaka svojim priaznivým vlastnostiam. PUR sú 100 % pevné látky, ktoré neobsahujú žiadne prchavé organické zlúčeniny. Chemické zloženie PUR tavných lepidiel zahŕňa ľahko topiace polyuretány spolu s voľnými isokyanátovými skupinami.

Proces vytvorenia lepeného spoja sa začína s fyzikálnym vytvrdnutím lepidlového filmu s následnou chemickou reakciou - zosieťovaním. Tieto dve etapy začnú súbežne, ale k ich ukončeniu dôjde v rôznych časoch. (Thompson 1998)

K fyzikálnemu vytvrdeniu a tým pádom k ukončeniu prvej fázy dochádza po ochladení taveniny, zatiaľ čo chemické vytvrdzovanie pokračuje. Fyzikálne vytvrdenie sa skladá z dvoch príbuzných procesov. Spočiatku tavenina prejde z kvapalného do pevného stavu, tento proces je poháňaný stratou teploty čo znamená, že sa tavenina ochladí. Tento proces sa deje rýchlo, zatiaľ čo súčasne druhý proces prebieha pomalšie, pričom sa tvoria molekuly polyméru. Oba tieto procesy zabezpečujú rýchle vytvorenie lepeného spoja typického pre všetky tavné lepidlá. (Thompson 1998)

Chemické vytvrdzovanie je reakcia poháňaná vzdušnou vlhkosťou, vzniká reakcia medzi voľnými isokyanátovými skupinami, ktoré sa zosieťujú s vytvorenými molekulami polyméru, ktoré vznikli počas fyzikálneho vytvrdzovania. Vďaka tomuto procesu získame lepený spoj s lepšími mechanickými a chemickými vlastnosťami. Chemická reakcia zvyšuje pevnosť spoja a vytvára väzbu, ktorá má teplotnú odolnosť voči nízkym -40 °C tak aj vysokým teplotám 150 °C. Táto väzba je tiež odolná voči rozpúšťadlám a vlhkosti. Môžu odolávať vplyvu nasýtenej pary po dobu štyroch hodín.

PUR tavné lepidlá sú schopné sa viazať na široké spektrum podkladov, či už sa jedná o porézne alebo neporézne materiály. V súčasnej dobe sa výrobcovia stretávajú

s požiadavkami na výrobky z rôznych materiálov ako: drevo, rôzne plasty (PVC a ABS), kovy, sklo, keramika. Preto je vhodné využiť PUR tavné lepidlá, ktoré sú schopné sa viazať na tieto materiály a to aj v prípade, že tieto materiály prešli povrchovou úpravou. (Thompson 1998)

PUR tavné lepidlá sú nástroje, ktoré umožnia zmeniť výrobu nábytku a výrobné procesy k lepšiemu. Vďaka využitiu PUR lepidiel sa zavádzajú nové technológie, ktoré umožňujú výrobcovi znižovať mzdové náklady, zvyšovať ceny produkcie, vytvárať pevnejšie lepené spoje a tým pádom kvalitnejší nábytok, znižovať zmätkovitosť vo výrobnom procese. (Thompson 1998)



Obr. 15,16 PUR tavné lepidlá (zdroj: <https://www.google.com/imghp?hl=sk>)

### 3.1.7.1 Využitie PUR tavných lepidiel

PUR tavné lepidlá majú široké využitie v rôznych oblastiach priemyslu. Využívajú sa v: automobilovom priemysle, pre plošné laminovanie, výrobu ľahčených dosiek, pre novú technológiu povrchovej úpravy, výrobu filtrov, montážne lepenie, výrobu dvoj a trojvrstvových parkiet, výrobu profilov do interiéru aj exteriéru. V nábytkárskom priemysle sú najpoužívanejšími lepidlami pre olepovanie hrán, využité si našli aj v textilnom priemysle. (KLEIBERIT 2017)



Obr. 17-24 Rôzne odvetvia využitia PUR tavného lepidla (KLEIBERIT 2017)

Pri používaní tavných lepidiel je nutné úplne zamedziť prístupu vzduchu pri skladovaní aj pri samotnom roztavení PUR lepidla. Toto opatrenie je nutné, aby nemohol začať proces polymerizácie, teda takzvané chemického schnutie ešte pred nanesením lepidla na lepený povrch. Aby sme zabránili nechcenej reakcii už behom skladovania sú PUR lepidlá balené do nepriepustných obalov. (Doležal 2002)

### **3.1.7.2 Výhody PUR tavných lepidiel**

- zvýšená odolnosť lepeného spoja,
- odolnosť voči extrémne nízkej (-40 °C) a extrémne vysokej (150 °C) teplote,
- odolnosť voči zvýšenej vlhkosti a vodnej pare,
- odolnosť voči rozpúšťadlám,
- rozmanitosť v metódach aplikácie,
- rýchlo vytvorenie pevného lepeného spoja,
- rôzne dĺžky otvorených časov tak, aby vyhovovali konkrétnej aplikácii,
- vhodné pre vonkajšie použitie (odolné poveternostným vplyvom),
- je schopné sa viazať k širokému spektru adherendov,
- schopné sa viazať na farbené, lakované a leštené povrchy,
- zníženie nákladov na pracovnú silu,
- zvýšenie produktivity,
- diely môžu byť spracované takmer okamžite, čo eliminuje potrebu dodatočných upevňovacích skrutiek, držiakov,
- v prípady potreby upevnenia pre vytvorenie lepeného spoja sa upínacie časy znižujú z minút, niekedy hodín na sekundy.

(Thompson 1998)

## **3.2 LEPENIE DREVA**

Drevo je nehomogénny materiál, porézny nasiakavý a objemovo nestály, ktorý je zložený z buniek vyplnených vodou, poprípade vzduchom. Od druhu dreviny závisí aj tvar týchto buniek. Najdôležitejšou zložkou dreva je celulóza, teda lineárna, reťazovitá makromolekula. Drevo neobsahuje len celulózu, ale aj rôzne iné látky ako lignín, triesloviny, živice, bielkoviny, minerálne soli a podobne. Práve tieto látky môžu za určitých okolností reagovať s lepidlami a ovplyvniť tak proces lepenia. Makromolekula celulózy obsahuje veľa OH-skupín, vďaka čomu vzniká dobrá adhézia polárnych lepidiel k drevu. (Kubín, Oltman 1981)

Je rozdiel v lepení mäkkého a tvrdého dreva. Tvrdé drevo ako dub má väčšiu hmotnosť ako mäkké drevo napríklad smrek, tým pádom je aj menej porézne. Pri lepení tvrdého dreva je nutné povrch vyrovnávať presnejšie ako povrch mäkkého, pretože u neho sa prípadné nerovnosti na kontaktných plochách nedajú upraviť zvýšením tlaku. Pri zvýšení tlaku na tvrdú drevinu pre ten istý účel by došlo k vytlačeniu lepidla zo špáry a vznikol by chudý nesúdržný spoj. U drevín obsahujúcich zvýšené množstvo živíc je nutné výrony živice pred lepením odstrániť aby nebránili rovnomernému rozliatiu lepidla v lepenej špáre. U tropických drevín je nutné odstrániť prírodné vosky a to buď omývaním organickými rozpúšťadlami, alebo mydlovým roztokom, aby bol zabezpečený vznik kvalitného lepeného spoja. (Osten 1986)

### **3.2.1.1 Vplyv pórovitosti na proces lepenia**

Pórovitosť dreva a rastové chyby dreva majú na lepenie značný vplyv. Drevo je súbor vlákien. Pokusom bolo zistená závislosť medzi objemovou hmotnosťou dreva a pevnosťou lepeného spoja. Bolo zistené, že čím je drevo hustejšie, tým je pevnosť lepeného spoja väčšia. Vplyv pórovitosti dreva na lepenie sa najviac prejavuje pri lepení tenkých dyhových materiálov a pri lepení veľmi pórovitých drevín napr. mahagónu. (Kubín, Oltman 1981)

### **3.2.1.2 Vplyv povrchu dreva na lepenie**

Opracovanie povrchu dreva má taktiež významný vplyv na kvalitu lepeného spoja. Hladký povrch je vhodnejší na lepenie, pretože je umožnený lepší styk lepených plôch dreva. Upravenie povrchu a jeho vyhladenie pred lepením je dobré robiť tesne pred lepením, pretože ak by bol takýto upravený kus vystavený pôsobeniu vlhkosti došlo by k tomu, že drevo deformuje a jeho vlákna nabobtnávajú. Veľký vplyv na kvalitu povrchu

má samotný druh dreveny. U ihličnatých drevín k nabobtnávaniu a rozmerovej deformácii vplyvom vlhkosti dochádza v menšej miere ako u listnatých drevín. Je to dané ich štruktúrou a vyšším obsahom prírodných živíc. Celkovo pred lepením nesmie byť povrch dreva zaprášený, mastný alebo znečistený. (Kubín, Oltman 1981)

### **3.2.1.3 Chemické vplyvy na proces lepenia dreva**

Väčšina drevín má slabo kyslý až takmer neutrálny charakter. Existujú aj extrémny s alkalickým charakterom. Silne kyslé ale aj silno zásadité lepidlá pôsobia na drevo deštruktívne najmä ak je spoj vystavený pôsobeniu vlhkosti a tepla. Môže dôjsť k zhoršeniu mechanických vlastností dreva. Niektoré dreveny sú citlivé na alkalické prostredie aj na malé stopy železa. Železo vo forme rozpustných solí sa môže dostať do lepidla alebo iných prídavných látok čo sa prejaví sfarbením dreveny na modro alebo fialovo. (Kubín, Oltman 1981)

### **3.3 OLEPOVANIE BOČNÝCH HRÁN**

Technológiu olepovania bočných plôch je možné zaradiť medzi najnáročnejšie technologické operácie vo výrobe nábytku. Náročná je z pohľadu samotnej technológie, potrebnej techniky a obsluhy zariadení. Pri olepovaní bočných plôch dochádza k veľkým posuvným rýchlostiam, vysokej teplote lepidla a samotnej zložitosti jednotlivých funkčných agregátov a celého zariadenia, preto sa vyžaduje presné dodržovanie všetkých technologických podmienok lepenia od materiálov, lepidiel, zariadenia a obsluhy.

Hlavným cieľom olepovania bočných plôch nábytkových dielcov je zvýšiť samotné estetické pôsobenie dielcov a tým pádom aj samotného nábytku. Olepením sa zvyšuje aj ochrana voči mechanickému poškodeniu a proti prenikaniu vlhkosti. Takto olepený dielcec má teda vo výsledku vyššiu kvalitu a tým pádom aj vyššiu predajnú cenu. Samotnému prevedeniu olepenia hrán sa pri posudzovaní kvality kladie veľký dôraz, preto je zrejmé, že lepeniu a kontrole sa musí venovať zvýšená pozornosť. V dnešnej dobe už neexistuje výrobca, ktorý by hrany nábytku neopatrilo olepením. Olepovanie hrán je neustále sa rozvíjajúca technológia a na trh prichádzajú stále novšie metódy olepovania hrán. (Nemec et al. 1986)

Vo výrobe nábytku poznáme olepovanie rovných a tvarovaných bočných plôch. Podľa postupu olepovania poznáme nepretržité (priebežné) a pretržité (stacionárne) olepovanie. Stacionárne olepovanie sa uplatňuje pri nalepovaní dekoračného materiálu na úzke dielce, pri lepení tvarovo zložitých dielcov, nie je však využívané v takej miere ako priebežne olepovanie a preto mu v tejto kapitole nebude venovaná ďalšia pozornosť. (Nemec et al. 1986)

#### **3.3.1 Nepretržité (priebežné) olepovanie**

Pri priebežnom olepovaní na rozdiel od stacionárneho dochádza k mechanizovanému pohybu dielca počas olepovania. Olepenie bočných plôch prebieha na priebežných olepovacích strojoch, ktoré môžu byť jednostranné alebo obojstranné. Pri olepovaní na priebežných olepovacích strojoch sa používajú tavné lepidlá pre svoju rýchloschnúcu vlastnosť. V priebehu niekoľkých sekúnd je získaný lepený spoj s takou pevnosťou, ktorá umožňuje následné opracovanie. Pri lepení tavnými lepidlami je nutný predohrev konštrukčného materiálu, vďaka čomu sa reguluje reaktivita lepidla a nedôjde tak k predčasnemu vytvrdeniu lepidla.

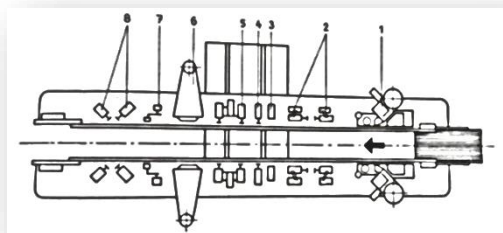
Olepovanie zahŕňa činnosti ako nános lepidla, priloženie olepovacieho materiálu, pritlačenie, vytvrdenie lepidla, odstránenie presahu. Olepovacie stroje v dnešnej dobe združujú aj mnohé ďalšie funkčné jednotky pre brúsenie, frézovanie, vŕtanie a podobne. (Nemec et al. 1986)

Pri olepovaní rozoznávame dve metódy:

- metóda teplo-studená (ohrev lepidla, nános, vychladnutie),
- metóda studeno-teplá (nanesenie lepidla na lepiacu pásku, aktivácia lepidla teplom, spojenie s dielcom, vychladnutie).

### 3.3.2 Postup olepovania metódou teplo-studenou

Dielec je vedený na transportnej reťazovej dráhe a prechádza všetkými technologickými operáciami na jednom pracovisku. Operácie sú vykonané pracovnými agregátmi, ktoré sú zavesené na ráme stroja. Na začiatku linky je frézovací agregát, ktorý slúži k odfrézovaniu presahu dielca, nasleduje olepovací agregát do ktorého prichádzajú dyhy a to buď samostatne, alebo z odvíjacích rolí. Na dielec je pri priechode strojom nanosené tavné lepidlo, najviac sa využíva EVA tavné lepidlo s teplotu pri nanášaní 190-220 °C. Pokiaľ je výrobcom požadovaná vyššia kvalita lepeného spoja použije sa PUR tavné lepidlo s teplotou nanášania 140-150 °C. Po nanesení lepidla je na bok dielca pomocou prítlačných valčekov pritlačená olepovacia páska s dĺžkovým presahom. Dĺžkový presah je následne orezaný kapovacím agregátom na dĺžku dielca. Nasleduje frézovací, zarovnávací agregát, vďaka ktorému sa upraví šírka olepovacieho pásika presne na hrúbku dielca. Na záver sa u ABS hrany vlnkovanie po frézovaní strhne cidlinou v zaoblení a hrana sa ošetrí zahriatym handrovým kotúčom. Drevené hrany sú predbrúsené z výroby a druhé brúsenie sa uskutoční až tesne pred povrchovou úpravou. Pri tejto metóde sa nepoužíva len olepovacia páska, možné je použiť aj silnejšie olepovacie materiály, dyhy o hrúbke až 3 mm, náklížky s hrúbkou až 30 mm v závislosti od druhu dreveniny. (Krontorád 2015)



Obr. 25 Schéma olepovania metódou teplo-studenou (Zemiar 2003)

Na obrázku č.25 je znázornená schéma olepovania metódou teplo-studenou. 1-nános lepidla a prísun olepovaného materiálu, 2-orezanie prečnievajúcej dyhy dĺžku, 3-orezanie prečnievajúcej dyhy na šírku, 4- kartáčovacia jednotka, 5-skosenie hrán, 6- brúsenie, 7-škrabka, 8-brúsenie skosených hrán. (Zemiar 2003)

### 3.3.2.1 Typy lepidiel pri olepovaní

Na olepovanie bočných plôch sa v dnešnej dobe využívajú takmer vždy tavné lepidlá. Pre špeciálne účely lepenia je možné tavné lepidlá modifikovať prírodnými alebo syntetickými živicami, zmäkčovadlami, riedidlami, antioxidantmi a plnivami.

Typy tavných lepidiel:

- etylenvinylacetátové lepidlá (klasické tavné),
- tavné lepidlo z termopolymérov kyseliny akrylovej, esteru kyseliny akrylovej a etylénu,
- polyuretánové lepidlo,
- polyesterové lepidlo,
- polyamidové lepidlo. (Zemiar 2003)

### 3.3.3 Postup olepovania metódou studeno-teplou

Dlhú dobu sa v technológii olepovania používali systémy založené na nanášaní tavného lepidla pomocou valčekov alebo PVAc lepidla pomocou tryskového nanášania priamo na dielec. Technologický pokrok priniesol nové metódy, ktoré sú založené na princípe aktivácie lepidla priamo na olepovacom materiáli. Lepidlo sa na olepovacom materiáli aktivujeme teplým vzduchom, plazmou a najnovšie je možné využitie lasera. Vďaka laseru je možné získať bezšpárovú technológiu olepovania. (Krontorád 2015)

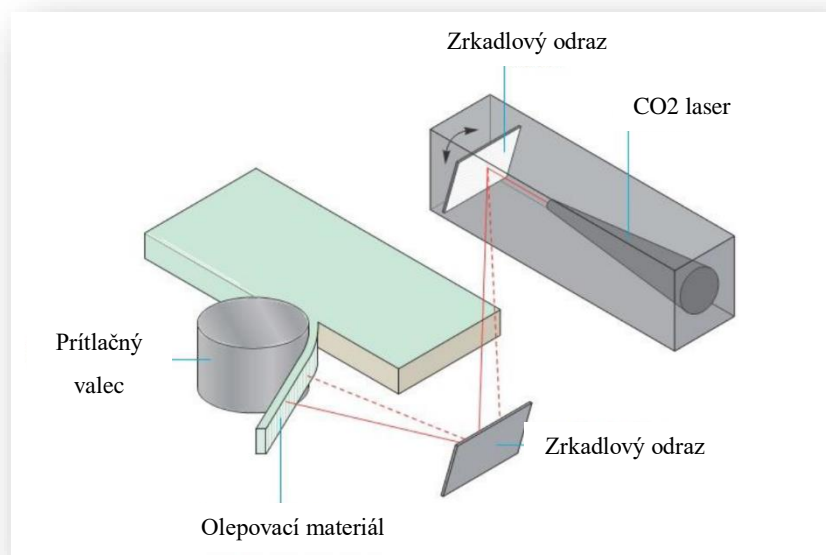
Systém bezšpárového olepovania spočíva v lepení hrany na materiál bez použitia lepidla pomocou tavenia určitej vrstvy hrany. Týmto systémom vznikne spoj, kde prechod medzi hranou a povrchom dosky je neviditeľný, nakoľko sa tu nenachádza žiadna špára s lepidlom. (Ježo 2015)

Páska pre takéto olepovanie je odlišná, skladá sa z dvoch vrstiev. Prvá, tvrdá vrstva je dekór ako ho poznáme, táto je vyrobená z PP, ABS,PVC, PMMA v hrúbke od 0,5-3 mm, taktiež môže byť použitý melamínový papier alebo dyha. Druhá vrstva je tenká má hrúbku približne 0,2 mm, jedná sa o taviacu vrstvu zloženú z chemicky modifikovaného PP, má rovnakú farbu ako dekór, ale jej funkcia je značne iná. Druhá vrstva je k plastovým pásikom pripojená už behom výrobného procesu, na melamínové a dyhové pásiky sa dá aplikovať dodatočne. (Čapka 2012)



Pri samotnom natavovaní je vrstvička modifikovaného PP roztavená pôsobením laserového lúču. Laserový lúč je vďaka rýchlo oscilujúcemu zrkadielku nasmerovaný a ožaruje pásku len v požadovanej šírke a s intenzitou akú vyžaduje typ pásky, hlavne jej hrúbka. Teplota roztavenej hmoty je okolo 135–140 °C. Polymér z ktorého je zložená druhá vrstva pásky je modifikovaný pridaním absorbérov. Častice absorbérov sa vďaka pôsobeniu laserového lúču rozkmitajú a trením v plaste sú schopné generovať teplo. Väčšina plastov je bez absorbérov a práve preto sa žiarením roztaví iba lepiaca vrstva plastovej hrany. (Čapka 2012)

Tavný spoj vytvorený technológiou olepovania pomocou laseru vykazuje vyššiu odolnosť voči vode a vysokej teplote 100 až 140 °C, na rozdiel od pások nalepených EVA a dokonca aj PUR tavným lepidlom. (Čapka 2012)



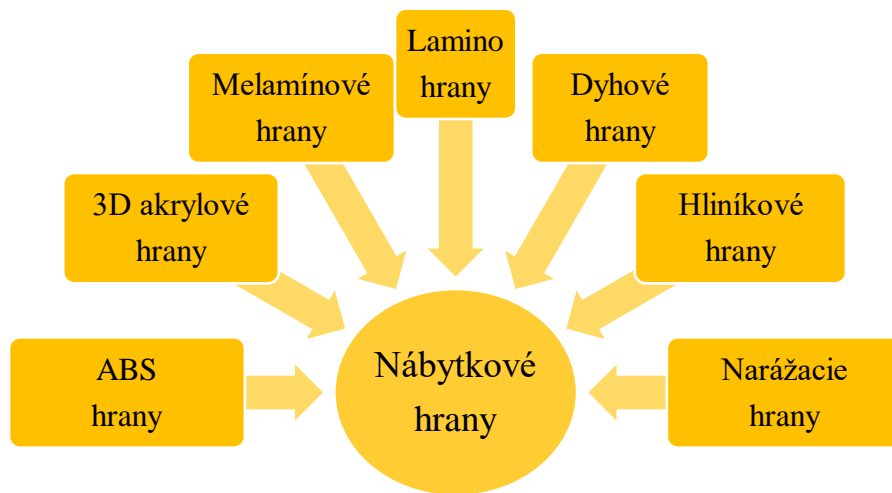
Obr. 26 Olepovanie hrany pomocou CO2 laseru (IMA,2009)

Technológia olepovania laserom je napriek všetkým svojim výhodám využívaná len u liniek vyššej kategórie, je to tým, že sa jedná o novú progresívnu, technológiu s vysokou cenou používania a to je hlavná prekážka jej väčšieho rozšírenia na trhu. V snahe priblížiť sa menším výrobcom bola vyvinutá nová technológia, ktorá by mala byť výrazne lacnejšia. Táto technológia využíva namiesto laseru horúci vzduch. Horúci vzduch je vytváraný v teplovzdušnom generátore a pomocou tepelne izolovanej trubice je privázaný k tryske umiestnenej v olepovacej zóne linky. Horúci vzduch je generovaný s teplotou 600 °C a na výstupe trysky dosahuje 250 °C. Horúci vzduch plní rovnakú funkciu ako laser, teda roztaví 0,2 mm hrubú vrstvičku modifikovaného polyméru. Táto technológia je schopná pracovať so všetkými typmi hrán, ktoré boli určené k olepovaniu

pomocou laseru. Výsledná kvalita je podľa testov zrovnateľná s technológiou laseru. (Čapka 2012)

### 3.3.4 Materiály na olepovanie bočných plôch

Dekoračné materiály na olepovanie bočných plôch môžu byť dyhy, masívy, reaktoplastické fólie, lamináty na báze polyesterovej alebo melamínovej živice, PVC fólie, ABS fólie a iné. Dekoračné materiály na lepenie bočných plôch sú hrubšie ako tie určené na lepenie plôch. Je to preto, že kvalita konštrukčných materiálov v priečnom reze a to najmä u DTD dosiek je horšia. (Nemec et al. 1986)



Obr. 27 Rozdelenie nábytkových hrán (vlastný zdroj)

#### 3.3.4.1 Prehľad nábytkových hrán

**Hrany ABS:** ABS je skratkou pre špeciálny materiál Acrylonitrile butadién styrén, priemyselný kopolymér. Vysoká mechanická odolnosť termoplastu je výhodná pri použití tam, kde sa predpokladá vyššie mechanické namáhanie. Je tu i možnosť následnej recyklácie. Hodia sa aj na zakrivené povrchy. Vyrábané sú v rôznych dekoroch a s rôznymi povrchovými štruktúrami.

**3D akrylové hrany:** Hrany 3D sú kombináciou ABS hrán a vrstvou akrylu, ktorá vytvára na hrane tzv. 3D efekt, ktorý má za následok vizuálnu plasticitu podkladového dekoru.

**Nábytkové hrany melamínové:** Vyznačujú sa nízkou mechanickou odolnosťou lakovaného papiera. V minulosti boli viac využívané, v súčasnosti sa používajú už len okrajovo, prípadne na ochranu nepohľadových častí nábytku. Majú široký výber dekorov a povrchových štruktúr. Melamínové hrany sú vyrobené zo špeciálneho papiera impregnovaného polykondenzačnými živicami.

**Lamino hrany:** Lamino hrany sú nábytkové hrany vhodné na menej exponované časti nábytku, kde nedochádza k veľkému namáhaniu. Môžu byť vo farebnom prevedení alebo v drevodekore. Výroba týchto hrán je už na ústupe. Hrany sú vyrobené z impregnovaného lakovaného dekoračného papiera.

**Kovové hrany:** Veľmi obľúbenými hranami sú hrany v dekoroch hliník a nerezu (predovšetkým na kuchynské dvierka). Ide o pásy pravého hliníku, ktorý po finálnom spracovaní ponúkne reálny a luxusný vzhľad originálneho hliníku. Ďalšia možnosť je použitie ABS hrán, ktoré sú potiahnuté ALU fóliou.

**Narážacie hrany:** Tieto hrany majú využitie tam kde je potrebné dosiahnuť oblú líniu dosky. Sú vyrobené v niekoľkých šírkach a s rôznym rádiusom zaoblenia hrany. Táto hrana sa pri montáži naráža do vopred vyfrézovanej drážky v doske. Dnes sa už vyrábajú menej a sú vytlačané hranami ABS. Ich využitie je však výhodne napríklad pre detský nábytok kde zabraňujú zraneniam pri náraze. (Demos 2016)



Obr. 28-33 Rôzne nábytkové hrany

(zdroj: <http://www.demos-trade.sk/hrany-a-lepidla/nabytkove-hrany.html>)

#### 3.3.4.2 Dyhové hrany

Dyhové hrany sú vyrábané z prírodných materiálov a používajú sa najmä v kombinácii drevotriekových dosiek. Ich použitie je výhodné pokiaľ je cieľom imitovať masívny nábytok. Ako každé hrany plnia estetickú a zároveň ochrannú úlohu.

Dyhové hrany sú bežne vyrábané zo všetkých druhov dyhy. Na výrobu sa používajú úzke pásiky krájaných alebo excentricky lúpaných dých. Sú vyrobené špeciálnou metódou v nekonečnom spoji, nie je tak poznať, kde spoj začína a kde končí.



Obr. 34- 36 Dyhové hrany (zdroj: <https://www.google.com/imghp?hl=sk>)

Spojenie dých sa robí nepravidelným prstovým spojom alebo na tupo, ktorý je zaistený pomocou pásky z flisu alebo hliníku. Potom sú tenké hrany do hrúbky 0,5 mm spevnené nanosom tavného lepidla alebo flisom. Dyha je následne prebrúsená. Dyhy sú vyrábané v niekoľkých variantoch – tenké s lepidlom, tenké s flisom a dyhy vrstvené. (Hranipex 2015)



Obr. 37 Detail prstového spoja zaisteného pomocou pásky z flisu (vlastný zdroj)

Vrstvené dyhy, ktoré sa vyrábajú zlisovaním viacerých vrstiev, sú odolnejšie a ochránia tak tú časť nábytku, ktorá je vystavená veľkej miere opotrebenia. Ide o výhodnejšiu alternatívu k masívnym náklížkom. Vyrábajú sa až do hrúbky 5 mm. Použitie dvojvrstvovej, 1mm hrubej hrany prináša nárast kvality v porovnaní s bežnou dyhou pri minimálnom rozdiel v nákladoch. (Hranipex 2015)



Obr. 38 Detail na 2mm vrstvenú BK dyhu použitú na skúšobné vzorky (vlastný zdroj)

## 3.4 DREVOTRIESKOVÉ DOSKY

Podľa ČSN EN 309:2005 sú trieskové dosky definované ako materiály vyrobené zlisovaním a ohrevom častíc (triesok, hoblín, pilín apod.) alebo iných lignocelulóзовých materiálov vo forme častíc (napr. pazderí, konope, slama) s prídavkom polymérneho lepidla.

### 3.4.1 Materiály pre výrobu

Pre výrobu triesok sa používajú mäkšie, rýchlorastúce dreviny, usporí sa tak energia, dosiahne sa nižšie opotrebovávanie nástrojov a zníži sa prašnosť pri výrobe triesok. Ide o smrek, jedľu, topol, osiku, brezu, využiteľné sú aj borovica a buk. Výhodné je použiť dreviny ktorých hustota je v rozmedzí 350-700 kg/m<sup>3</sup>. Nižšia hustota by mohla spôsobiť pokles pevnostných charakteristík vyrábaných DTD.

Hustota je len jedným z parametrov, ktoré rozhodujú pri výbere drevín na výrobu triesok. Sledujeme aj roztrieskovateľnosť, podiel beli a jadra a pH dreviny. Z hľadiska následného lepenia triesok je významný aj obsah sprievodných látok, ako sú terpény, živice (ihličnany), triesloviny (listnáče), vosky, pektíny a anorganické látky (obsiahnuté najmä u tropických drevín). (Bohm et al. 2012)

Trieskové dosky je možné vyrábať aj z ďalších lignocelulóзовých surovín ako je napr. ľanové a konopné pazderie, stonky bavlníka, bambus, bagasa, papyrus, rýtová a obilná slama, vlákna z kokosu a pod. Do drevotrieskových dosiek možno pridávať aj častice z kôry, ale iba do množstva 10 % do stredovej vrstvy.

Pre výrobu aglomerovaných materiálov sa v drevospracujúcom priemysle najčastejšie používajú močovino-formaldehydové (UF), fenol-formaldehydové (PF), melamín-formaldehydové (MF), izokyanátové a jeho polyméry (MDI) lepidlá. Vďaka nízkej cene sú UF lepidlá najrozšírenejšie najmä u výrobkov pre interiérové využitie. Nie sú však vhodné pre výrobky do vlhkého prostredia, preto sa niekedy vylepšujú MF lepidlami, ktoré majú podobnú štruktúru, no sú odolnejšie proti vlhkosti.

Lepidlo je najčastejšie nanášané v zmesi s ostatnými prídavnými látkami, ako sú tvrdidlá, hydrofobizačné prísady, biocídne prostriedky a retardéry horenia. Pre zníženie bobtnania a zvýšenie odolnosti voči vode a vodnej pare sú po aplikácii lepidla pridávané hydrofobizačné prísady (najčastejšie látky na báze parafínu). (Bohm et al. 2012)

### 3.4.2 Výroba DTD

Výroba všetkých druhov drevotrieskových dosiek sa skladá z výroby triesok, ich úpravy, nanášania lepidla a lisovania. Vyrábajú sa väčšinou ako trojvrstvové. Uprostred dosiek sú rozvrstvené väčšie triesky (tzv. lístkové), ktoré zaisťujú pevnosť dosky. Povrchové vrstvy sú homogénnejšie, vyrobené z jemných triesok (tzv. ihlicovité) pre zaistenie hladkého povrchu. (Hrázský, Král 2007)



Obr. 39 Detail DTD dosky trojvrstvej (vlastný zdroj)

#### Postup výroby:

1. vstupná surovina sa necháva vonkajších hromadách prirodzene predušit',
2. predušená surovina spracováva na triesky buď v jednej fáze (výroba triesok pomocou roztrieskovača priamo zo vstupného materiálu), alebo dvojstupňovo (najprv výroba štiepok z ktorých sa potom vyrába triesky), podľa typu vstupného materiálu,
3. sušenie na vlhkosť 3 %, ktoré sa vykonáva vo veľkokapacitných bubnových sušiarňach. Triesky sú usušené behom niekoľkých sekúnd,
4. suché triesky sa triedia na vibračných sitových triedičoch. Pri tomto triedení je oddelená veľmi jemná a veľmi hrubá frakcia,
5. zo zásobníkov sú triesky privádzané do nanášačiek lepidla, kde je na triesky nanášané lepidlo s hydrofobizačnými prísadami,
6. na dopravný pás sa postupne vrstvia tri vrstvy triesok (jemné povrchové a hrubé stredové triesky),
7. navrstvený koberec sa ďalej niekoľko minút lisuje vo vyhrievacom viacetážovom alebo kontinuálnom lise,
8. hotové platne sa ďalej formátujú a brúsia na presnú hrúbku. (Hrázský, Král 2007)

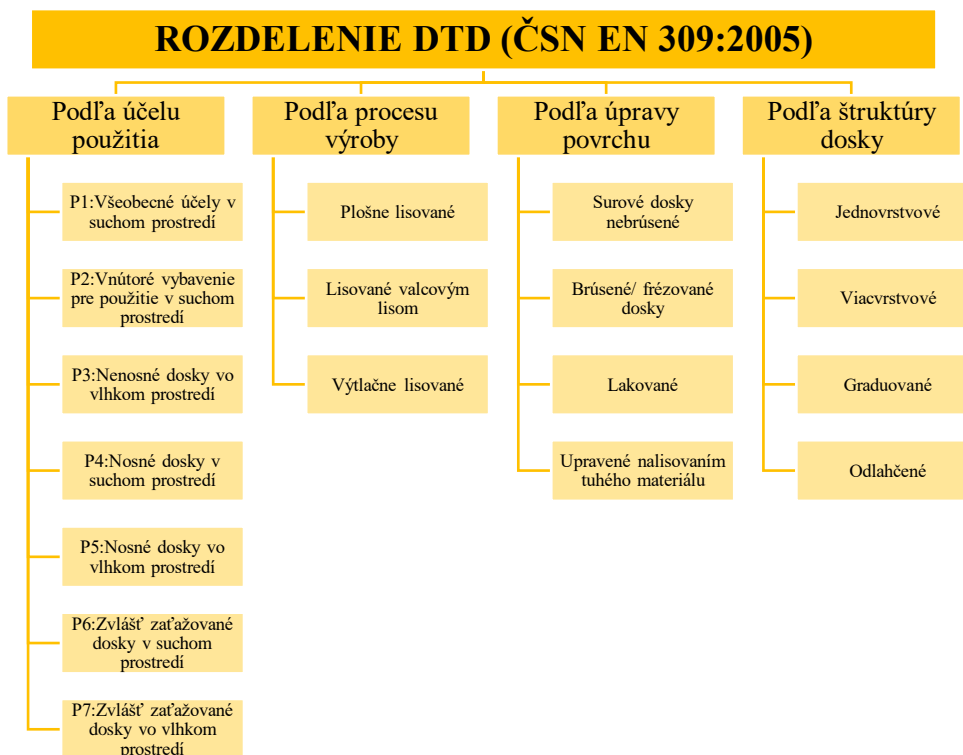
Dosky sa predávajú buď surové a ďalšiu úpravu povrchu si vykonáva odberateľ sám, alebo sa priamo od výrobcu DTD dodávajú dyhované, oplášťované papierovou alebo plastovou fóliou, či laminované. Dosky sa väčšinou vyrábajú v dvoch štandardných formátoch 1 830 x 2 750 mm a 2070 x 2 800 mm.

### 3.4.3 Použitie DTD

DTD (najmä laminované) sú veľmi obľúbeným a rozšíreným materiálom. Najčastejšie sa používajú na výrobu nábytku, zo surových dosiek sa vyrábajú niektoré neviditeľné dielce čalúneného nábytku. Svoje využitie majú aj v stavebníctve a pri výrobe rôznych druhov obalov. Na najlacnejší bytový nábytok sa používajú dosky s fóliami z plastov a lakovaného papiera. Dyhované dosky sa používajú pre výrobu kvalitnejšieho nábytku. Laminované dosky, majú veľmi odolný povrch a preto si svoje uplatnenie našli pre výrobu kúpeľňového, kuchynského a kancelárskeho nábytku.

### 3.4.4 Rozdelenie DTD

DTD sa delia podľa polohy triesok v doske na plošne lisované a pechované. Plošne lisované sa ďalej delia podľa štruktúry na jednovrstvové, dvojvrstvové, trojvrstvové, viacvrstvové. Dosky s postupným prechodom od najjemnejších triesok na povrchu k hrubším trieskam v strede dosky sú graduované. Existujú aj DTD z orientovaných triesok. (Hrázský, Král 2007)



Obr. 40 Rozdelenie drevotrieskových dosiek (vlastný zdroj)



### 3.5 PREPRAVA TOVARU

Medzinárodný obchod s tovarom a službami je dôležitá súčasť svetového hospodárstva. Medzinárodné trhy a centrá svetového obchodu fungujú práve na vzájomne realizovaných tokoch tovarových, finančných a informačných. Základným nositeľom tovarového toku vo svete obchodu je nákladná doprava.

Medzi najrozvinutejšie kontinentálne dopravné systémy patria severoamerický a západoeurópsky dopravný systém, potom dopravný systém Austrálie a Japonska. V dnešnej dobe je ale veľmi významný aj nastupujúci dopravný systém Číny.

Medzi najrozvinutejšie medzikontinentálne dopravné systémy radíme transatlantický dopravný systém a euroázijský dopravný systém.

Dopravný systém sa skladá z námornej dopravy, leteckej dopravy, železničnej dopravy, cestnej dopravy a vnútrozemskej vodnej dopravy.

Najvýznamnejšie postavenie vo svetovej nákladnej doprave má námorná doprava a za ňou nasleduje železničná doprava. V západoeurópskej doprave má najvýznamnejšie postavenie cestná preprava, potom námorná doprava a to najmä s podielom pobrežnej plavby. V strednej a východnej Európe je výrazná prevaha cestnej a železničnej prepravy. (Hansenová 2007)

Funkciou nákladnej dopravy je:

- a) **hlavná, sprostredkovacia funkcia:** premiestňovanie objektov v priestore a v čase,
- b) **inovačná funkcia:** umožnenie spotreby takých tovarov, ktoré by sa na spotrebný trh ináč nedostali. Nové materiály a technológie pre výrobné trhy.

Faktory, ktoré zvyšujú celkovú hodnotu svetovej nákladnej dopravy sú rast svetového obchodu, prehlbovanie globálnej výroby a globálneho zásobovania, inovácie v doprave, tvorba moderných, celosvetových dopravných koridorov, ktoré spájajú nové centrá svetového obchodu, rozvoj medzinárodnej logistiky, znižovanie prepravnej ceny, zvyšovanie kvality prepravných služieb. (Hansenová 2007)

Faktory, ktoré znižujú hodnotu svetovej nákladnej dopravy sú technická rôznorodosť dopravných systémov, nevyužitie nákladných priestorov, nárast cien energií, svetový terorizmus, bezpečnostné opatrenia v doprave.

Najvyšší podiel na svetovom importe a exporte prepravných služieb má USA. Najväčší rast však vykazuje Čína. USA, Japonsko, Čína a Nemecko dosahujú svoje hlavné príjmy z námornej dopravy. Je to vďaka participácií na veľkom počte spoločných



kontajnerových liniek. Ďalšie príjmy tvoria poplatky za používanie námorných kontajnerových terminálov a depozitov. USA má veľmi rozvinutú leteckú dopravu a tak veľkú časť tvoria poplatky za používanie leteckých terminálov. Významné postavenie v prepravných službách majú Holandsko, Dánsko, Belgicko a Luxembursko. Tieto krajiny aj napriek malému geografickému rozmeru dosahujú vysoké príjmy zo služieb námornej a cestnej dopravy. (Hansenová 2007)

Tab. 1 Prehľad výhod a nevýhod rôznych typov prepravy

	<b>SILNÉ STRÁNKY</b>	<b>SLABÉ STRÁNKY</b>
<b>AUTOMOBILOVÁ DOPRAVA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nenahraditeľná na krátke vzdialenosti a v logistike</li> <li>• úspora času, nákladov pri stredných vzdialenostiach</li> <li>• flexibilná</li> <li>• bez prekladania</li> <li>• nízke investície</li> <li>• voľná tvorba cien</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obmedzená kapacita</li> <li>• nespoľahlivosť v čase</li> <li>• problémy so životným prostredím</li> <li>• závislosť na poruchách dopravnej prevádzky</li> <li>• závislosť od počasia</li> </ul>
<b>ŽELEZNIČNÁ DOPRAVA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vyššia kapacita</li> <li>• úspora času, nákladov pri dlhých vzdialenostiach</li> <li>• presný jazdný poriadok</li> <li>• vyššie rýchlosti, bezpečná, takmer bezporuchová</li> <li>• jednoduchý prechod hraníc</li> <li>• ekologická</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nižšia flexibilita</li> <li>• nižšia operatívnosť</li> <li>• problémy s logistikou</li> <li>• veľká investícia</li> <li>• nižšia cenová flexibilita</li> </ul>
<b>LODNÁ DOPRAVA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• bezkonkurenčná pri dlhých a medzikontinentálnych prepravách</li> <li>• veľká kapacita</li> <li>• nízka cena</li> <li>• dobrá logistika</li> <li>• ekologická</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• nízka rýchlosť</li> <li>• závislosť od počasia</li> <li>• vyššie poistenie</li> <li>• vyššia investícia</li> </ul>
<b>LETECKÁ DOPRAVA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• rýchla</li> <li>• presná, spoľahlivá</li> <li>• nízke náklady na balenie</li> <li>• jednoduché colné operácie</li> <li>• nízke riziko poškodenia tovaru</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• obmedzená váha</li> <li>• obmedzená štruktúra tovaru</li> <li>• najvyššia cena</li> </ul>

### 3.5.1 Kontajnerizácia

Kontajnerizácia je proces zavádzania kontajnerov za účelom zjednodušenia prepravy. Kontajnerizácia sa začala rozvíjať rýchlim tempom a spôsobila revolúciu v spôsobe prepravy tovaru.

Počiatok kontajnerizácie je v roku 1929, keď sa americká železničná spoločnosť pokúsila po prvý krát prepravovať celé železničné vozne. Realizácia prebiehala prekladaním pomocou žeriavu. V roku 1930 boli zavedené spoločné nakladacie jednotky, ktoré boli uniformné a využiteľné pre viaceré dopravné obory súčasne. Išlo o malé osemstopové kontajnery s rozmermi (8' x 8' x 8'). V polovici päťdesiatych rokov minulého storočia kúpila americká špedičná firma niekoľko tankerov z druhej svetovej vojny a prebudovala ich na kontajnerovú prepravu. V roku 1956 tak plávala prvá kontajnerová loď z New Yorku do Houstonu. Tento typ prepravy pomaly začal konkurovať železničnej a kamiónovej preprave. (Hansenová 2007)



Obr. 41 Kontajnerová prepravná loď (zdroj: <https://www.google.cz/imghp>)

Celosvetový rozvoj kontajnerovej dopravy zapríčinili až dve významné udalosti. Prvá bol konferencia v Ženeve v roku 1965, kde došlo k zjednoteniu v otázkach šandardizácie rozmerov v technických a technologických otázkach. Druhý významný míľnik nastal, keď sa istá firma Malcolm McLean (dnes Sealand) rozhodla vybudovať 6 kontajnerových lodí, pričom každá z nich bola schopná nahradiť 6 konvenčných líniových lodí. (Hansenová 2007)

Boli zavedené špeciálne kontajnerové linky, ktoré začali prepravovať na trasách Európy a USA, Austrálie, Nového Zélandu a Ďalekého východu. Začalo sa s budovaním

námorných kontajnerových terminálov. Rástol význam prístavov v Hong Kongu, Šanghaji, Rotterdame, Hamburgu, Bremerhavene, New Yorku, Los Angeles, Vancouveri. (Hansenová 2007)

### **3.5.1.1 Kontajnery**

Kontajner je celokovový prepravný prostriedok a obal štandardných rozmerov a konštrukcie. Kontajner je nakladacia jednotka s unifikovaným vonkajším rozmerom, bez možnosti samostatného pohybu s dostatočnou stabilitou. Kontajnery sú konštruované a vyrábané na základe noriem ISO, tie určujú stavebné predpisy a štandardy o veľkosti, nosnosti, manipulácií a stohovaní kontajnerov.

Základom konštrukcie všetkých ISO kontajnerov je kovový rám v určených rozmeroch, osadený rohovými manipulačnými prvkami. Pre nakládku ťažkých kusov je využitý kontajner so zosilneným podlahovým rámom. Kontajnery sa počas prepravy kladú na seba až do 5-6 vrstiev. (Hansenová 2007)

V súčasnosti je na svetovom prepravnom trhu veľa kontajnerov s rôznym použitím. Univerzálne kontajnery pre suchý a tekutý tovar, špeciálne kontajnery temperované, hlboko mraziace, na prepravu ovocia a mnohé ďalšie.

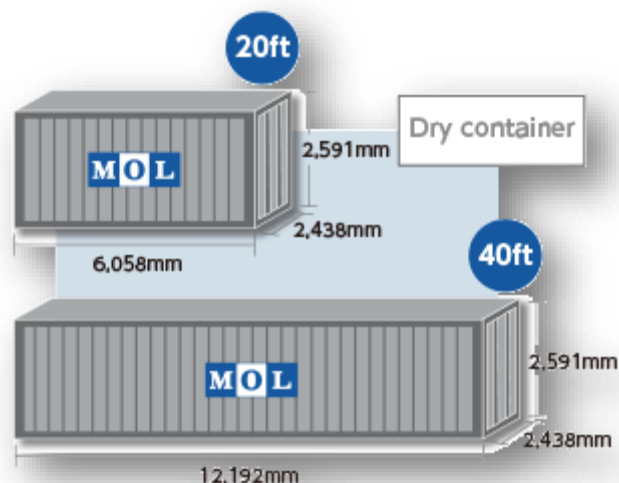
Základné delenie kontajnerov :

1. námorné kontajnery,
2. vnútrozemské kontajnery,
3. letecké kontajnery.

Najrozšírenejšie sú námorné kontajnery, ktoré sa používajú najmä pre zámorskú dopravu. Sú chránené normami ISO a sú základom kombinovanej dopravy. Slúžia na opakovanú a jednoduchú prepravu materiálu. Prepravuje sa v nich takmer všetok tovar po celom svete. Sú skonštruované tak, aby vydržali veľké záťaže a ich rozmery sú prispôsobené preprave na lodi, železnici a nákladnej doprave. Výhodou používania kontajnerov je zrýchlenie prepravy tovaru, zníženie nákladov na balenie a prebaľovanie a odstránenie náročnej fyzickej práce pri prekladaní tovaru na prekladiskách. (Rožek 2007)

Najviac používané sú dva typy kontajnerov:

1. TEU kontajner (Twentyfoot Equivalent Unit), kontajner (20' x 8' x 8'),
2. FEU kontajner (Fourtyfoot Equivalent Unit), kontajner (40' x 8' x 8').



Obr. 42 Porovnanie TEU a FEU kontajnerov

(zdroj: [https://www.mol.co.jp/iroiro\\_fune\\_e/03product.html](https://www.mol.co.jp/iroiro_fune_e/03product.html))

### 3.5.2 Vplyvy pôsobiace na tovar v priebehu prepravy

V priebehu prepravy, kedy je tovar premiestňovaný z miesta výroby na miesto spotreby, je tovar vystavený pôsobeniu množstvu vplyvov a rizík. Vplyvy môžu byť mechanické, klimatické, biologické, chemické. Preto je dôležité zabezpečiť prepravu tak, aby nedochádzalo k vzniku škôd, neznížila sa kvalita tovaru a nevznikli straty na tovare.

Kontajner a jeho náklad je počas kombinovanej prepravy namáhaný a vystavovaný rôznym silám v mnohých smeroch a rôznej intenzity. Počas plavby sa kontajner nakláňa až do 12 smerov, behom železničnej prepravy je kontajner na vagóne vystavený nárazom s preťažением až 4G. Počas cestnej prepravy dochádza zase k pôsobeniu vplyvov v dôsledku nerovností na cestách, brzdením samotného vozidla a jeho opätovným rozbiehaním. (Rožek 2007)

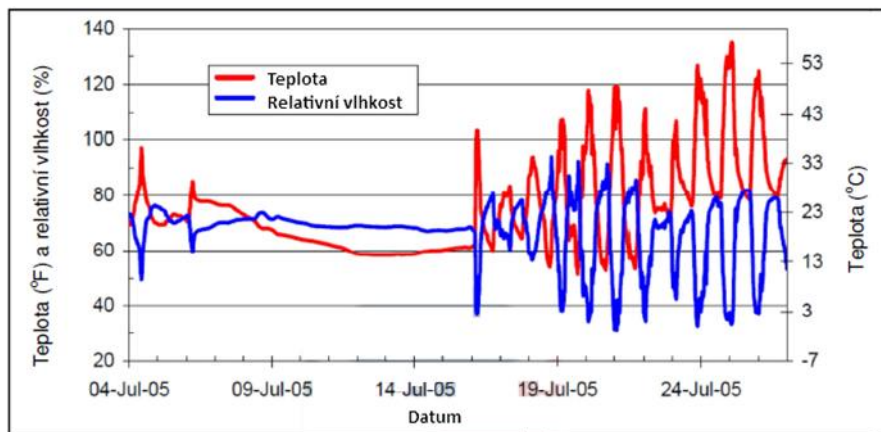
Behom prepravy je tovar v kontajneri vystavovaný pravidelnému striedaniu teploty vplyvom striedania dňa a noci, prechodmi medzi teplotnými pásmami. Dochádza k znehodnoteniu tovaru a to konkrétne k zmenám farby, pevnosti a teda k zníženiu kvality. Nepriaznivo vplýva aj pôsobenie vlhkosti v kontajneri. (Rožek 2007)

#### 3.5.2.1 Klimatické vplyvy prostredia

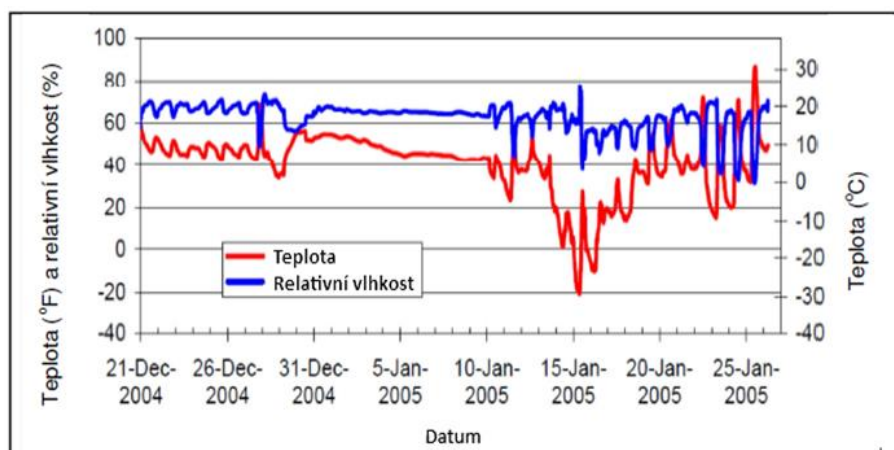
Tovar je počas prepravy vystavovaný dramatickým klimatickým zmenám. Medzi klimatické vplyvy radíme pôsobenie vody a vodnej pary, teploty, slnečného žiarenia, prachu, plynov obsiahnutých v ovzduší.

Kontajner prechádza cez rozdielne klimatické pásma, či už po súši alebo po mori. K extrémnym zmenám teploty dochádza najmä pri preprave z prostredia ktoré sa nachádza v zimnom období do tropických oblastí a naopak, ale aj pri preprave z tropického do mierneho pásma. (Rožek 2007)

Na obr. 43 a 44 je názorne vidieť, že vo vnútri kontajnerov dopravovaných po rovnakej trase ale v rôznom ročnom období môže dochádzať k extrémne rozdielnym teplotám. Konkrétne ide o trasu z Japonska do Memphisu (USA), kde prepravná jednotka musí prekonať trasu po mori aj po súši. Na Obr. 43 je zaznamenaný priebeh teploty vo vnútri kontajnera v letných mesiacoch, kde maximálna teplota dosiahla až 57 °C. Priebeh teploty tej istej cesty ale v zimných mesiacoch je znázornený na obr. 44 kde teplota vo vnútri kontajnera klesla na -29 °C.



Obr.43 Priebeh teploty počas prepravy z Japonska do Memphisu (USA) v letných mesiacoch (zdroj: <https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container>)



Obr.44 Priebeh teploty počas prepravy z Japonska do Memphisu (USA) v zimných mesiacoch (zdroj: <https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container>)

Uzavreté celokovové typy kontajnerov chránia tovar pred priamymi vonkajšími klimatickými vplyvmi ako dážď, sneh, slaná voda, prach, slnko. Takto je tovar chránený proti vonkajším vplyvom, ale nie pred tými ktoré vznikajú vo vnútri kontajnera.

Vo vnútri môže dochádzať ku kondenzácii vodných pár ku ktorej dochádza, keď dôjde ku kolízií pri poklese teploty s relatívnou vlhkosťou. Vlhkosť najviac kondenzuje na stenách kontajnerov a na obaloch tovaru. Kondenzovaná vlhkosť v podobe kvapiek padá zo stropu na tovar. Následkom môže byť poškodenie tovaru, vznik plesní, zmena farby, znehodnotenie obalu. (Rožek 2007)

Ku kondenzácii vodných pár na stene kontajnera dochádza vtedy, keď náklad počas dňa naakumuluje teplotu, ktorú potom postupne vyžaruje do priestoru kontajnera pri nočných nízkych teplotách, ktoré ochladzujú kovové steny a strop prepravnej jednoty. Takto ohriate ovzdušie vo vnútri kontajnera má vyššiu teplotu rosného bodu než je teplota stien a stropu. Skondenzovaná vodná para následne voľne kvapká zo steny kontajnera na prepravovaný náklad. (Sharnow 1998)

Opačný prípad nastane, keď je tovar vystavený nízkym a potom vyšším teplotám. Kondenzát sa vtedy začne tvoriť priamo na povrchu tovaru, ktorý má nižšiu teplotu ako je teplota rosného bodu teplého vzduchu a ten môže vnikáť do kontajnera štrbinami, poškodenými miestami alebo pri okamžitom otvorení kontajnera v prístavisku bez potrebnej aklimatizácie na lokálne podmienky. Nahromadená vlhkosť má negatívny vplyv nielen na drevené výrobky alebo na materiály na báze dreva, ale aj na materiály podliehajúce korózii. Je odporúčané, aby hygroskopické materiály boli prepravované s obsahom vlhkosti pod 10%. (Sharnow 1998)



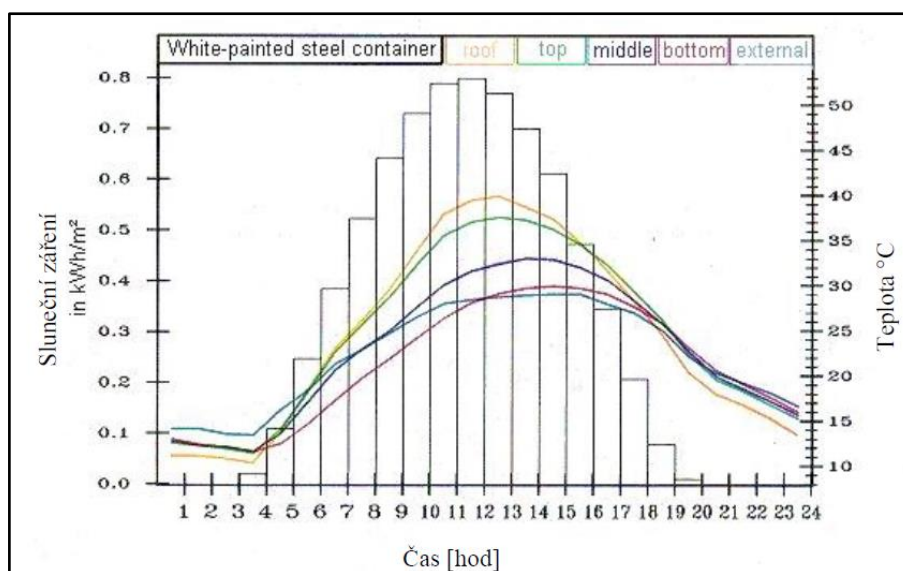
Obr. 45, 46 Obrázky kondenzácie na stropu kontajnera a priamo na obale prepravovaného tovar (zdroj: <https://www.google.com/imghp?hl=sk>)



Farba laku na vonkajšej strane kontajnera je na prvý pohľad veľmi nepodstatná záležitosť ale opak je pravdou. Farba ovplyvňuje teplotu v prepravnej jednotke a to veľmi výrazne. Namerané teploty u tmavšieho kontajnera sú približne o 10 °C vyššie ako u bieleho kontajnera. Pri prechode dňa do nočných hodín sa vnútorná teplota oboch kontajnerov vyrovná, čo vedie k vyššej tvorbe kondenzátu u kontajnera tmavšej farby, ktorý počas dňa dosiahol vyšších vnútorných teplôt.

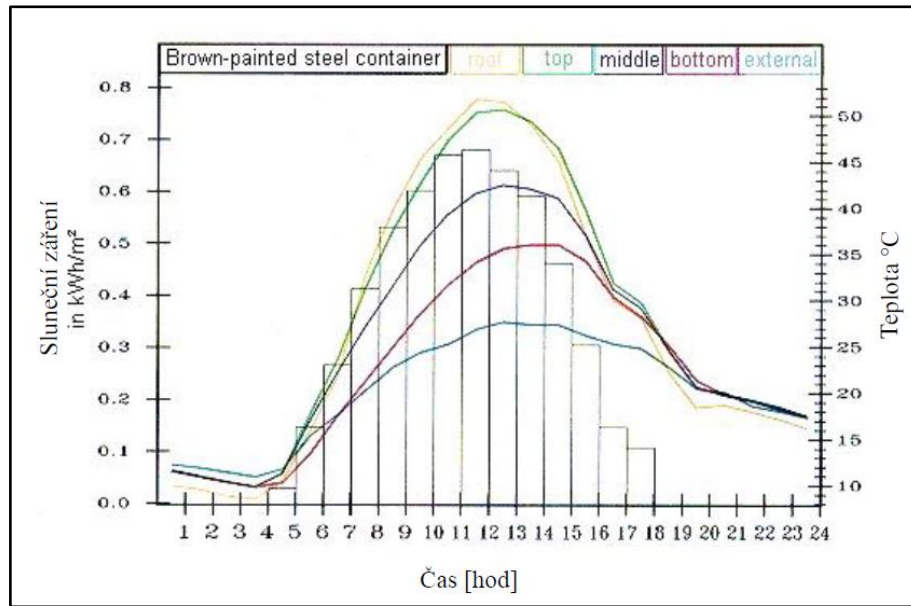
Pôsobenie slnečného svetla na kontajner s tmavou farbou (hnedá, červená) môže spôsobiť zvýšenie vnútornej teploty v kontajneri o 20-30 °C. Na obr.47 je znázornení priebeh teploty v rôznych častiach kontajnera, v prípade na bielo natretého kontajnera. Teplota tu dosahuje najvyššiu hodnotu 40 °C a to pri streche a v hornej časti kontajnera. Teplota v strede a na spodku kontajnera dosahuje okolo 30 °C. Na obr.48 je pre porovnanie znázornený priebeh teploty u hnedého kontajnera. Teplota tu dosahuje pri streche a v hornej časti až 50 °C.

Pri preprave nábytku kvôli pôsobeniu takýchto extrémnych teplôt môže dochádzať k zníženiu pevnosti lepených spojov aplikovaných tavným lepidlom. Práve kvôli tomuto zisteniu, by bolo vhodné aplikovať na olepovanie hrán tavné lepidlá s nižším bodom topenia. (Hlavatý 2014).



Obr. 47 Priebeh teploty v bielom kontajneri

(zdroj: <https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container/>)

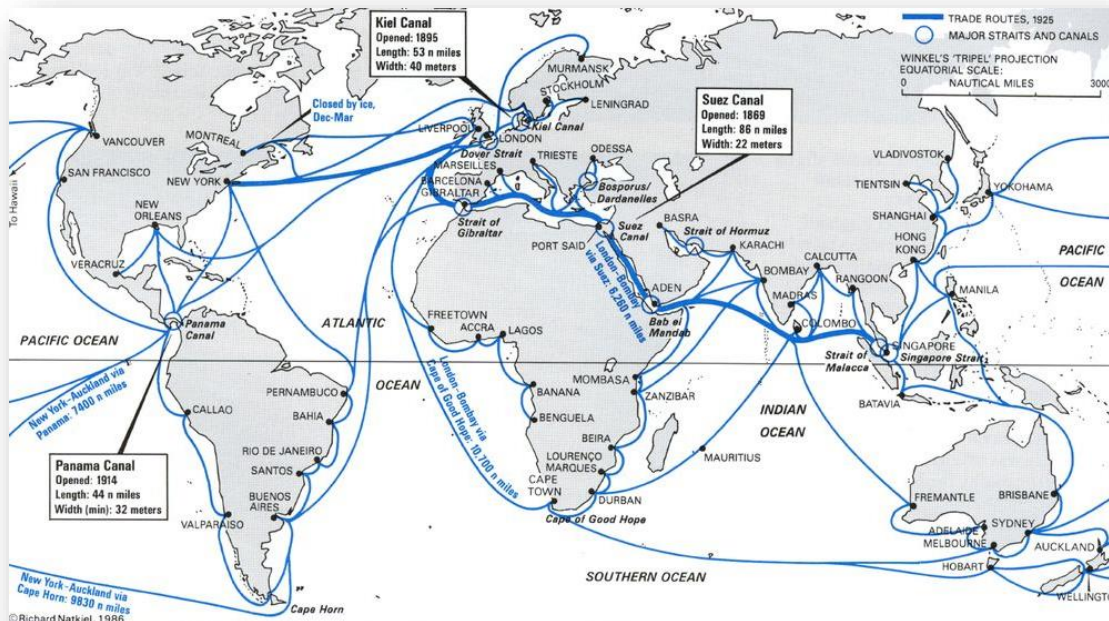


Obr. 48 Priebeh teploty v hnedom kontajnery

(zdroj: <https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container>)

### 3.5.3 Dopravné trasy

Vo svetovom medzinárodnom obchode sa využívajú tieto tri hlavné prepravné trasy kontajnerov „prúdy“:



Obr. 49 Hlavné svetové prepravné trasy

(zdroj: <http://cimsec.org/breaking-the-bottleneck-maritime-terrorism-and-economic-chokepoints-part-1/1742>)



### **1. Transatlantická trasa medzi Severnou Amerikou a Európou**

Trasa na ktorej sa začali prvý krát v polovičke 60 rokov 20 storočia prepravovať kontajnery medzi prístavmi Severnej Ameriky a prístavom Rotterdam. V súčasnosti sa táto trasa využíva na prepojenie priemyselných centier v USA a Kanade, ako aj Mexického zálivu s krajinami v Európe, akými sú Holandsko, Francúzsko, Belgicko alebo Nemecko.

### **2. Transpacifická trasa medzi Severnou Amerikou a Áziou**

Táto trasa spája Severnú Ameriku vrátane Mexického zálivu s krajinami v Ázii, akými sú napríklad Malajzia, Singapur, Čína a Japonsko. Na tejto trase sa v súčasnosti prepravuje najviac kontajnerov.

### **3. Euroázijská trasa medzi Áziou a Európou**

Trasa, ktorá spája krajiny západnej Európy najmä s krajinami juhovýchodnej Ázie. V minulosti sa muselo na tejto trase plávať okolo Mysu dobrej nádeje, avšak po vybudovaní Suezského prieplavu sa časť plavby lodí medzi Indickým oceánom a Severným Atlantikom skrátila približne o 10 000 km. (Stopford 2009)

Čína je najväčším svetovým vývozcom a druhým najväčším dovozcom. V roku 2012 realizovala približne 28 % zahraničného obchodu s krajinami Európskej únie. Najväčšími odberateľmi čínskeho tovaru sú Spojené štáty americké, kam smerovalo 17,2 % čínskeho vývozu, krajiny Európskej únie (16,3 %), Hongkong (15,8 %), Japonsko (7,4 %) a Kórejská republika (4,3 %).

Naopak najväčšie objemy dovozov smerujú do Číny z krajín Európskej únie (11,7 %), z Japonska (9,8 %), Kórejskej republiky (9,3 %), Taiwanu (7,9 %) a Spojených štátov amerických (7,4 %). Väčšinu exportu (94,0 %) tvoria hotové výrobky.

Podľa údajov Českého štatistického úradu v roku 2013 tvoril obrat zahraničného obchodu Českej republiky s Čínou 5,7 %, a Čína sa tak umiestnila po Nemecku, Slovensku a Poľsku na 4. mieste medzi českými najväčšími svetovými obchodnými partnermi. V rebríčku krajín, kam smeruje náš vývoz, sa s podielom 1,2 % umiestnila celkovo na 18. mieste. (Mrašíková 2014)

### 3.5.3.1 Nová čínska hodvábna cesta (euroázijská trasa)

Vlaková doprava prežíva návrat. Veľkú zásluhu na tom má Čína, ktorá si uvedomila výhody v preprave tovaru do Európy cez železnice oproti lodiam či lietadlám.

Rozhodnutie spojiť Európu a Áziu spočívalo v dôležitosti zefektívnenia logistických procesov. V súčasnosti sú Európa a Čína vnímané ako hlavné výrobné a odberné body a preto je ich čo najefektívnejšie prepojenie nevyhnutné. Existujúce prepojenie po mori má nedostatočnú rýchlosť, čo je v dnešnej uponáhľanej dobe veľkým nedostatkom. Trasa medzi Šanghajom a Hamburgom po mori trvá približne 45-60 dní.

Plán obnovenia starovekej hodvábnej cesty bol tou najlepšou možnosťou ako vytvoriť rýchlejšiu pozemnú dopravu v Eurázii. Cieľom bolo vybudovať trasy pre vlaky vo vysokorýchlostnom štandarde. Čínska vláda chápe znovuo tvorenie Novej Hodvábnej cesty ako súčasť komplexnejšej ekonomickej stratégie s názvom „One Belt, One Road“. (Acar, Bentyn, Kocaoglu 2015)

Pravidelná nákladná železničná doprava medzi Európou a Čínou funguje už viac ako štyri roky. Prvý prepravný vlak z Číny do Európy dorazil do Hamburgu v roku 2013 a cesta mu trvala len 15 dní. Vlak prechádzal cez Kazachstan, Rusko, Bielorusko Poľsko, Nemecko, ďalej môže táto trasa pokračovať do Belgicka a Francúzska.

Najdlhšia železnica vedie po novej hodvábnej ceste a prekonal tak rekord projektu Transsibírskej magistrály. Trasa je dlhá 10000 km a trvá 20 dní, je to najdlhšia železničná trasa na svete. Trať vedie z Čínskeho Ji-wu až do Madridu, prechádza cez Kazachstan, kadiaľ pred storočiami prechádzali čínske obchodné karavány. Pokračuje cez Rusko, Bielorusko, Poľsko, Nemecko, Francúzsko až po konečnú v Madride.



Obr. 50 Trasa najdlhšej železničnej trate z Ji-wu do Madridu

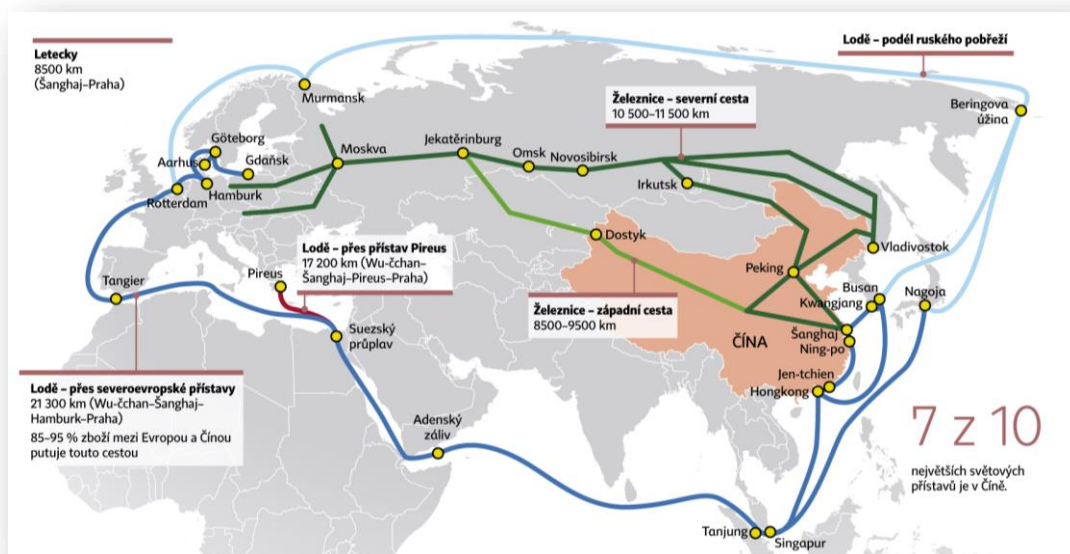
(zdroj: <https://svet.sme.sk/c/7511942/cina-otvorila-najdlhsiu-zeleznicu-iphony-idu-po-novej-hodvabnej-ceste.html>)

Na začiatku roku 2017 bol vypravený vlak z čínskeho mesta Yi-wu na ďalekom juhovýchode krajiny, ktorého trasa končí až v Londýne. Trasa je dlhá vyše 12-tisíc kilometrov a vedie naprieč celou Čínou cez Kazachstan, Rusko, Bielorusko, Poľsko, Nemecko, Belgicko, Francúzsko až do Británie. Cestu do londýnskeho Barkingu absolvuje vlak za 18 dní.

Vlak do Londýna prepravoval vagóny plné šiat, tašiek a úžitkového tovaru pre domácnosti, cestou naspäť dováža napríklad mäso z Nemecka, francúzske vína či drevo z Ruska.

Londýn sa tak stal 15. miestom, ktoré sa pripojilo k železničnej sieti vedúcej od východu na západ. Tovar však bude nutné počas cesty niekoľkokrát prekladať, kvôli stále rozdielnym koľajovým rozchodom. (Berecz 2017)

Na obrázku č. 51 sú názorne zakreslené prepravné trasy medzi Áziou a Európou. Plavba loďou cez severoeurópske prístavy trvá 30-40 dní, cez prístav Pireus 25-35 dní a pozdĺž ruského pobrežia 20-30 dní. V posledných rokoch sa stále častejšie hovorí o výhodách využívania cesty pozdĺž ruského pobrežia, cesta je o 10 dní kratšia a v dôsledku klimatických zmien omnoho dostupnejšia, taktiež tu nie je riziko útoku lodných pirátov. Pri železničnej preprave sú dostupné dve možnosti. Severná trasa je dlhšia a trvá 20-25 dní, vedie z Číny cez Rusko, Bielorusko, Poľsko, Nemecko. Západná trasa trvá 15-20 dní, vedie cez Čínu, Kazachstan, Rusko, Bielorusko, Poľsko, Nemecko. Letecká doprava trvá len 1-5 dní, ale jej cena je v porovnaní s lodnou dopravou až 4x drahšia. (Novotný 2014)



Obr. 51 Prepravné trasy medzi Áziou a Európou

(zdroj: <http://archiv.ihned.cz/c1-63175720-vsechny-cesty-vedou-z-ciny>)

Do projektu novej hodvábnej cesty sa radí aj nová trasa keď náklad bude transportovaný cez Kazachstan, Azerbajdžan, Gruzínsko a Turecko. Trasa potom prechádza cez Kaspické more, Bulharsko, Rumunsko, Ukrajinu do Ruska. Z Ruska vedie cez Bielorusko, Poľsko do Nemecka.



Obr. 52 Trasa novej hodvábnej cesty po súši a po mori

(zdroj: <http://www.economist.com/news/china/21701505-chinas-foreign-policy-could-reshape-good-part-world-economy-our-bulldozers-our-rules>)

Železničná preprava medzi Áziou a Európou je síce o niečo drahšia ako námorná, ale omnoho efektívnejšia. Je to rýchlejší spôsob prepravy ako pri využití lodnej dopravy a lacnejší ako pri leteckej doprave. Vlak dopraví tovar zhruba o polovicu rýchlejšie ako loď a dvakrát lacnejšie ako lietadlo.

V súčasnosti sú vozne prispôbené aj na prevoz tovaru citlivejšieho na poškodenie pri náraze či vplyvom výkyvu teplôt, ako napr. potraviny či elektronika.

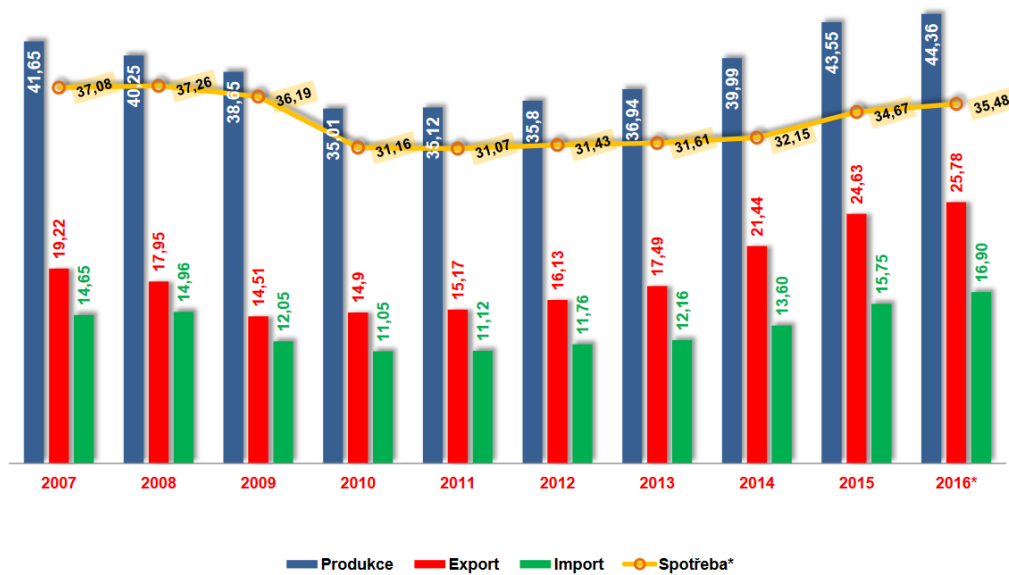
### 3.5.4 Import a export nábytku

Nábytok sa radí medzi dôležité české exportné komodity. V roku 2009 sa vyviezlo len 6,3 % nábytku no rok 2014 bol prelomový a export stúpol až na 21 %, v roku 2016 bol nárast až na 25 %. Práve stúpajúca tendencia exportu nábytku dopomohla k rozvoju celému odvetviu nábytku v Českej republike.

Český nábytok sa darí úspešne exportovať a Asociácia českých nábytkárov (AČN) očakáva, pokračovanie tohto trendu. Český nábytok putuje až okolo 30% do Nemecka, nasleduje Slovensko, Francúzsko a ďalšie zeme Európskej únie. Niektorým významným firmám sa podarilo dokonca presadiť aj v zámorí. Príkladom je firma TON, ktorá

dodávala svoj nábytok aj do kaviarní Starbucks v USA, do zdravotného centra Samsungu v Soule a do amerického reťazca hotelov Marriot. Významný dopad na rast vývozu českého nábytku má otvorenie nadnárodného koncernu Steelcase, ktorý sa sám označuje za najväčšieho výrobcu kancelárskeho nábytku. Najväčší podiel na vyvážaní majú časti nábytku, kovový nábytok, lekársky nábytok, sedadlá, spálne a ostatné, najmenej sa darí ratanovému nábytku a kuchyniam.

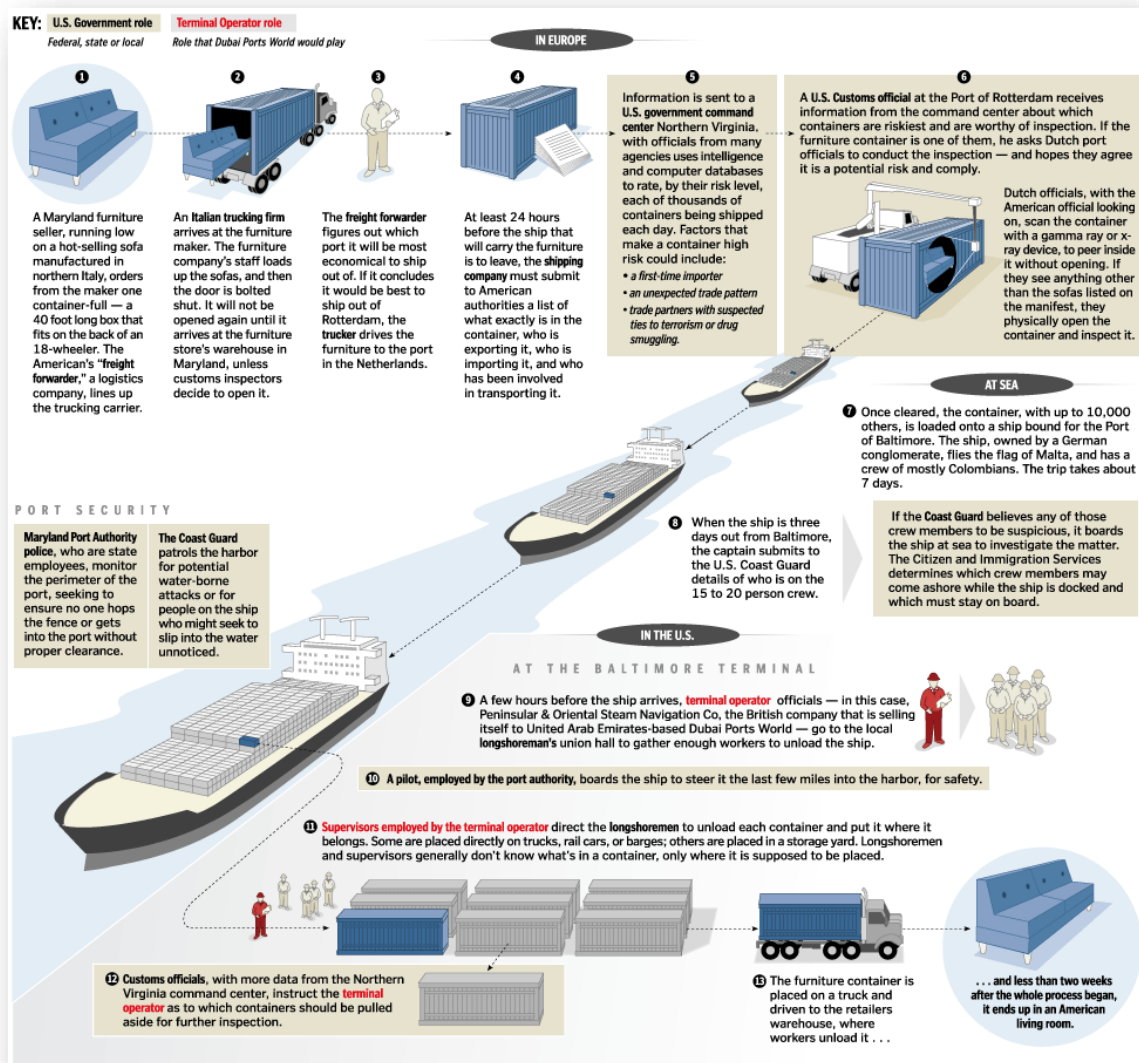
Na domácej pôde však dopyt po českom nábytku nie je taký vysoký. Dôvodom je permanentný nárast objemu dovezeného nábytku zo zahraničia. Rozhodujúca je pri výbere spotrebiteľa samozrejme cena, ktorej český výrobcovia s kvalitnejším tovarom môžu len ťažko konkurovať. Najviac sa dovážajú sedačky a sedací nábytok, celkovo je to v rámci Európy najobchodovanejšia komodita. Najväčšími importérmi nábytku do Českej republiky sú veľké nábytkárske reťazce (Ikea, Skonto, Asko, Kika). Najviac nábytku dorazí z Poľska, okolo 27%, z Nemecka 18% a z Číny 17,5%. (Asociácia Českých Nábytkárov)



Obr.53 Porovnanie výroby, exportu a importu v mld. Kč  
(zdroj: <http://czechfurniture.com/soubory/407cz.pdf>)



### 3.5.5 Príklad prepravy nábytku od výrobcu k predajcovi



#### 54. Postup pri kontajnerovej preprave nábytku

(Zdroj: <https://www.google.com/imghp?hl=sk>)

1. Predajca nábytku v Marylande v sklade nedostatok dobre sa predávajúcich sedačiek. Sedačky sú vyrábané v severnom Taliansku. Predajca objedná od výrobcu 1 plný FEU kontajner (40'x 8'x8'). Americká logistická spoločnosť má za úlohu zariadiť doručenie zásielky z Talianska do Ameriky
2. Talianska prepravná spoločnosť dorazí do fabriky, kde pracovníci naložia požadované množstvo tovaru do prepravného kontajnera. Dvere sa pevne uzavrujú (zaskrutkujú) a nebudú otvorené až pokiaľ kontajner nedorazí do skladu predajne nábytku v Marylande. Ak sa colný inšpektor nerozhodne kontajner otvoriť.

3. Zasielateľ sa musí rozhodnúť, ktorý prístav bude pre prepravu najviac ekonomický a výhodný. Ak sa zasielateľ rozhodne, že najlepšie bude zásielku poslať z Rotterdamu, vodič privezie náklad do prístavu v Holandsku.
4. Najneskôr 24 hodín pred transportom musí lodná spoločnosť predložiť americkým úradom zoznam, čo presne sa nachádza v kontajneri. Kto je vývozcom, kto je príjemcom a kto bol zapojený do procesu transportu.
5. Informácia je odoslaná do Amerického vládneho centra v Severnej Virgínii, kde sídli veľké množstvo úradníkov, ktorý využívajú moderné technológie a počítačové databázy, aby na základe stanovenej miery rizika zhodnotili, každý z tisícov kontajnerov, ktoré sú denne zasielané. Faktory, ktoré môžu urobiť z kontajnerov vysoko rizikové sú: importér, ktorý dováža po prvý krát, neočakávaný typ obchodu, obchodný partneri pri ktorých je podozrenie na väzby s terorizmom alebo pašovanie drog.
6. Americký colný úrad v prístave v Rotterdame dostane informáciu z vládneho centra o tom, ktoré kontajnery sú riskantné a je na nich potrebné vykonať inšpekciu. Ak kontajner s nábytkom je práve riskantným je potrebné sa obrátiť na holandských úradníkov aby vykonali inšpekciu, tí sa však musia sami rozhodnúť či je inšpekciu potrebné vykonať a či sa naozaj jedná o potenciálne riziko. Pokiaľ sa obe strany zhodnú, americkí a holandskí úradníci kontajner prezrú pomocou skenovacieho zariadenia, aby získali informácie čo je naozaj vo vnútri bez otvorenia kontajnera. Pokiaľ by uvideli čokoľvek iné okrem sedačiek, ktoré sú zapísané v zozname, budú nútení kontajner otvoriť a fyzicky vykonať inšpekciu.
7. Pokiaľ kontajner prejde všetkými bezpečnostnými kontrolami a je mu povolené vyplávať, je naložený na prepravnú loď spolu s 10 000 ďalšími kontajnermi. Loď je nasmerovaná do prístavu v Baltimore. Loď vlastní nemecký konglomerát a plaví sa pod zástavou Malty. Posádku lode tvoria prevažne Kolumbijčania. Plavba trvá okolo 7 dní.
8. Keď je loď asi 3 dni plavby od prístavu v Baltimore kapitán potvrdí americkej pobrežnej stráži detaily o tom kto sú členovia posádky. V prípade, že sa pobrežná hliadka domnieva, že niektorý z členov posádky je podozrivý, vstúpia na loď ešte na mori, aby vec vyšetrili. Imigračná služba následne určí, ktorý člen posádky môže behom toho ako je loď zakotvená v prístave vyjsť na breh a ktorý musí ostať za tento čas na lodi a nesmie ju opustiť.

9. Pár hodín pred tým ako loď dorazí do prístavu úradník obsluhy terminálu, v tomto prípade Peninsular & Oriental Steam Navigation Co., čo je Britská spoločnosť, má na starosti zohnať potrebné množstvo prístavných robotníkov, aby loď vyložili.
10. Kapitán, ktorý je zamestnaný samotným prístavným orgánom nastúpi na loď, aby ju mohol odkormidlovať do prístavu posledných pár míľ, kvôli bezpečnosti.
11. Nadriadený, ktorý je zamestnaný prístavným obslužným pracoviskom usmerňuje prístavných robotníkov, aby vyložili každý kontajner a položili ho tam kde patrí. Niektoré sú umiestnené priamo na kamióny, vagóny alebo riečne člny a niektoré sú umiestnené do skladového priestoru. Nadriadený ani pracovníci nemajú informácie o tom čo sa nachádza v kontajneri, vedia len kde má byť kontajner preložený.
12. Colní úradníci, ktorý majú viac informácií z vládneho centra v Severnej Virgínií, predávajú informácie do prístavného obslužného centra o tom ktoré kontajnery by mali byť dané bokom pre následnú inšpekciu.
13. Kontajner s nábytkom nebol problémový a preto je naložený na nákladiak. Nákladiak smeruje do skladu predajcu nábytku, kde ho robotníci vyložia.
14. Celý proces trvá približne 2 týždne.



## 4 METODIKA

### 4.1 METODIKA VÝROBY SKÚŠOBNÝCH VZORIEK

Pre praktickú časť diplomovej práce bolo potrebné vytvoriť skúšobné vzorky. Pre skúšanie pevnostných charakteristík polyuretánového tavného lepidla, boli vzorky vyrobené vo firme Démos trade, a. s. V tejto firme prebehlo olepenie DTD-L, dyhovou hranou 2 mm s využitím polyuretánového lepidla Jowatherm - Reaktant.

Pre skúšanie pevnostných charakteristík EVA tavného lepidla, boli vzorky vyrobené vo firme DSP NÁBYTEK. V tejto firme prebehlo olepenie DTD-L, dyhovou hranou 2 mm s využitím EVA lepidla, ZIKA-Schmelzkleber 1587.

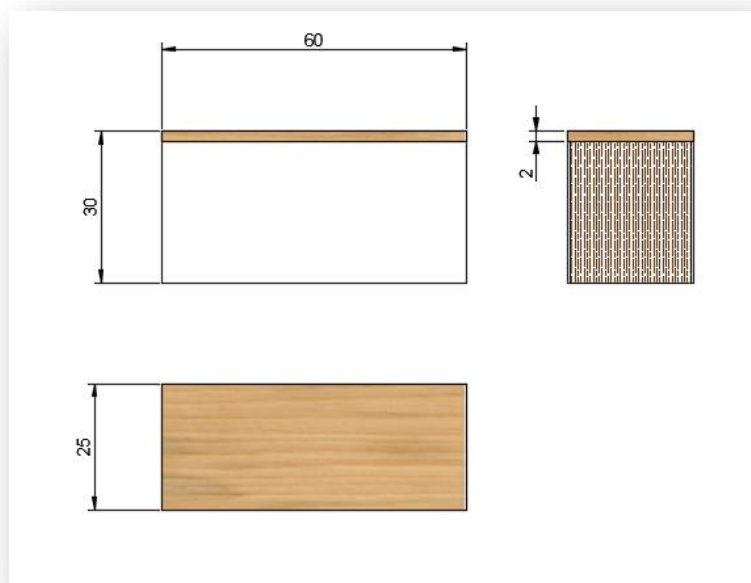


Obr. 55, 56 Príprava vzoriek vo firme DSP NÁBYTEK (vlastný zdroj)

Všetky vzorky boli následne narezané na potrebné rozmery vo firme DSP NÁBYTEK. Pre skúšku na meranie odlupu bolo potrebné vytvoriť vzorky s rozmerom 150 x 50 x 25 mm pričom dyha má celkovú dĺžku 170 mm. Pre skúšku pevnosti v lepenej špáre metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° boli vzorky narezané na požadovaný rozmer 60 x 30 x 25 mm.

Pre účely merania boli vyrobené vzorky olepené polyuretánovým lepidlom vždy po 10 ks pre teploty 20, 30, 40, 50, 60, 70 °C a to pre obe skúšky. Dohromady 120 ks

vzoriek olepených polyuretánovým lepidlom. Vzorky olepené EVA lepidlom, bolo možné vytvoriť vo väčšom počte a to z dôvodu nižšej ceny za tavné lepidlo EVA. Pre skúšku pevnosti metódou šikmého smyku bolo vyrobených 18 kusov vzoriek pre teploty 20, 30, 40, 50, 60, 70 °C a pre skúšku merania odlupu bolo vyrobených 10 ks vzoriek pre teploty 20, 30, 40, 50, 60, 70 °C. Dohromady bolo vytvorených 168 ks vzoriek. Pre účely diplomovej práce bolo celkovo vyrobených 288 ks vzoriek.



Obr. 57 Rozmery vzoriek na skúšku metódou šikmého smyku (vlastný zdroj)



Obr. 58 Rozmery vzoriek na skúšku v odlupovaní (vlastný zdroj)

## 4.2 METODIKA PRÍPRAVY SKÚŠOBNÝCH VZORIEK

Po narezaní vzoriek, boli tieto doručené na miesto priebehu skúšok a to do Skúšobne nábytku Mendelovej univerzity v Brne. V prvom rade bolo potrebné doručené vzorky rozdeliť do skupín a označiť. Vzorky boli rozdelené podľa lepidla na tie, ktoré boli olepené polyuretánovým tavným lepidlom a tie, ktoré boli olepené EVA tavným lepidlom. Následne boli vzorky rozdelené podľa teploty, vždy do skupín pre 20, 30, 40, 50, 60, 70 °C. Zvlášť sa oddelila jedna skupina vzoriek pre každé lepidlo, aby nebola vystavená cyklickému teplotnému zaťaženiu.

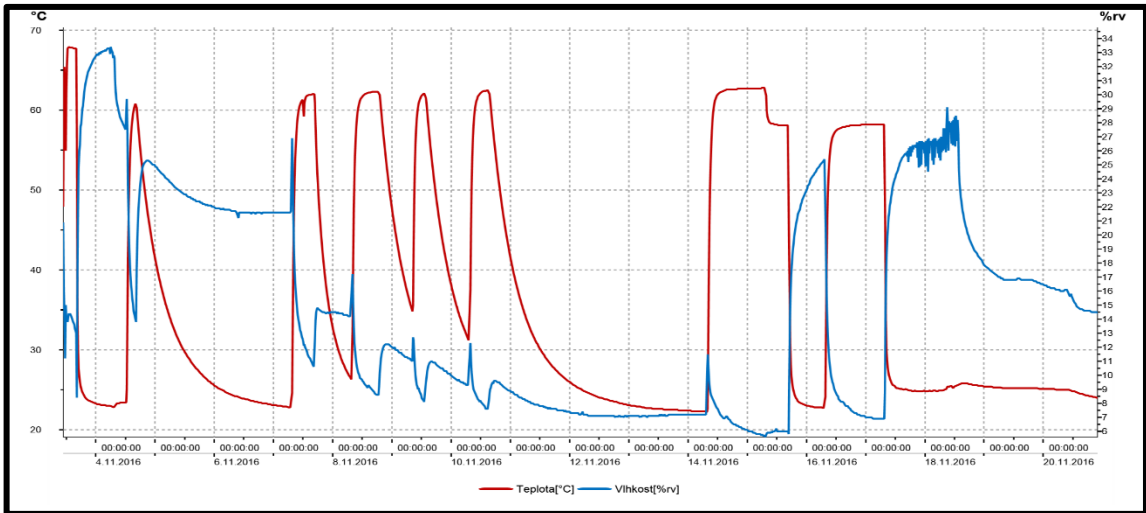


Obr. 59, 60 Proces delenia a označovania skúšobných vzoriek (vlastný zdroj)

Rozdelené vzorky boli na začiatku samotných skúšok uložené do klimatizačnej komory INCUCCELL. V komore boli vzorky vystavené cyklickému teplotnému namáhaniu, aby sa na vzorkách nasimulovali podmienky ktorým by boli vystavené pri preprave v kontajneri v letných mesiacoch.

Teplotné zaťažovanie v komore prebiehalo od 3.11.2016 do 21.11 2016. 18 dní by napríklad trvala preprava z čínskeho mesta Yi-wu na ďalekom juhovýchode krajiny do Londýna. Trasa je dlhá vyše 12-tisíc kilometrov a vedie naprieč celou Čínou cez Kazachstan, Rusko, Bielorusko, Poľsko, Nemecko, Belgicko, Francúzsko až do Británie. Pre zaznamenanie priebehu cyklického zaťažovania bol do komory súčasne so vzorkami

vložený teplotný datalogger. Datalogger zaznamenával zmeny teplôt a relatívnej vlhkosti vzduchu v komore. Celý priebeh cyklovania je možné vidieť na obrázku č. 61.



Obr. 61 Priebeh cyklovania v komore INUCCELL zaznamenaný teplotným dataloggerom (vlastný zdroj)



Obr. 62, 63 Vzorky a teplotný datalogger uložené v klimatizačnej komore INCUCCELL

Tab. 2 Údaje z dataloggeru umiestneného komore INCUCCELL

NÁZOV PRÍSTROJA: TESTO 174H_1				
čas spustenia	3.11.2016			
čas vypnutia	25.1.2016			
	minimum	maximum	stredná hodnota	medzné hodnoty
teplota	19,1	67,9	25,643	-20,0/70,0
vlhkosť	5,6	33,4	20,785	0,0/100,0

### 4.3 SKÚŠKA ŠIKMÉHO SMYKU POD UHLOM 45° PRI TLAKOVOM ZAŤAŽENÍ

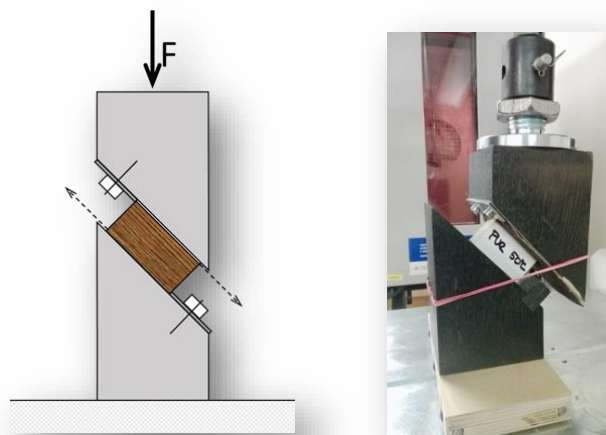
Metóda skúšky vychádza z kombinácie normálového napätia a smykového napätia proti uhlu  $\gamma$  pôsobiaceho v hodnote 45 ° pri zaťažení tlakom. Pevnosť u tejto metódy je vlastnosť odolávať silám vychádzajúcim z kombinácie normálneho napätia a smykového napätia pri zaťažení tlakom na dyhovú hranu, ktorá je nalepená polyuretánovým alebo EVA tavným lepidlom na bočnú plochu nábytkového dielca. (Dubovský, 1990)

Výpočet šmykového napätia je daný rovnicou (1) a vyjadruje sa hodnotou napätia v [MPa] .

$$\tau = \frac{F_{max}}{S \times \sqrt{2}} \quad (1)$$

vysvetlivky:  $\tau$ : šmykové napätie [MPa];  $F_{max}$ : zaťaženie [N];  $S$ : plocha [mm]

Skúšobné vzorky boli skúšané na trhacom stroji INSTRON 3365 vybaveným špeciálnym skúšobným agregátom, ktorý bol vytvorený pre potreby danej skúšky. Prístroj INSTRON je napojený na počítač, ktorý má nainštalovaný softvér BlueHill, vďaka ktorému bolo možné celý priebeh skúšky zaznamenávať. Program zapisoval maximálnu pevnosť, maximálne zaťaženie, modul pružnosti, atď. Hodnoty maximálneho zaťaženia v [N] boli pre následné vyhodnotenie. Pre získanie hodnôt šikmého šmykového napätia bolo potrebné použiť vzorec (1). Získané hodnoty sa následne graficky a matematicky spracovávali.



Obr. 64,65 Skúšobný agregát pre skúšku metódou šikmého smyku pod uhlom 45° pri tlakovom zaťažení (vlastný zdroj)



### 4.3.1 Postup skúšky

1. Nastavenie trhacieho stroja INSTRON 3365 a upevnenie skúšobného agregátu.
2. Spustenie PC.
3. Nastavenie všetkých potrebných parametrov pre skúšku v programe BlueHill.
4. Spustenie a predhriatie tepelnej komory INSTRON.
5. Umiestnenie skupiny vzoriek, ktorá bude skúšaná do tepelnej komory INSTRON na predhriatie na požadovanú teplotu.
6. Jedna vzorka sa vyberie z komory a umiestni do skúšobného agregátu.
7. V programe BlueHill je potrebné resetovať, vyvážiť a posunúť zariadenie.
8. Spustenie skúšky v programe BlueHill.
9. Vybratie vzorky zo skúšobného agregátu po ukončení skúšky a jej následné zdokumentovanie.
10. Skúška sa opakuje na každej skupine vzoriek pri teplotách 20, 30, 40, 50, 60, 70 °C.
11. Vyhodnotenie všetkých dát početne a graficky.

## 4.4 SKÚŠKA V ODLUPOVANÍ

Skúška odlupovania pod uhlom 90° sa riadi normou ČSN EN 28510-1 Lepidla - Zkouška v odlupování zkušebního tělesa z ohebného a tuhého adherendu - Část 1: Odlupování pod úhlem 90°.

Skúška sa vykonáva za účelom stanovenia odolnosti proti odlupovaniu lepených spojov pripravovaných z dvoch adherendov, z ktorých jeden je ohybný. Skúška odlupovania pod uhlom 90 ° je vhodná pre menej ohybné adherendy, pre ktoré nemožno skúšku pod uhlom 180 ° použiť z dôvodu tvorby trhlín v adherendoch, praskania alebo delaminácie. (ČSN EN 28510-1)

Lepený spoj vzorky je pripravovaný z dvoch adherendov a hodnoteného lepidla. Adherendy sú od seba oddelované odlupovaním rovnomernou rýchlosťou tak, že odlupovanie začína kolmo k rovine spoja prostredníctvom odlupovanej časti ohybného adherendu. Trhacie skúšobné zariadenie vyvíja ťahovú silu s konštantnou rýchlosťou pohybu čeľustí. Zariadenia musí byť vybavené prípravkom na meranie síl a príslušným softvérom. Lepený povrch vzorky musí mať šírku  $25,0 \pm 0,5$  mm a minimálnu dĺžku 150 mm. Odporúčaná rýchlosť posuvu čeľuste je  $50 \pm 5$  mm/min. (ČSN EN 28510-1)

Vyjadrenie výsledkov sa odvíja zo zápisu sily do grafického vyjadrenie na dĺžke

skúšobného telesa, pričom sa vyhodnotí priemerná odlupovacia sila v [N], planimetricky preložením priamky, alebo iným vhodným spôsobom. Ak sa požaduje presnejšie výstup, spočíta sa aritmetický priemer zo stredných hodnôt špičiek a poklesov a takisto aritmetické priemery z maximálnych a minimálnych síl.

(ČSN EN 28510-1)

Skúšobné vzorky boli skúšané na trhacom stroji INSTRON 3365 vybaveným špeciálnym upínacím agregátom, ktorý bol vytvorený pre potreby danej skúšky. Prístroj INSTRON je napojený na počítač, ktorý má nainštalovaný softvér BlueHill, vďaka ktorému bolo možné celý priebeh skúšky zaznamenávať. Hodnoty maximálneho zaťaženia boli následne matematicky a graficky spracované.



Obr. 66 Skúšobný agregát pre skúšku odlupovania na skúšobnom stroji INSTRON  
(vlastný zdroj)

#### 4.4.1 Postup skúšky

1. Nastavenie trhacieho stroja INSTRON 3365 a upevnenie skúšobného agregátu.
2. Spustenie PC.
3. Nastavenie všetkých potrebných parametrov pre skúšku v programe BlueHill.
4. Spustenie a predhriatie tepelnej komory INSTRON.
5. Umiestnenie skupiny vzoriek, ktorá bude skúšaná do tepelnej komory INSTRON na predhriatie na požadovanú teplotu.
6. Jedna vzorka sa vyberie z komory a umiestni do skúšobného agregátu.

7. V programe BlueHill je potrebné resetovať, vyvážiť a posunúť zariadenie.
8. Spustenie skúšky v programe BlueHill.
9. Vybratie vzorky zo skúšobného agregátu po ukončení skúšky a jej následné zdokumentovanie.
10. Skúška sa opakuje na každej skupine vzoriek pri teplotách 20, 30, 40, 50, 60, 70 °C.
11. Vyhodnotenie všetkých dát matematicky a graficky.



Obr. 67, 68, 69 Predhriatie vzoriek v komore, umiestnenie vzorky na skúšobný agregát a zahájenie skúšky, vyhodnotenie výsledkov (vlastný zdroj)

## 4.5 STROJE A POMÔCKY POTREBNÉ PRE SKÚŠKU

### 4.5.1 Klimatizačná komora INCUCELL V – 111

Klimatizačná komora bola využitá na teplotné cyklické namáhanie vzoriek po dobu 18 dní. Cyklické namáhanie malo simulovať podmienky v prepravných kontajneroch počas transportu.

Klimatizačná komora má patentovaný systém prúdenia vzduchu, ktoré zaručuje rýchle a presné dosiahnutie zvolenej teploty v komore. Komora je vybavená plynulo nastaviteľnou odvetrávaciou klapkou a vnútornými sklenenými dverami.

Technické údaje:

- Rozsah teploty.....20-70 °C
- Odchýlka..... ± 0,1 °C
- Presnosť nastavenia.....1 °C





Obr. 70, 71 Klimatizačná komora INCUCELL V – 111 (vlastný zdroj)

#### 4.5.2 Teplotný datalogger Testo 174H\_1

Pre zaznamenanie zmien teploty a relatívnej vlhkosti počas teplotného cyklovania v klimatizačnej komore sa využil teplotný datalogger Testo 174H\_1.

Datalogger Testo 174H je vybavený internými senzormi, ktoré merajú teplotu a vlhkosť vzduchu. Vlhkostný senzor je dlhodobu stabilný, kapacitný a pracuje pri meraní vlhkosti vzduchu s presnosťou  $\pm 3$  % rv. Interný teplotný senzor NTC pracuje s presnosťou  $\pm 0.5$  °C a pokrýje merací rozsah od -20 do 70 °C.



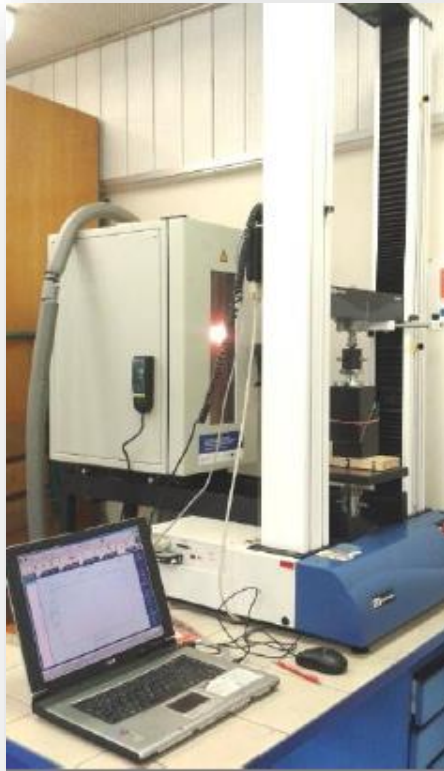
Obr. 72 Teplotný datalogger Testo 174H\_1

(zdroj: <https://www.testo.com/en-US/testo-174-h/p/0572-6560>)

### 4.5.3 Trhací stroj INSTRON 3365

Pre skúšku pevnosti lepeného spoja metódou skúšky šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom  $45^\circ$  a takisto skúšky odlupovania, bol použitý trhací stroj INSTRON 3365.

Stroj sa skladá z oceľového rámu a pojazdného priečnika, ktorý býva osadený čeľusťami alebo tlačným brvnom. Pohyb priečnika prebieha za pomoci motora s digitálnym riadením polohy. Technika je riadená mikroprocesorom. Celé ovládanie stroja je vďaka prepojeniu stroja s PC s nainštalovaným riadiacim programom BlueHill verzia 2.22. Program zaznamenáva celý priebeh skúšky a namerané hodnoty je potom možné ďalej spracovať a vyhodnotiť.



Obr. 73 Trhací stroj INSTRON 3365 (vlastný zdroj)

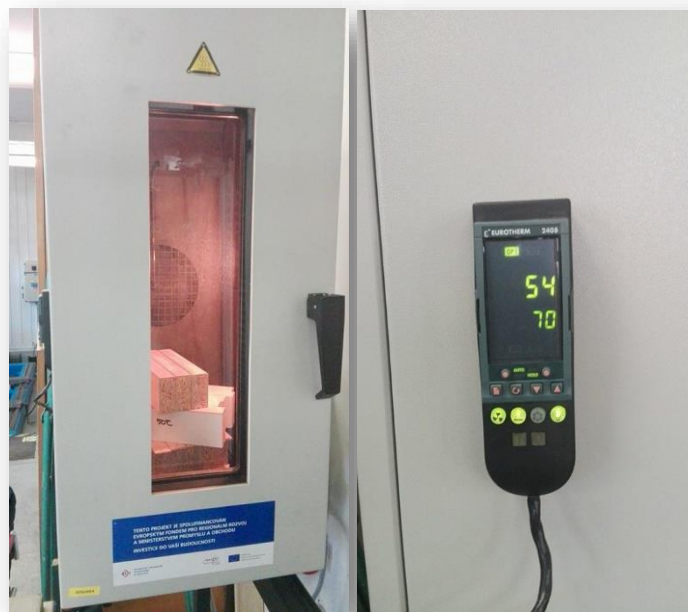
Technické údaje:

- maximálna sila zaťaženia.....5 [kN]
- maximálna rýchlosť posuvu priečnika.....1000 mm/min
- maximálny testovací priestor.....1193 mm

#### 4.5.4 Tepelná komora INSTRON 3119-409-22

Tepelná komora je súčasťou trhacieho stroja INSTRON, je možné ju namontovať do rámu stroja a vykonávať v nej ťahové, tlakové, ohybové a iné typy skúšok. Komora má teplotný rozsahom od  $-160\text{ }^{\circ}\text{C}$  do  $260\text{ }^{\circ}\text{C}$  a preto je možné v nej vykonávať skúšky pri znížených aj zvýšených teplotách.

Pre naše účely komora slúžila na predhriatie vzoriek na požadovanú teplotu pred začiatkom samotnej skúšky, ale sama skúška v nej neprebíhala. Komora bola využívaná pri oboch skúškach, či už skúške odlupu, alebo skúške šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom  $45^{\circ}$ .



Obr. 74,75 Tepelná komora INSTRON, nastavovací panel teploty (vlastný zdroj)

## 5 VÝSLEDKY A VYHODNOTENIE

Kapitola obsahuje namerané výsledky laboratórnych skúšok, ich štatistické vyhodnotenie a grafické znázornenie. Výstupom jednotlivých skúšok boli hodnoty v [N], ktoré zodpovedali priemernému ťahovému a maximálnemu tlakovému zaťaženiu testovaných vzoriek.

Hodnoty maximálneho tlakového zaťaženia vzorky bolo nutné prepočítať pomocou vzorca (1) na získanie hodnôt smykového napätia.

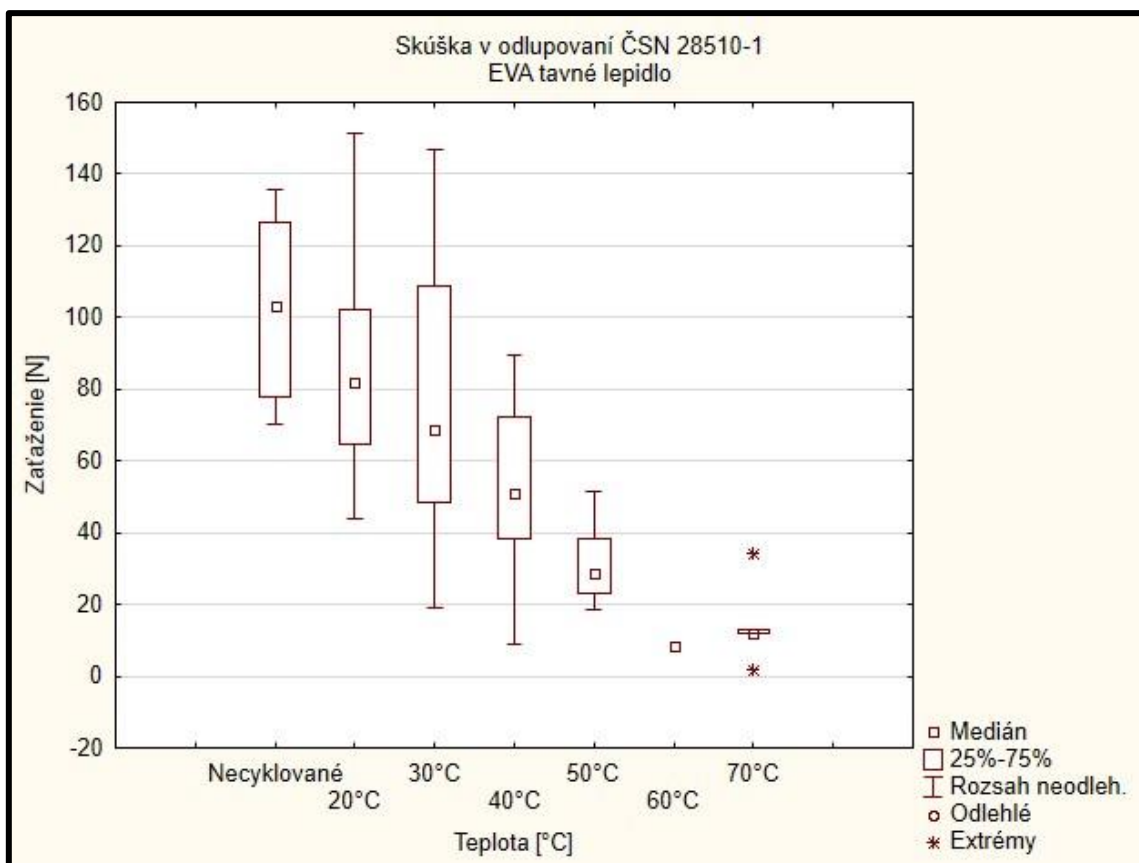
Všetky výsledky sú rozdelené do prehľadných tabuliek podľa typu skúšaných lepidiel. Výsledky skúšok jednotlivých lepidiel sú na záver medzi sebou porovnané.

Kapitola zahŕňa aj fotografickú dokumentáciu vzoriek, ktoré prešli skúškou.

### 5.1 SKÚŠKA V ODLUPOVANÍ ČSN EN 28510-1

Tab. 3 Priemer zaťaženia pri priemernej hodnote, metóda odlupovania pod uhlom 90° (EVA tavné lepidlo)

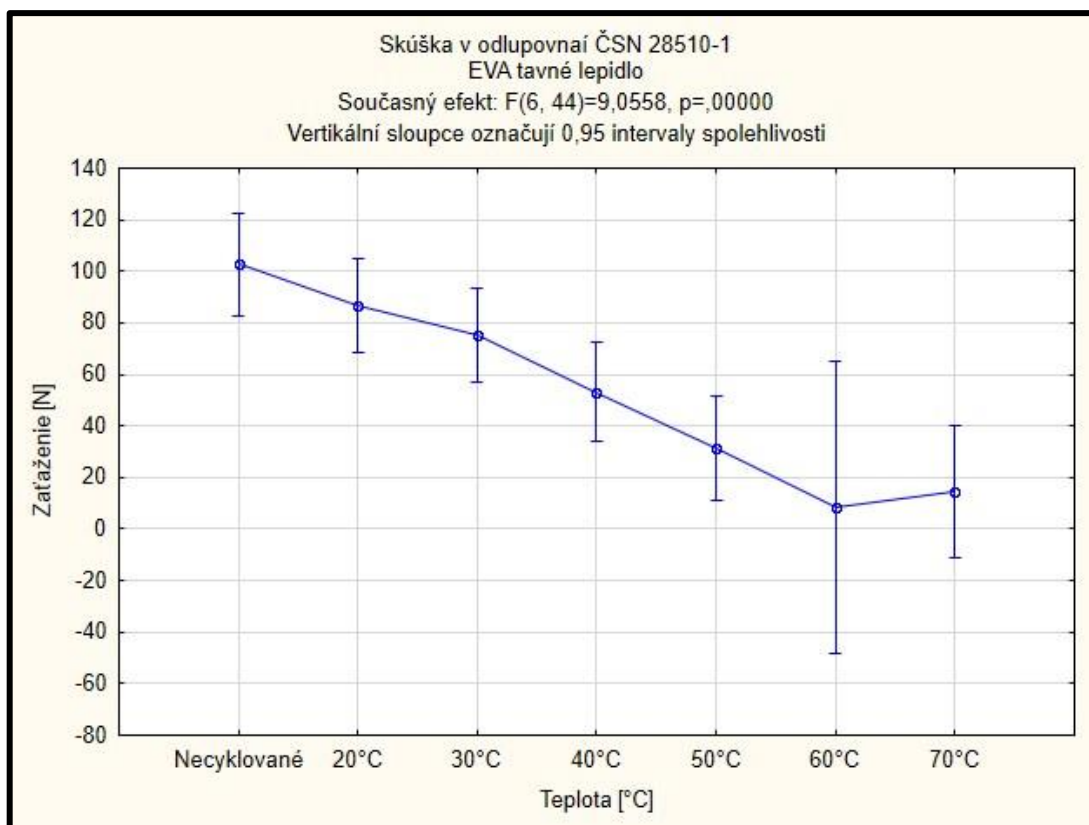
EVA TAVNÉ LEPIDLO							
PRIEMER ZAŤAŽENIA PRI PRIEMERNEJ HODNOTE (5 ŠPIČIEK + POKLESY)							
[N]							
VZORKY	NECYKLOVANÉ	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
1	125,63	43,84	72,52	72,25	51,28	----	13,19
2	75,93	102,10	108,63	89,40	30,12	----	34,02
3	----	116,49	146,77	8,97	34,52	----	----
4	----	151,16	36,14	69,99	----	----	11,84
5	108,46	64,84	19,16	50,96	24,87	8,38	----
6	70,43	97,07	120,95	38,51	18,56	----	----
7	127,27	62,79	48,37	----	26,99	----	----
8	135,69	65,69	55,74	41,09	21,40	----	11,87
9	79,77	66,56	65,13	80,60	----	----	----
10	98,23	96,98	77,87	27,95	42,37	----	1,70
Priemer	113,39	86,75	75,13	53,30	31,26	8,38	14,52
Maximum	103,87	151,16	146,77	89,40	51,28	8,38	34,02
Minimum	135,69	43,84	19,16	8,97	18,56	8,38	1,70
Medián	70,43	81,77	68,82	50,96	28,55	8,38	11,87
Smer. Odchýlka	108,46	32,02	39,74	26,62	11,04	----	11,84



Obr. 76 Krabicový graf pre hodnoty priemerov zaťaženia pri priemernej hodnote získané metódou odlupovania pod uhlom 90°, pre vzorky olepené EVA lepidlom

Tab. 4 Jednofaktorová ANOVA pre metódu odlupu pod uhlom 90° (EVA tavné lepidlo)

Efekt	Jednorozmerné testy významnosti, proměnná [N] (odlup EVA tavné lepidlo) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektívni hypotézy				
	SČ	Stupne voľnosti	PČ	F	p
Abs. člen	78588,74	1	78588,74	98,58323	0,000000
Teplota °C	43314,62	6	7219,10	9,05578	0,000002
Chyba	35075,99	44	797,18		



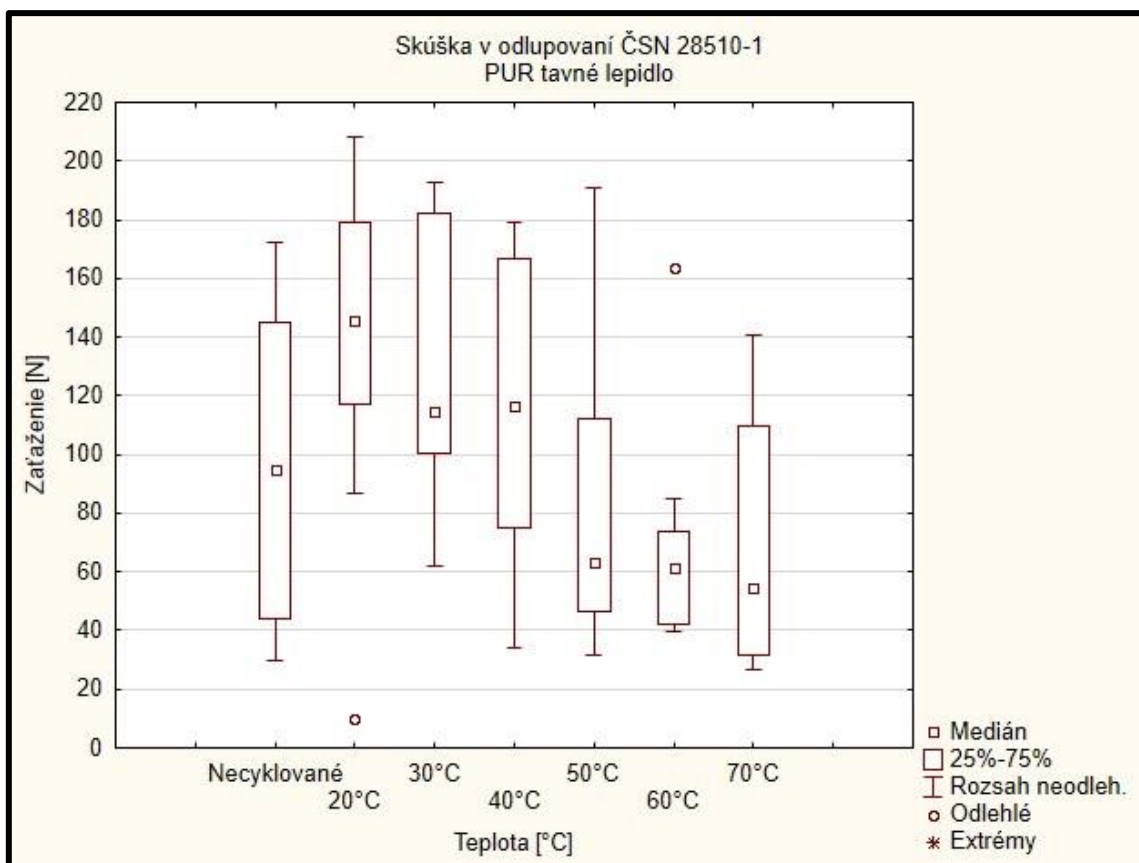
Obr. 77 Graf ANOVA pre priemerné zaťaženie pri priemernej hodnote, metóda odlupovanie pod uhlom 90°, pre vzorky olepené EVA tavným lepidlom

Tab. 5 Tukeyův test významných rozdielov ANOVA, pre hodnoty priemerov zaťaženia, metóda odlupovania pod uhlom 90°, pre vzorky olepené EVA tavným lepidlom

		HSD při nesterjnych N; proměnná [N] (odlup EVA tavné lepidlo)						
		Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy						
		Chyba: meziskup. PČ = 797,18, sv = 44,000						
Č. bunky	Teplota °C	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		102,68	86,752	75,128	53,302	31,264	8,3800	14,524
1	Necyklované		0,915985	0,459017	0,017481	0,000288	0,239341	0,000358
2	20°C	0,915985		0,967264	0,179659	0,005211	0,451999	0,003747
3	30°C	0,459017	0,967264		0,658054	0,047861	0,637852	0,023030
4	40°C	0,017481	0,179659	0,658054		0,706917	0,916947	0,331316
5	50°C	0,000288	0,005211	0,047861	0,706917		0,997326	0,964253
6	60°C	0,239341	0,451999	0,637852	0,916947	0,997326		0,999999
7	70°C	0,000358	0,003747	0,023030	0,331316	0,964253	0,999999	

Tab. 6 Priemer zaťaženia pri priemernej hodnote, metóda odlupovania pod uhlom 90°  
(PUR tavné lepidlo)

<b>PUR TAVNÉ LEPIDLO</b>							
<b>PRIEMER ZAŤAŽENIA PRI PRIEMERNEJ HODNOTE (5 ŠPIČIEK + POKLESY)</b>							
<b>[N]</b>							
<b>VZORKY</b>	<b>NECYKLOVANÉ</b>	<b>20°C</b>	<b>30°C</b>	<b>40°C</b>	<b>50°C</b>	<b>60°C</b>	<b>70°C</b>
<b>1</b>	55,54	130,23	100,38	114,66	62,96	74,05	47,87
<b>2</b>	32,38	153,24	192,81	-----	46,61	56,08	45,93
<b>3</b>	94,58	138,11	111,61	-----	46,36	66,12	113,69
<b>4</b>	157,20	-----	62,13	89,53	37,33	52,72	31,74
<b>5</b>	50,96	9,80	189,01	34,16	95,51	41,96	87,30
<b>6</b>	43,72	160,60	95,12	173,28	191,16	41,11	140,43
<b>7</b>	30,05	179,03	123,26	179,04	31,43	163,87	109,62
<b>8</b>	145,33	116,88	115,81	160,11	116,71	84,72	26,72
<b>9</b>	172,58	208,16	182,34	118,68	103,33	39,48	61,04
<b>10</b>	121,83	185,75	113,57	60,30	111,92	70,15	31,37
<b>11</b>	106,67	86,65	-----	-----	48,63	-----	-----
<b>Priemer</b>	91,89	136,85	128,60	116,22	81,09	69,03	69,57
<b>Maximum</b>	172,58	208,16	192,81	179,04	191,16	163,87	140,43
<b>Minimum</b>	30,05	9,80	62,13	34,16	31,43	39,48	26,72
<b>Medián</b>	94,58	145,67	114,69	116,67	62,96	61,10	54,45
<b>Smer. odchýlka</b>	49,94	56,96	44,35	53,06	48,16	36,66	40,43

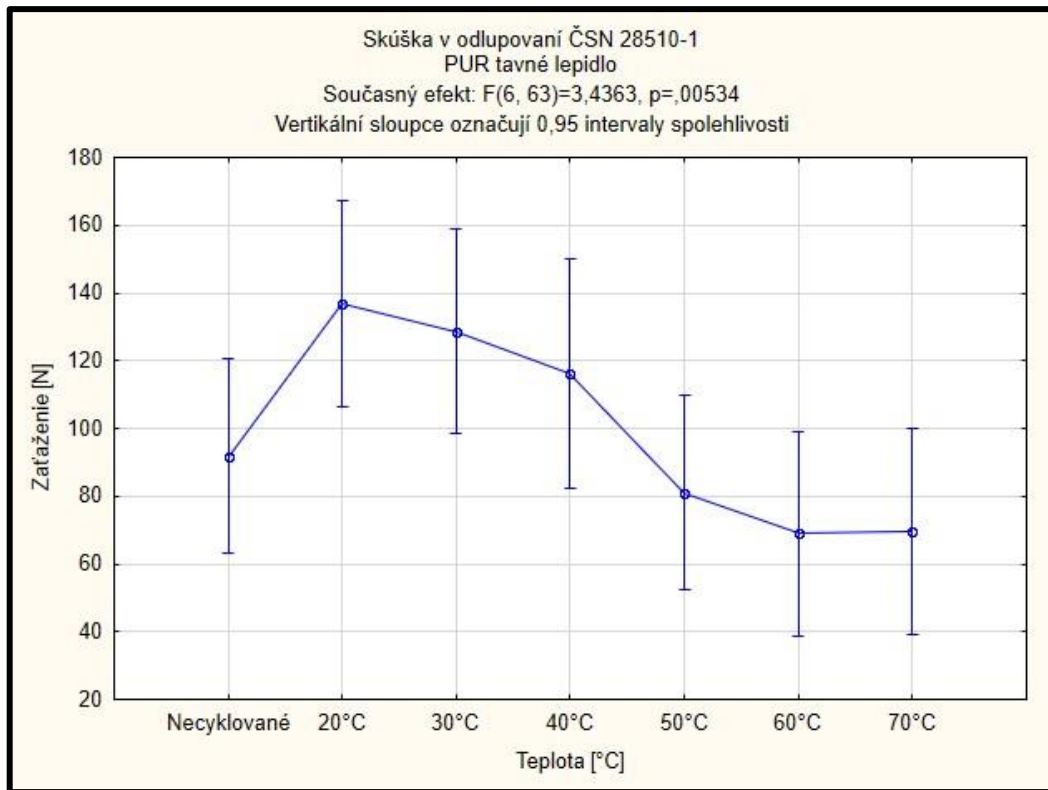


Obr. 78 Krabicový graf pre hodnoty priemerov zaťaženia pri priemernej hodnote získané metódou odlupovania pod uhlom 90°, pre vzorky olepené PUR lepidlom

Tab. 7 Jednofaktorová ANOVA pre metódu odlupu pod uhlom 90° (PUR tavné lepidlo)

Efekt	Jednorozmerné testy významnosti proměnná [N] (odlup PUR tavné lepidlo)				
	Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektivní hypotézy				
	SČ	Stupne voľnosti	PČ	F	p
Abs. člen	679936,2	1	679936,2	297,3703	0,000000
Teplota °C	47142,5	6	7857,1	3,4363	0,005341
Chyba	144049,3	63	2286,5		





Obr. 79 Graf ANOVA pre priemerné zaťaženie pri priemernej hodnote, metóda odlupovanie pod uhlom 90°, pre vzorky olepené PUR tavným lepidlom

Tab. 8 Tukeyův test významných rozdielov ANOVA, pre hodnoty priemerov zaťaženia, metóda odlupovania pod uhlom 90°, pre vzorky olepené PUR tavným lepidlom

HSD při nesterjnych N; proměnná [N] (odlup PUR tavné lepidlo)								
Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy								
Chyba: meziskup. PČ = 2286,5, sv = 63,000								
Č. bunky	Teplota °C	{1}	{2}	{3}	{4}	{5}	{6}	{7}
		91,895	136,85	128,60	116,22	81,086	69,026	69,571
1	Necyklované		0,364360	0,607782	0,948154	0,998347	0,934744	0,941578
2	20°C	0,364360		0,999746	0,976775	0,141314	<b>0,036018</b>	<b>0,038542</b>
3	30°C	0,607782	0,999746		0,998557	0,298859	0,094649	0,100416
4	40°C	0,948154	0,976775	0,998557		0,761484	0,441190	0,455474
5	50°C	0,998347	0,141314	0,298859	0,761484		0,997635	0,998195
6	60°C	0,934744	<b>0,036018</b>	0,094649	0,441190	0,997635		1,000000
7	70°C	0,941578	<b>0,038542</b>	0,100416	0,455474	0,998195	1,000000	

### 5.1.1 Ukážky vzoriek po priebehu skúšky v odlupovaní pod uhlom 90°



Obr. 80-87 Vzorky, ktoré prešli skúškou v odlupovaní pod uhlom 90°, pričom BK hrana bola nalepená EVA tavným lepidlom



Obr. 88-94 Vzorok, ktoré prešli skúškou v odlupovaní pod uhlom 90°, pričom BK hrana bola nalepená PUR tavným lepidlom

## 5.1.2 Vyhodnotenie výsledkov

Výsledky uvedené v tabuľkách č. 3-8, zobrazené na obrázkoch 76-94, boli získané na základe vykonanej skúšky v odlupovaní pod uhlom 90° podľa ČSN 28510-1. Z výsledkov je zrejmé, že s rastúcou teplotou nám klesá pevnosť a odolnosť lepených spojov a taktiež je viditeľné, že PUR tavné lepidlo dosahuje vyššie hodnoty zaťaženia [N] ako EVA tavné lepidlo.

### 5.1.2.1 EVA tavné lepidlo

EVA tavné lepidlo dosiahlo najvyššiu priemernú hodnotu zaťaženia 113,39 [N] pri vzorkách, ktoré neboli vystavené cyklickému teplotnému zaťaženiu. Vzorky, ktoré boli teplotne cyklicky zaťažované už pri skúšaní pri 20 °C dosahujú priemernú hodnotu zaťaženia 86,75 [N]. Išlo o výrazný pokles takmer o 26,64 [N]. Pri zvýšení teploty, ktorej boli vzorky vystavené pred skúšaním na 30 °C došlo k poklesu na 75,13 [N]. K výraznejšiemu skoku došlo pri vystavení teplote 40 °C kde priemerná hodnota zaťaženia bola 53,50 [N] došlo teda k poklesu oproti teplote 20 °C o 33,45 [N]. Pri vystavení 50 °C sa dosiahlo priemerné zaťaženie 31,26 [N]. Pri vystavení vzoriek teplotám 60 a 70 °C sa na vzorkách dosiahlo priemerné zaťaženie 8,38 [N] a 14,52 [N].

Vzorky boli štatisticky spracované v programe STATISTICA. Bola použitá jednofaktorová ANOVA Tab. 4, pre posúdenie vplyvu teploty. Kde  $p < \alpha$  (0,05) z toho vyplýva, že nulová hypotéza o zhode stredných hodnôt porovnávaných skupín vzoriek je zamietnutá. Faktor teplota má štatistický vplyv na meranú veličinu. Bolo nutné vykonať test mnohonásobného porovnania Tab. 5, aby sme zistili, ktoré skupiny vzoriek sa od seba štatisticky významne líšia. Hodnoty v tabuľke sú p hodnoty zvoleného testu mnohonásobného porovnania pre všetky kombinácie výberov. Hodnoty v tabuľke vyznačené červenou farbou sú také, kde  $p < \alpha$ . V našom prípade sa štatisticky významne odlišujú vzorky vystavené teplote 70, 60, 50 °C od vzoriek necyklovaných a vzoriek vystavených teplote 20 a 30 °C. Vzorky vystavené teplote 40 °C sa štatisticky významne líšia len od vzoriek necyklovaných. Môžeme teda konštatovať, že prechodnou teplotou je 40 °C za touto teplotou už dochádza k výrazne nižším dosiahnutým hodnotám zaťaženia a lepený spoj vytvorený nalepením BK hrany pomocou EVA tavného lepidla vystavený teplote vyššej ako 40 °C nedrží, je nestály, nekvalitný a na jeho narušenie pri skúške v odlupovaní pod uhlom 90° bolo potrebné veľmi malé zaťaženie.

Na základe obrázkov č. 81-87 môžeme skonštatovať, že EVA tavné lepidlo vykazuje najvyššiu pevnosť v lepenej špáre pri necyklovaných vzorkách a pri vzorkách,



ktoré boli cyklované a vystavené teplote 20 a 30 °C. Vtedy pri priebehu skúšky dochádzalo len k narušeniu BK hrany, došlo k jej roztrhnutiu pri pôsobení zaťaženia. Pri vystavení vzoriek teplote 40 °C už je viditeľné, že tavné lepidlo EVA na niektorých vzorkách začalo povolovať a dochádzalo už k úplnému odlúpeniu hrany. Pri vzorkách, ktoré boli vystavené teplote 50, 60 a 70 °C už nemôže byť reč o tom, že by EVA lepidlo vykazovalo pevnosť v lepenom spoji, na všetkých vzorkách došlo k úplnému odlúpeniu BK hrany a to pri veľmi nízkom pôsobení zaťaženia.

### 5.1.2.2 PUR tavné lepidlo

PUR tavné lepidlo dosiahlo najvyššiu priemernú hodnotu zaťaženia 136,85 [N] pri vzorkách, ktoré boli vystavené cyklickému teplotnému zaťaženiu a boli skúšané pri teplote 20 °C. Pri zvýšení teploty, ktorej boli vzorky vystavené pred skúšaním na 30 °C došlo k poklesu na 128,60 [N] teda o 8,26 [N]. Pri teplote 40 °C nám zaťaženie kleslo na 116,22 [N]. K výraznejšiemu skoku došlo pri vystavení teplote 50 °C kde priemerná hodnota zaťaženia bola 81,09 [N] došlo teda k poklesu oproti teplote 20 °C o 55,76 [N]. Pri vystavení vzoriek teplotám 60 a 70 °C sa na vzorkách dosiahlo priemerné zaťaženie skoro rovnaké, približne 69 [N].

Vzorky boli štatisticky spracované v programe STATISTICA. Bola použitá jednofaktorová ANOVA Tab. 7, pre posúdenie vplyvu teploty. Kde  $p < \alpha$  (0,05) z toho vyplýva, že nulová hypotéza o zhode stredných hodnôt porovnávaných skupín vzoriek je zamietnutá. Faktor teplota má štatistický vplyv na meranú veličinu. Bolo nutné vykonať test mnohonásobného porovnania Tab. 8, aby sme zistili, ktoré skupiny vzoriek sa od seba štatisticky významne líšia. Hodnoty v tabuľke sú p hodnoty zvoleného testu mnohonásobného porovnania pre všetky kombinácie výberov. Hodnoty v tabuľke vyznačené červenou farbou sú také, kde  $p < \alpha$ . V našom prípade sa štatisticky významne odlišujú vzorky vystavené teplote 70, 60 °C od vzoriek vystavených teplote 20 °C. Môžeme teda konštatovať, že vzorky vystavené teplote 60 a 70 °C dosahovali síce najnižšie hodnoty priemerného zaťaženia ale stále sa táto hodnota pohybovala vyššie ako u vzoriek, ktoré boli vystavené teplote len 40 °C, kde bol lepený spoj vytvorený EVA tavným lepidlom. Vzorky, kde lepený spoj bol vytvorený PUR tavným lepidlom vydržali pôsobiace zaťaženie pri všetkých pôsobiacich teplotách a nedošlo ani u jednej vzorky k odlúpeniu BK hrany narušeniu lepenej špáry.

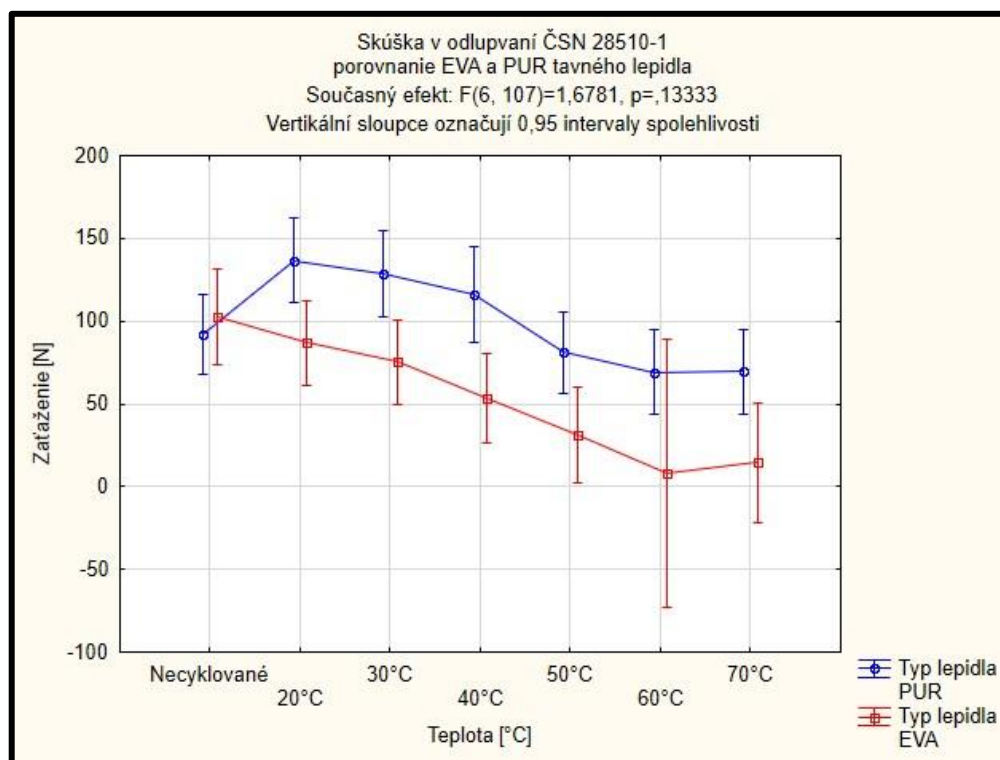
Na základe obrázkov č. 88-94 môžeme skonštatovať, že PUR tavné lepidlo vykazuje vysokú pevnosť v lepenej špáre pri všetkých skupinách teplôt. Ani v jednej

skupine nedošlo k úplnému odlúpeniu BK hrany. Pri priebehu skúšky dochádzalo len k narušeniu BK hrany, došlo k jej roztrhnutiu pri pôsobení zaťaženia. V niektorých prípadoch došlo k narušeniu priamo vo vnútri hrany na rozhraní vrstiev dýh.

### 5.1.2.3 Vzájomné štatistické porovnanie EVA a PUR tavného lepidla

Tab. 9 Výsledky testu viacfaktorovej ANOVY pre skúšku v odlupovaní pod uhlom 90°

Efekt	Jednorozmerné testy významnosti pro [N] (viacfaktorová ANOVA odlup) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektívni hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	459821,5	1	459821,5	274,6731	0,000000
Teplota °C	70349,5	6	11724,9	7,0039	0,000003
Typ lepidla	41809,4	1	41809,4	24,9748	0,000002
Teplota °C*Typ lepidla	16855,4	6	2809,2	1,6781	0,133333
Chyba	179125,3	107	1674,1		



Obr. 95 Graf viacfaktorovej ANOVY pre skúšku v odlupovaní pod uhlom 90°

Tab. 10 Test mnohonásobného porovnania zobrazujúci zrovnateľné skupiny vzoriek skúšky v odlupovaní pod uhlom 90°

Č. buňky	HSD při nestejných N; proměnná [N] (Viacfaktorová ANOVA odlup) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 (Neúplné vyhledávání) Chyba: meziskup. PČ = 1674,1, sv = 107,00							
	Teplota °C	Typ lepidla	Zaťaženie N Průměr	1	2	3	4	5
12	60°C	EVA	8,3800	****	****	****	****	****
14	70°C	EVA	14,5240	****	****			
10	50°C	EVA	31,2638	****				
8	40°C	EVA	53,3022	****	****	****		
11	60°C	PUR	69,0260	****	****	****	****	
13	70°C	PUR	69,5710	****	****	****	****	
6	30°C	EVA	75,1280	****	****	****	****	****
9	50°C	PUR	81,0864	****	****	****	****	****
7	20°C	EVA	86,7520	****	****	****	****	****
1	Necyklované	PUR	91,8945	****	****	****	****	****
2	Necyklované	EVA	102,6763		****	****	****	****
7	40°C	PUR	116,2200			****	****	****
5	30°C	PUR	128,6040				****	****
3	20°C	PUR	136,8450					****

Test mnohonásobného porovnania zoraďuje namerané hodnoty do skupín podľa priemerných hodnôt.

Na základe testu mnohonásobného porovnania nie je zrejmé, že po vykonaní skúšky v odlupovaní uhlom 90°, sme získali pre EVA a PUR tavné lepidlo absolútne odlišné hodnoty.

Test mnohonásobného porovnania nám vytvoril 5 skupín podľa priemerných hodnôt. Jednotlivé teplotné stupne sa v rámci skupín prekrývajú a tak nemôžeme jednoznačne povedať, že v tomto prípade existuje štatisticky významný rozdiel medzi dvoma aplikovanými lepidlami.

Vo výsledku je zrejmé, že PUR tavné lepidlo dosahuje o niečo vyššie hodnoty priemerného zaťaženia ako EVA tavné lepidlo. Vzorky olepené PUR tavným lepidlom si zachovali svoju pevnosť, nedošlo k porušeniu lepeného spoja, na rozdiel od EVA tavného lepidla, kedy už pri pôsobení teploty 40 °C došlo k uvoľneniu lepeného spoja a k úplnému odlúpeniu BK hrany.

## 5.2 SKÚŠKA ŠIKMÝ SMYK

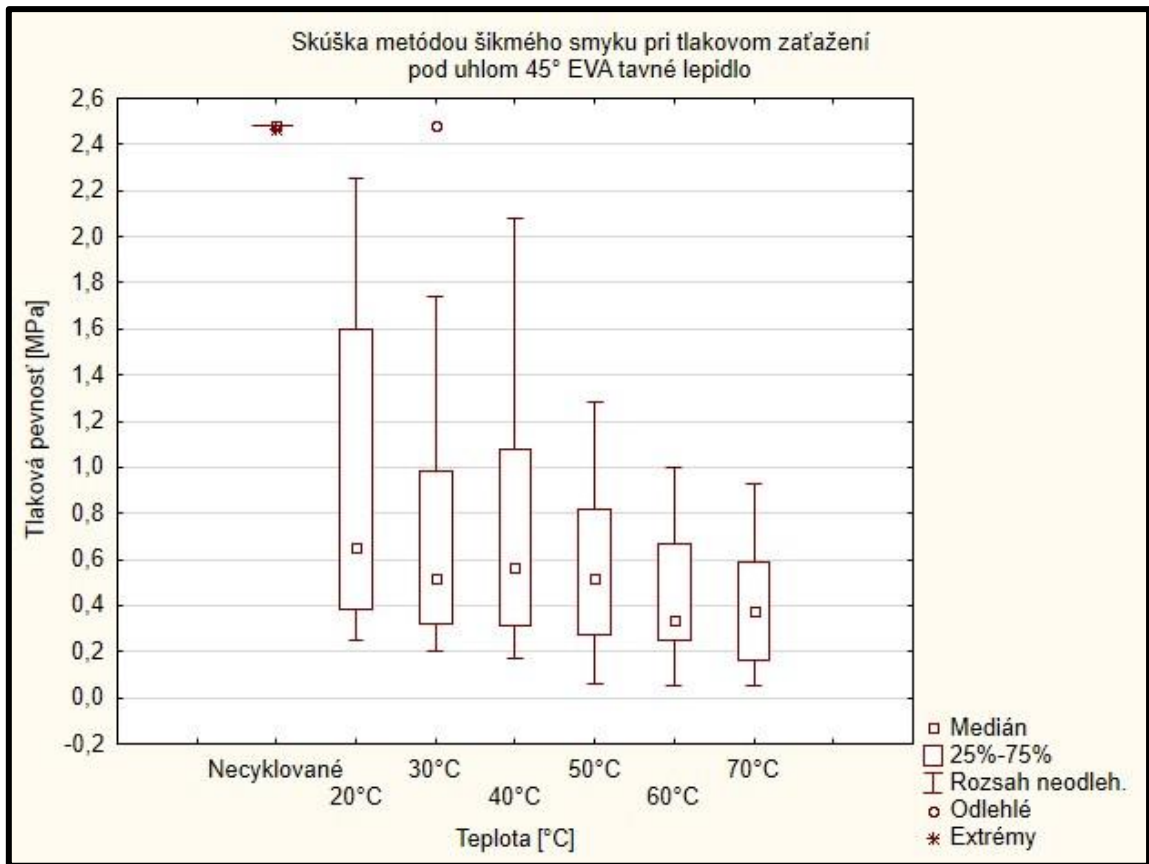
Tab. 11 Hodnoty maximálneho zaťaženia vzoriek u metódy šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (EVA tavné lepidlo)

EVA TAVNÉ LEPIDLO							
MAXIMÁLNE ZAŤAŽENIE [N]							
VZORKY	NECYKLOVANÉ	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
1	5251,29	874,66	1027,07	1512,24	1734,30	1926,25	849,39
2	5252,78	815,10	739,09	1190,39	705,50	1372,53	404,02
3	5251,15	751,76	3685,51	445,12	875,29	718,55	1051,94
4	5250,54	1375,22	2079,14	4403,46	2717,70	705,84	341,29
5	5251,85	3196,30	1888,20	654,89	566,90	521,30	1260,24
6	5252,09	539,10	5251,62	1483,03	1635,01	528,05	216,13
7	5252,33	3398,97	686,56	1006,92	397,96	882,19	1557,15
8	5251,23	877,70	511,80	1070,84	1441,66	672,45	1630,84
9	5250,89	4044,88	2707,68	366,35	2059,49	116,17	294,81
10	5251,12	1387,77	428,23	473,80	773,11	2112,46	1163,73
11	5250,42	756,29	3058,99	976,17	1705,76	1428,15	633,40
12	5250,20	2912,69	991,02	1208,37	493,97	426,02	381,56
13	5251,67	3429,57	678,00	3164,21	122,50	257,96	801,61
14	----	4292,43	534,95	2292,01	856,76	1991,47	338,25
15	----	4772,29	1816,63	1473,35	1324,72	772,34	785,84
16	----	3176,64	959,55	3776,55	470,30	417,11	112,46
17	----	806,49	1167,07	628,52	2221,67	568,96	1976,54
18	----	1264,78	1603,60	2790,74	1980,04	1685,75	1438,26
Priemer	5251,35	2148,48	1656,37	1606,50	1226,81	928,05	738,92
Maximum	5252,78	4772,29	5251,62	4403,46	2717,70	2112,46	1976,54
Minimum	5250,20	539,10	428,23	366,35	122,50	116,17	112,46
Medián	5251,23	1381,49	1097,07	1199,38	1100,01	712,20	793,72
Smer. odchýlka	0,77	1460,75	1300,58	1195,09	742,49	614,80	541,53



Tab. 12 Prepočítané hodnoty tlakovej pevnosti vzoriek u metódy šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (EVA tavné lepidlo)

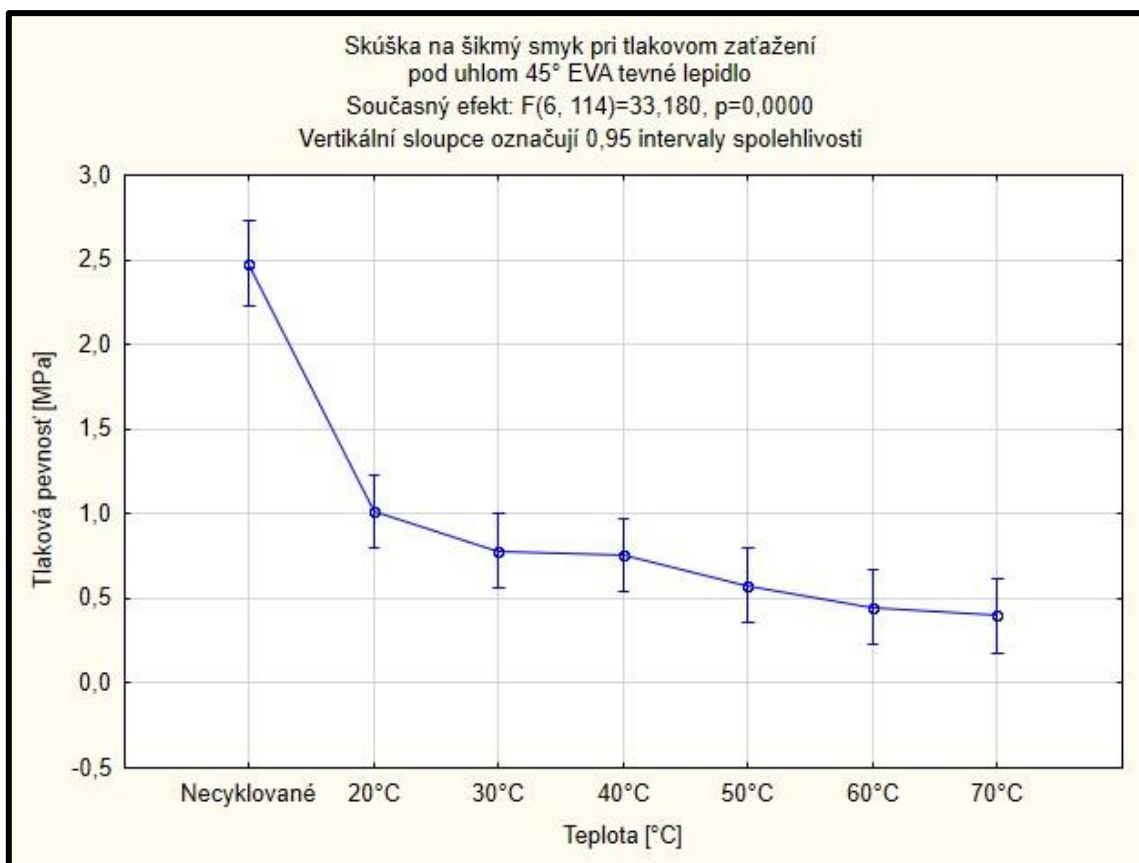
<b>EVA TAVNÉ LEPIDLO</b>							
<b>TLAKOVÁ PEVNOSŤ – NAPÄTIE T [MPA]</b>							
<b>VZORKY</b>	<b>NECYKLOVANÉ</b>	<b>20°C</b>	<b>30°C</b>	<b>40°C</b>	<b>50°C</b>	<b>60°C</b>	<b>70°C</b>
1	2,48	0,41	0,48	0,71	0,82	0,91	0,40
2	2,48	0,38	0,35	0,56	0,33	0,65	0,19
3	2,48	0,35	1,74	0,21	0,41	0,34	0,50
4	2,48	0,65	0,98	2,08	1,28	0,33	0,16
5	2,48	1,51	0,89	0,31	0,27	0,25	0,59
6	2,48	0,25	2,48	0,70	0,77	0,25	0,10
7	2,48	1,60	0,32	0,47	0,19	0,42	0,73
8	2,48	0,41	0,24	0,50	0,68	0,32	0,77
9	2,48	1,91	1,28	0,17	0,97	0,05	0,14
10	2,48	0,65	0,20	0,22	0,36	1,00	0,55
11	2,48	0,36	1,44	0,46	0,80	0,67	0,30
12	2,47	1,37	0,47	0,57	0,23	0,20	0,18
13	2,48	1,62	0,32	1,49	0,06	0,12	0,38
14		2,02	0,25	1,08	0,40	0,94	0,16
15		2,25	0,86	0,69	0,62	0,36	0,37
16		1,50	0,45	1,78	0,22	0,20	0,05
17		0,38	0,55	0,30	1,05	0,27	0,93
18		0,60	0,76	1,32	0,93	0,79	0,68
<b>Priemer</b>	2,48	1,01	0,78	0,76	0,58	0,45	0,40
<b>Maximum</b>	2,48	2,25	2,48	2,08	1,28	1,00	0,93
<b>Minimum</b>	2,47	0,25	0,20	0,17	0,06	0,05	0,05
<b>Medián</b>	2,48	0,65	0,52	0,57	0,52	0,34	0,37
<b>Smer. odchýlka</b>	0,00	0,67	0,60	0,55	0,34	0,29	0,26



Obr. 96 Krabicový graf pre hodnoty tlakovej pevnosti získané metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (EVA tavné lepidlo)

Tab. 13 Jednofaktorová ANOVA pre metódu šikmého smyku (EVA tavné lepidlo)

Efekt	Jednorozmerné testy významnosti promenná [MPa] (ANOVA šikmý smyk EVA tavné lepidlo) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektívni hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	101,5217	1	101,5217	468,6837	0,00
Teploty	43,1224	6	7,1871	33,1797	0,00
Chyba	24,6936	114	0,2166		



Obr. 97 Graf ANOVA pre hodnoty tlakovej pevnosti, získané metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (EVA tavné lepidlo)

Tab. 14 Tukeyův test významných rozdielov ANOVA, pre hodnoty tlakovej pevnosti, získané metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (EVA tavné lepidlo)

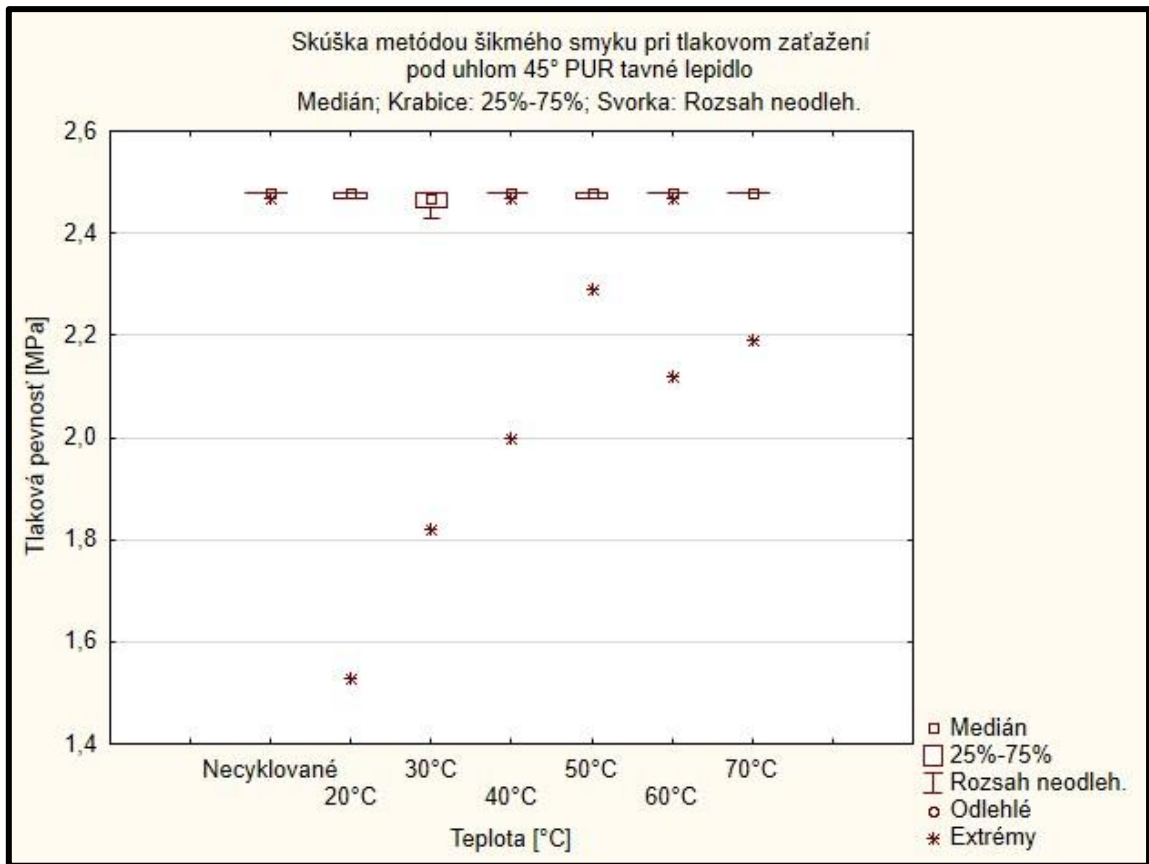
		HSD při nestejných N; proměnná [MPa] (ANOVA šikmý smyk EVA tavné lepidlo) Přibližné pravděpodobnosti pro post hoc testy Chyba: meziskup. PČ = ,21661, sv = 114,00						
Č. buňky	Teploty	{1} 2,4792	{2} 1,0122	{3} ,78111	{4} ,75667	{5} ,57722	{6} ,44833	{7} ,39889
1	Necyklované		0,000122	0,000122	0,000122	0,000122	0,000122	0,000122
2	20°C	0,000122		0,750419	0,652167	0,083669	0,007543	0,002595
3	30°C	0,000122	0,750419		0,999999	0,844046	0,334033	0,182712
4	40°C	0,000122	0,652167	0,999999		0,908651	0,428358	0,250232
5	50°C	0,000122	0,083669	0,844046	0,908651		0,981275	0,911109
6	60°C	0,000122	0,007543	0,334033	0,428358	0,981275		0,999921
7	70°C	0,000122	0,002595	0,182712	0,250232	0,911109	0,999921	

Tab. 15 Hodnoty maximálneho zaťaženia vzoriek u metódy šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (PUR tavné lepidlo)

PUR TAVNÉ LEPIDLO							
MAXIMÁLNE ZATAŽENIE [N]							
VZORKY	NECYKLOVANÉ	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
1	5252,45	5252,21	5250,48	5250,17	5250,04	5251,62	5250,68
2	5251,73	3243,93	5250,15	5251,48	5251,91	5250,34	5250,48
3	5250,18	5250,09	5250,06	5252,06	5250,09	5250,61	5250,34
4	5252,24	5252,08	5196,05	5252,08	5250,57	5250,95	5250,56
5	5252,50	5250,56	5250,38	5250,75	5250,64	4487,46	5251,27
6	5252,86	5250,21	5145,85	4251,23	5251,03	5251,18	5251,17
7	5251,73	5251,19	3864,90	5250,32	5250,80	5252,30	4654,28
8	5251,12	5252,47	5250,48	5251,52	4853,99	5250,33	5250,30
9	5250,81	5250,74	5250,18	5250,33	5251,25	5250,03	5250,66
10	5250,54	5251,65	5251,73	5251,03	5250,88	5250,66	5251,14
11	5251,05						
12	5251,70						
13	5250,98						
14	5250,90						
Priemer	5251,48	5050,51	5096,03	5151,10	5211,12	5174,55	5191,09
Maximum	5252,86	5252,47	5251,73	5252,08	5251,91	5252,30	5251,27
Minimum	5250,18	3243,93	3864,90	4251,23	4853,99	4487,46	4654,28
Medián	5251,41	5250,97	5250,17	5250,89	5250,72	5250,64	5250,61
Smer. odchýlka	0,81	634,77	434,00	316,18	125,48	229,03	178,94

Tab. 16 Prepočítané hodnoty tlakovej pevnosti vzoriek u metódy šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (PUR tavné lepidlo)

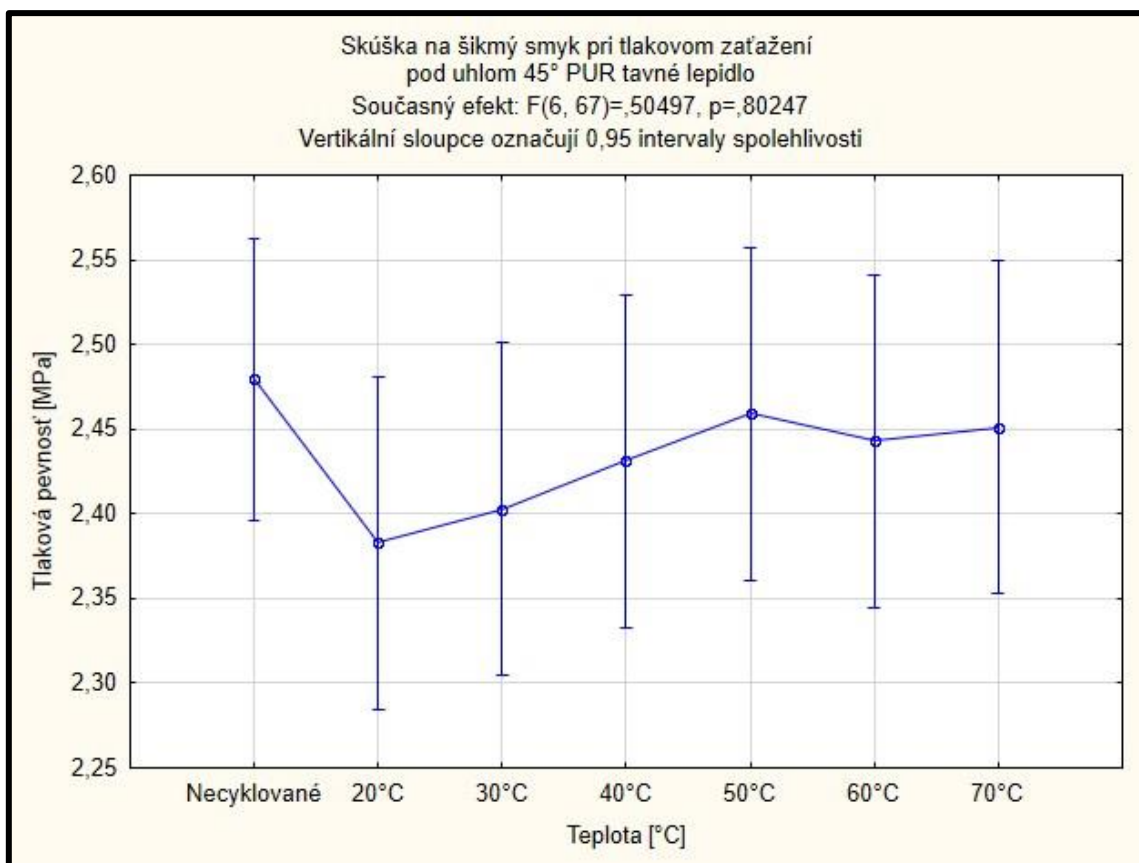
PUR TAVNÉ LEPIDLO							
TLAKOVÁ PEVNOSŤ – NAPÄTIE T [MPA]							
VZORKY	NECYKLOVANÉ	20°C	30°C	40°C	50°C	60°C	70°C
1	2,48	2,48	2,48	2,47	2,47	2,48	2,48
2	2,48	1,53	2,47	2,48	2,48	2,48	2,48
3	2,47	2,47	2,47	2,48	2,47	2,48	2,48
4	2,48	2,48	2,45	2,48	2,48	2,48	2,48
5	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,12	2,48
6	2,48	2,47	2,43	2,00	2,48	2,48	2,48
7	2,48	2,48	1,82	2,48	2,48	2,48	2,19
8	2,48	2,48	2,48	2,48	2,29	2,48	2,48
9	2,48	2,48	2,47	2,48	2,48	2,47	2,48
10	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48
11	2,48						
12	2,48						
13	2,48						
14	2,48						
Priemer	2,48	2,38	2,40	2,43	2,46	2,44	2,45
Maximum	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48	2,48
Minimum	2,47	1,53	1,82	2,00	2,29	2,12	2,19
Medián	2,48	2,48	2,47	2,48	2,48	2,48	2,48
Smer. odchýlka	0,00	0,28	0,19	0,14	0,06	0,11	0,08



Obr. 98 Krabicový graf pre hodnoty tlakovej pevnosti získané metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (PUR tavné lepidlo)

Tab. 17 Jednofaktorová ANOVA pre metódu šikmého smyku (PUR tavné lepidlo)

Efekt	Jednorozmerné testy významnosti promenná [MPa] (ANOVA šikmý smyk EVA tavné lepidlo) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektívnej hypotézy				
	SČ	Stupňe volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	432,9249	1	432,9249	17918,27	0,000000
Teploty	0,0732	6	0,0122	0,50	0,802475
Chyba	1,6188	67	0,0242		



Obr. 99 Graf ANOVA pre hodnoty tlakovej pevnosti, získané metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (PUR tavné lepidlo)

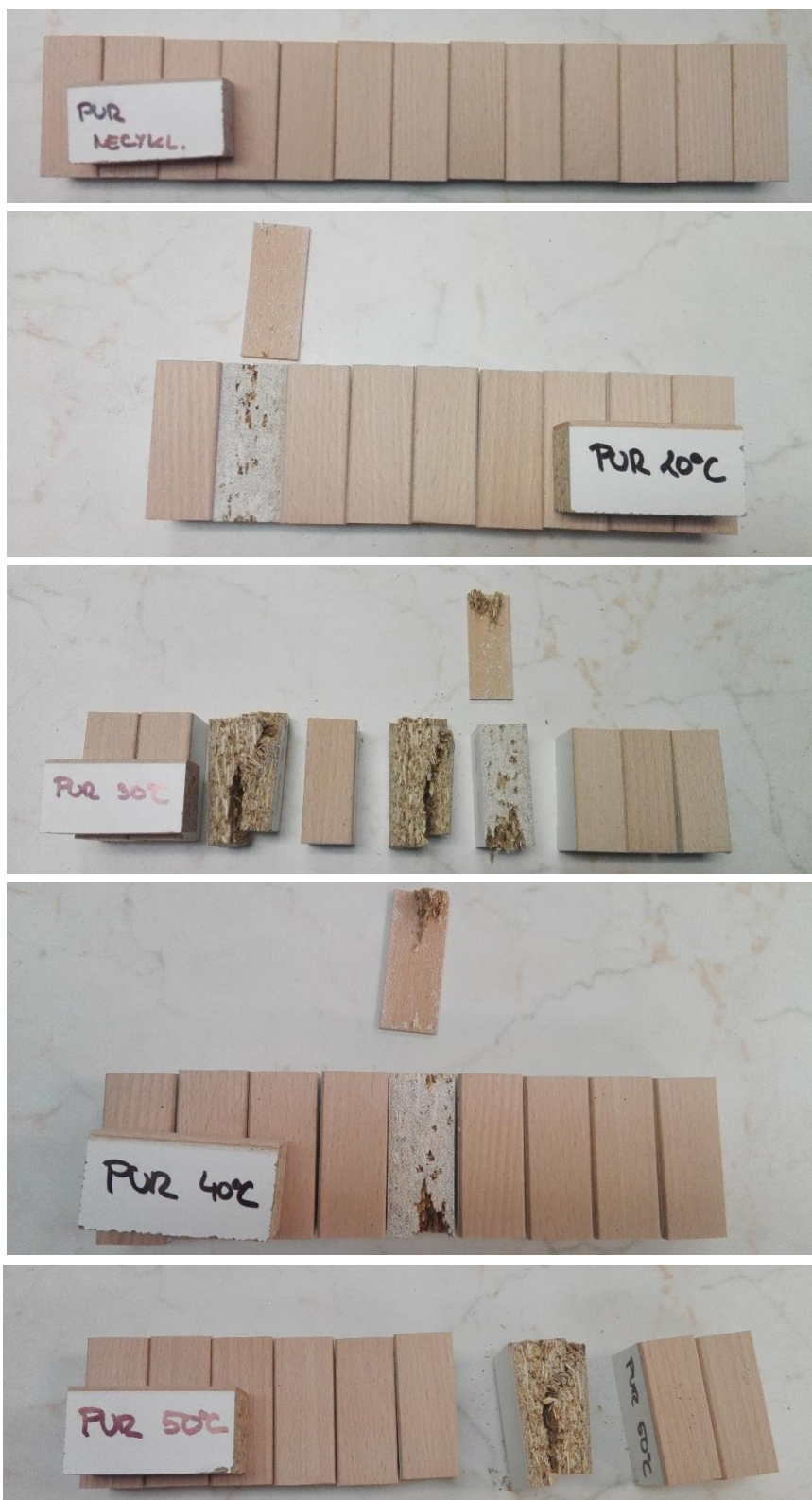


### 5.2.1 Ukážky vzoriek po priebehu skúšky šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°



Obr. 100- 104 Vzorky, ktoré prešli skúškou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°, pričom hrana bola nalepená EVA tavným lepidlom





Obr. 105-109 Vzorky, ktoré prešli skúškou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°, pričom hrana bola nalepená PUR tavným lepidlom

## 5.2.2 Vyhodnotenie výsledkov

Výsledky uvedené v tabuľkách č. 11-17, zobrazené na obrázkoch 95-109, boli získané na základe vykonanej skúšky šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom  $45^\circ$ . Z výsledkov je zrejmé, že existujú pevnostné rozdiely medzi vzorkami, kde hrana bola nalepená EVA tavným lepidlom a vzorkami s hranou nalepenou PUR tavným lepidlom. U vzoriek olepených PUR tavným lepidlom je presiahnuté maximálne zaťaženie vyvinuté trhacím strojom pri každej teplotnej skupine. U vzoriek olepených EVA tavným lepidlom dosahujeme výrazné nižšie hodnoty tlakovej pevnosti a taktiež je viditeľný vplyv pôsobenia teploty na pevnosť lepeného spoja.

### 5.2.2.1 EVA tavné lepidlo

EVA tavné lepidlo dosiahlo najvyššiu priemernú hodnotu tlakovej pevnosti, 2,48 [MPa] pri vzorkách, ktoré neboli vystavené cyklickému teplotnému zaťaženiu. V tomto prípade bolo presiahnuté maximálne zaťaženie vyvinuté trhacím strojom. Vzorky ostali neporušené. Vzorky, ktoré boli teplotne cyklicky zaťažované už pri skúšaní pri  $20^\circ\text{C}$  dosahujú priemernú hodnotu tlakovej pevnosti o viac ako polovicu nižšiu 1,01 [MPa]. Už pri teplote  $20^\circ\text{C}$  môžeme hovoriť, že vzorky nevykazujú žiadnu odolnosť lepeného spoja. Pri skúške došlo k zošmyknutiu nalepenej hrany pri nízkych hodnotách zaťaženia. Pri zvýšení teploty, ktorej boli vzorky vystavené pred skúšaním na  $30^\circ\text{C}$  došlo k poklesu na 0,78 [MPa]. S rastúcou teplotou hodnoty tlakovej pevnosti síce klesali ale nie veľmi výrazne. Pri vzorkách, ktoré boli teplotne cyklicky zaťažované môžeme skonštatovať, že pevnosť lepeného spoja je minimálna, došlo k zošmyknutiu lepenej hrany.

Vzorky boli štatisticky spracované v programe STATISTICA. Bola použitá jednofaktorová ANOVA Tab. 13, pre posúdenie vplyvu teploty. Kde  $p < \alpha$  (0,05) z toho vyplýva, že nulová hypotéza o zhode stredných hodnôt porovnávaných skupín vzoriek je zamietnutá. Faktor teplota má štatistický vplyv na meranú veličinu. Bolo nutné vykonať test mnohonásobného porovnania Tab. 14, aby sme zistili, ktoré skupiny vzoriek sa od seba štatisticky významne líšia. Hodnoty v tabuľke sú p hodnoty zvoleného testu mnohonásobného porovnania pre všetky kombinácie výberov. Hodnoty v tabuľke vyznačené červenou farbou sú také, kde  $p < \alpha$ . V našom prípade sa štatisticky významne odlišujú vzorky vystavené cyklickému teplotnému zaťaženiu od tých, ktoré cyklickému zaťaženiu vystavené neboli. Taktiež významný štatistický rozdiel nastal medzi vzorkami, ktoré boli vystavené cyklickému teplotnému zaťaženiu. Skupiny vzoriek vystavené

teplote 70, 60 °C sa významne líšia od vzoriek vystavených teplote 20 °C. Môžeme teda konštatovať, že najvýznamnejší rozdiel nastal medzi cyklovanými a necyklovanými vzorkami. Je teda zrejmé, že pri použití EVA tavného lepidla na olepenie hrán musíme rátať s veľmi nízkou kvalitou lepených spojov, pričom k poškodeniu hrán môže dôjsť už pri samotnej preprave nábytku na dlhšiu vzdialenosť.

Na základe obrázkov č. 100-104 môžeme skonštatovať, že EVA tavné lepidlo vykazuje najvyššiu pevnosť v lepenej špáre pri necyklovaných vzorkách. Pri všetkých vzorkách, ktoré boli vystavené cyklickému teplotnému už nemôže byť reč o tom, že by EVA tavné lepidlo vykazovalo pevnosť v lepenom spoji, na všetkých vzorkách došlo k úplnému zošmyknutiu BK hrany a to pri nízkom pôsobení zaťaženia. Obrázky pre teploty 60 a 70 °C nie sú priložené nakoľko aj v týchto prípadoch sa BK hrana úplne zošmykla a nedošlo tu k žiadnym extrémnym prípadom.

#### **5.2.2.2 PUR tavné lepidlo**

PUR tavné lepidlo dosiahlo priemernú hodnotu tlakovej pevnosti okolo 2,4 [MPa] pri všetkých vzorkách, či už tých, ktoré boli vystavené cyklickému teplotnému zaťaženiu, ale aj tých, ktoré neboli. Vo všetkých prípadoch bolo presiahnuté maximálne zaťaženie vyvinuté trhacím strojom. Vzorky zostali neporušené.

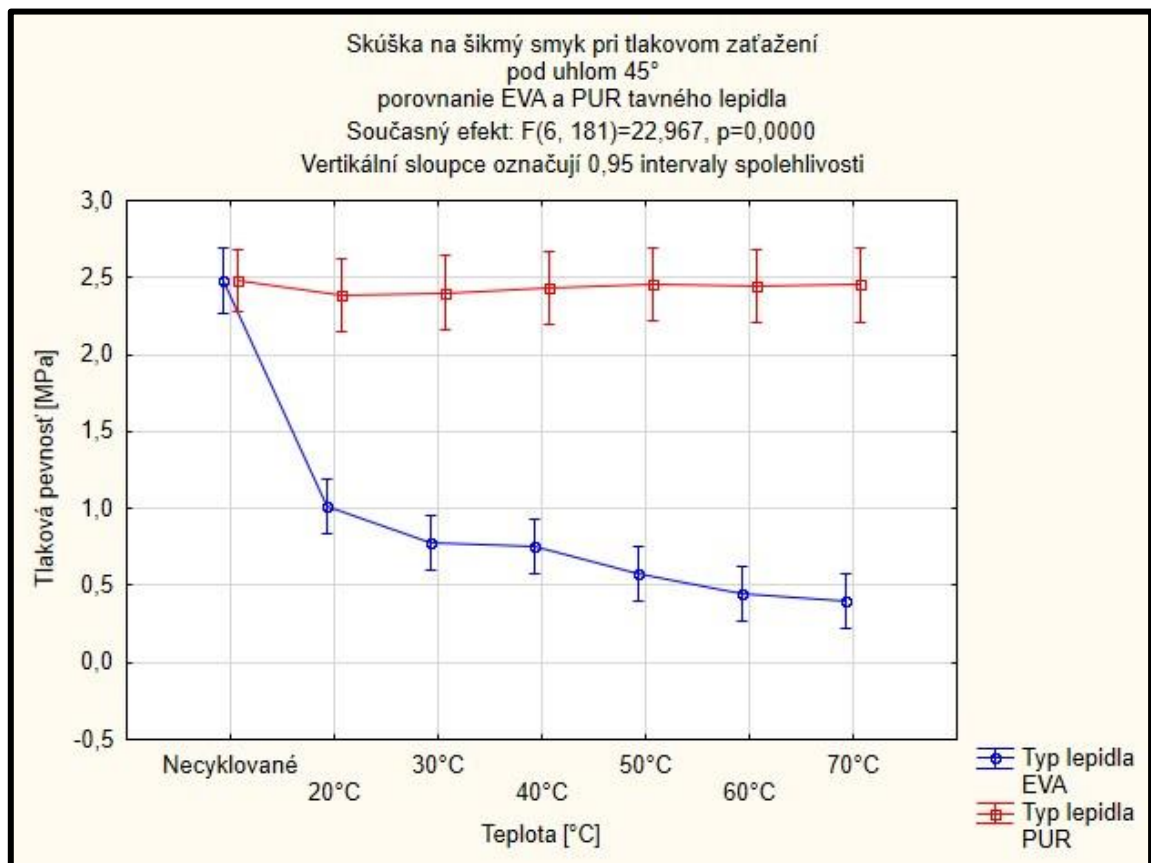
Vzorky boli štatisticky spracované v programe STATISTICA. Bola použitá jednofaktorová ANOVA Tab. 17, pre posúdenie vplyvu teploty. Kde  $p > \alpha$  (0,05) z toho vyplýva, že nulová hypotéza o zhode stredných hodnôt porovnávaných skupín vzoriek nie je zamietnutá. Faktor teplota nemá štatistický vplyv na meranú veličinu. Nebolo teda nutné vykonať test mnohonásobného porovnania Medzi jednotlivými skupinami vzoriek neexistujú významné štatistické rozdiely.

Na základe obrázkov 105-109 môžeme skonštatovať, že pri každej skupine vzoriek nedošlo k porušeniu lepeného spoja. Lepená špára ostala neporušená. Samozrejme stretli sme sa tu s extrémnymi prípadmi, ale len u vzoriek vystavených cyklickému teplotnému zaťaženiu. Napríklad pri teplotách 30 a 50 °C došlo k poškodeniu samotnej DTD dosky, kvôli pôsobeniu príliš vysokého zaťaženia. Pri teplote 20 °C došlo u jednej vzorky k zošmyknutiu BK hrany pravdepodobne v dôsledku oslabenia lepeného spoja počas cyklického teplotného zaťaženia. Obrázky pre teploty 60 a 70 °C nie sú priložené nakoľko v týchto prípadoch BK hrana držala, nedošlo k jej zošmyknutiu ani k iným extrémnym prípadom.

### 5.2.2.3 Vzájomné štatistické porovnanie EVA a PUR tavného lepidla

Tab. 18 Výsledky testu viacfaktorovej ANOVY pre skúšku šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°

Efekt	Jednorozmerné testy významnosti promenná [MPa] (viacfaktorová ANOVA šikmý smyk) Sigma-omezená parametrizace Dekompozice efektívni hypotézy				
	SČ	Stupně volnosti	PČ	F	p
Abs. člen	510,6747	1	510,6747	3512,878	0,00
Teploty	21,3775	6	3,5629	24,509	0,00
Typ lepidla	103,7890	1	103,7890	713,953	0,00
Teploty*Typ lepidla	20,0329	6	3,3388	22,967	0,00
Chyby	26,3124	181	0,1454		



Obr. 110 Graf viacfaktorovej ANOVY pre skúšku šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°

Tab. 19 Test mnohonásobného porovnania zobrazujúci zrovnateľné skupiny vzoriek skúšky šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°

Č. buňky	HSD při nestejných N; proměnná [MPa] (viacfaktorová ANOVA šikmý smyk) Homogenní skupiny, alfa = ,05000 (Neúplné vyhledávání) Chyba: meziskup. PČ = ,14537, sv = 181,00					
	Teploty	Typ lepidla	Pevnosť Průměr	1	2	3
13	70°C	EVA	0,398889	****		
11	60°C	EVA	0,448333	****		
9	50°C	EVA	0,577222	****		
7	40°C	EVA	0,756667	****	****	
5	30°C	EVA	0,781111	****	****	
3	20°C	EVA	1,012222		****	
4	20°C	PUR	2,383000			****
6	30°C	PUR	2,403000			****
8	40°C	PUR	2,431000			****
12	60°C	PUR	2,443000			****
14	70°C	PUR	2,451000			****
10	50°C	PUR	2,459000			****
1	Necyklované	EVA	2,479231			****
2	Necyklované	PUR	2,479286			****

Test mnohonásobného porovnania zoraďuje namerané hodnoty do skupín podľa priemerných hodnôt.

Na základe testu mnohonásobného porovnania je zrejmé, že po vykonaní skúšky šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°, sme získali pre EVA a PUR tavné lepidlo absolútne odlišné hodnoty.

V 3 skupine sa nachádzajú všetky skupiny vzoriek, kde lepený spoj bol vytvorený PUR tavným lepidlom a zároveň do tejto skupiny patrí aj skupina vzoriek, kde lepený spoj bol vytvorený EVA tavným lepidlom pričom tieto vzorky neprešli teplotným cyklickým zaťažovaním. Pre všetky vzorky z 3 skupiny platí, že bolo presiahnuté maximálne zaťaženie vyvinuté trhacím strojom. Vzorky zostali neporušené.

Vo výsledku je jasné, že PUR tavné lepidlo dosahuje neporovnateľne vyššie hodnoty tlakovej pevnosti ako EVA tavné lepidlo. Vzorky opečené PUR tavným lepidlom si zachovali svoju pevnosť, nedošlo k porušeniu lepeného spoja. Existuje teda štatisticky významný rozdiel medzi týmito dvoma typmi lepidiel.

## 6 DISKUSIA

Nasledujúca kapitola obsahuje výsledky pevnosti lepených spojov tavného EVA lepidla a tavného PUR lepidla. Lepené spoje boli vystavené skúške v odlupovaní pod uhlom  $90^\circ$  podľa ČSN EN 28510-1 a skúške metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom  $45^\circ$ . V tejto kapitole sú taktiež porovnané výsledky pevnosti lepených spojov získané z predchádzajúcej bakalárskej práce, bakalárskej práce Lenky Vrbovej a z diplomovej práce Bc. Romany Vlčkovej.

Cieľom diplomovej práce bolo pokračovať vo výskume z bakalárskej práce, kde výsledkom bolo zistenie vplyvu pôsobenia teploty a cyklického teplotného zaťaženia na pevnosť lepených spojoch pri použití EVA tavného lepidla a ABS hrany na olepenie bočných plôch dielcov. Pre skúmanie bola použitá metóda šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom  $45^\circ$ .

Diplomová práca bola rozšírená o PUR tavné lepidlo a taktiež bola pridaná ďalšia skúška pevnosti lepených spojov a to metóda odlupovania pod uhlom  $90^\circ$ . V diplomovej práci teda laboratórne skúšky prebiehali na vzorkách, kde hrana dielca bola olepená PUR alebo EVA tavným lepidlom pri použití BK hrany.

Hlavným dôvodom v pokračovaní výskumu bolo zistiť účinok vplyvu zvýšenej teploty nielen na EVA tavné lepidlo ale aj na kvalitnejšie a odolnejšie PUR tavné lepidlo. Taktiež bola použitá iná nábytková hrana, aby sme zistili chovanie aj na inom type materiálu a vo výsledku sme boli schopní správanie medzi sebou porovnať.

Zvýšená teplota spolu s vlhkosťou vzduchu majú na pevnosť lepeného spoja veľký vplyv. Ich pôsobenie mení vlastnosti dreva a materiálov na báze dreva a taktiež mení vlastnosti tavných lepidiel. Zvýšená teplota a vlhkosť pôsobia na nábytkové hrany nielen v prostredí užívania (teplo sálajúce od sporáka, blízkosť vykurovania, kúpeľňová vlhkosť), ale aj pri samotnej preprave a skladovaní nábytku v prepravných kontajneroch. Žijeme v dobe klimatického otepľovania, kde počas leta máme stále viac super tropických dní (teplota  $35^\circ\text{C}$  a viac) a tropických nocí (teplota nad  $20^\circ\text{C}$ ). V dôsledku klimatických zmien môže pri preprave nábytku v kontajneroch stúpnuť teplota až na  $55\text{--}60^\circ\text{C}$  pri slnečných dňoch. Pokiaľ by náklad smeroval mimo hranice EÚ teplota vo vnútri kontajnera by mohla vzrásť až na  $70^\circ\text{C}$ . Takto sa pohybujú teploty v kontajneroch, kde vonkajšia strana je natretá tmavšou farbou (hnedá, červená).

Pri pôsobení takýchto extrémnych teplôt, môže na nábytku v prepravnom kontajnery dôjsť k strate pevnosti v lepenom spoji medzi nábytkovou hranou a dielcom

z drevotrieskovej dosky. V dôsledku straty pevnosti je možnosť, že nastane posuv hrany, jej odlúpnutie od podkladového adherendu a podobne. Ak by takýto efekt nastal, vznikne tak priama cesta pre vniknutie vlhkosti do drevotrieskovej dosky. Drevotriesková doska je materiál na báze dreva a preto tak, ako drevo je hygroskopický materiál. V dôsledku pôsobenia vlhkosti by mohlo nastať bobtnanie alebo zosychanie dosky ako stredového materiálu.

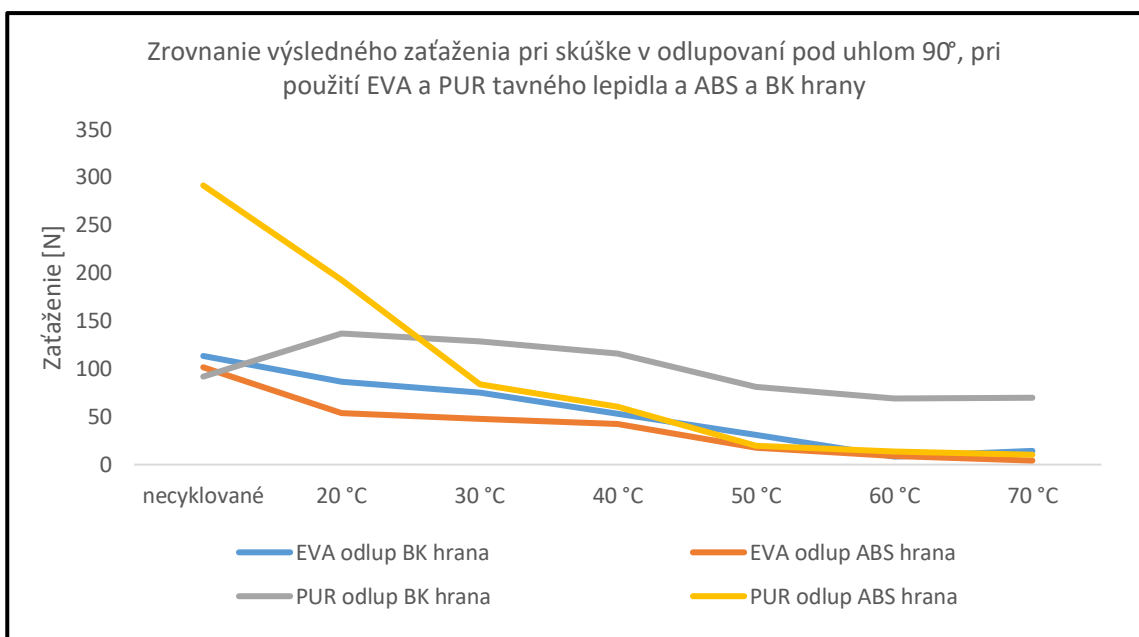
Spomenuté pôsobiace faktory vedú k poškodeniu tovaru ešte pred dodaním k užívateľovi. V dobe vysokej konkurencie a zvyšujúcich sa nárokov na kvalitu je pre výrobcu kľúčové, aby na faktory bral ohľad už pri samotnej výrobe nábytku a pre výrobu použil čo najkvalitnejšie a najodolnejšie materiály. Tak by predišiel poškodeniu a znehodnoteniu predávaného tovaru. Z tohto dôvodu je nutné testovať nábytok náročnejšími teplotnými skúškami, pretože vystavenie negatívnym vplyvom okolitého prostredia počas prepravy je reálne a neustále narastá.

Výsledky laboratórnych skúšok naznačujú, že pevnostné charakteristiky lepených spojov sú ovplyvnené typom lepidla a aj zvýšenými teplotami behom testovania. Taktiež je možné pozorovať aj vplyv cyklického teplotného zaťaženia na skúmané vzorky.

Vyhodnotenie skúšok v odlupovaní pod uhlom 90° pre oba typy lepidiel sú bližšie popísané v kapitole 5.1.2 Vyhodnotenie výsledkov. Na obrázkoch 80-87 môžeme vidieť správanie sa vzoriek, pri ktorých bola nábytková hrana nalepená EVA tavným lepidlom. Skupina necyklovaných vzoriek dosiahla najvyššie hodnoty priemerného zaťaženia a z obrázkov je zrejmé, že nedošlo k odlúpeniu nábytkovej hrany, ale len v dôsledku pôsobenia sily k jej odlomeniu. Podobne sa chovali aj vzorky cyklované, vystavené teplotám 20 a 30 °C. K výraznej zmene došlo pri teplote 40 °C, kedy pôsobením zvýšenej teploty v niektorých prípadoch došlo k narušeniu lepeného spoja a počas skúšky došlo k úplnému odlúpeniu nábytkovej hrany. Pri vystavení vzoriek teplotám 50, 60 a 70 °C už nemôžeme ani v jednom prípade tvrdiť, že EVA tavné lepidlo a lepený spoj vykazovali odolnosť a pevnosť. Vo všetkých prípadoch v dôsledku pôsobenia teploty a zaťaženia došlo k úplnému odlúpeniu nábytkovej hrany. Pričom hodnota priemerného zaťaženia potrebného k narušeniu klesla oproti zaťaženiu pôsobiaceho pri necyklovaných vzorkách o 87 %. Na obrázkoch 88-94 môžeme vidieť správanie sa vzoriek, pri ktorých bola nábytková hrana olepená PUR tavným lepidlom. Vo všetkých prípadoch, pre všetky skupiny vzoriek nedošlo k odlúpeniu nábytkovej hrany, lepený spoj zostal pevný, hrana sa neuvolnila. Na vzorkách došlo v dôsledku pôsobenia sily k jej odlomeniu, v niektorých prípadoch došlo k naštiepeniu priamo vo vnútri nábytkovej hrany na rozhraní vrstiev

viacvrstvovej dyhovej hrany. K tomuto prípadu dochádzalo najmä pri pôsobení teploty 50 °C a viac. Z výsledkov je zrejmé, že s rastúcou teplotou nám klesá pevnosť a odolnosť lepených spojov u oboch typov lepidiel. Po vykonaní skúšky a na základe vyhodnotenia výsledkov môžeme taktiež konštatovať, že hrany olepené PUR tavným lepidlom dosahovali vyššie hodnoty priemerného zaťaženia v [N] ako tie, ktoré boli olepené EVA tavným lepidlom.

Pre porovnanie správania sa vzoriek pri skúške v odlupovaní pod uhlom 90°, kedy na olepenie bočnej hrany bola použitá ABS hrana alebo BK hrana, a taktiež dva typy rozličných lepidiel EVA alebo PUR tavné lepidlo, bol vytvorený graf Obr. 110.



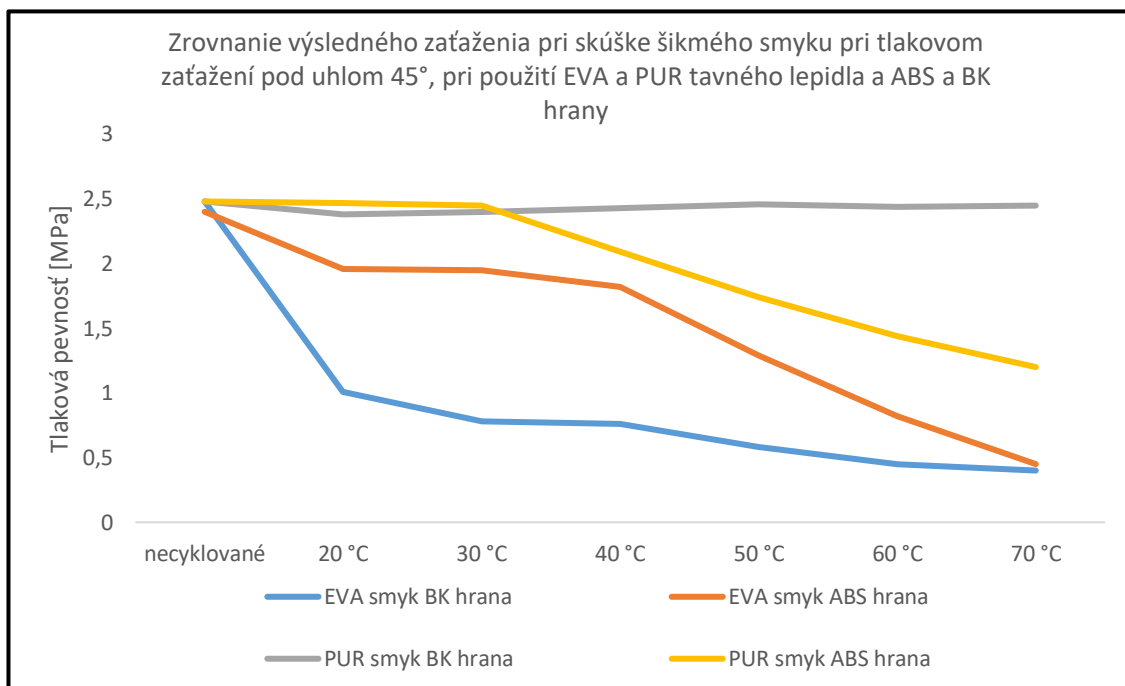
Obr. 110 Porovnanie chovania sa rôznych typov hrán a lepidiel pri skúške v odlupovaní pod uhlom 90°

Na obrázku môžeme vidieť, že je jedno aký typ lepidla a aký typ hrany bol na olepenie hrán použitý, vo všetkých prípadoch došlo k poklesu pevnosti lepeného spoja pôsobením zvýšenej teploty. Aj keď je viditeľné, tak ako sa predpokladalo, že PUR tavné lepidlo vykazuje vyššiu odolnosť lepeného spoja. Taktiež môžeme vidieť, že použitie BK hrany sa javí výhodnejšie, nakoľko pri takýchto vzorkách boli dosiahnuté vyššie priemerné hodnoty zaťaženia ako pri vzorkách olepených ABS hranou. Treba však zobrať do úvahy fakt, že BK hrana bolo v hrúbke 2 mm a ABS hrana len hrúbky 1 mm.



Vyhodnotenie skúšok metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° pre oba typy lepidiel sú bližšie popísané v kapitole 5.2.2 Vyhodnotenie výsledkov. Na obrázkoch 100-104 môžeme vidieť správanie sa vzoriek, pri ktorých bola nábytková hrana nalepená EVA tavným lepidlo. Skupina necyklovaných vzoriek dosiahla najvyššie hodnoty tlakovej pevnosti a z obrázkov je zrejmé, že nedošlo k zošmyknutiu nábytkovej hrany a narušeniu lepeného spoja. V tomto prípade bolo presiahnuté maximálne zaťaženie vyvinuté trhacím strojom. Vzorky, ktoré boli cyklicky teplotne zaťažované, však už pri vystavení teplote 20°C nevykazovali žiadnu odolnosť lepeného spoja, došlo vo všetkých prípadoch k zošmyknutiu nábytkovej hrany. Pri pôsobení teplôt 30 °C a viac taktiež nemôžeme hovoriť ani v jednom prípade, že EVA tavné lepidlo a lepený spoj vykazujú odolnosť a pevnosť. Vo všetkých prípadoch v dôsledku pôsobenia teploty a zaťaženia došlo k úplnému zošmyknutiu nábytkovej hrany. Pričom hodnota priemerného zaťaženia potrebného k narušeniu klesla oproti zaťaženiu pôsobiaceho pri necyklovaných vzorkách o 70 % a viac. Na obrázkoch 105-109 môžeme vidieť správanie sa vzoriek, pri ktorých bola nábytková hrana olepená PUR tavným lepidlom. Bola dosiahnutá priemerná hodnota tlakovej pevnosti okolo 2,45 [MPa]. Vo všetkých prípadoch, pre všetky skupiny vzoriek nedošlo k zošmyknutiu nábytkovej hrany, lepený spoj ostal pevný, hrana sa neuvoľnila. Pri všetkých skupinách vzoriek bolo prekročené maximálne zaťaženie vyvinuté trhacím strojom. Na vzorkách došlo v dôsledku pôsobenia príliš vysokého zaťaženia v extrémnych prípadoch k poškodeniu samotnej DTD dosky. Z výsledkov je zrejmé, že s rastúcou teplotou nám klesá pevnosť a odolnosť lepených spojov pri tejto metóde sa to však prejavilo najmä u EVA tavného lepidla a to veľmi výrazne. V prípade PUR tavného lepidla môžeme len skonštatovať, že pevnosť vytvoreného lepeného spoja bola taká silná, že na všetkých vzorkách bola behom skúšania presiahnutá maximálna hodnota zaťaženia vyvinutá trhacím strojom. Po vykonaní skúšky a na základe vyhodnotenia výsledkov môžeme povedať, že hrany olepené PUR tavným lepidlom dosahovali neporovnateľne vyššie hodnoty tlakovej pevnosti v [MPa] ako tie, ktoré boli olepené EVA tavným lepidlom.

Pre porovnanie správania sa vzoriek pri skúške metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°, kedy na olepenie bočnej hrany bola použitá ABS hrana alebo BK hrana, a taktiež dva typy rozličných lepidiel EVA alebo PUR tavné lepidlo, bol vytvorený graf Obr. 111.



Obr. 111 Porovnanie chovania sa rôznych typov hrán a lepidiel pri skúške metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°

Na obrázku môžeme vidieť, že pri olepení nábytkového dielca BK hranou za pomoci PUR tavného lepidla získame najpevnejší a najkvalitnejší lepený spoj. V ostatných prípadoch je jedno aký typ lepidla a aký typ hrany bol na olepenie hrán použitý, vo všetkých prípadoch došlo k poklesu pevnosti lepeného spoja pôsobením zvýšenej teploty. Aj keď je viditeľné, tak ako sa predpokladalo, že PUR tavné lepidlo vykazuje vyššiu odolnosť lepeného spoja. Je zaujímavé, že pri olepení hrany EVA tavným lepidlom sa dosiahli lepšie výsledky pri použití ABS hrany oproti BK hrane, aj keď pri vystavení teplote 70 °C, došlo u oboch k približne rovnakému poklesu. Treba však zobrať do úvahy fakt, že BK hrana bolo v hrúbke 2 mm a ABS hrana len hrúbky 1 mm.

## 7 ZÁVER

Diplomová práca sa zaoberala vplyvom zvýšenej teploty na spoj lepený tavným EVA lepidlom, alebo tavným PUR lepidlom medzi BK hranou a drevotrieskovou doskou. Pre skúšky odolnosti boli zvolené dve laboratórne skúšky, metóda odlupovania pod uhlom 90° podľa ČSN EN 28510-1 a metóda šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°.

Jedným z dôvodov výskumu bol fakt, že tavné lepidlá nie sú odolné voči zvýšeným teplotám iba o niekoľko stupňov nižším ako je ich bod mäknutia. Ďalším dôvodom prečo sa práca zamerala na túto problematiku je to, že pôsobenie zvýšenej teploty na nábytok nie je len počas užívania v domácnosti, ale aj pri samotnom skladovaní a preprave nábytku. Výrobcovia často na túto skutočnosť zabúdajú a neuvedomujú si, že počas prepravy v kontajneroch sa vo vnútri kontajnera teplota v niektorých prípadoch vyšplhá až na 70 °C. Na nábytku vystavenom takýmto extrémnym teplotám môže dôjsť k narušeniu lepeného spoja, vytvoreného tavným lepidlom a tým pádom k znehodnoteniu samotného výrobku. Je preto dôležité, aby zvolené tavné lepidlo bolo dostatočne odolné voči zvýšeným teplotám, aby si nábytok zachoval svoje vlastnosti a kvalitu.

Na základe vyššie uvedených faktov, bolo hlavným cieľom diplomovej práce porovnať medzi sebou EVA tavné lepidlo, ktoré sa v dnešnej dobe využíva pri olepovaní bočných plôch nábytku v najväčšej miere a PUR tavné lepidlo, ktoré je odolnejšie voči zvýšeným teplotám.

Pred laboratórnymi skúškami boli vzorky vystavené cyklickému teplotnému zaťažovaniu po dobu 18 dní, ktoré simulovalo teplotné namáhanie v kontajneroch počas prepravy, či skladovania. 18 dní by napríklad trvala preprava z čínskeho mesta Yi-wu na ďalekom juhovýchode krajiny do Londýna. Trasa je dlhá vyše 12-tisíc kilometrov a vedie naprieč celou Čínou cez Kazachstan, Rusko, Bielorusko, Poľsko, Nemecko, Belgicko, Francúzsko až do Británie. Cyklické teplotné namáhanie radíme medzi najobťažnejšie metódy teplotných skúšok lepených spojov.

Následne prebehli na vzorkách laboratórne skúšky. Vzorky boli rozdelené do skupín podľa teploty. Skúšky prebiehali na vzorkách zahriatych na 20, 30, 40, 50, 60 až 70 °C. Na základe vykonaných skúšok bola overená kvalita a pevnosť lepených spojov, a taktiež chovanie sa jednotlivých typov tavných lepidiel pri zvýšenej teplote.

Podľa očakávaní bolo možné pozorovať znižovanie pevnosti lepených spojov s narastajúcou teplotou. Laboratórne skúšky taktiež potvrdili, že pevnosť lepeného spoja

je ovplyvnená cyklickým teplotným zaťažovaním, kedy skupiny vzoriek, ktoré neboli zaťažované dosahovali vyššiu odolnosť lepených spojov. Na vzorkách, kde bolo použité EVA tavné lepidlo sa vplyv cyklického teplotného zaťaženia prejavil natoľko, že nábytková hrana bolo uvoľnená od pokladu, ešte pred začatím samotných skúšok. Vo výsledku môžeme skonštatovať, že vyššiu pevnosť spoja u oboch skúšok dosiahlo tavné lepidlo PUR v porovnaní s EVA tavným lepidlom.

Tavné lepidlá na báze EVA vytvrdzujú čisto fyzikálne a dosahujú pevnosť iba zchladením na izbovú teplotu, prípadne ich kryštalizáciou. Ich tepelná odolnosť deklarovaná v technickom liste sa pohybuje od -20 do 95 °C, na základe vykonaných skúšok môžeme potvrdiť, že odolnosť je omnoho nižšia. Pri skúške v odlupovaní došlo k uvoľneniu lepeného spoja pri teplote 40 °C na niektorých vzorkách a pri teplote 50°C a viac, už o žiadnej odolnosti lepeného spoja nemôžeme hovoriť. Pri skúške metódou šikmého smyku došlo k uvoľneniu lepeného spoja a k úplnému zošmyknutiu hrany dokonca už pri 20 °C.

PUR tavné lepidlo na druhej strane vo všetkých skúškach uspelo, ani v jednom prípade nedošlo k uvoľneniu lepeného spoja. Lepený spoj ostal zachovaný, došlo len k narušeniu samotnej BK hrany (roztrhnutiu) v dôsledku pôsobenia príliš vysokého zaťaženia. Dôvodom je to, že reaktívne tavné lepidlo na bázy PUR vytvrdzujú a dosahujú pevnosť fyzikálne pri ich ochladzovaní na izbovú teplotu a taktiež v nich prebieha za prítomnosti vzdušnej vlhkosti reakcia, pri ktorej dochádza k chemickému zosieťovaniu. Vďaka tomuto je u PUR tavných lepidiel dosiahnutá vysoká teplotná odolnosť.

Vedecký a praktický význam diplomovej práce spočíva v získaní nových poznatkov a informácií o procesoch chovania sa tavného lepidla a o vplyvoch pôsobiacich na nábytok počas prepravy. Tieto poznatky môžu mať využitie najmä pre výrobcov nábytku, ktorí by danú problematiku mali zobrať do úvahy a uvažovať nad úpravami súčasnej technológie olepovania, s prechodom na kvalitnejšie pracovisko využívajúce k olepovaniu bočných hrán nábytkových dielcov PUR tavné lepidlo. Je pravda že táto technológia je nákladovo aj pracovne náročnejšia a to môže byť dôvodom k odradeniu od tejto zmeny. Výstupné údaje diplomovej práce môžu byť využité pri výučbe mnohých odborných predmetov „Plasty, lepidla a náterové hmoty“, „Technologie výroby nábytku“ a „Zkoušení nábytku“. Taktiež je možné výstupné údaje použiť ako základ pre aplikovanie nových skúšobných metód testovania nábytku a nábytkových dielcov.

## 8 SUMMARY

This thesis dealing with the influence of the elevated temperature on the quality of glued joints with use hotmelt EVA adhesive or PUR hotmelt adhesive between the beech edge and chipboard edge. For endurance tests they were selected two laboratory tests, the method of peeling at an angle of 90 ° in accordance with ČSN EN 28510-1 and oblique shear method under compressive load at 45 °.

One reason for this research was that the hot-melt adhesives are resistant to elevated temperatures only a few degrees lower than their softening point. Another reason why work has focused on this issue is that the effect of elevated temperature on furniture is not just for use at home, but also in the actual storage and transport of furniture. Manufacturers often forget this fact and do not realize that during transport in containers, the temperature inside the container in some cases climb to 70 ° C. The furniture exhibited such extreme temperatures can cause disruption of the adhesive bond formed melt adhesive and thus the deterioration of the product itself. It is therefore important that the chosen melt adhesive is sufficiently resistant to elevated temperatures in order to preserve their furniture features and quality.

Based on the above facts, the main aim of this thesis to compare with each other EVA hot melt adhesive, which is nowadays used in the bonding of the side surfaces of furniture to the greatest extent and PUR hotmelt adhesive that is resistant to elevated temperatures. Before laboratory tests, the samples were exposed to temperature cyclical burden for 18 days to simulate the thermal stress in containers during transport and storage. 18 days would insist shipment of Chinese Yi-wu town in the far south-east London. The route is long over 12 thousand kilometers and leads across the whole China through Kazakhstan, Russia, Belarus, Poland, Germany, Belgium, France to Britain. Cyclic thermal stress advise the most difficult to test methods of thermal bonded joints.

Subsequently held on samples of laboratory tests. The samples were divided into groups according to the temperature. The tests were conducted on a sample heated to 20, 30, 40, 50, 60 and 70 ° C. On the basis of tests performed was checked quality and bond strength, as well as the behavior of various types of hot-melt adhesives at elevated temperature.

As expected, it was observed reduction of bond strength with increasing temperature. Laboratory tests also confirmed that the bonding strength is affected by cyclic thermal loading, where groups of samples that were not burdened achieve greater durability of

bonded joints. The samples, which were used EVA hot melt adhesive, the impact of air conditioning has influenced so much the furniture edges were released from the treasure before starting the tests themselves. As a result, we found that greater strength in both trials achieved PUR hotmelt compared with EVA hot melt adhesive.

Hot melt adhesives are cured to the EVA base and achieve a pure physical strength only by freezing to room temperature or the crystallization. Its thermal resistance is declared in the data sheet is from -20 to 95 ° C, the tests carried out, we can confirm that the resistance is much lower. In the test, the peel to release the adhesive bond at 40 ° C on some samples at a temperature of 50 ° C and more already on any immunity adhesive bonding, we can not talk. In the test method oblique shear to release the adhesive bond and a complete edge slipping even at 20 ° C.

PUR hot melt adhesive on the other hand, in all the tests were successful, in either case not to release the adhesive bond. Adhesive bond was maintained, there was only a distortion itself BK edge (tear) under the influence of too high load. The reason is that the reactive hot melt adhesive is cured on the base of polyurethane and achieve the physical strength of the cooling to room temperature, and also in which takes place in the presence of air moisture the reaction, at which the chemical cross-linking. With this is in PUR hot melt adhesives achieve high temperature resistance.

The scientific and practical significance of this thesis is to gain new knowledge and information about the process behavior of the hot-melt adhesive. These findings may have particular utility for furniture manufacturers, which would given issue should take into account and reflect the modifications of the current technology lipping with the transition to better workplace using the side edge banding furniture parts PUR hotmelt. It is true that this technology is a cost and labor intensive, and it may be a reason to discourage by this change. Output data may be used in teaching subjects "Plastics, Adhesives and Coatings", "Technology of Furniture" and "Testing of furniture". It is also possible to output data used as the basis for the application of new test methods for testing furniture and furniture parts.

## 9 ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

### 9.1 KNIŽNÉ A ČASOPISNÉ ZDROJE

1. BOHM, Martin, Jan REISNER a Jan BOMBA. Materiály na bázi dřeva. Praha 6–Suchdol, 2012. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, Katedra zpracování dřeva.
2. ČAPKA, Radomír. I krok zpět může posunout vývoj vpřed. *Drevársky magazín: Odborný časopis na podporu drevárskej a nábytkárskej výroby*. Banská Bystrica: Trendwood-twd, s.r.o, 2012, **2012**(6), 4.
3. EISNER, Karel, Miloš OSTEN a Vladimír HAVLÍČEK. Dřevo a plasty. Praha: SNTL, 1983.
4. GELBIČ, Jan. *Tavná lepidla: aplikace syntetických lepidel v knihařství, balení a kartonáži, výrobě nábytku*. Brno: Vydavatelství Knihař, 2000. ISBN 8086292010.
5. HANSENOVÁ, Heda. *Prepravné služby v podmienkach medzinárodného obchodu*. Bratislava: Ekonóm, 2003. ISBN 8022517844.
6. HLAVATÝ, Josef. *Vývoj zkušebních metod pro testování pevnosti a trvanlivosti nábytku během jeho namáhání při dopravě*. Brno, 2014. Dizertační práce. Mendelova univerzita v Brně.
7. HRÁZSKÝ, Jaroslav a Pavel KRÁL. *Kompozitní materiály na bázi dřeva: Část I.: Aglomerované materiály*. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2007. ISBN 9788073750343.
8. JEŽO, Peter. Bezspárové olepovanie hrán. *Drevársky magazín: Odborný časopis na podporu drevárskej a nábytkárskej výroby*. Banská Bystrica: Trendwood-twd, s.r.o, 2015, **2015**(4), 3.
9. KLEIBERIT. *PUR Hotmelt Adhesives*. Weingerten Germany, 2017, 20 s.
10. KRONTORÁD, Karel. *Výroba nábytku z deskových materiálů*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2015. ISBN 9788075091994.
11. KUBÍN, Juraj a Ladislav OLTMAN. *Lepíme drevo, plasty a kovy*. Bratislava: Alfa, 1981. Urob si sám (Alfa).
12. LEAR, A.S. *ZÁKLADY TEORIE LEPENÍ*. 2002, 17 s.
13. LIPTÁKOVÁ, Tatiana, Pavol ALEXEY, Ernest GONDÁR a Viera KHUNOVÁ. *Polymérne konštrukčné materiály*. 2012, 189 s. Odborná publikácia.

14. MUZIKÁŘ, Zdeněk. *Materiály II: pro UO Truhlář*. Praha: Informatorium, 2008. ISBN 9788073330613.
15. NEMEC, Ľubomír, Ján ZEMIAR a Elemír ŠULÁN. *Technológia výroby nábytku: celoštátna vysokoškolská učebnica pre Drevársku fak. Vys. šk. les. a drevárskej vo Zvolene*. Bratislava: Alfa, 1986. Edícia drevárskej, celulózsárskej a papiernickej literatúry.
16. OSTEN, Miloš. *Práce s lepidly a tmely*. 3. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986. Polytechnická knihnice, sv. 71.
17. POKORNÝ, Jiří. *Lepení a tmelení v dílně i domácnosti: [dřevo, kovy, plasty, sklo, další materiály a výrobky]*. Praha: Grada, 2000. Profi & hobby. ISBN 8071698571.
18. ROŽEK, Petr. *Námořní doprava*. Pardubice: Institut Jana Pernera, 2007. ISBN 8086530396.
19. SKEIST, Irving, ed. *Handbook of adhesives*. 3rd ed. New York: Chapman & Hall, 1990.
20. STOPFORD, Martin. *Maritime economics*. 3rd ed. New York: Routledge, 2009. ISBN 9780415275583.
21. TESAŘOVÁ, Daniela. *Povrchové úpravy dřeva*. Praha: Grada, 2014. Profi & hobby. ISBN 9788024747156.
22. ZEMIAR, Ján. *Výroba nábytku: technicko-technologická příručka*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2003. ISBN 8022812927.

## 9.2 INTERNETOVÉ ZDROJE

1. ACAR, Avni, Zbigniew BENTYN a Batuhan KOCAOGLU. Logistic performance development of the countries on the path along the new silk road. *European Transport* [online]. 2015, (59), 12 [cit. 2017-04-11]. ISSN 1825-3997. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/292059588\\_Logistic\\_performance\\_development\\_of\\_the\\_countries\\_on\\_the\\_path\\_along\\_the\\_new\\_silk\\_road](https://www.researchgate.net/publication/292059588_Logistic_performance_development_of_the_countries_on_the_path_along_the_new_silk_road)
2. *Asociace Českých nábytkářů* [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://www.czechfurniture.com/>
3. BERECZ, Adrián. Z Číny do Londýna: 4 exotické vlakové projekty, ktoré pútajú pozornosť. *TREND* [online]. 2017 [cit. 2017-04-11]. Dostupné z:



<https://www.etrend.sk/ekonomika/z-ciny-do-londyna-4-exoticke-vlakove-projekty-ktore-putaju-pozornost.html>

4. DOLEŽAL, Ivan. Využití PUR lepidel při výrobě knižních vazeb. *Svět tisku* [online]. Praha: Svět tisku, spol. s r.o., 2002, (12) [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: [http://www.svettisku.cz/buxus/generate\\_page.php?page\\_id=146&buxus\\_svettisku=10734240ba2354ac5cd5c410453495f9](http://www.svettisku.cz/buxus/generate_page.php?page_id=146&buxus_svettisku=10734240ba2354ac5cd5c410453495f9)
5. Katalóg produktov. *Hranipex* [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://www.hranipex.sk/sk/katalog/>
6. MRAŠTÍKOVÁ, Lucie. Objem obchodu mezi Českem a Čínou za posledních dvacet let prudce vzrostl. *Hospodářské Noviny* [online]. Economia, a.s., 2014 [cit. 2017-04-11]. ISSN 1213-7693. Dostupné z: <http://archiv.ihned.cz/c1-62980280-objem-obchodu-mezi-ceskem-a-cinou-za-poslednich-dvacet-let-prudce-vzrostl>
7. Nábytkové hrany. *Demos-trade* [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: <http://www.demos-trade.sk/hrany-a-lepidla/nabytkove-hrany.html>
8. NOVOTNÝ, Radek. Všechny cesty vedou z Číny. *Hospodářské Noviny* [online]. Economia, a.s., 2014 [cit. 2017-04-11]. ISSN 1213-7693. Dostupné z: <http://archiv.ihned.cz/c1-63175720-vsechny-cesty-vedou-z-ciny>
9. SHARNOW. Cointainer Handbook. *Climatic Condition* [online]. [cit. 2017-04-11]. Dostupné z: [http://www.containerhandbuch.de/chb\\_e/index.html](http://www.containerhandbuch.de/chb_e/index.html)
10. THOMPSON, Archie. PUR hotmelts reduce clamp times. *Wood & Wood Products* [online]. 1998, (7), 4 [cit. 2017-04-11]. ISSN 0043-7662. Dostupné z: <http://eds.a.ebscohost.com/eds/results?sid=d2d1699e-99cc-4338-ab96-67139ccc7225%40sessionmgr4009&vid=0&hid=4102&bquery=PUR+hotmelts+reduce+clamp+times&bdata=JmxhbmC9Y3MmdHlwZT0wJnNpdGU9ZWRzLWxpdmU%3d>

### 9.3 NORMY

1. ČSN EN 28510-1. *Lepidla – Zkouška v odlupování zkušebního tělesa z ohebného a tuhého adherendu: Část 1: Odlupování pod úhlem 90 stupňů.*

## 10 ZOZNAM OBRÁZKOV

<b>Obr. 1</b> Názorná ukážka primárnych a sekundárnych príťažlivých síl .....	13
<i>(zdroj: <a href="http://chemistry.tutorvista.com/physical-chemistry/intermolecular-forces.html">http://chemistry.tutorvista.com/physical-chemistry/intermolecular-forces.html</a>)</i>	
<b>Obr. 2</b> Znázornenie adhézie a kohézie.....	14
<i>(zdroj: <a href="http://www.adhesiveandglue.com/adhesive-definition.html">http://www.adhesiveandglue.com/adhesive-definition.html</a>)</i>	
<b>Obr. 3</b> Rôzne uhly zmáčania.....	15
<i>(zdroj: <a href="https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1784">https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1784</a>)</i>	
<b>Obr. 4</b> Štruktúra lepeného spoja <i>(vlastný zdroj)</i> .....	16
<b>Obr. 5</b> Makromolekulové reťazce <i>(Liptáková et al. 2012)</i> .....	17
<b>Obr. 6</b> Kvapaliny s rôznymi stupňami viskozity.....	18
<i>(zdroj: <a href="http://schoolworkhelper.net/what-is-viscosity-application-flow-factors/">http://schoolworkhelper.net/what-is-viscosity-application-flow-factors/</a>)</i>	
<b>Obr. 7</b> Rozdelenie lepidiel podľa pôvodu <i>(vlastný zdroj)</i> .....	19
<b>Obr. 8, 9, 10, 11</b> Tavné lepidlá vo forme granúl, prášku, fólie, pášikov.....	21
<i>(zdroj: <a href="https://www.google.com/imghp?hl=sk">https://www.google.com/imghp?hl=sk</a>)</i>	
<b>Obr. 12</b> Proces lepenia tavným lepidlom <i>(vlastný zdroj)</i> .....	21
<b>Obr. 13</b> Rozdelenie tavných lepidiel <i>(vlastný zdroj)</i> .....	22
<b>Obr. 14</b> Jednotlivé štádia zmien lepidla pri ochladzovaní <i>(vlastný zdroj)</i> .....	23
<b>Obr. 15, 16</b> PUR tavné lepidlá <i>(zdroj: <a href="https://www.google.com/imghp?hl=sk">https://www.google.com/imghp?hl=sk</a>)</i> .....	26
<b>Obr. 17-24</b> Rôzne odvetvia využitia PUR tavného lepidla <i>(KLEIBERIT 2017)</i> .....	26
<b>Obr. 25</b> Schéma olepovania metódou teplo-studenou <i>(Zemiar 2003)</i> .....	31
<b>Obr. 26</b> Olepovanie hrany pomocou CO2 laseru <i>(IMA, 2009)</i> .....	33
<b>Obr. 27</b> Rozdelenie nábytkových hrán <i>(vlastný zdroj)</i> .....	34
<b>Obr. 28-33</b> Rôzne nábytkové hrany.....	35
<i>(zdroj: <a href="http://www.demos-trade.sk/hrany-a-lepidla/nabytkove-hrany.html">http://www.demos-trade.sk/hrany-a-lepidla/nabytkove-hrany.html</a>)</i>	
<b>Obr. 34- 36</b> Dyhové hrany <i>(zdroj: <a href="https://www.google.com/imghp?hl=sk">https://www.google.com/imghp?hl=sk</a>)</i> .....	36
<b>Obr. 37</b> Detail prstového spoja zaisteného pomocou pásky z flisu <i>(vlastný zdroj)</i> .....	36
<b>Obr. 38</b> Detail na 2mm vrstvenú BK dyhu použitú na skúšobné vzorky.....	36
<i>(vlastný zdroj)</i>	
<b>Obr. 39</b> Detail DTD dosky trojvrstvej <i>(vlastný zdroj)</i> .....	38
<b>Obr. 40</b> Rozdelenie drevotriekových dosiek <i>(vlastný zdroj)</i> .....	39
<b>Obr. 41</b> Kontajnerová prepravná loď <i>(zdroj: <a href="https://www.google.cz/imghp">https://www.google.cz/imghp</a>)</i> .....	42
<b>Obr. 42</b> Porovnanie TEU a FEU kontajnerov.....	44
<i>(zdroj: <a href="https://www.mol.co.jp/iroiro_fune_e/03product.html">https://www.mol.co.jp/iroiro_fune_e/03product.html</a>)</i>	

<b>Obr. 43</b> Priebeh teploty počas prepravy z Japonska do Memphisu (USA) v letných mesiacoch (zdroj: <a href="https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container">https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container</a> ).....	<b>45</b>
<b>Obr. 44</b> Priebeh teploty počas prepravy z Japonska do Memphisu (USA) v zimných mesiacoch (zdroj: <a href="https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container">https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container</a> ).....	<b>45</b>
<b>Obr. 45, 46</b> Obrázky kondenzácie na strope kontajnera a priamo na obale prepravovaného tovar (zdroj: <a href="https://www.google.com/imghp?hl=sk">https://www.google.com/imghp?hl=sk</a> ).....	<b>46</b>
<b>Obr. 47</b> Priebeh teploty v bielom kontajnery.....	<b>47</b>
(zdroj: <a href="https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container">https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container</a> )	
<b>Obr. 48</b> Priebeh teploty v hnedom kontajnery.....	<b>48</b>
(zdroj: <a href="https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container">https://interdry.wordpress.com/category/shipping-container</a> )	
<b>Obr. 49</b> Hlavné svetové prepravné trasy.....	<b>48</b>
(zdroj: <a href="http://cimsec.org/breaking-the-bottleneck-maritime-terrorism-and-economic-chokepoints-part-1/1742">http://cimsec.org/breaking-the-bottleneck-maritime-terrorism-and-economic-chokepoints-part-1/1742</a> )	
<b>Obr. 50</b> Trasa najdlhšej železničnej trate z Ji-wu do Madridu.....	<b>50</b>
(zdroj: <a href="https://svet.sme.sk/c/7511942/cina-otvorila-najdlhsiu-zeleznicu-iphony-idu-pov-novej-hodvabnej-ceste.html">https://svet.sme.sk/c/7511942/cina-otvorila-najdlhsiu-zeleznicu-iphony-idu-pov-novej-hodvabnej-ceste.html</a> )	
<b>Obr. 51</b> Prepravné trasy medzi Áziou a Európou.....	<b>51</b>
(zdroj: <a href="http://archiv.ihned.cz/c1-63175720-vsechny-cesty-vedou-z-ciny">http://archiv.ihned.cz/c1-63175720-vsechny-cesty-vedou-z-ciny</a> )	
<b>Obr. 52</b> Trasa novej hodvábnej cesty po súši a po mori.....	<b>52</b>
(zdroj: <a href="http://www.economist.com/news/china/21701505-chinas-foreign-policy-could-reshape-good-part-world-economy-our-bulldozers-our-rules">http://www.economist.com/news/china/21701505-chinas-foreign-policy-could-reshape-good-part-world-economy-our-bulldozers-our-rules</a> )	
<b>Obr. 53</b> Porovnanie výroby, exportu a importu v mld. Kč.....	<b>53</b>
(zdroj: <a href="http://czechfurniture.com/soubory/407cz.pdf">http://czechfurniture.com/soubory/407cz.pdf</a> )	
<b>54.</b> Postup pri kontajnerovej preprave nábytku.....	<b>54</b>
(zdroj: <a href="https://www.google.com/imghp?hl=sk">https://www.google.com/imghp?hl=sk</a> )	
<b>Obr. 55, 56</b> Príprava vzoriek vo firme DSP NÁBYTEK (vlastný zdroj).....	<b>57</b>
<b>Obr. 57</b> Rozmery vzoriek na skúšku metódou šikmého smyku (vlastný zdroj).....	<b>58</b>
<b>Obr. 58</b> Rozmery vzoriek na skúšku v odlupovaní (vlastný zdroj).....	<b>58</b>
<b>Obr. 59, 60</b> Proces delenia a označovania skúšobných vzoriek (vlastný zdroj).....	<b>59</b>
<b>Obr. 61</b> Priebeh cyklovania v komore INUCCELL zaznamenaný teplotným dataloggerom (vlastný zdroj).....	<b>60</b>
<b>Obr. 62, 63</b> Vzorky a teplotný datalogger uložené v klimatizačnej komore INECELL (vlastný zdroj).....	<b>60</b>

<b>Obr. 64, 65 Skúšobný agregát pre skúšku metódou šikmého smyku pod uhlom 45° pri tlakovom zaťažení (vlastný zdroj).....</b>	<b>61</b>
<b>Obr. 66 Skúšobný agregát pre skúšku odlupovania na skúšobnom stroji INSTRON (vlastný zdroj).....</b>	<b>63</b>
<b>Obr. 67, 68, 69 Predhriatie vzoriek v komore, umiestnenie vzorky na skúšobný agregát a zahájenie skúšky, vyhodnotenie výsledkov (vlastný zdroj).....</b>	<b>64</b>
<b>Obr. 70, 71 Klimatizačná komora INCUCCELL V – 111 (vlastný zdroj).....</b>	<b>65</b>
<b>Obr. 72 Teplotný datalogger Testo 174H_1.....</b>	<b>65</b>
<i>(zdroj: <a href="https://www.testo.com/en-US/testo-174-h/p/0572-6560">https://www.testo.com/en-US/testo-174-h/p/0572-6560</a>)</i>	
<b>Obr. 73 Trhací stroj INSTRON 3365 (vlastný zdroj).....</b>	<b>66</b>
<b>Obr. 74,75 Tepelná komora INSTRON, nastavovací panel teploty (vlastný zdroj)....</b>	<b>67</b>
<b>Obr. 76 Krabicový graf pre hodnoty priemerov zaťaženia pri priemernej hodnote získané metódou odlupovania pod uhlom 90°, pre vzorky olepené EVA lepidlom...</b>	<b>69</b>
<b>Obr. 77 Graf ANOVA pre priemerné zaťaženie pri priemernej hodnote, metóda odlupovanie pod uhlom 90°, pre vzorky olepené EVA tavným lepidlom.....</b>	<b>70</b>
<b>Obr. 78 Krabicový graf pre hodnoty priemerov zaťaženia pri priemernej hodnote získané metódou odlupovania pod uhlom 90°, pre vzorky olepené PUR lepidlom....</b>	<b>72</b>
<b>Obr. 79 Graf ANOVA pre priemerné zaťaženie pri priemernej hodnote, metóda odlupovanie pod uhlom 90°, pre vzorky olepené PUR tavným lepidlom.....</b>	<b>73</b>
<b>Obr. 80-87 Vzorky, ktoré prešli skúškou v odlupovaní pod uhlom 90°, pričom BK hrana bola nalepená EVA tavným lepidlom.....</b>	<b>74</b>
<b>Obr. 88-94 Vzorky, ktoré prešli skúškou v odlupovaní pod uhlom 90°, pričom BK hrana bola nalepená PUR tavným lepidlom.....</b>	<b>75</b>
<b>Obr. 95 Graf viacfaktorovej ANOVY pre skúšku v odlupovaní pod uhlom 90°.....</b>	<b>78</b>
<b>Obr. 96 Krabicový graf pre hodnoty tlakovej pevnosti získané metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (EVA tavné lepidlo).....</b>	<b>82</b>
<b>Obr. 97 Graf ANOVA pre hodnoty tlakovej pevnosti, získané metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (EVA tavné lepidlo).....</b>	<b>83</b>
<b>Obr. 98 Krabicový graf pre hodnoty tlakovej pevnosti získané metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (PUR tavné lepidlo).....</b>	<b>86</b>
<b>Obr. 99 Graf ANOVA pre hodnoty tlakovej pevnosti, získané metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (PUR tavné lepidlo).....</b>	<b>87</b>
<b>Obr. 100- 104 Vzorky, ktoré prešli skúškou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°, pričom hrana bola nalepená EVA tavným lepidlom.....</b>	<b>88</b>

<b>Obr. 105-109</b> Vzorok, ktoré prešli skúškou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°, pričom hrana bola nalepená PUR tavným lepidlom.....	<b>89</b>
<b>Obr. 110</b> Graf viacfaktorovej ANOVY pre skúšku šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45 °.....	<b>92</b>
<b>Obr. 110</b> Porovnanie chovania sa rôznych typov hrán a lepidiel pri skúške v odlupovaní pod uhlom 90°.....	<b>96</b>
<b>Obr. 111</b> Porovnanie chovania sa rôznych typov hrán a lepidiel pri skúške metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45°.....	<b>98</b>

## 11 ZOZNAM TABULIEK

Tab. 1 Prehľad výhod a nevýhod rôznych typov prepravy.....	41
Tab. 2 Údaje z dataloggeru umiestneného komore INCUCCELL.....	60
Tab. 3 Priemer zaťaženia pri priemernej hodnote, metóda odlupovania pod uhlom 90° (EVA tavné lepidlo).....	68
Tab. 4 Jednofaktorová ANOVA pre metódu odlupu pod uhlom 90° (EVA tavné lepidlo).....	69
Tab. 5 Tukeyův test významných rozdielov ANOVA, pre hodnoty priemerov zaťaženia, metóda odlupovania pod uhlom 90°, pre vzorky olepené EVA tavným lepidlom.....	70
Tab. 6 Priemer zaťaženia pri priemernej hodnote, metóda odlupovania pod uhlom 90° (PUR tavné lepidlo).....	71
Tab. 7 Jednofaktorová ANOVA pre metódu odlupu pod uhlom 90° (PUR tavné lepidlo).....	72
Tab. 8 Tukeyův test významných rozdielov ANOVA, pre hodnoty priemerov zaťaženia, metóda odlupovania pod uhlom 90°, pre vzorky olepené PUR tavným lepidlom.....	73
Tab. 9 Výsledky testu viacfaktorovej ANOVY pre skúšku v odlupovaní pod uhlom 90°.....	78
Tab. 10 Test mnohonásobného porovnania zobrazujúci zrovnateľné skupiny vzoriek skúšky v odlupovaní pod uhlom 90°.....	79
Tab. 11 Hodnoty maximálneho zaťaženia vzoriek u metódy šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (EVA tavné lepidlo).....	80
Tab. 12 Prepočítané hodnoty tlakovej pevnosti vzoriek u metódy šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (EVA tavné lepidlo).....	81
Tab. 13 Jednofaktorová ANOVA pre metódu šikmého smyku (EVA tavné lepidlo).....	82
Tab. 14 Tukeyův test významných rozdielov ANOVA, pre hodnoty tlakovej pevnosti, získané metódou šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (EVA tavné lepidlo).....	83
Tab. 15 Hodnoty maximálneho zaťaženia vzoriek u metódy šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (PUR tavné lepidlo).....	84
Tab. 16 Prepočítané hodnoty tlakovej pevnosti vzoriek u metódy šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° (PUR tavné lepidlo).....	85
Tab. 17 Jednofaktorová ANOVA pre metódu šikmého smyku (PUR tavné lepidlo).....	86

Tab. 18 Výsledky testu viacfaktorovej ANOVY pre skúšku šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom $45^\circ$ .....	92
Tab. 19 Test mnohonásobného porovnania zobrazujúci zrovnateľné skupiny vzoriek skúšky šikmého smyku pri tlakovom zaťažení pod uhlom $45^\circ$ .....	93

## 12 ZOZNAM SKRATIEK

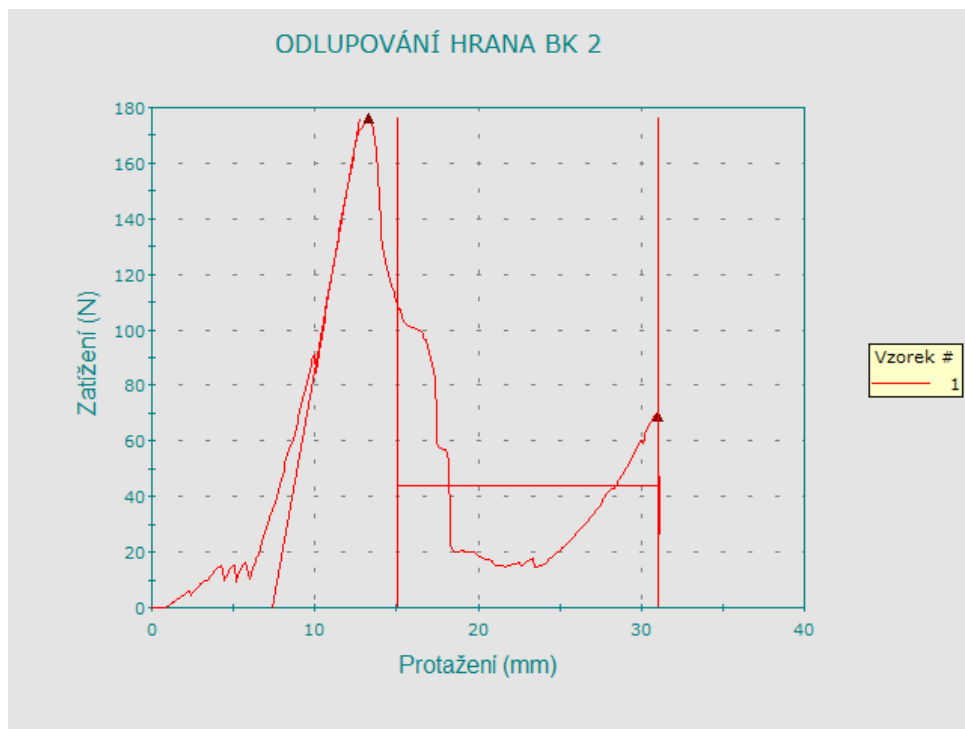
ABS.....	Akrylonitrilbutadiénstyren
AČN.....	Asociace českých nábytkářů
ALU.....	Hliník
ANOVA.....	Analýza rozptylu
BK.....	Buk
CO <sub>2</sub> .....	Oxid uhličitý
DTD.....	Drevotriesková doska
DTD-L.....	Drevotriesková doska laminovaná
EÚ.....	Európska únia
EVA.....	lepidlo na bázi etylen-vinyl-acetátu
FEU.....	Fourtyfoot Equivalent Unit
ISO.....	International Organization for Standardization
MDI.....	Izokyanátové lepidlo
MF.....	Melaminformaldehydové lepidlo
OH skupina.....	Hydroxidová skupina
PA.....	Polyamid
PF.....	Fenolformaldehyd
PMMA.....	Polymethyl methakrylát
PP.....	Polypropylén
PUR.....	Polyuretán
PVAc.....	Polyvinylacetát
PVC.....	Polyvinylchlorid
TEU.....	Twentyfoot Equivalent Uni
UF.....	Močovinoformaldehydové lepidlo
USA.....	Spojené štáty americké
3D.....	trojdimenzionálny



## 13 PRÍLOHY

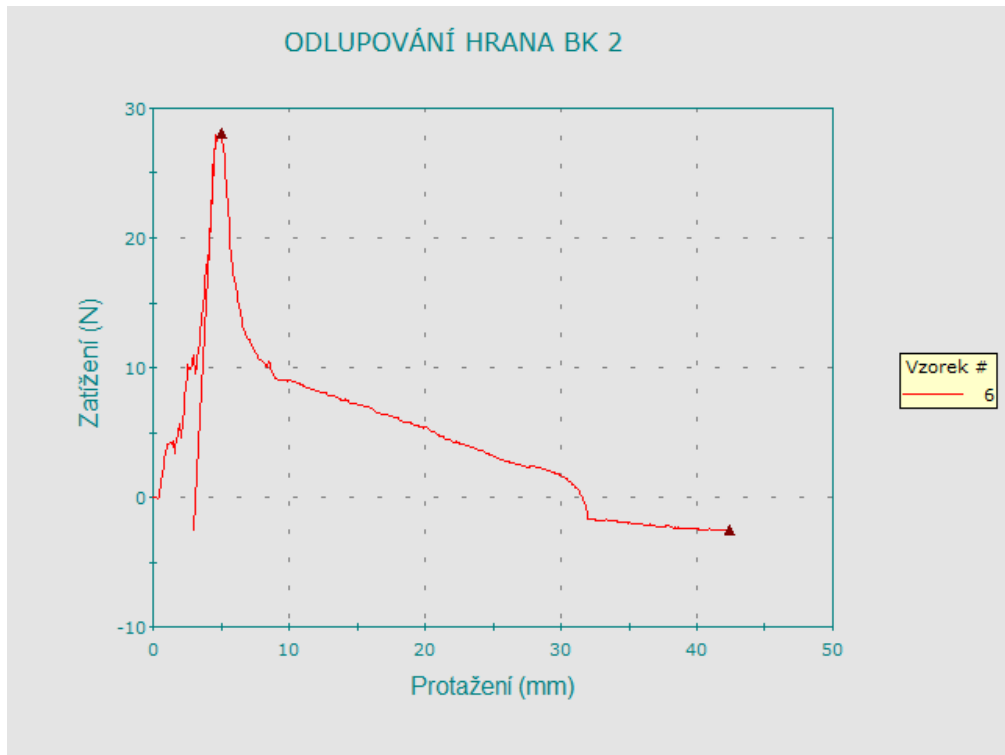
### 13.1 UKÁŽKA VÝSTUPOV Z MERANIA

Odlupovanie pod uhlom 90° EVA tavné lepidlo teplota 20 °C



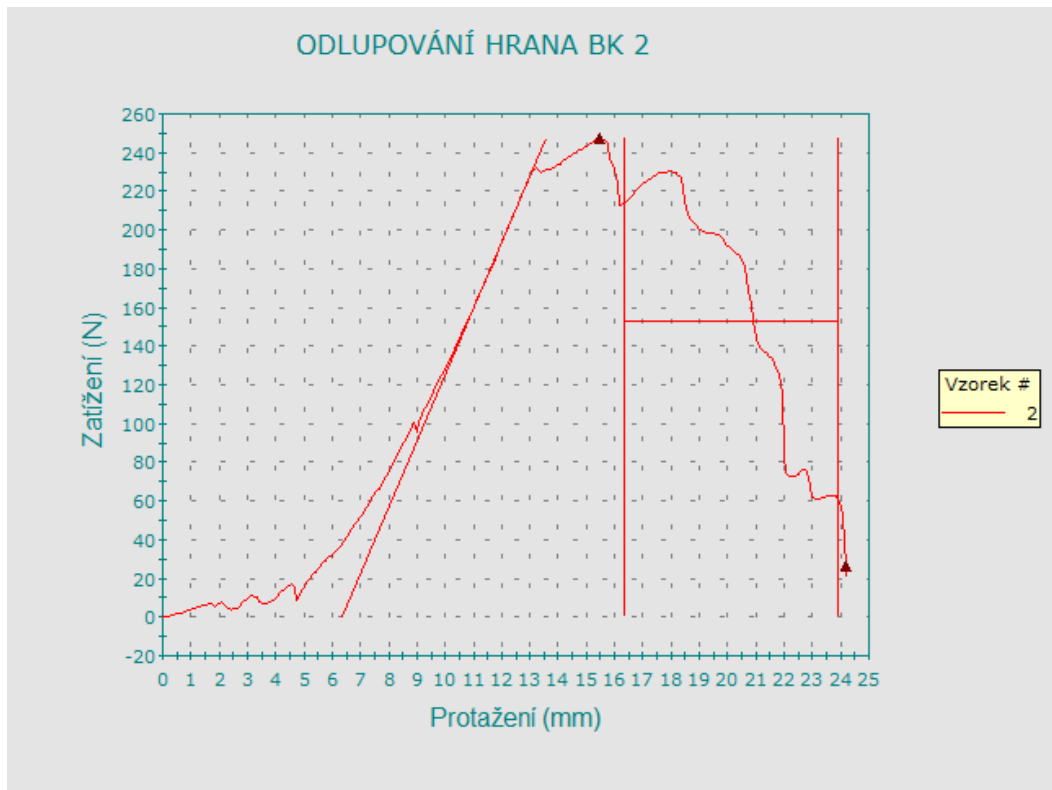
	Průměr Zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) (N)	Zatížení při porušení (Standardní) (N)	Medián špiček při průměrné hodnotě (N)	Počet špiček při průměrné hodnotě	Rozsah špiček při průměrné hodnotě (N)	Protažení při odlupování při porušení (Standardní) (mm)
1	43,84253	> 68,91	43,84	> 2	52,38968	31,08
2	102,10247	> 51,87	101,50	> 6	41,65308	42,25
3	116,48765	> 106,90	116,49	> 1	0,00000	27,33
4	151,15986	> 55,12	151,16	> 2	122,77268	30,75
5	64,84372	> 62,05	48,65	> 4	119,30677	33,00
6	97,07063	> 99,54	104,34	> 6	75,93508	36,92
7	62,78621	> 71,63	62,79	> 2	36,21200	27,75
8	65,68609	< -1,17	66,54	> 9	86,04592	81,83
9	66,55501	> 103,89	49,64	> 3	76,69625	44,67
10	96,97765	< -4,16	100,67	> 6	109,68450	51,22
Průměr	86,75118	61,46	84,56	> 4	72,06959	40,68
Maximum	151,15986	106,90	151,16	9	122,77268	81,83
Minimum	43,84253	-4,16	43,84	1	0,00000	27,33
Medián	81,76633	65,48	83,60	> 4	76,31566	34,96
Směrodatná odchylka	32,01823	39,21	35,52	2,55821	39,77852	16,44

## Odlupovanie pod uhlom 90° EVA tavné lepidlo teplota 70 °C



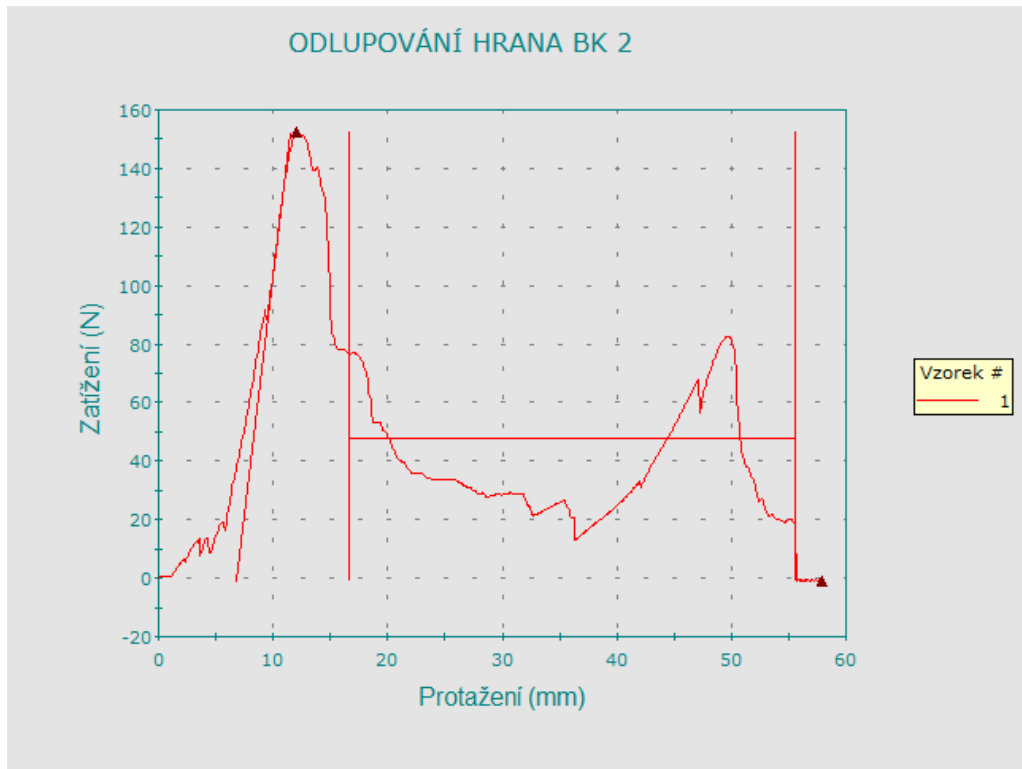
	Průměr Zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) (N)	Zatížení při porušení (Standardní) (N)	Medián špiček při průměrné hodnotě (N)	Počet špiček při průměrné hodnotě	Rozsah špiček při průměrné hodnotě (N)	Protažení při odlupování při porušení (Standardní) (mm)
1	13,18510	< -1,82	13,19	> 2	3,40317	50,03
2	34,01570	< -0,01	34,02	> 1	0,00000	77,36
3	-----	< -1,79	-----	-----	-----	34,85
4	11,84444	< -2,04	11,84	> 2	2,46772	49,92
5	-----	< -1,48	-----	-----	-----	45,99
6	-----	< -2,49	-----	-----	-----	42,44
7	-----	< -1,92	-----	-----	-----	42,52
8	11,87167	< -0,63	11,87	> 1	0,00000	23,31
9	-----	< -0,79	-----	-----	-----	53,42
10	1,69943	> 0,06	1,70	> 1	0,00000	52,00
Průměr	14,52327	-1,29	14,52	> 1	1,17418	47,18
Maximum	34,01570	0,06	34,02	2	3,40317	77,36
Mínimum	1,69943	-2,49	1,70	1	0,00000	23,31
Medián	11,87167	-1,63	11,87	> 1	0,00000	47,95
Směrodatná odchylka	11,83642	0,89	11,84	0,54772	1,64147	13,97

## Odlupovanie pod uhlom 90° PUR tavné lepidlo 20 °C



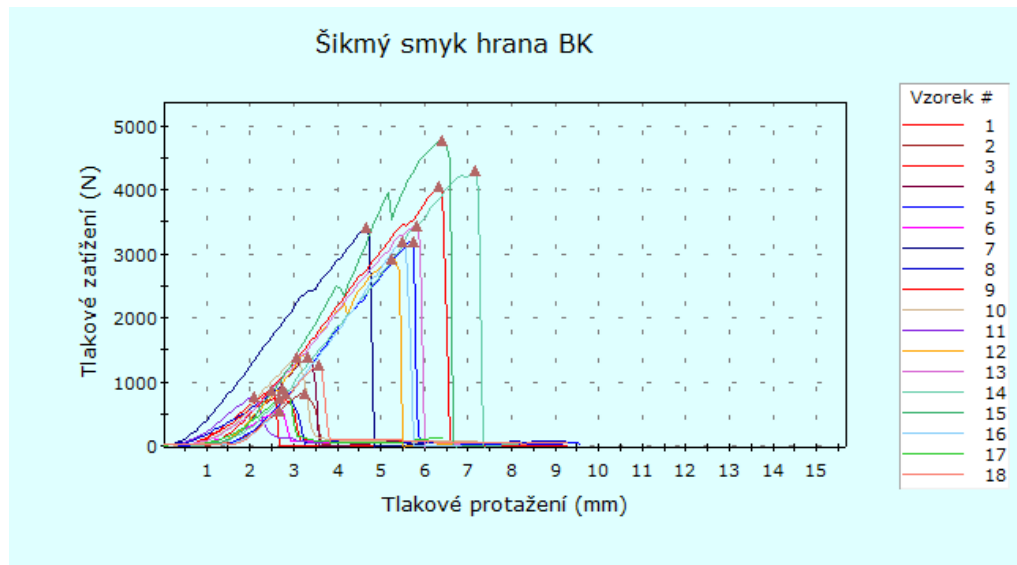
	Průměr Zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) (N)	Zatížení při porušení (Standardní) (N)	Medián špiček při průměrné hodnotě (N)	Počet špiček při průměrné hodnotě	Rozsah špiček při průměrné hodnotě (N)	Protažení při odlupování při porušení (Standardní) (mm)
1	130,22696	> 128,17	130,23	> 1	0,00000	26,75
2	153,23565	> 26,80	153,24	> 2	154,67617	24,17
3	138,11337	> 125,13	138,11	> 2	20,70527	23,17
4	----	> 83,16	----	----	----	17,33
5	9,79834	< -16,42	5,98	> 9	24,57122	29,67
6	160,60358	> 48,40	160,60	> 1	0,00000	17,25
7	179,02823	> 63,72	179,03	> 2	5,97451	20,50
8	116,87924	> 72,71	116,88	> 1	0,00000	23,83
9	208,16416	> 177,17	208,16	> 2	42,41440	19,17
10	185,75264	> 180,44	185,75	> 1	0,00000	22,42
11	86,64989	> 107,15	86,65	> 2	60,24024	23,08
Průměr	136,84520	90,58	136,46	> 2	30,85818	22,49
Maximum	208,16416	180,44	208,16	9	154,67617	29,67
Minimum	9,79834	-16,42	5,98	1	0,00000	17,25
Medián	145,67451	83,16	145,67	> 2	13,33989	23,08
Směrodatná odchylka	56,95551	60,70	57,91	2,40601	48,18767	3,80

## Odlupovanie pod uhlom 90° PUR tavné lepidlo 70 °C



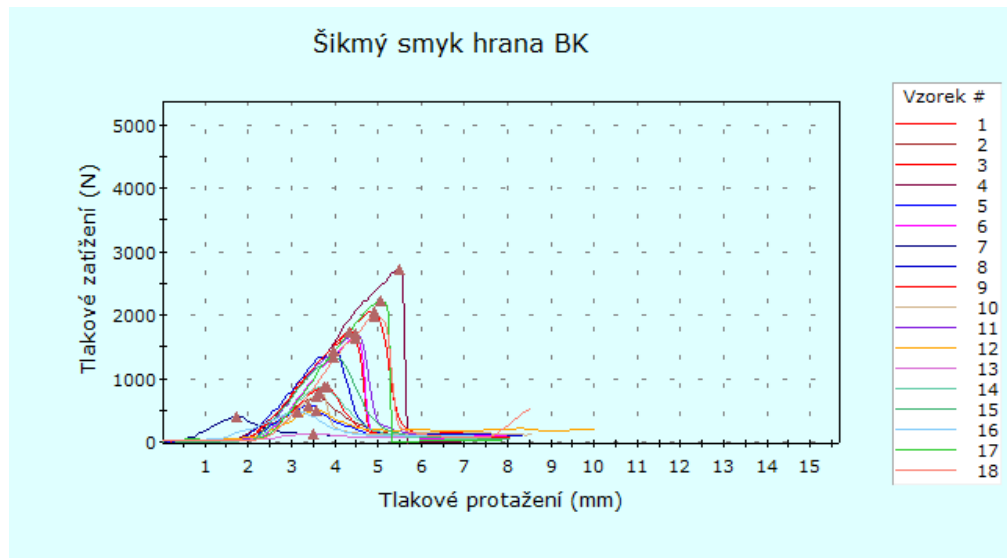
	Průměr Zatížení při průměrné hodnotě (5 špičky + poklesy) (N)	Zatížení při porušení (Standardní) (N)	Medián špiček při průměrné hodnotě (N)	Počet špiček při průměrné hodnotě	Rozsah špiček při průměrné hodnotě (N)	Protažení při odlupování při porušení (Standardní) (mm)
1	47,87096	< -0,75	33,02	> 5	55,99471	57,98
2	45,92707	< -0,42	38,61	> 3	46,96169	40,09
3	113,68793	> 81,49	113,69	> 1	0,00000	19,42
4	31,74143	< -1,31	29,79	> 5	25,71670	58,98
5	87,30477	> 48,69	95,04	> 3	26,97281	26,83
6	140,42517	< -1,06	140,43	> 2	92,01248	30,43
7	109,61833	> 77,71	112,12	> 4	48,81504	25,25
8	26,71502	> 49,75	20,18	> 7	41,95920	72,50
9	61,03742	< -1,54	66,55	> 5	49,30576	44,50
10	31,36974	< -1,52	23,60	> 5	23,09056	40,17
Průměr	69,56978	25,10	67,30	> 4	41,08289	41,61
Maximum	140,42517	81,49	140,43	7	92,01248	72,50
Mínimum	26,71502	-1,54	20,18	1	0,00000	19,42
Medián	54,45419	-0,59	52,58	> 4	44,46044	40,13
Směrodatná odchylka	40,43471	35,33	44,49	1,76383	24,55302	17,13

## Šikmý smyk pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° EVA tavné lepidlo 20 °C



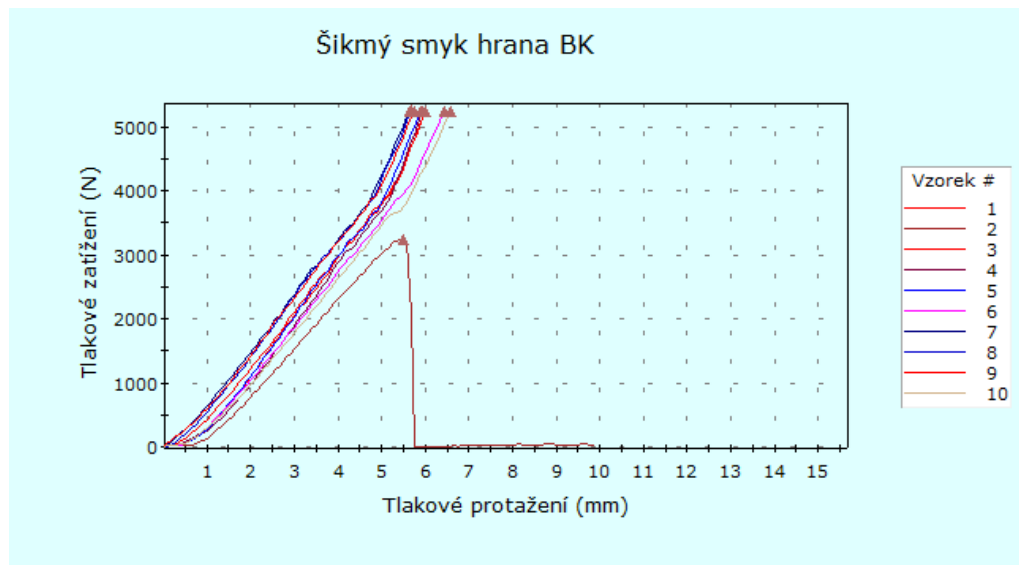
	Maximální zaťaženie (N)	Maximální pevnost (MPa)	Modul (MPa)	Průsečík X při modulu (mm/mm)	Tlakové napětí při mezi kluzu (Posun 2 mm/mm) (MPa)
1	874,66034	0,58311	3,38278	0,09327	-----
2	815,09790	0,54340	3,77645	0,17674	-----
3	751,75507	0,50117	3,22636	0,09751	-----
4	1375,21729	0,91681	5,57748	0,16646	-----
5	3196,30444	2,13087	6,26505	0,21465	-----
6	539,09766	0,35940	2,65072	0,12958	-----
7	3398,97217	2,26598	6,01639	0,06594	-----
8	877,70422	0,58514	3,08456	0,08101	-----
9	4044,87769	2,69658	5,84430	0,16808	-----
10	1387,76807	0,92518	5,43606	0,12807	-----
11	756,28534	0,50419	3,50215	0,07287	-----
12	2912,69189	1,94179	5,97172	0,17141	-----
13	3429,57104	2,28638	5,61507	0,17716	-----
14	4292,43408	2,86162	5,70072	0,20389	-----
15	4772,28857	3,18153	7,78155	0,19532	-----
16	3176,64331	2,11776	6,67782	0,23217	-----
17	806,48987	0,53766	4,06960	0,14911	-----
18	1264,78223	0,84319	5,34302	0,19567	-----
Průměrná hodnota	2148,48007	1,43232	4,99566	0,15105	-----
Maximální	4772,28857	3,18153	7,78155	0,23217	-----
Minimální	539,09766	0,35940	2,65072	0,06594	-----
Směrodatná odchylka	1460,74650	0,97383	1,45336	0,05151	-----
Medián	1381,49268	0,92100	5,50677	0,16727	-----

## Šikmý smyk pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° EVA tavné lepidlo 50 °C



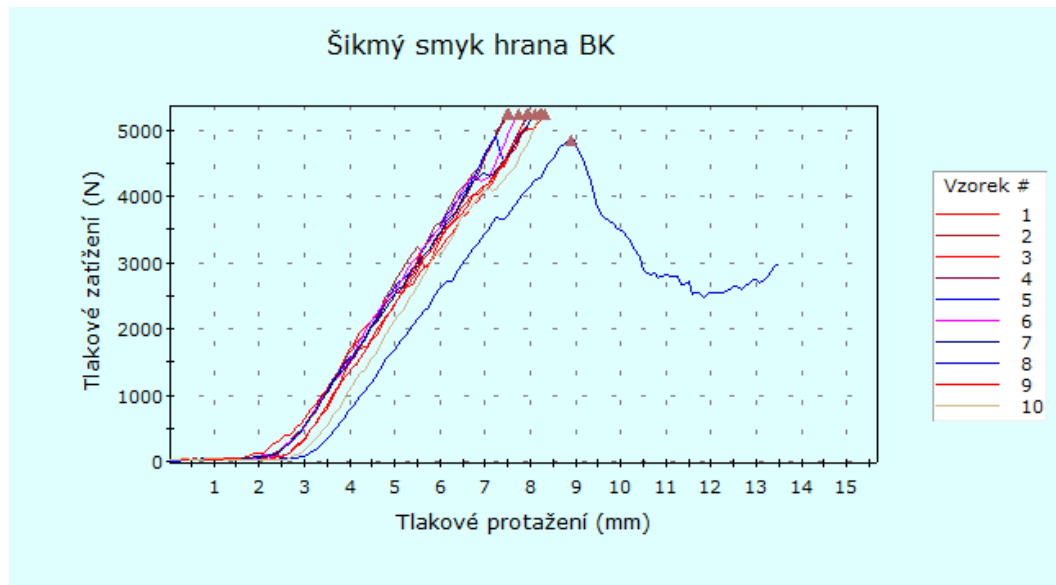
	Maximální zaťaženie (N)	Maximální pevnost (MPa)	Modul (MPa)	Průsečík X při modulu (mm/mm)	Tlakové napětí při mezi kluzu (Posun 2 mm/mm) (MPa)
1	1734,30054	1,15620	5,97389	0,23050	-----
2	705,49994	0,47033	3,28323	0,20553	-----
3	875,29083	0,58353	4,19170	0,23186	-----
4	2717,70386	1,81180	6,94746	0,25747	-----
5	566,90204	0,37793	2,97185	0,20840	-----
6	1635,01050	1,09001	6,35317	0,25189	-----
7	397,95764	0,26531	2,05906	0,06582	-----
8	1441,65918	0,96111	5,50260	0,21251	-----
9	2059,49341	1,37300	5,69215	0,22175	-----
10	773,11127	0,51541	4,31586	0,24147	-----
11	1705,76257	1,13718	6,07400	0,23607	-----
12	493,96667	0,32931	2,44264	0,21656	-----
13	122,50301	0,08167	0,65176	0,20034	-----
14	856,76245	0,57117	4,58526	0,23148	-----
15	1324,72498	0,88315	5,46519	0,23100	-----
16	470,29700	0,31353	2,22864	0,15825	-----
17	2221,67480	1,48112	6,49363	0,26064	-----
18	1980,04138	1,32003	6,49611	0,27461	-----
Průměrná hodnota	1226,81456	0,81788	4,54046	0,21867	-----
Maximální	2717,70386	1,81180	6,94746	0,27461	-----
Minimální	122,50301	0,08167	0,65176	0,06582	-----
Směrodatná odchylka	742,49201	0,49499	1,87040	0,04642	-----
Medián	1100,00790	0,73334	5,02523	0,23075	-----

## Šikmý smyk pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° PUR tavné lepidlo 20 °C



	Maximální zaťaženie (N)	Maximální pevnost (MPa)	Modul (MPa)	Průsečík X při modulu (mm/mm)	Tlakové napětí při mezi kluzu (Posun 2 mm/mm) (MPa)
1	5252,20557	3,50147	10,35817	0,30148	-----
2	3243,92773	2,16262	5,13017	0,11311	-----
3	5250,08789	3,50006	11,41363	0,30012	-----
4	5252,08154	3,50139	12,35061	0,32656	-----
5	5250,55908	3,50037	10,46355	0,27565	-----
6	5250,21094	3,50014	9,82891	0,30085	-----
7	5251,18994	3,50079	10,66282	0,24194	-----
8	5252,46777	3,50165	10,44986	0,24077	-----
9	5250,74023	3,50049	11,08544	0,25977	-----
10	5251,64893	3,50110	9,23678	0,31791	-----
Průměrná hodnota	5050,51196	3,36701	10,09800	0,26782	-----
Maximální	5252,46777	3,50165	12,35061	0,32656	-----
Minimální	3243,92773	2,16262	5,13017	0,11311	-----
Směrodatná odchylka	634,76956	0,42318	1,94130	0,06208	-----
Medián	5250,96509	3,50064	10,45671	0,28788	-----

## Šikmý smyk pri tlakovom zaťažení pod uhlom 45° PUR tavné lepidlo 50 °C



	Maximální zatížení (N)	Maximální pevnost (MPa)	Modul (MPa)	Průsečík X při modulu (mm/mm)	Tlakové napětí při mezi kluzu (Posun 2 mm/mm) (MPa)
1	5250,04346	3,50003	7,25841	0,25907	-----
2	5251,90967	3,50127	7,97344	0,28102	-----
3	5250,08643	3,50006	6,67084	0,27562	-----
4	5250,57324	3,50038	9,01402	0,37723	-----
5	5250,63623	3,50042	7,70091	0,28126	-----
6	5251,03076	3,50069	9,77414	0,42755	-----
7	5250,79834	3,50053	6,28700	0,24901	-----
8	4853,99414	3,23600	6,20562	0,32835	-----
9	5251,25195	3,50083	8,79814	0,41052	-----
10	5250,87646	3,50058	6,99635	0,30696	-----
Průměrná hodnota	5211,12007	3,47408	7,66789	0,31966	-----
Maximální	5251,90967	3,50127	9,77414	0,42755	-----
Minimální	4853,99414	3,23600	6,20562	0,24901	-----
Směrodatná odchylka	125,48244	0,08365	1,21464	0,06413	-----
Medián	5250,71729	3,50048	7,47966	0,29411	-----



## 13.2 TECHNICKÉ LISTY

### EVA HRANOVACIE TAVNÉ LEPIDLO



## Schmelzkleber Patronen 1587

Schmelzkleber mit guten  
Maschinenlaufeigenschaften

#### *Eigenschaften*

ZIKA-Schmelzkleber 1587 ist ein Kunstharzklebstoff auf Basis von EVA-Copolymeren mit guten Maschinenlaufeigenschaften und sehr guter Klebekraft in Patronenform.

#### *Verarbeitungshinweis*

Auftragstemperatur  
an der Düse: 210 - 220 °C  
Aufschmelzzeit: ca. 2 - 4 Min.  
Material- und Raumtemperatur: nicht unter 18 °C  
Holz- und Materialfeuchtigkeit: 8 - 12 %  
Vorschubgeschwindigkeit: höchste Geschwindigkeit ausnutzen

Bei niedrigerem Vorschub kann es vor allem bei ungünstigen Temperaturverhältnissen zu vorzeitiger Abkühlung des Klebers kommen, was zwangsläufig zu Fehlverleimungen führt.

#### *Kennzeichnungspflicht*

Nicht kennzeichnungspflichtig im Sinne der Verordnung über gefährliche Arbeitsstoffe.

#### *Lagerung*

Trocken und verschlossen 24 Monate.

#### *Anwendungsgebiet*

Universeller Einsatz bei allen bekannten Kantenmaterialien aus Furnier, Massivholz, PVC, Polyester und Melaminharz. Bei unbekanntem Material sind Vorversuche unerlässlich. Geeignet auch für den Küchenbereich.

#### *Temperaturbeständigkeit:*

Furnier- und  
Massivholzkanten: - 20 bis + 95 °C  
PVC-Kanten: - 20 bis + 75 °C  
Polyester- und  
Melaminharzkanten: - 20 bis + 90 °C  
Bei Wärmeprüfung ohne Fugenbelastung liegen die Werte um ca. 20 °C höher!  
(Aufsteigender Wärmetest)

Alle ZIKA-Schmelzkleber werden einem Dauerbelastungstest unterzogen über 30 Tage bei + 50 °C. Kleber-Typen, die diesen Test nicht erfüllen, erhalten keine Freigabe!

#### *Reinigung*

Um zu verhindern, daß sich in den Schwertdüsen Verkrustungen ablagern, die einen vollflächigen Kleberauftrag verhindern, empfiehlt es sich, von Zeit zu Zeit eine Reinigungspatrone als "Putzgang" durchlaufen zu lassen bei ca. 200 °C.

Die Informationen auf diesem Merkblatt basieren auf sorgfältig durchgeführten Labor- und Anwendungsversuchen. Die Anwendungen sind jedoch sehr vielfältig. Deshalb sind eigene Versuche, die das Produkt hinsichtlich des speziellen Anwendungsgebietes testen, unbedingt erforderlich. Eine Garantie, welche über die Produktspezifikation hinausgeht, kann aus diesem Merkblatt oder einer Beratung nicht hergeleitet werden.

ZIKA Leime + Klebstoffe L. Zimmermann GmbH + Co., Benzstrasse 24, 72793 Pfullingen  
Tel.: 07121/9760-0, Fax: 07121/976030

Stand: Juli 96

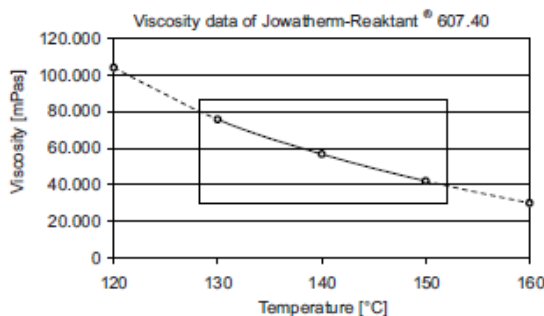
# PUR HRANOVACIE TAVNÉ LEPIDLO

## Jowatherm - Reaktant®

### PUR - hranovacie tavné lepidlo

# 607.40, 41

<b>Príklady použitia:</b>	Pre automatické hranovacie zariadenia a rýchle oplášťovacie zariadenia. napr. Široká možnosť použitia napr. pre vrstvené, polyesterové, PVC, živičné papierové, dyhové hrany a hrany z masívneho dreva.
<b>Vlastnosti / doporučený spôsob spracovania:</b>	Rýchlo vytvrdzujúce, vysoká počiatková pevnosť. Zosieťovanie v priebehu niekoľkých dní. závisí od vlhkosti vzduchu a materiálu, dobrá elasticita za chladu a dobrá odolnosť voči rozpúšťadlám. Spracovanie so špeciálnou pištoľou príp. so špeciálnym zariadením z hliníkovej kartuše, dózy alebo suda vzducholesne uzatvoreného. Teplota spracovania [°C]: ca. 140 Reakčný čas: podľa podmienok okolia ca. 3 dni
<b>Technické údaje:</b>	Hustota (g/cm <sup>3</sup> ): ca. 1,3 Vzhľad: koncové číslo 0 natur koncové číslo 1 biely



<b>Čistenie:</b>	Po použití by mali byť roztavovacie a nanášacie zariadenia naplnené čističom Jowat® 930.30 (transparentný) alebo 930.34 (červený), aby boli vytlačené zvyšky tavného lepidla. Zosieťovaný, pevne prilepený materiál musí byť rozpustený s čističom Jowat® 930.60. Bližšie informácie nájdete v doporučenom spôsobe spracovania Jowatherm® PUR - Hotmelt.
<b>Skladovanie:</b>	Minimálna doba uskladnenia v originálnych, neotvorených nádobách, v suchom a chladnom prostredí (15 - 25°C) je 6 mesiacov od vyskladnenia, v kartušiach 12 mesiacov.
<b>Balenie:</b>	Nádoby uzatvorené proti vlhkosti. Podľa požiadavky.
<b>Poznámka:</b>	Ďalšie upozornenia k manipulácii, transportu a odstraňovaniu sú uvedené v odpovedajúcom bezpečnostnom liste.

06/04 Informácie uvedené v tomto technickom prospekte sú založené na praktických skúsenostiach a výsledkoch našich laboratórnych testov. Hodnoty sú priebežne aktualizované podľa posledného stavu technológie. Toto vydanie nahrádza všetky doterajšie vydania a je platné k uvedenému dátumu. Prosíme, oboznámať sa s informáciami uvedenými na opačnej strane prospektu.

#### PRODEJCE PRO ČR A SR:

**Hranipex**

Hranipex Czech Republic s.r.o.  
J. Rýznerové 97, Komorovice  
396 01 Humpolec  
Česká republika

T +420 565 501 211  
F +420 565 501 241-2  
E hranipex@hranipex.cz  
www.hranipex.com

**Jowat**  
Klebstoffe

Jowat AG  
Ernst-Hilker-Straße 10-14  
32758 Detmold  
Germany

T +49 (0)5231 749-0  
F +49 (0)5231 749-105  
E info@jowat.de  
www.jowat.de

### **Informácia pre užívateľov**

Lepenie je jednou z najracionálnejších techník spájania materiálov a neustále sa rozširuje do nových oblastí použitia. Zároveň narastá počet lepených materiálov a stále sa vyvíjajú nové metódy a zariadenia na spracovanie lepidiel.

Na tomto poli pôsobenia tiež intenzívne pracuje aj výskumno-vývojové oddelenie firmy Jowat. Jeho vysoko kvalifikovaná skupina chemikov a inžinierov pracuje intenzívne na tom, aby sme Vám ako zákazníkom optimálne poradili a aby ste získali najvhodnejšie lepidlo pre Vašu potrebu.

Naše odporúčenia sa opierajú o výsledky skúšok v našich laboratóriách a tiež o praktické skúsenosti našich zákazníkov. Nie je však možné zohľadniť všetky technické podmienky každého špecifického použitia. Preto je potrebné, aby si každý zákazník sám preveril vhodnosť použitia nami vyrobeného lepidla pre daný účel. To platí pri prvom použití a zavedení do výroby, ako aj v priebehu zmeny technológie výroby.

Novým zákazníkom doporučujeme overiť nami predstavené lepidlo v konkrétnych výrobných podmienkach. Takto pripravené lepené spoje je nutné preveriť podľa praktických kritérií a výsledky zhodnotiť. Tieto skúšky sú nevyhnutne potrebné. Všetkých zákazníkov, ktorí uskutočňujú zmeny vo svojich technologických procesoch prosíme, aby nám to oznámili. To sa vzťahuje aj na zmeny a nastavenie nových parametrov používaných strojno-technologických zariadení, alebo pri zmene lepených materiálov. Len potom budú pracovníci firmy Jowat schopní poskytnúť Vám najnovšie informácie zodpovedajúce aktuálnemu stavu vedeckého poznania.