

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská



Bakalářská práce

2024

Martin Sýkora

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

**Návrh konstrukce a mechanické testování skateboardové desky z lokálních
druhů dřeva**

Bakalářská práce

Autor: Bc. Martin Sýkora

Vedoucí práce: Ing. Tereza Jurczyková, PhD.

2024

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Sýkora

Dřevařství
Zpracování dřeva

Název práce

Návrh konstrukce a mechanické testování skateboardové desky z lokálních druhů dřeva

Název anglicky

Construction design and mechanical testing of a skateboard deck made from local wood species

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je na základě struktury, chemických a fyzikálně-mechanických vlastností vytipovat dostupné lokální dřeviny, z nichž by bylo možné vyrobit produkt minimálně srovnatelných nebo lepších uživatelských vlastností než má celosvětový standard desky ze sedmi vrstev kanadského javoru. Součástí práce bude návrh skladeb, výroba testovacích těles a provedení vybraných zkoušek pro zhodnocení jejich mechanických vlastností.

Metodika

- Literární přehled dané problematiky: Těžba a dostupnost kan. javoru (*Acer saccharum*), uhlíková stopa produktu, průzkum současného trhu, technologie výroby skateboardových desek, požadavky na uživatelské vlastnosti, mechanické vlastnosti. (březen 2023 – září 2023)
- Zajištění a příprava potřebných materiálů (dřevo, lepidlo apod.). (květen 2023 – červen 2023)
- Experimentální část: Návrh experimentu, návrh konstrukčních skladeb, příprava vzorků. (červen 2023 – červenec 2023)
- Experimentální část: Testování mechanických vlastností (smyková zkouška lepených spojů, statický ohyb, rázová houževnatost v ohybu, cyklické zatěžování, tvrdost dle Brinella). (srpen 2023 – listopad 2023)
- Zpracování všech výsledků, jejich interpretace a vyhodnocení. (prosinec 2023 – leden 2024)
- Závěr se stěžejními výstupy práce a doporučení pro praxi. (únor 2024)

Doporučený rozsah práce

40 stran

Klíčová slova

skateboardová deska, jasan, bříza, modul pružnosti, pevnost v ohybu, cyklické zatěžování

Doporučené zdroje informací

- Ansell, M.P. 2015. Hybrid wood composites – integration of wood with other engineering materials. Chapter 16 in Wood Composites: 411-426. Woodhead Publishing Ltd., Abington, Cambridge, United Kingdom. ISBN: 9781782424543
- Dinwoodie, J. M. 2000. Timber Its nature and behaviour. Taylor & Francis New York. 2000. pp. 258. ISBN 0-419-25550-8
- Duchesne, I., Vincent, M., Wang, X., Ung C.-H., Swift, D. E. 2016. Wood mechanical properties and discoloured heartwood proportion in sugar maple and yellow birch grown in New Brunswick. BioResources 11(1): 2007-2019.
- Fotin, A., Lunguleasa, A., Coşoreanu, C., Brenci, L. M. 2016. Research on using Plywood made from domestic species of wood for longboard manufacturing. Pro ligno, 12(3), 34-41.
- Kretschmann, D. E. 2010. Mechanical properties of wood. In: Wood Handbook, General Technical Report FPL-GTR-190, U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI.
- Požgaj, A., Chovanec, D., Kurjatko, S., Babiak, M. Štruktúra a vlastnosti dreva. 1. vyd. Bratislava Príroda, 1993. 486 s. ISBN 80-07-00600-1
- Réh, R., Guoth, M. Návrhy nových preglejkových skateboardov. In Drevársky magazín: odborný časopis na podporu drevárskej a nábytkárskej výroby. 2016. č. č. 1- 2 , s. 44-45.
- Uzcategui, M. G. C., Seale, R. D., França, F. J. N. 2020. Physical and Mechanical Properties of Hard Maple (Acer saccharum) and Yellow Poplar (Liriodendron tulipifera). Forest Products Journal 70: 326-334.
-

Předběžný termín obhajoby

2023/24 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Tereza Jurczyková, PhD.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konzultant

Ing. Adam Sikora, Ph.D.

Elektronicky schváleno dne 9. 5. 2023

doc. Ing. Roman Fojtík, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 28. 7. 2023

prof. Ing. Róbert Marušák, PhD.

Děkan

V Praze dne 23. 09. 2023

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Návrh konstrukce a mechanické testování skateboardové desky z lokálních druhů dřeva vypracoval samostatně pod vedením Ing. Terezy Jurczykové, PhD. a použil jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že zveřejněním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Plzni dne 17. 10. 2023

.....

Podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval Ing. Tereze Jurczykové, PhD. a Ing. Adamu Sikorovi, Ph.D. za odborné vedení mé bakalářské práce, za jejich cenné připomínky a velké množství času, který mi věnovali.

Abstrakt (ČJ)

Cílem této bakalářské práce bylo vytvořit testovací vzorek pro výrobu skateboardové desky. Materiálem měla být taková kombinace lokálních evropských dřevin, aby se během mechanických zkoušek dosáhlo stejných, v ideálním případě ještě lepších mechanických vlastností, než vykazují průmyslově vyráběné a běžně dostupné desky z kanadského javoru (*Acer saccharum*).

Experimenty byly prováděny na zkušebních sedmivrstvých specificky křížem lepených překližovaných tělesech. Celkem bylo testováno 9 navržených skladeb z předem zvolených evropských dřevin – buku lesního (*Fagus sylvatica*), břízy bělokoré (*Betula pendula*), jasanu ztepilého (*Fraxinus excelsior*), a navíc ještě jilmu kanadského (*Ulmus rubra*), které se v rámci těchto skladeb vzájemně kombinovaly. Pro lepení bylo zvoleno lepidlo Titebond III D4 na bázi polyvinylacetátu (PVAc). Vybrané normované zkoušky měly za cíl co nejlépe simulovat mechanické zatížení, jemuž jsou skateboardové desky vystavovány v reálném prostředí.

Zásadním výsledkem je potvrzení, že vzorky z kanadského javoru (standardu) skutečně vykazují lepší mechanické vlastnosti než tuzemský výběr dřevin. U lokálních dřevin lze největší potenciál pozorovat u jednodruhové skladby z jasanového dřeva, která se ze všech testovaných vzorků nejvíce blíží hodnotám parametrů stanovených u kanadského javoru. Pokles hodnot oproti standardu byl následující: tvrdost -4 %, pevnost lepeného spoje ve smyku -27,5 %, pevnost v ohybu a modul pružnosti podél vláken -19 %, resp. -17 %. U rázové houževnatosti naopak dochází ke zvýšení o 21,5 % oproti standardu. Problematickou pevnost lepeného spoje ve smyku v případě jasanu by bylo možné zvýšit např. použitím jiného lepidla, které lépe vyplní jeho pórovitou strukturu. Tím pádem by mohlo dojít i ke zlepšení ohybových vlastností. Z kombinovaných skladeb nejlepších výsledků dosahují vzorky buk-bříza. Jedná se však o lehčí desku s nižší tvrdostí (-18 %) a nižší rázovou houževnatostí (-43 %) oproti standardu. Kombinace dých různých typů dřevin pravděpodobně není řešením a to ani za použití jiného typu lepidla nebo s použitím výztuže.

Přínosem této bakalářské práce je zmapování lokálních dřevin a následné vytipování potenciálně vhodných druhů na výrobu skateboardových desek na území evropského kontinentu.

Klíčová slova: skateboardová deska, jasan, bříza, modul pružnosti, pevnost v ohybu, cyklické zatěžování

Abstrakt (AJ)

The aim of this bachelor thesis was to create a test sample of a skateboard from such a combination of local European wood species that during mechanical tests would achieve the same, ideally even better, mechanical properties than industrially produced and commonly available Canadian maple (*Acer saccharum*) boards.

The experiments were carried out on test seven-layer specifically cross-glued plywood bodies. A total of 9 proposed compositions from pre-selected European wood species were tested - beech (*Fagus sylvatica*), white birch (*Betula pendula*), ash (*Fraxinus excelsior*), and also Canadian elm (*Ulmus rubra*), which within these compositions interact with each other combined. Titebond III D4 adhesive based on polyvinyl acetate (PVAc) was chosen for gluing. The selected standardized tests aimed to simulate as best as possible the mechanical load to which skateboard boards are exposed in a real environment.

The essential result is the confirmation that samples from Canadian maple (standard) really show better mechanical properties than the domestic selection of wood species. Among local wood species, the greatest potential can be observed in the single-species composition of ash wood, which of all the tested samples is closest to the values of the parameters determined for Canadian maple. The decrease in values compared to the standard was as follows: hardness -4 %, shear strength of the glued joint -27.5 %, bending strength and modulus of elasticity along fibers -19 %, respectively. -17 %. On the other hand, impact strength is increased by 21.5 % compared to the standard. The problematic shear strength of the glued joint in the case of ash could be increased, for example, by using a different glue that better fills its porous structure. As a result, the bending properties could also be improved. Of the combined compositions, beech-birch samples achieve the best results. However, it is a lighter plate with lower hardness (-18 %) and lower impact strength (-43 %) compared to the standard. Combining veneers of different types of wood is probably not a solution, even with the use of a different type of glue or with the use of reinforcement.

The contribution of this bachelor thesis is the mapping of local tree species and the subsequent selection of potentially suitable species for the production of skateboard boards on the territory of the European continent.

Keywords: skateboard, ash, birch, modulus of elasticity, flexural strength, cyclic loading

Obsah

1 Úvod	16
2 Cíl práce	18
3 Literární rešerše	19
3.1 Pozadí a historie skateboardingu	19
3.2 Vývoj a nové trendy v konstrukci skateboardových desek	22
3.3 Omezenost surovinových zdrojů a její dopad na výrobu skateboardů	24
3.4 Charakteristika vybraných dřevin	26
3.4.1 Javor cukrový (<i>Acer saccharum</i>)	26
3.4.2 Jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)	28
3.4.3 Buk lesní (<i>Fagus sylvatica</i>)	30
3.4.4 Bříza bělokorá (<i>Betula pendula</i>)	32
3.4.5 Jilm kanadský (<i>Ulmus rubra</i>)	34
3.5 Lepidla	37
3.5.1 Druhy lepidel ve vztahu ke skateboardovému průmyslu	37
3.5.2 Adhezní teorie	39
3.5.3 Podmínky úspěšného lepení	40
3.6 Překližkové materiály	42
3.7 Výroba skateboardových desek	44
3.8 Vlastnosti skateboardových desek	46
4 Metodika	49
4.1 Materiály	49
4.1.1 Dýhy	49
4.1.2 Lamely	51
4.1.3 Lepidlo	51
4.2 Návrh skladeb testovacích těles	51

4.3 Příprava a výroba testovacích těles	53
4.3.1 Úprava dých na požadovanou tloušťku a rozměry	53
4.3.2 Příprava příčných vrstev	53
4.3.3 Kompletace skladeb, lepení a lisování	53
4.3.4 Výroba zkušebních těles pro statický a dynamický ohyb a cyklické namáhání	56
4.3.5 Výroba zkušebních těles pro zkoušku pevnosti lepeného spoje ve smyku	57
4.3.6 Kondicionování vzorků	58
4.4 Měření fyzikálně-mechanických vlastností	59
4.4.1 Stanovení hustoty při vlhkosti 12 %	60
4.4.2 Zkouška tvrdosti podle Brinella	60
4.4.3 Zkouška pevnosti lepeného spoje ve smyku	62
4.4.4 Statická zkouška tříbodovým ohybem	63
4.4.5 Dynamická zkouška v ohybu dle Charpyho	64
4.4.6 Cyklické namáhání	66
4.5 Vyhodnocení dat	67
5 Výsledky a diskuze	68
5.1 Hustota při vlhkosti 12 %	68
5.2 Tvrdost	70
5.3 Pevnost lepeného spoje ve smyku	72
5.4 Pevnost v ohybu	76
5.5 Modul pružnosti podél vláken	79
5.6 Rázová houževnatost před a po cyklickém namáhání	81
5.7 Komplexní vyhodnocení	84
5.7.1 Jednoduché skladby v porovnání s KJ	85
5.7.2 Kombinované skladby v porovnání s KJ	86

5.7.3 Jednoduché a příslušné kombinované skladby v porovnání s KJ	87
6 Závěr	89
7 Seznam použité literatury	91

Seznam tabulek, obrázků a grafů

Obrázek 1 Roller Derby skateboard	20
Obrázek 2 Deska se dvěma zahnutými patkami.....	21
Obrázek 3 Les s kanadskými javory	24
Obrázek 4 Makroskopická stavba javoru kanadského.....	27
Obrázek 5 Makroskopická stavba jasanu ztepilého	29
Obrázek 6 Makroskopická stavba buku lesního	31
Obrázek 7 Makroskopická stavba břízy bělokoré	33
Obrázek 8 Makroskopická stavba jilmu kanadského	35
Obrázek 9 Lomy lepeného spoje	41
Obrázek 10 Adheze a koheze.....	42
Obrázek 11 Skladba skateboardové desky.....	43
Obrázek 12 Typy prohnutí skateboardových desek.....	45
Obrázek 13 Streetová deska	46
Obrázek 14 Schéma nářezového plánu BR dýhy v CAD softwaru	50
Obrázek 15 Technický list lepidla Titebond III	51
Obrázek 16 Schéma vrstvení dých.....	52
Obrázek 17 Příprava lepení	55
Obrázek 18 Balíky dých na výrobu těles	55
Obrázek 19 Dýchovací lis scm Leopida gs 6/90.....	56
Obrázek 20 Kotoučová pila Mayer FH2.....	56
Obrázek 21 Schéma tělesa pro měření pevnosti lepeného spoje ve smyku.....	57
Obrázek 22 Kondicionování vzorků na ohybové zkoušky	58
Obrázek 23 Kondicionování vzorků pro zkoušku pevnosti lepeného spoje	59
Obrázek 24 Tvrdoměr Struers DuraVision-30.....	61
Obrázek 25 Nastavení přístroje pro měření tvrdosti	61

Obrázek 26 Měření pevnosti lepeného spoje	63
Obrázek 27 Příklad na měření pevnosti v ohybu.....	64
Obrázek 28 Statický třibodový ohyb	64
Obrázek 29 Charpyho kladivo	65
Obrázek 30 Cyklovací stroj na FLD ČZU.....	67
Obrázek 31 Graf hodnot hustoty zkušebních těles při vlhkosti 12 %	69
Obrázek 32 Graf hodnot tvrdosti zkušebních těles	71
Obrázek 33 Graf hodnot pevnosti lepeného spoje ve smyku.....	73
Obrázek 34 Porušení lepeného spoje kombinovaných skladeb	75
Obrázek 35 Porušení lepeného spoje ve dřevě, JS/JM	75
Obrázek 36 Graf hodnot pevnosti v ohybu	76
Obrázek 37 Zkušební těleso z BK po ohybové zkoušce.....	77
Obrázek 38 Ukázka delaminace vzorku při ohybu.....	78
Obrázek 39 Graf hodnot modulu pružnosti podél vláken	79
Obrázek 40 Houževnatý lom u KJ	82
Obrázek 41 Méně houževnatý lom u BK	82
Obrázek 42 Graf hodnot rázové houževnatosti před a po cyklickém namáhání	82
Obrázek 43 Graf jednodruhových skladeb v porovnání s KJ	85
Obrázek 44 Graf kombinovaných skladeb v porovnání s KJ	86
Obrázek 45 Graf jednodruhových a příslušných kombinovaných skladeb v porovnání s KJ.....	87
Tabulka 1 Přehled hodnot fyzikálně-mechanických vlastností vybraných dřevin	36
Tabulka 2 Soupis použitých dřív	50
Tabulka 3 Návrh kombinovaných skladeb.....	54
Tabulka 4 Návrh jednodruhových skladeb	54

Tabulka 5 Souhrn průměrných hodnot všech testovaných fyzikálně-mechanických parametrů pro jednotlivé vzorky navržených skladeb	68
Tabulka 6 Porovnání výsledků MOR i MOE včetně kvalitativních čísel.....	80
Tabulka 7 Přehled pozorování chování vzorků po provedení zkoušky rázové houževnatosti.	83

1 Úvod

Dřevo, jakožto materiál přírodního charakteru, bylo odnepaměti využíváno k výrobě téměř čehokoliv. Využití dřeva se uplatňovalo pro energetické účely (palivo), pro výrobu hudebních i nejrůznějších pracovních nástrojů. (MeziStromy.cz 2024) Dřevo sloužilo i jako zdroj přírodních pryskyřic a dalších produktů. Zhotovovaly se z něj předměty denní potřeby, prvky staveb a v některých případech i samotné stavby.

Tomuto trendu samozřejmě nemohlo uniknout ani odvětví sportu. Pokud bylo/stále je možné předmět vyrobit ze dřeva a použití tohoto materiálu nijak negativně neovlivňuje funkčnost dané věci, je dřevo dobrou volbou. Jedná se o obnovitelnou přírodní surovinu se zajímavými fyzikálně-mechanickými vlastnostmi, které lze při výrobě velmi efektivně využít, pokud jsme s chováním dřeva za daných podmínek dobře obeznámeni.

Ze dřeva jsou často vyráběné jednotlivé prvky nejrůznějšího sportovního náčiní (madla, držadla apod.), ale i celé jednotky. Z drobnějších objektů je možné se setkat s předměty tělocvičného nářadí jako například gymnastické kruhy, bradla, hrazdy, odrazové můstky, kladiny, (Chládková 2015) baseballové pálky, hokejky, kuželkové koule, kulečnicková tága, dříve například i tenisové či badmintonové rakety. (Heřmanský 2024) Stále je běžně možné vidět dřevěné podstavce koz, koňů nebo švédských beden. V některých oblastech bylo dřevo jako materiál pro výrobu sportovního vybavení nahrazeno moderními materiály – kovy (hliník, dural...) nebo plasty. Baseballové nebo softballové pálky z hliníku nejsou neobvyklým jevem. Dříve bylo zcela běžné zhotovovat je z jasanového dřeva, ale na základě uživatelských zkušeností hráčů bylo jasanové dřevo kvůli své nadměrné flexibilitě nahrazeno dřevem javorovým či již zmíněným hliníkem.

Ze dřeva se nezhotovují jen předměty drobnějšího charakteru. Tělocvičná zařízení a jejich prostory jsou nezdědka vybaveny šplhacími žebřinami nebo sportovními lavičkami, které neslouží jen jako střídací lavice, ale je možné je využít pro nejrůznější fyzické aktivity v kombinaci například právě se zmíněnými žebřinami. Použitím dřeva pro zhotovování žebřin se již dostáváme k předmětům většího rázu. Zařazujeme mezi ně konstrukce prolézaček a další prvky (nejen) dětských hřišť. Za zmínku zcela nepochybně stojí i celé gigantické konstrukce umělých lezeckých stěn, pro jejichž

stavbu se velmi často používá dřeva jako konstrukčního materiálu. Zcela běžně se v jakémkoliv lezeckém centru setkáme s kombinací nehoblovaných stavebních smrkových hranolů, které tvoří nosnou kostru stěny, opláštěných kvalitní 18mm březovou překližkou. Některé segmenty lezeckých stěn jsou zhotovovány i například z laminátu, ale klasická překližková verze je nejoblíbenější pro svůj přirozený vzhled a její vlastnosti ocení i stavěči lezeckých cest, kteří jsou při stavbě nuceni upevňovat chyty na stěnu i za pomoci vrutů. Ty se do laminátových stěn šroubují velmi obtížně.

Dřevo v souvislosti se sportem nachází nemalé uplatnění i v exteriéru a dokonce odolává i extrémním podmínkám povětrnostních vlivů či velmi silnému mechanickému namáhání. Lyže, saně, snowboardy nebo skateboardy patří mezi vysoce namáhané prvky sportovního vybavení. Všechny tyto zástupci jsou buď přímo zhotovovány ze dřeva (skateboardové desky), anebo jsou alespoň tvořeny dřevěným jádrem (lyže, snowboardy). Náčiní pro zimní venkovní aktivity se musí potýkat s mrazy, vodou, ledem. Naproti tomu skateboardová deska mrazům nebo vodě vystavována nebývá. Podstatou skateboardových triků je však cílené namáhání desky. Důsledkem toho je vybavení skateboardu vystavováno extrémnímu mechanickému zatížení, kterému toto náčiní musí odolávat.

Cílem práce bylo vytvořit zkušební vzorek z kombinace lokálních evropských dřevin, který by během mechanických zkoušek dosáhl stejných (ideálně ještě lepších) mechanických vlastností než průmyslově vyráběné a běžně dostupné skateboardové desky z kanadského javoru.

Skateboarding je populárním sportem, který stále získává nové a nové fanoušky. Celý průmysl se však opírá (až na zanedbatelné výjimky) pouze o jednu výrobní surovinu (kanadský javor), což by podle některých zdrojů (Forbes 2019) časem mohlo vést k ohrožení javorové populace v USA a Kanadě. Přínosem práce je tedy zmapování tuzemských evropských dřevin a následné vytipování potenciálně vhodných zástupců na výrobu skateboardových desek. Výběr byl určován na základě veřejně dostupných informací o mechanických vlastnostech a na základě předem získaných zkušeností z autorovy vlastní výroby skateboardů v domácích podmínkách. Důvodem pro lokální výrobu skateboardových desek je omezení nutnosti importu dřeva z kanadského javoru, omezení jeho těžby a ozvláštnění skateboardového stylu. Desky z odlišného materiálu mohou vést k vývoji sportu jiným směrem a objevení nových (dosud neznámých) triků.

2 Cíl práce

Hlavním cílem této bakalářské práce bylo najít vhodnou lokální dřevinu nebo kombinaci těchto dřevin, které by v konstrukční skladbě (s příp. vyztužením přírodními vlákny lnu nebo konopí) mohly nahradit doposud nejpoužívanější dřevinu skateboardového průmyslu – kanadský javor, a to při zachování všech fyzikálně-mechanických charakteristik a uživatelských požadavků na kvalitní skateboardovou desku.

K dosažení uvedeného cíle bylo zapotřebí vybrat a navrhnout vhodnou konstrukční skladbu z dřív lokálních a dostupných dřevin, příp. v kombinaci s výztuží z přírodních vláken. Výběr byl proveden na základě mechanického testování vyrobených zkušebních vzorků a porovnání s referenčním vzorkem z kanadského javoru.

K výběru vhodné skladby bylo zapotřebí i testování fyzikálně-mechanických vlastností, které byly voleny tak, aby určitým způsobem odrážely reálné chování a namáhání skateboardových desek.

Skladby byly testovány následujícími fyzikálně-mechanickými zkouškami: měření hustoty (ČSN 49 0108), pevnost ve statickém (ČSN 49 0115) a dynamickém ohybu (ČSN 49 0117), tvrdost podle Brinella (ČSN EN ISO 6506-1) a smykové zkoušky lepeného spoje (ČSN EN 205).

3 Literární rešerše

3.1 Pozadí a historie skateboardingu

Tato bakalářská práce pojednává o návrhu inovativní konstrukční skladby skateboardové desky, a proto je na místě věnovat tento odstavec právě skateboardingu.

Většinou je skateboarding vnímán jako extrémní sport. Pokud ho ale člověk přestane pouze sledovat z povzdálí a začne se mu sám věnovat, pochopí, že než jen o sport se jedná spíše o netradiční variantu umění, popřípadě životní styl. Skateboardingem je myšlena aktivita spojená s jízdou a prováděním triků na „dopravníku“, jehož konstrukci tvoří dřevěná deska s charakteristicky ohnutými patkami (vpředu i vzadu) opatřená hrubou nalepovací vrstvou připomínající smirkový papír, dvěma kovovými trucky a polyuretanovými kolečky. Provozování aktivity na alternativních prostředcích jako longboardy, cruiserboardy, nickelboardy či pennyboardy nespadá do tradičního pojetí skateboardingu. Tato alternativní zařízení mají jiný tvar i konstrukci než klasické prvky skateboardu a slouží tedy především jako dopravní prostředky.

Konkrétní zakladatel skateboardingu není znám. Klasické pojetí tvrdí, že skateboarding vznikl v Kalifornii na parkovištích nákupních center. Za jeho tvůrce jsou považováni surfaři, kteří jízdou na deskách s kolečky vyplňovali volný čas, když kvůli nedostatku kvalitních vln nemohli surfovat. V rámci historické části textu je však nezbytné podotknout, že podle Sýkory (2020) byly první verze skateboardů k vidění už počátkem 20. století. Byla to velmi primitivní zařízení sestávající pouze z desky tvořené z kusu (většinou) borového dřeva o rozměrech 2×4“ (v metrických jednotkách 50,8×101,6 mm). Deska byla opatřena železnými kolečky a říditky. Vzhledem zařízení připomínalo spíše koloběžku.

Tyto varianty prošly během následujících cca 40 let vývojem, až se na pulty prvních amerických hračkářství začaly dostávat první komerčně vyráběné „skateboardy“. Vozítka se do 40. let 20. století zbavila řídítek a došlo k mírnému rozšíření desek. Kolečka byla však stále železná a na trucích nebylo možné zatáčet.

Skateboarding v rámci vývoje prošel třemi zásadními vlnami. (Brooke 2005) Obrazně řečeno by bylo možné přirovnat tento vývoj ke křivce podobné sinusoidě. Na začátku každé z vln bylo objeveno něco nového, po určitou dobu se vynález těšil obrovské

oblibě, ale po pár letech začal upadat. Celý proces se takto několikrát opakoval, až skateboarding dospěl do finální fáze, která je v knize *The Concrete Wave: The History of Skateboarding* popisována jako „čtvrtá vlna“.

Celou historii skateboardingu lze shrnout popisem nejvýznamnějších událostí a objevů, které jsou přiblíženy v několika následujících odstavcích. Mezi zcela zásadní nedostatky skateboardů do 50. let 20. století patřily: nefunkční trucky, použití nevhodných materiálů pro tvorbu desky a železná kolečka.

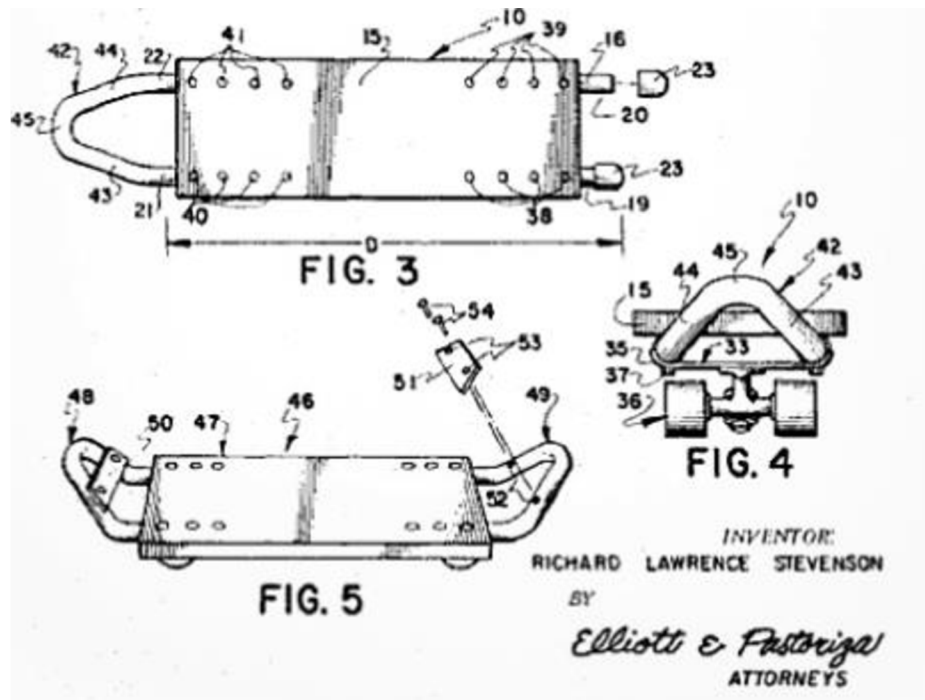


Obrázek 1 Roller Derby skateboard

Zdroj: *Vintage Roller Derby Wood Skate Board in Red with Steel Wheels c. 1950s [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.thirdshiftvintage.com/products/vintage-roller-derby-wood-skate-board-in-red-with-steel-wheels-c-1950s?variant=26102332553>*

V roce 1963 byla vynalezena tzv. „clay wheels“. Kolečka byla vyrobena ze směsi jílu obohaceného o další přídatné materiály. (White 2023) Jízda na skateboardu s těmito kolečky byla jen o něco málo lepší než na starých železných. Tento materiál nebyl příliš trvanlivý, ale oproti kolečkům původním to byl jistý pokrok.

Dalším významným krokem ve skateboardovém vývoji byl v roce 1969 patent desky se dvěma zahnutými patkami. Autorem byl Richard Lawrence Stevenson. (Sýkora 2020) Níže je možné vidět náčrt jeho vynálezu.



Obrázek 2 Deska se dvěma zahnutými patkami

Zdroj: Larry Stevenson- *The Godfather of Skateboarding- Dies at the Age of 81.* *The House Staff.* Publikováno dne 29. března 2012 [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.the-house.com/portal/larry-stevenson-founder-of-makaha-skateboards-dies-at-the-age-of-81/>

V průběhu 60. let 20. století vznikaly i první verze polyuretanových koleček. Jejich výroba by však nemálo zvedla cenu celého skateboardu a snahy prosadit tento revoluční vynález byly odmítány.

Začátkem 60. let vznikla také deska prodávaná pod obchodním názvem „Fiberflex“. Vyráběla je firma The Gordon & Smith co.. Materiál, ze kterého byla tvořena, se nazýval Bo-Tuff – kompozitní materiál na bázi laminátu, který sloužil primárně pro konstrukci luků. Na těchto deskách nebylo možné provádět standardní triky streetového charakteru (skákání, klouzání středem desky po zábradlí, grindování apod.), ale byly velmi pružné a jízda na nich byla příjemná.

70. léta byla plná technologických objevů. Svůj boom zažívala polyuretanová kolečka a s nimi spojené triky, které bylo nově díky nim možné provádět. Nabízela mnohem

lepší vlastnosti díky své přirozené přilnavosti k povrchu. Kolečka byla méně kluzká a jezdci pomocí této vlastnosti dokázali jezdit i po vertikálních rampách.

Na trhu se také objevily značky jako Independent, Tracker nebo Bennett (Sýkora 2020), které začaly vyrábět kvalitní a především funkční podvozky ke skateboardům, díky nimž bylo s „vozítkem“ mnohem pohodlnější zatáčet. V roce 1976 byla dokonce vynalezena speciální ložiska, která snižovala tření mezi kolečkem a kovovou osou trucku a dále zlepšovala zážitek z jízdy.

Pro tuto bakalářskou práci je velmi významné zmínit vynález z poloviny 70. let – laminované desky z kanadského javoru. Jejich autorem byl Willi Winkel. Jeho otec vlastnil továrnu na výrobu dveří a měl k dispozici veškeré vybavení pro práci se dřevem. Willi se snažil vyrábět vlastní skateboardové desky, ale jeho první pokusy nebyly příliš úspěšné. Proto mu otec doporučil, ať zkusí desky lisovat jako překližku. Jako dřevo byl použit kanadský javor a výsledek byl perfektní. V té době nikdo nevyráběl desky podobným způsobem z javoru, a také proto byl Williho úspěch tak značný. (Brooke 2005).

80. léta byla významná díky vzniku značky Powell Peralta, která svými kvalitními produkty a nápaditým marketingem dokázala zaujmout masy a získat si tak důležité postavení na trhu. Firma Powell Peralta stále vyrábí a prodává své výrobky. Značka sídlí v Santa Barbaře v USA. (Sýkora, 2020)

Dnešní forma skateboardingu je zaměřená hlavně na triky streetového charakteru a bazénové ježdění. Desky jsou oproti 80. létům užší a lehčí a kolečka tvrdší.

3.2 Vývoj a nové trendy v konstrukci skateboardových desek

Skateboardy se mohou lišit velikostí, tvarem, složením (výrobou) i materiálem. Dnes jsou desky v podstatě tvarově stejné jako na konci 20. století, ale materiálově vyspělejší. Téměř bez výjimky se doposud nejlepší skateboardové desky vyrábějí ze sedmi vrstev kanadského javoru (*Acer saccharum*), který je slepován za tepla a pod určitým tlakem v lisu. Dýhy jsou specificky vrstveny v podélném a příčném směru vláken tak, aby se zabránilo vzniku potencionálních lomových ploch v kritických dopadových místech desky. Javorové desky zaručují snížení hmotnosti, větší tuhost, pevnost, lehkost a odolnost. (Borden 2019, Waterman 1978)

O využití alternativních dřevin pro výrobu skateboardových desek nebo experimentálním výzkumu v této oblasti bylo dosud publikováno minimum prací: Podle Fotina et al. (2016) je možné pro výrobu skateboardové desky použít bukové a březové dýhy, které mají potenciál nahradit kanadský javor. Marangon (Marangon 2018) hodnotil kvalitu deseti druhů komerčně dostupných skateboardových desek s různými kombinacemi dřeva, lepidla a výztuže. Nejlepší vlastnosti však opět podle jeho hodnocení vykazovala deska konstruovaná ze sedmi dých kanadského javoru s epoxidovým lepidlem. Linke (2011) a Fotin et al. (2016) uvádějí, že alternativou může být použití dýhy bambusu, která je zajímavá svou pružností a tvrdostí. Protože je však velmi křehká, potřebuje vyztužení skelnými vlákny, nebo se musí kombinovat s dýhami z kanadského javoru. Liu (2018) dospěl k výsledkům, že ideální materiál pro skateboardovou desku by měl mít lomovou houževnatost 5 MPa/m², minimální životnost 10 000 cyklů a při zachování ideální hmotnosti nesmí dojít ke křehkému lomu.

Novinkou ve světě profesionálních desek jsou kompozitní materiály, kdy bývá dřevo kombinováno např. s karbonem, aramidem/kevlarem či sklolaminátem. Vyvíjejí je skateboardové společnosti především v USA (např. DSM Premium Woodshop, Powell Skateboards, Element skateboard, Merving manufacturing). Mezi výhody těchto desek patří bezesporu vyšší trvanlivost, tuhost a možnost koncentrování pevnosti do vrchních a spodních částí desky. Nevýhodou u nich je ale vyšší pořizovací cena, obtížnost provedení některých skokových triků, anebo situace, kdy je pro jezdce lepší, aby se deska zlomila, než aby vydržela celá. (Hare 2022, Ananias et al. 2022, Guoth 2013)

Na druhé straně vznikají a jsou intenzivně zkoumány, zatím mimo skateboardový průmysl, i kompozity, resp. výztuže, z přírodních vláken – biopolymerů, které jsou šetrnější k životnímu prostředí, levnější, vykazují vysoké pevnosti a mají nízkou hustotu vláken. Zejména se jedná o len a konopí, které jsou využívány např. při konstrukci lyží a snowboardů (Bátěk 2015) v podobě komerčních výrobků AmpliTex, FlexForm apod. V obou případech lze hovořit o obnovitelném, rychle rostoucím a recyklovatelném materiálu. Výroba konopí má nulový odpad, jedná se o nízkoenergetický proces a všechny vedlejší produkty jsou využívány. (Chaudhary et al. 2018)

Neméně významnou roli hrají při výrobě desky i lepidla, která zodpovídají za celkovou soudržnost a v určitém poměru i za pružnost a pevnost desky. Mezi ty nejpoužívanější

patří lepidla na bázi polyuretanu, melaminu, močoviny, polyvinylacetátu. (Guoth 2013) (Karas, Kučera 2004)

3.3 Omezenost surovinových zdrojů a její dopad na výrobu skateboardů

Zařazení skateboardingu do olympijských her zvýšilo celosvětový zájem o tento sport. S rostoucí poptávkou po skateboardech roste i poptávka po kanadském javoru, jakožto dosud nejpreferovanější a nejčastěji používané dřevině pro výrobu tohoto sportovního vybavení.



Obrázek 3 Les s kanadskými javory

Zdroj: 15 of the Best Types of Maple Trees to Grow at Home. Joe Butler. Publikováno dne 21. srpna 2022 [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://gardenerspath.com/plants/landscape-trees/maple-types/>

Javor cukrový je extrémně důležitým druhem pro ekologii mnoha lesů na hranici USA a Kanady. Javory vyžadují chladné zimní podnebí. Proto se většinou vyskytují severně od 42. rovnoběžky v pěstitelských zónách USDA 3–5. Méně často jsou k nalezení v jižní části areálu (USDA zóna 6). Zde jsou léta horká a vlhká. V nich se javor cukrový nachází především jen v roklích a na vlhkých rovinách. Na východě, od Marylandu na jih, je oblast jeho růstu omezena na Apalačské pohoří. Na západě představuje Tennessee jižní hranici svého rozsahu a Missouri jeho jihozápadní hranici. Činnost lidí

příspěla k úbytku javoru cukrového v mnoha regionech. Místy byl nahrazen oportunistickými druhy v oblastech, kde jsou původně javorové lesy vykáceny. Javor cukrový je také více náchylný ke znečištění než jiné druhy javoru. Kyselé deště a acidifikace půdy patří mezi některé z hlavních faktorů přispívajících k úbytku javorů. Také zvýšené používání soli za posledních několik desetiletí na ulicích a silnicích pro účely odmrzování omezilo počty javorů cukrových na těchto místech. (Wikipedie-Acer saccharum 2024)

S odhadem 100 000 vyrobených desek měsíčně (jezdci na profesionální úrovni mění dřevěnou desku každé 2-3 týdny) (Habaneč 2023) se výroba skateboardů stala hlavním přispěvatelem k odlesňování javorů na severovýchodě USA a v Kanadě. (Forbes 2019) Google Trends a některé další statistiky (Skateboarders HQ. 2023) odhadují, že v roce 2021 bylo na celém světě 85 milionů skateboardistů, z nichž pouze necelých 10 % byli jezdci ze Spojených států. Z toho vyplývá, že použití lokálních dřevin na jiných kontinentech by tuto nežádoucí aktivitu mohlo výrazně omezit.

Značný dopad na životní prostředí i spotřebu energie má také způsob výroby skateboardových desek, které jsou ve velkém rozsahu vyráběny v Číně nebo Mexiku, kam se kanadský javor dováží z USA a Kanady a následně se hotový výrobek opět transportuje zpět do těchto krajín. Ekologickou zátěž produktů by proto snížila i lokální výroba – od výběru dřeviny, formátování, lisování, broušení až po samotnou finalizaci výrobku.

Na současném českém trhu sice vystupuje několik komerčních výrobců skateboardových desek (Owl Boards, WJ skateboards, Charge skateboards, Cirkuz, Ambassadors), všichni však shodně desky lisují z kanadského javoru (výjimku tvoří longboardy z březových dýh a u již zaniklé firmy Mayhem longboards z jasanu). Při bližším průzkumu se navíc ukázalo, že pouze první dvě z těchto firem skutečně vyrábí desky na území ČR, jak deklarují, a ne v Číně. (Havránek, Pek 2023)

Konkurenceschopnou cenu desky by v případě použití lokálních dřevin také bylo možné udržet. Aktuální cena dýh z kanadského javoru je 320 Kč/m² (za poslední 2 roky došlo k nárůstu ceny o 41 % a zvýšení se i nadále očekává), přičemž ceny vytipovaných dýh lokálních dřevin se pohybují v rozmezí 160–270 Kč/m² (jejich nárůst oproti předešlým rokům nebyl tak výrazný). (Hauer 2023)

Z výše zmíněných důvodů vyplývá, že snaha nahradit kanadský javor jinou dřevinou (popř. kompozitním materiálem), je nanejvýš opodstatněná.

3.4 Charakteristika vybraných dřevin

Zmapování fyzikálně-mechanických vlastností evropských dřevin s ohledem na výrobu skateboardových desek z lokálních surovin je zcela stěžejním přínosem této bakalářské práce. Každá z podkapitol popisuje vlastnosti každé z pečlivě vybraných dřevin. (Mendelova univerzita 2020, Inside Wood 2004, The Wood Database 2024)

3.4.1 Javor cukrový (*Acer saccharum*)

Ve skateboardovém průmyslu znám spíše pod názvem „Kanadský javor“ nebo anglickými názvy „Hard maple“ či „Rock maple“. Jedná se o roztroušeně pórovitou dřevinu.

Původní oblast výskytu jsou severovýchodní části USA. Většinou dorůstá výšky od 25 do 35 m a jeho kmen může mít průměr od 0,6 do 1 m. Tabulka 1 uvádí, že při 12% absolutní vlhkosti má dřevo hustotu 705 kg/m³. Pro tvrdost Janka je udávána hodnota 6 450 N. Pro mez pevnosti v ohybu se udává 109 MPa. Hodnota modulu pružnosti dřeva v ohybu je 12,62 GPa. Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny je 54 MPa. Procentuální hodnoty pro sesychání jsou: Rd: 4,8 %, Tg: 9,9 %, Objemové: 14,7 %. Nejčastěji se používá běl než jádrové dřevo. Barvu bělového dřeva lze najít v odstínech od téměř bílé až po téměř bílou krémovou barvu, někdy s načervenalým nebo zlatým odstínem. Jádrové dřevo bývá tmavší červenohnědé. Vlákna javoru cukrového se zdají být většinou rovná, ale mohou být i zvlňená. Jeho dřevo má jemnou

a rovnoměrnou texturu. Typickým využitím javorů cukrových je zpracování na sirup. Otvorem v kůře stromu se sbírá javorová míza, ze které se následně varem odpařuje voda a zůstává pouze hustší sirup. Ze zhruba 40 galonů javorové mízy se vytvoří 1 galon sirupu. 1 galon je cca 3,8 litru. Dřevo javorů cukrových je pak hojně využíváno pro výrobu sportovního náčiní (dýhy na skateboardové desky, bowlingové koule, podlahy basketbalových hřišť). Spolu s jasanem nachází javory uplatnění ve zhotovování baseballových pálek a hudebních nástrojů (violy, housle, krky elektrických kytar...). (Wikipedia-Acer saccharum 2024) S javorovým dřevem se pracuje relativně dobře (jak strojně, tak i ručně). Při obrábění nástroji s vysokými otáčkami se může na řezu pálit. Dobře ho lze soustružit, lepit a i na něm provádět finální úpravy (broušení, moření, nanášení nátěrových hmot).



Obrázek 4 Makroskopická stavba javoru kanadského

Zdroj: *Hard Maple | The Wood Database (Hardwood)*. [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/hard-maple/>

3.4.2 Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*)

Jasan ztepilý je dřevinou, jež klade značné nároky na kvalitu půdy. Je náročný i ohledně vláhy. Na základě této skutečnosti rozlišujeme tři ekotypy této dřeviny: lužní, stepní a vápencový. (Černý 2013) V zahraničních zdrojích je možné jej nalézt i pod hesly jako „European ash“ nebo „Common ash“. Jasan ztepilý je kruhovitě pórovitá dřevina.

Původní oblast výskytu jsou evropské státy a jihozápadní Asie. Většinou dorůstá výšky od 20 do 35 m a jeho kmen může mít průměr až 2 m. V Tabulce 1 je uvedeno, že při 12 % absolutní vlhkosti má dřevo hustotu 680 kg/m³. Pro tvrdost Janka je udávána hodnota 6 580 N. Pro mez pevnosti v ohybu se udává 103,6 MPa. Hodnota modulu pružnosti dřeva v ohybu je 12,31 GPa. Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny je 51 MPa. Procentuální hodnoty pro sesychání jsou: Rd: 5,7 %, Tg: 9,6 %, Objemové: 15,3 %. Má nažloutlou až narůžovělou běl se světlehnědým až hnědým jádrem, letokruhy jsou zřetelně oddělené i mezi jarním a letním dřevem (Mendelova univerzita 2024) Texturou se podobá dubovému dřevu. Vlákna má ve většině případů rovná a pravidelná.

Dřevo jasanu je kvalitní, tvrdé a pružné. Využívá se zejména v truhlářství, pro výrobu nábytku a sportovního příslušenství. Jasan má také léčivé účinky působící močopudně a projímavě. Lístky se v historii užívaly při léčbě revmatismu nebo bérceových vředů. Jasanová kůra údajně snižuje horečku a lze ji využít jako náhražku chininu. (Wikipedie-Fraxinus excelsior) S jasanovým dřevem se pracuje dobře (jak strojně, tak i ručně). Dobře ho lze ohýbat párou, lepit a i na něm provádět finální úpravy (broušení, moření, nanášení nátěrových hmot).



Obrázek 5 Makroskopická stavba jasanu ztepilého

Zdroj: *European Ash | The Wood Database (Hardwood) [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/european-ash/>*

3.4.3 Buk lesní (*Fagus sylvatica*)

Buk lesní je roztroušeně pórovitá dřevina. (AtlasRostlin.cz 2024) Jsou to statné opadavé listnaté stromy s výraznou šedou hladkou borkou a vřetenovitými pupeny. Tvoří souvislé lesy, tzv. bučiny. Jedná se o hospodářsky ceněný strom s tvrdým dřevem. Původní oblast výskytu jsou evropské oblasti. Většinou dorůstá výšky od 30 do 40 m a jeho kmen může mít průměr od 1 do 1,5 m. Podle Tabulky 1 má dřevo při 12% absolutní vlhkosti hustotu 710 kg/m^3 . Pro tvrdost Janka je udávána hodnota 6 460 N. Pro mez pevnosti v ohybu se udává 110,1 MPa. Hodnota modulu pružnosti dřeva v ohybu je 14,31 GPa. Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny je 57 MPa. Procentuální hodnoty pro sesychání jsou: Rd: 5,8 %, Tg: 11,7 %, Objemové: 17,9 %. Dřevo má jemně hnědou barvu, místy s narůžovělými nebo hnědými odstíny. Pařené dřevo (i dýhy) může být červeně zbarvené). Vlákna jsou většinou rovná a dřevo má jemnou texturu a je přirozeně mírně lesklé.

Je to dřevina pro svou dobrou ohýbatelnost používaná hlavně v nábytkářství (židle TON). Uplatnění nachází také ve výrobě dřevěných hraček, náčiní do kuchyně (prkénka apod), špalků na sekání masa do řeznických provozů, rukojetí drobného náradí, prvků palných zbraní, železničních pražců a parket. (Mendelova univerzita 2024) Je také velmi výhřevné. Dříve se procesem suché destilace bukového dřeva vyráběl methanol (dřevný líh) a bylo i materiálem pro výrobu dřevoplynu. (Wikipedie-Fagus sylvatica) S bukem se pracuje dobře. Snadno se strojně obrábí, moří, paří, lepí i impregnuje. Buk je výborný materiál pro soustružení. Mírně problematické u buku může být sušení. Má tendence k tvorbě trhlin a borcení. (Mendelova univerzita 2024)



Obrázek 6 Makroskopická stavba buku lesního

Zdroj: European Beech | The Wood Database (Hardwood) [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/european-beech/>

3.4.4 Bříza bělokorá (*Betula pendula*)

Bříza bělokorá je opadavým stromem odolným vůči mrazu. Lze ji zařadit k nejznámějším stromům v České republice. Je možné ji nalézt po celé Evropě, ale nevadí jí ani mírnější podnebné pásmo Asie či severoamerického kontinentu. V zahraničních zdrojích je možné ji nalézt i pod heslem „Silver birch“. Je charakteristická svou papírově bílou odlupující se kůrou. (AtlasRostlin.cz 2024) Bříza většinou dorůstá výšky od 20 do 30 m a její kmen může mít průměr od 0,3 do 0,6 m. Jedná se o roztroušeně pórovitou dřevinu. (Mendelova univerzita 2024)

Dále uváděné informace jsou převzaty z Tabulky 1. Při 12% absolutní vlhkosti má dřevo hustotu 640 kg/m^3 . Pro tvrdost Janka je udávána hodnota 5 360 N. Pro mez pevnosti v ohybu se udává 114,3 MPa. Hodnota modulu pružnosti dřeva v ohybu je 13,96 GPa. Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny je 50 MPa. (Dřevostavitel 2013) Procentuální hodnoty pro sesychání jsou: Rd: 5,2 %, Tg: Objemové: 14,7 %. (MatWeb 2024) Má žluto, šedo či hnědobílé dřevo (Mendelova univerzita 2024) se světle červenohnědým jádrem, letokruhy nejsou téměř nijak barevně odlišené. (Wood Database 2024) Texturou je bříza jemná a rovnoměrná. Vlákna má většinou rovná nebo občas mírně zvlněná. Dřevo nevyniká přirozeným leskem. Hojně se využívá pro výrobu dých a překližek. Jedním z velkých odběratelů březové dýhy je například švédská nábytkářská firma Ikea. Obecně má bříza široké využití, světlé dřevo je oblíbené nejen v nábytkářství. Své uplatnění nachází i ve výrobě prvků saunových interiérů (opěrek na stěny saun, prkna lavic, ohrádky kolem saunových kamen). I známé saunové metličky bývají většinou z březových větvíček. Listy břízy obsahují rozmanité cenné látky, díky nimž nachází bříza své uplatnění i ve zdravotnictví a farmaceutickém průmyslu. Z proutí se vyrábí košťata, míza se využívá v kosmetice (březová voda) a sladká šťáva k výrobě sirupu. (ZŠ ŽDÁR NAD SÁZAVOU 2024) (Sauna.cz 2024) S březovým dřevem se pracuje dobře (jak strojně, tak i ručně). Lze ho dobře soustružit, lepit a i na něm provádět finální úpravy (broušení, moření, nanášení nátěrových hmot). Dobře se i suší. Má však tendence k borcení a tvoření trhlin. (Mendelova univerzita 2024)



Obrázek 7 Makroskopická stavba břízy bělokoré

Zdroj: *Silver Birch | The Wood Database (Hardwood) [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/silver-birch/>*

3.4.5 Jilm kanadský (*Ulmus rubra*)

Jilm kanadský, který je původem z východní části Skalistých hor v USA a Kanadě, je opadavý strom s korunou tvaru vázy až fontány, která je široká a má obloukovitě převislé větve. Tento strom může dosáhnout výšky od 20 do 30 metrů. Mladé větve jsou pokryté chlupy a zimní pupeny mohou být vejčité, špičaté nebo tupé. Listy tohoto stromu mohou být obvejčité, vejčité nebo eliptické, špičaté, dlouhé 7–15 cm, pilovité a drsné. Plody jsou eliptické, pokryté chlupy, úzce křídlaté a měří 1 cm na délku. (Rostliny.net 2024)

Dýhy evropského jilmu horského bohužel nebyly k dispozici. Proto byl zakoupen jilm kanadský. I když se nejedná o lokální dřevinu, byl zařazen mezi dřeviny této bakalářské práce. V případě, že by se z fyzikálně-mechanického hlediska kanadský jilm osvědčil, mohl by se v dalších fázích výzkumu testovat už jilm horský.

Další myšlenkou bylo, že kdyby se kanadský jilm osvědčil, mohlo by jeho použití alespoň částečně nahradit kanadský javor, což by bylo taktéž prospěšné a mohlo by to vést k omezení těžby javorů.

Původní oblast výskytu jilmu kanadského jsou východní až středozápadní oblast USA. Většinou dorůstá výšky od 20 do 30 m a jeho kmen může mít průměr od 0,6 do 1 m. Jilm kanadský je kruhovitě pórovitá dřevina. (Mendelova univerzita 2024)

Následující informace je možné ověřit v Tabulce 1. Při 12% absolutní vlhkosti má dřevo hustotu 560 kg/m³. Pro tvrdost Janka je udávána hodnota 3 690 N. Pro mez pevnosti v ohybu se udává 81,4 MPa. Hodnota modulu pružnosti dřeva v ohybu je 9,24 GPa. Pevnost v tlaku rovnoběžně s vlákny je 38,1 MPa. Procentuální hodnoty pro sesychání jsou: Rd: 4,2 %, Tg: 9,5 %, Objemové: 14,6 %. Jádru má jemně až středně červenou barvu. Světlejší běl je většinou snadno odlišitelná. Vlákna jsou často nepravidelně odchýlená od podélné osy původní kulatiny a dřevo je tudíž velmi obtížné štípat. Dřevo má hrubou a nerovnoměrnou texturu. (Wood Database 2024)

Dřevo jilmů je dobře ohebné. Jilm polní má bělové dřevo nažloutle bílé až šedé, běl úzká až široká; jádrové dřevo čokoládově hnědé. Světle hnědé má jilm horský. Na tangenciálním řezu je viditelná fládrovaná textura, pruhovaná na řezu radiálním. Obecně je možné říct, že je hrubě rýžkovaná, lesklá, velmi dekorativní. Ve staré Anglii se z jilmového dřeva zhotovovaly rakve. Jilmové dřevo bývá také často využíváno ve

stavebnictví, kolářství a k výrobě dílců ohýbaného nábytku. Za zmínku také stojí, že jilmové dřevo je též jedním z nejvhodnějších materiálů k výrobě luků. (Wikipedie-Ulmus 2024) Práce s ním však může být poměrně náročná kvůli vzájemně propleteným vláknům. Tento fakt může způsobovat problémy i při hoblování. Dobře se však lepí, barví a provádí se na něm finální úpravy. Lze ho také dobře ohýbat párou. (Wood Database 2024)



Obrázek 8 Makroskopická stavba jilmu kanadského

Zdroj: *American Elm | The Wood Database (Hardwood) [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/american-elm/>*

Tabulka 1 Přehled hodnot fyzikálně-mechanických vlastností vybraných dřevin

Zdroj: (Bodig, Jayne 1993, Dřevo NB, s.r.o. 2014, Novák 2013, The Wood Database 2024, Uzcategui et al. 2020, MatWeb 2024).

hustoty dřevin:	ρ_0 [kg/m ³]	ρ_{12} [kg/m ³]	kategorie tvrdostí	hodnoty HB [MPa]	MPa						
					Tah II	Tah _I_	Tlak II	Tlak _I_	Ohyb MOR	Ohyb MOE	Smyk
Javor cukrový	570	705	tvrdá	65	105	5	54	10,1	109	12600	10,1
Jasan ztepilý	650	690	tvrdá	65	142	6,9	51	10,8	118	13100	12,5
Buk lesní	680	720	tvrdá	72	130	3,5	46	7,9	104	13100	12,3
Bříza bělokorá	610	650	měkká	48	134	6,9	50	10,8	134	16100	11,8
Jilm kanadský	530	560	středně tvrdá	63	84	3,9	55	9,8	87	10800	6,9

3.5 Lepidla

Lepidla (též adheziva) je možné definovat jako prostředky k pevnému spojování povrchů různých materiálů. Mohou být kapalná (vodorozpustná nebo rozpouštědlová), pastovitá, popř. pevná tavitelná. Původně byla a některá stále jsou vyráběna z přírodních surovin (kliš, želatina, kasein, klovatina, škroby, dextrin); v současnosti se mnohé druhy vyrábějí ze syntetických pryskyřic (např. epoxidových, polyesterových, močovino-formaldehydových, acetylcelulózových, chlorkaučukových atd.). Z rychle polymerizujících složek se vyrábějí tzv. minutová či vteřinová lepidla, okamžitě spojující různé materiály. (Diderot 1999)

Lepidla můžeme rozdělit do mnoha skupin podle různých kritérií. Např. podle způsobu tuhnutí na nereaktivní (roztoková, disperzní, tavná) a reaktivní (jedno-, dvou – či vícenosložková), podle tepelných vlastností na termoplasty, termosety a kaučukovitá lepidla nebo dále podle teploty vytvrzování, charakteru po vytvrzení (opětovně rozpustná, nerozpustná), odolnosti vůči vodě apod.

3.5.1 Druhy lepidel ve vztahu ke skateboardovému průmyslu

V závodech na výrobu skateboardových desek se běžně setkáváme s tradičními PVAc, jednosložkovými polyuretanovými či dvousložkovými epoxidovými lepidly.

3.5.1.1 Polyvinylacetátová lepidla

Primární složkou pro výrobu PVAc lepidel je vinylacetát. Hlavním způsobem průmyslové výroby vinylacetátu je reakce ethenu s kyselinou octovou a kyslíkem za přítomnosti palladia jako katalyzátoru. Dříve se vyráběl adicí plynné kyseliny octové na acetylen za přítomnosti kovového katalyzátoru. (Wikiwand 2024) Z monomeru (vinylacetátu) se pak dále radikálovou polymerací připravuje polymer – polyvinylacetát. Polyvinylacetát není rozpustný ve vodě a jeho velmi malé částice jsou jemně dispergovány ve vodě.

Tato lepidla jsou k dostání pouze v kapalně podobě a jejich barva bývá obvykle bílá či světle žlutá. Vyznačují se velmi dobrou adhezí ke dřevu a schopností vytvářet velmi pevné a pružné spoje. Používají se na lepení dřeva, papíru, kameniny, keramiky, tkaniny apod. Jsou zdravotně nezávadná. (Cvach 2012)

Nevýhodou je jejich horší chemická odolnost. Jinak by měl být polyvinylacetát poměrně stálý i za zvýšených teplot v závislosti na střední molekulové hmotnosti – měkne v

rozmezí od 80 °C do 200 °C (Ducháček 2006) I přesto mnozí výrobci zaručují v produktových listech svých výrobků tepelnou stabilitu lepených spojů do cca 90 °C.

PVAc lepidla známe například pod komerčními názvy: Herkules, Ponal Super, Titebond, Rakoll, Nexo, nebo Soudal lepidlo na dřevo.

3.5.1.2 Polyuretanová lepidla

Vznikají adiční polymerací polyizokyanátů s vícemocnými alkoholy. Objevují se jako jednosložková či dvousložková lepidla. Jednosložková lepidla vulkanizují vlivem vzdušné a povrchové vlhkosti z okolí či z povrchu materiálu. Dvousložková lepidla vytvrzují polyadici. Nevytvrzená polyuretanová lepidla bývají v tekuté podobě a mají béžovou až zlatohnědou barvu.

Výhodou polyuretanových lepidel je jejich odolnost vůči vodě, povětrnostním vlivům, chemickým sloučeninám a adheze k obtížně lepitelným povrchům. PU lepidla mají také vysokou pevnost v ohybu. Mezi nevýhody patří jejich zdravotní škodlivost kvůli přítomnosti izokyanátů a vysoká cena. (Pánek 2015)

Polyuretanová lepidla známe například pod komerčními názvy: Bison Timber PU Max, Vinalap Pur Bond D4 nebo Soudal PU lepidlo na dřevo.

3.5.1.3 Epoxidy

Proces lepení epoxidovými pryskyřicemi spočívá ve smísení dvou složek. Když se tekutá pryskyřice spojí s odpovídajícím tvrdidlem, dochází k chemické reakci, která může trvat od několika hodin až po několik dní. Po smíchání těchto složek za správných teplotních podmínek se materiál přemění z tekutého na pevný stav.

Z chemického hlediska je vytvrzení reakcí, kterou umožňují přítomné epoxidové vazby: polymerací epoxidových skupin, polyadici sloučenin s aktivním vodíkem na epoxidovou vazbu, nebo polykondenzace přítomných hydroxylových skupin.

Hlavními surovinami pro výrobu epoxidů jsou epichlorhydrin a bisfenol A. V procesu výroby epoxidových pryskyřic se epichlorhydrin a bisfenol A kombinují za vzniku produktu, který se nazývá bisfenol A diglycidylether (BADGE). Tento produkt je základem pro většinu epoxidových pryskyřic. (Wikipedie-Bisfenol A 2024) a (Wikidepie-Epoxid 2024)

Epoxidová lepidla jsou v nevytvrzeném stavu v kapalném nebo pevném podobě. Kapalína svou konzistencí připomíná například med. S pevnými epoxidy se musí pracovat za zvýšené teploty, aby došlo k jejich roztavení. Po vytvrzení jsou lepené spoje odolné vůči některým rozpouštědlům, alkáliím a minerálním kyselinám. Aby byla dosažena dostatečná pevnost lepeného spoje, je nutné dodržet doporučený poměr tvrdidla k pryskyřici. Epoxidovými lepidly je možné lepit dřevo, kovy, sklo. Jejich nevýhodou je nedostatečná pevnost v odloupávání z hladkých ploch a vyšší cena. (Pánek 2015)

Epoxidová lepidla známe například pod komerčními názvy: Kittfort Epoxidová pryskyřice Epoxy 1200 nebo UHU PLUS endfest 300. Často je také možné najít je pouze v malých baleních v podobě zdvojených injekčních stříkaček (jedna pro pryskyřici, druhá pro tvrdidlo).

3.5.2 Adhezní teorie

Jak už bylo výše zmíněno, lepidla je možné definovat jako prostředky k pevnému spojování povrchů různých materiálů a pojem lepení vyjadřuje schopnost určitých látek spojovat dva předměty na základě přilnavosti k jejich povrchu. Síla zaručující tuto soudržnost se označuje jako adheze.

Spojované předměty (adherendy) a lepidlo (adheziv) jsou většinou materiály různého složení. Pokud jsou adherend a adheziv stejného složení, mluvíme o takzvané autohezi. Lepidla bývají v kapalném stavu, popřípadě mohou být během působení na povrch adherendu v roztaveném plastickém stavu. (Eisner et al. 1983)

Existuje několik adhezních teorií (mechanické přilnavosti (Sedliačik 1998), (Eisner et al. 1966), (Eisner et al. 1983), difúze (Sedliačik 1998), elektrostatiky (Ibid.), absorpce (Ibid.), (Liptáková, Sedliačik 1989), chemické vazby (Eisner et al. 1983), reologická teorie (Sedliačik 1998), (Eisner et al. 1983), ovšem žádná z nich plně nevysvětluje princip adheze. Specifické případy lepení nebo použitého lepidla mohou potvrdit nebo vyvrátit danou teorii. Je zřejmé, že adheze je komplikovaný proces, jenž sestává z několika fyzikálně-mechanických procesů probíhajících současně.

Všechny teorie mají shodný základ v tom, že molekuly lepidla a lepeného materiálu se musí k sobě dostatečně přiblížit, aby mezi nimi mohlo dojít ke vzniku adheze. Lepidlo proto musí být v době lepení v tekutém nebo plastickém stavu. Lepidlo také musí dobře smáčet povrch. Aby docházelo ke kvalitnímu smáčení, musí mít lepidlo nižší povrchové

napětí než tuhý materiál. Lepidlo se musí nějaký čas udržet v kapalně fázi, aby mohlo docházet k orientaci jeho molekul. Během tohoto procesu může docházet k polarizaci nebo difúzi molekul. V některých případech může dojít i k částečné chemické reakci s lepeným materiálem.

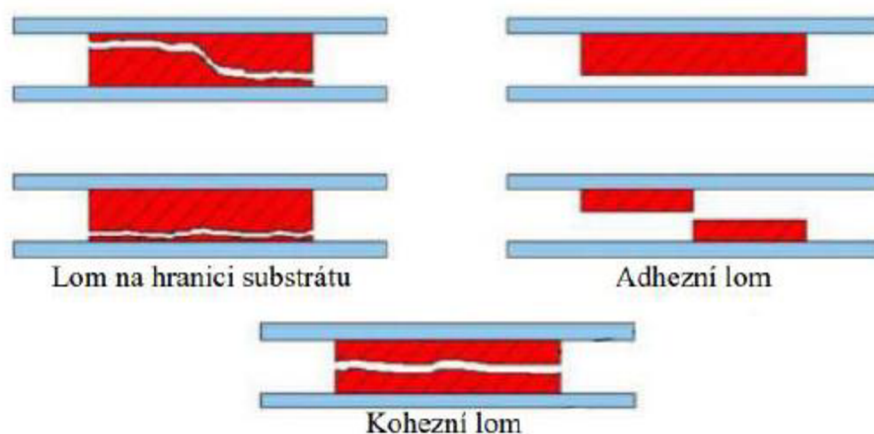
Zvýšení tlaku, teploty a lisovacího tlaku mají na adhezi pozitivní vliv, protože jejich účinkem se zvyšuje orientace molekul lepidla. (Sedliačik 1998), (Eisner et al. 1983), (Liptáková 1989), (Eisner et al. 1966)

3.5.3 Podmínky úspěšného lepení

Kvalita lepeného spoje je závislá na několika hlavních parametrech, a to na vlastnostech dřeva, vlastnostech lepidla, ale také na podmínkách, za kterých byl lepený spoj vytvořen.

- **čistota povrchu** – povrchy znečištěné neodstraněnými nátěrovými hmotami, mastnotou, prachem apod. mají zpravidla negativní vliv na pevnost spoje. (Sedliačik 2005, Osten 1996)
- **hladkost povrchu** – Lepené povrchy musí být sice hladké, ale příliš lesklé povrchy zhotovené například frézováním při vysokých otáčkách není zcela ideální. Takové povrchy je před nanášením lepidla vhodné zbrousit. (Sedliačik 2005, Osten 1996)
- **poréznost a objemová hmotnost** – Poréznost a nasákavost lepeného dřeva zvětšují plochu styku lepidla a lepeného materiálu. Se stoupající hustotou dřeva je při lepení vyžadován i vyšší lisovací tlak, jenž je také závislý na rovnosti povrchu dřeva. Tvrdé dřeviny vyžadují rovnější povrch než dřeviny měkké (poddajnější). (Sedliačik 2005, Osten 1996, Sedliačik 1998)
- **chemické vlivy** – Většina dřevin má slabě kyselý nebo neutrální charakter a je proto nutné volit lepidla s vhodnými hodnotami pH, aby nedocházelo po styku lepidla s povrchem dřeva k agresivním chemickým reakcím. (Sedliačik 2005, Liptáková, Sedliačik 1989)
- **vlhkost dřeva** – Optimální vlhkost dřeva pro lepení se obvykle pohybuje v rozmezí 6–14 %. Specifická hodnota závisí na typu lepidla a technologii lepení. Existují však i lepidla, která mohou lepit dřevo s vyšší vlhkostí, například jednosložková polyuretanová lepidla, která vytvrzují pomocí vlhkosti a jsou schopna slepit dřevo s vlhkostí nad 20 %. (Liptáková, Sedliačik 1989)

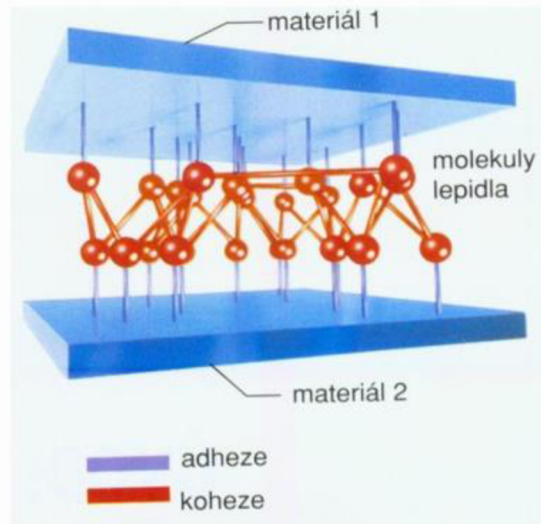
- **teplota lepení** – Rychlost, s jakou lepidla tuhnou a vytvrzují, je ovlivněna teplotou. Většinou platí, že lepidla tuhnou rychleji, pokud je teplota dřeva a okolního prostředí vyšší. Toto pravidlo se vztahuje jak na lepidla, která tuhnou fyzikálně (jako je například PVAc disperze), tak na lepidla, která tuhnou chemicky (jako jsou například fenolformaldehydová lepidla). Jedinou výjimkou jsou tavná lepidla, která tuhnou při ochlazení. Při lepení by měla být teplota dřeva a okolního prostředí minimálně 15 °C. (Sedliačik 2005)
- **lisovací tlak** – Lisovací tlak se aplikuje při lepení s cílem vyhladit nerovnosti na povrchu materiálu, který se má spojit, a zajistit tak vytvoření tenké, nepřerušené vrstvy lepidla napříč celou lepenou spárou. Je důležité, aby lisovací tlak byl dostatečný, ale zároveň ne příliš silný. Výrobce lepidla obvykle poskytuje doporučení ohledně hodnoty lisovacího tlaku. Při příliš silném lisovacím tlaku může dojít k vytlačení nadbytečného množství lepidla z lepené spáry, což vede k vzniku takzvaného chudého spoje. (Eisner et al. 1966)
- **vlastnosti lepidla** – Klíčovým faktorem ovlivňujícím kvalitu lepení je výběr vhodného lepidla a vlastnosti lepící směsi. Mezi důležité vlastnosti lepící směsi patří její viskozita, doba životnosti nebo skladovatelnosti, odolnost proti mrazu, roztíratelnost, doba tuhnutí, otevřený čas, pH adheziva a množství naneseného lepidla potřebné k dosažení kvalitního spoje. (Eisner et al. 1966)



Obrázek 9 Lomy lepeného spoje

Zdroj: DOUBEK, Pavel; KOLNEROVÁ, Michaela. *Základy technologie lepení karosářských výlisků*. Liberec: Technická univerzita, 2014. ISBN 978-80-7494-170-2.

Na Obrázku 9 jsou k vidění typy porušení u zkoušky pevnosti lepeného spoje ve smyku. Pokud dojde k porušení v lepeném materiálu, nazývá se jev lomem kohezním. Pokud k porušení dojde v adhezivu (lepidle), nazývá se jev lomem adhezním.



Obrázek 10 Adheze a koheze

Zdroj: UST FME VUT Brno. [online] Dostupné z: <https://ust.fme.vutbr.cz/> [cit. 2024-04-02].

Na Obrázku 10 je možné vidět detail lepeného spoje mezi dvěma lepenými materiály.

3.6 Překližkové materiály

Původní verze skateboardových desek byly charakteristické svou vysokou tuhostí. Bylo tomu tak z důvodu použití nevhodných materiálů pro jejich konstrukci. Typicky byly desky zhotovovány z masivních kusů obyčejného truhlářského řeziva. Jízda na takovém skateboardu bude pravděpodobně nekomfortní. Tuhá deska bude veškeré vibrace koleček a podvozků, tzv. trucků, přenášet na desku a ta zase na nohy jezdce, který tak bude pociťovat nepříjemné brnění končetin.

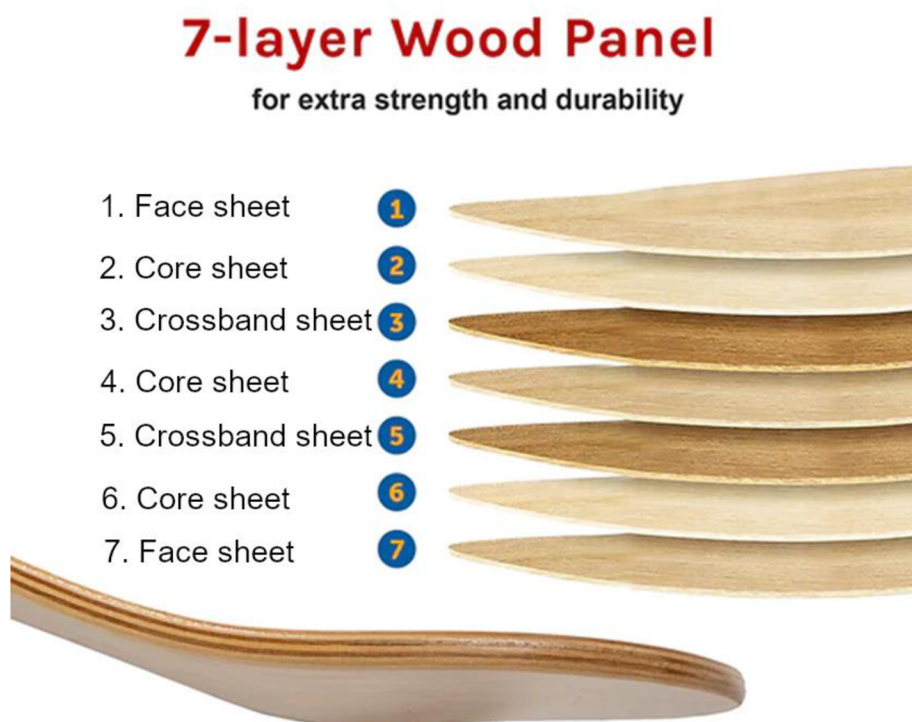
Masivní dřevo je zcela nevhodné pro konstrukci skateboardové desky, protože se u ní mohou projevit známky anizotropie dřeva, a to může vést ke vzniku trhlin vlivem změn vlhkosti či se deska může jednoduše rozštípnout při neopatrném zacházení. Skateboardy z masivního dřeva bývaly většinou pouze plochého tvaru, což neumožňovalo provádět takové množství triků a jízdnicích variací, jako tomu je u dnešních moderních skateboardů.

Naproti tomu překližované desky jsou ideální pro ohýbání, svou konstrukcí pomáhají „homogenizovat“ materiál a částečně tak anulovat anizotropní vlastnosti rostlého

dřeva. Díky tomu, že se překližky vyrábějí lisováním z tenkých vrstev dřeva, tzv. dých – „tenká dřevěná deska (0,2 – 1,5 mm), je možné uložit je do tvarové formy v lisu a za pomoci tlaku a vhodného lepidla vytvořit tvarovanou desku, jejíž křivky mají pro provádění skateboardových triků zásadní význam.

Klasické obalové nebo konstrukční překližky, které je běžně možné koupit ve stavebninách, dřevoprodejích či hobbymarketech, mají lichý počet dých a každá z nich je směrem svých vláken kolmá na vlákna té druhé. Dýhy do takového souboru skládáme křížem.

U skateboardové překližky je tomu trochu jinak. Deska má také lichý počet vrstev, ale skladba je odlišná. Uspořádání jednotlivých vrstev vzhledem ke směru jejich vláken je možné vidět na následujícím schématu. U „crossband sheet“ jdou vlákna vždy napříč.



Obrázek 11 Skladba skateboardové desky

Zdroj: *FACTORY FAST. 60 Pack Sports Training Discs Markers Cones Soccer AFL Exercise Personal Fitness [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.factoryfast.com.au/products/60-pack-sports-training-discs-markers-cones-soccer-afl-exercise-personal-fitness-1>*

Optimálního využití lepeného lamelového dřeva je dosahováno použitím lamel s nejvyšší pevností a minimálním odklonem vláken jako okrajových vrstev, což pomáhá rozložit napětí při zatížení. To je způsobeno tím, že okrajové vrstvy jsou nejvíce a nejsilněji zatěžovány. Při ohybu dochází k maximálnímu napětí v nejkrajnějších vrstvách, jedné v tahu, druhé v tlaku. Ohybové napětí klesá z maxima na čelních vrstvách na téměř nulu ve střední vrstvě. Smykové napětí je naopak vyšší ve středu panelu a na vnějších vláknech. (Wikipedie-překližka 2024)

Tzv. face sheets jsou vrstvy dýh, které je možné vidět. Nacházejí se na povrchu desky. Tzv. core sheets jsou dýhy jádrové a tzv. crossband sheets se nalézají ve 3. a 5. vrstvě. Face a core sheets mají vlákna podélně, zatímco crossband vrstvy křížem. Překližka tvořená klasickou křížovou skladbou by byla příliš měkká a pružná. U skateboardu je třeba zachovat toto rozložení, protože větší zastoupení podélných vrstev zaručuje vyšší tuhost a pevnost desky v podélném směru.

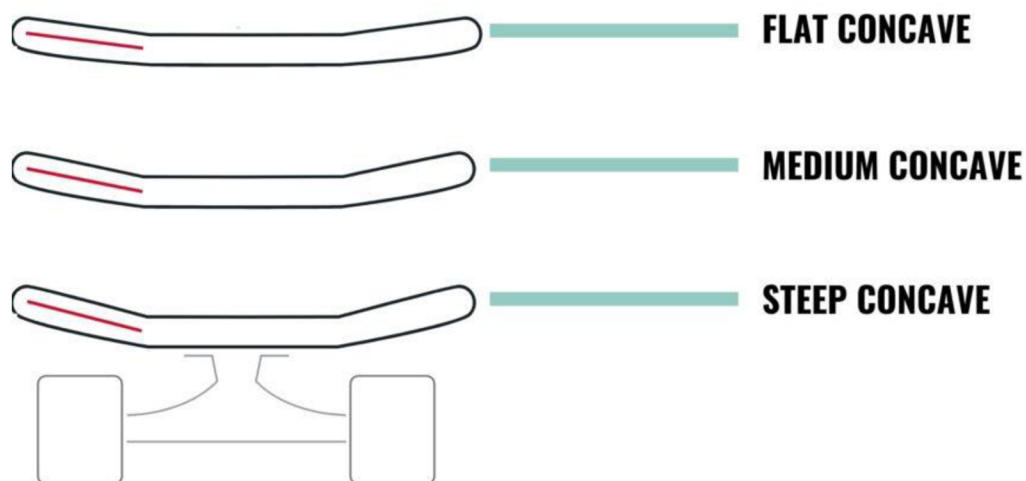
Dýhy pro výrobu skateboardů mají tloušťku většinou od 1,4 do 1,5 mm (cca 1/17 palce).

3.7 Výroba skateboardových desek

Pro výrobu skateboardové desky je zapotřebí mít dostatečně silný lis a tvarovou formu.

Formy na lisování skateboardů mohou být kovové, betonové či dřevěné. Lze se setkat i s formami z alternativních materiálů (plasty nebo polystyren). Tyto však nejsou tak spolehlivé a nacházejí uplatnění spíše u hobby výrobců skateboardových desek. Moderní formy a následně i zhotovené desky bývají v prostřední podélné části konkávně prohnuté. Toto tvarové uzpůsobení zajišťuje zvýšení tuhosti desky v podélném směru a má vliv i na jízdní vlastnosti. Konkávní prohnutí slouží pro snazší provádění například triků, při kterých deska rotuje kolem své podélné osy.

CONCAVE CHART



Obrázek 12 Typy prohnutí skateboardových desek

Zdroj: HVS BOARD BLOG. *Skateboard Deck Guide: Shape and Size* [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://hvsboardblog.com/skateboard-deck-guide-shape-and-size/>

Celý proces je velmi jednoduchý. Pracovník vytvoří skladbu překližky. Na jednotlivé vrstvy nanese lepidlo, vloží do formy, která je zabudována do vnitřní konstrukce lisovacího zařízení a pomocí hydraulických pístů či manuálních mechanických systémů se obě poloviny formy nechají přibližovat k sobě, dokud není vyvinut dostatečný tlak potřebný pro výrobu desky.

Po uplynutí lisovacího času, který je většinou k nalezení v technickém listu daného použitého lepidla, pracovník polotovaru vyjme z formy, provede dokončovací práce a skateboardová deska je hotova. Technický list lepidla dodávaný výrobcem obsahuje informace nejen o lisovacím času, ale je zde možné najít hodnoty pro lisovací tlak, potřebné množství nanášeného lepidla, čas otevřené doby schnutí apod.

Po vyjmutí polotovaru z lisu je nutné vyříznout tvar finální desky. Velké továrny tuto úlohu svěřují velkým CNC obráběcím strojům, které dokáží opracovat více desek najednou. V menších provozech se deska vyřezává nebo frézuje podle předem připravené šablony. K vyříznutí lze použít přímočarou pilu, pásovou pilu s úzkým pilovým pásem nebo desku zhotovit na spodní frézce kopírováním tvaru podle šablony. Dalším krokem je ohranění ostrých hran desky pomocí ohranovací frézky a

závěrečnou fází je zbrúšení a vyleštění celé desky. Skateboardovou desku je také vhodné chemicky ošetřit. Nejčastěji se používá polyuretanových nebo epoxidových laků odolných vůči oděru a vlhkosti.

3.8 Vlastnosti skateboardových desek

Tato práce se zabývá návrhem desky streetového charakteru.

„Street skateboarding je disciplína, která se vyvinula ze skateboardingu na veřejných komunikacích a chodnících. Někdy se také označuje jako „street skating“ nebo „sidewalk surfing“. Triky street skateboardingu se obecně provádějí na zábradlích, schodech, lavičkách, piknikových stolech a dalších pouličních objektech, stejně jako na rovné zemi.“ (Stoked Ride Shop 2022)

Pro tuto disciplínu skateboardingu jsou třeba desky charakteristického vzhledu a charakteristické funkce.

Deska, která je na Obrázku 13, je většinou 31" (78,74 cm) dlouhá, 8,25" (20,955 cm) široká, ve středové části konkávně prohnutá a má nahoru zahnuté patky nose a tail. Tohoto funkčního tvaru je dosahováno pomocí jednoduché tvarovatelnosti dřevových



Obrázek 13 Streetová deska

Zdroj: EBAY. Pro Natural Blank Skateboard Deck, 7.5"; 7.75"; 8.0"; or 8.25"; 8.5" for choices [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.ebay.com/itm/321630081622>

vrstev při lisování. Šířky desek se pohybují v rozmezí cca od 7,5“ (19,05 cm) do 9,5“ (24,13 cm). Vhodná šíře se volí podle stylu skateboardingu, kterému se jezdec chce věnovat a podle velikosti jezdcovy nohy.

Pro schopnost provádět moderní streetové triky je nutné, aby měla deska patřičné parametry. Mezi ně patří:

- kompromis mezi dostatečnou tuhostí a flexibilitou v podélném směru
- otěruvzdornost
- obecně trvanlivost
- optimální hmotnost
- správné rozměry jednotlivých funkčních částí

Skateboardová překližka nesmí být příliš tuhá. Přílišná tuhost by mohla spíše spojena i s křehkostí, což by mohlo znamenat snížení komfortu pro jezdce a snížení životnosti samotné desky. Proto je klíčový kompromis mezi tuhostí a flexibilitou. Přehnaná ohebnost je také nevhodná, protože deska příliš pruží, a při tricích vyžadujících odraz nohou jezdce je energie odrazu částečně pohlcována deskou, což může mít za následek snížení výšky výskoku apod. Naproti tomu, jízda na ohebné desce je velmi komfortní a příjemná pro nohy. Tyto vlastnosti budou sledovány a hodnoceny na základě výsledků statické zkoušky tříbodovým ohybem, jejímž cílem je zjistit maximální průhyb testovaného tělesa. Získanými parametry jsou modul pružnosti a pevnost v ohybu. (Grof 2017) Současně bude stanovena i pevnost lepeného spoje ve smyku, která s výše uvedenými veličinami určitým způsobem také souvisí. Namáhání smykem vzniká tehdy, pokud dvě síly stejné velikosti působí opačným směrem v jedné rovině procházející těžištěm průřezu. Zjišťuje se síla, při které dojde k porušení lepeného spoje mezi dvěma lamelami. (Ibid.)

Otěruvzdornost je důležitá vlastnost pro provádění například tzv. slidů na railech. Jedná se o triky, kdy jezdec vyskočí na zábradlí a středem desky sjede dolů, dopadne na kolečka a pokračuje v jízdě. Povrch zábradlí může být občas hrubý či různě zvlněný nebo hrbolatý a materiál desky musí tomuto typu namáhání čelit co nejdéle. Pro hodnocení těchto vlastností byla zvolena zkouška stanovení tvrdosti desky (dle Brinella), která je založena na zjišťování odporu materiálu vůči vnikání kuličky daného průměru. (Suchánek – Hanyko 2016)

Trvanlivost – parametr, který se týká odolnosti i vůči občasnému vystavení vlhkosti – dešti nebo změnám teplot. Předmětem tohoto experimentu ale bylo zaměřit se na únavu samotného materiálu z hlediska mechanického namáhání. Kvalitní deska by měla vydržet 10 tis. cyklů. Bylo proto provedeno tzv. cyklické zatěžování. Jedná se o druh únavové zkoušky. Je to takové zatížení, které periodicky kolísá mezi maximem a minimem. (Svoboda 2013). Před i po cyklování byly provedeny dynamické zkoušky rázem, stanovení tzv. rázové houževnatosti pomocí Charpyho kladiva. Zjišťuje se, kolik práce je potřeba na přeražení zkušebního tělesa. (Smetanová 2022) Skateboardové desky se ale občas lámou a je i vhodné, aby vznikající lomy nebyly příliš dlouhé a ostré, aby nedošlo k poranění jezdce.

Optimální hmotnost – bude stanovená hustota vzorků při vlhkosti 12 % a dojde k relativnímu srovnání vzorků mezi sebou a vždy i s KJ – tím bude hmotnost desek dobře zmapována.

Největší vliv na jízdní vlastnosti celé desky mají ale rozměry jednotlivých funkčních částí. Jsou jimi myšleny: nose, tail a středová konkávní část. Tail je zadní část a musí být kratší než přední nose, aby odrazy při výskoku byly dostatečně vysoké. Delší nose slouží při vyvažování skateboardu při výskoku a podobných tricích. Konkávní část musí být správně dlouhá a vhodně prohnutá. I konkávní prohnutí desky má vliv na vztah tuhosti a flexibility v podélném směru.

Obecné rozměrové parametry je možné dohledat v online příručkách, ale desku je po výrobě nutné uživatelsky otestovat zkušenými jezdci. Je nutné připustit, že žádný z mechanických testů neprozradí o kvalitě skateboardové překližky tolik jako pocit v nohou zkušeného uživatele. Tato bakalářská práce a i následný výzkum však nově přináší přístup, kdy bude provedeno jak mechanické, tak následně ve výzkumu i uživatelské testování skateboardových desek a zjištěná data budou dána do souvislostí a vzata v úvahu pro následné hodnocení.

4 Metodika

Cílem práce je nalézt lokální dřevinu (případně kombinaci dřevin), která by byla vhodná pro nahrazení kanadského javoru v konstrukčních skladbách komerčně prodávaných skateboardových desek. Za tímto účelem bylo nutné vytvořit soubor testovacích těles. Na těch pak byly prováděny mechanické zkoušky, které svým charakterem odpovídaly reálnému zatížení, jemuž jsou vystavovány celé skateboardové desky při běžném uživatelském používání.

Metodika práce obsahuje seznam použitých materiálů, návrh a popis jednotlivých kroků výroby definovaných skladeb desek, přípravu testovacích těles požadovaných rozměrů pro jednotlivé zkoušky a definici vybraných fyzikálně-mechanických zkoušek. U zkušebních těles byla stanovena hustota při vlhkosti 12 % (ČSN 49 0108) a následně byly vzorky podrobeny zkoušce pevnosti lepeného spoje ve smyku (ČSN EN 205), tvrdosti podle Brinella (ČSN EN ISO 6506-1), statické zkoušce třibodovým ohybem (ČSN EN 310) a dynamické zkoušce rázem pomocí Charpyho kladiva před i po cyklickém namáhání (ČSN 49 0117).

4.1 Materiály

4.1.1 Dýhy

Základní surovinou pro výrobu překližovaných testovacích vzorků je dýha. Vstupní materiály pro bakalářskou práci byly dodány firmou JAF Holz. Firma JAF Holz zhotovuje dýhy krájením. Vznikají tak poměrně úzké pásy, ze kterých většinou není možné vyrábět příčné vrstvy, aby byly z jednoho kusu. Jednotlivé části příčných vrstev proto byly spojovány.

Základními požadavky při výběru dýh byl druh dřeviny a rozměry jednotlivých listů. Volil jsem listy o co největší šířce a vhodné délce. Podle rozpisu skladeb zkušebních vzorků byl před nákupem vytvořen nářezový plán v CAD softwaru a dýhové listy byly voleny tak, aby při jejich zpracování vznikalo co nejmenší množství odpadu.

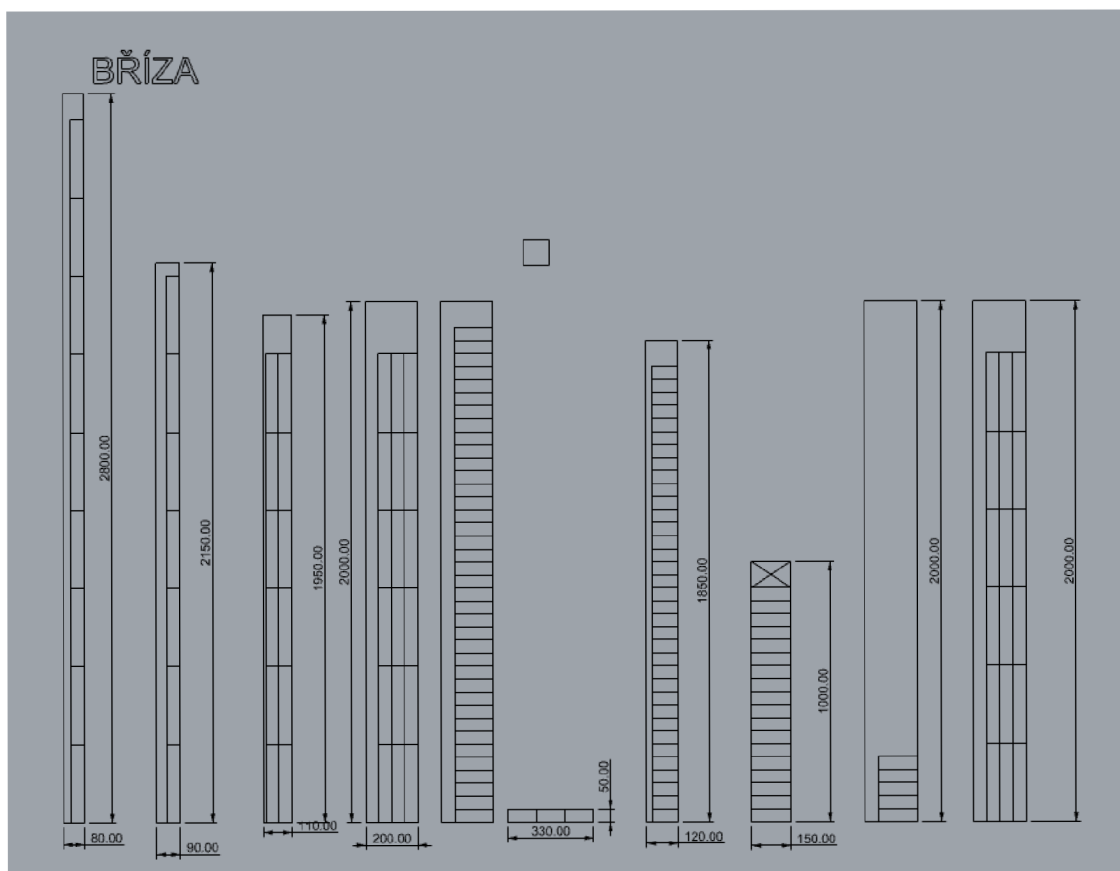
Pro výrobu těles byly zapotřebí dýhy o tloušťce 1,4 mm. Většina dýh byla dodána v tomto rozměru, ale některé (BR a KJ) musely být upraveny na širokopásové brusce. Listy z břízy byly dodány v tloušťkách 2,5 mm. KJ měl rozměr 1,5 mm.

V následující tabulce je uvedený seznam všech použitých dřív i s podrobnostmi.

Tabulka 2 Soupis použitých dřív

Dřevina	Dodavatel	Cena/m ²	Tloušťka
kanadský javor (<i>Acer saccharum</i>)	JAF Holz	320 Kč/m ² bez DPH	1,5 mm – ztenčit
bříza (<i>Betula pendula</i>)	JAF Holz	270 Kč/m ² bez DPH	2,5 mm – zbrousit
jasan ztepilý (<i>Fraxinus excelsior</i>)	JAF Holz	160 Kč/m ² bez DPH	1,5 mm – OK
jilm (<i>Ulmus rubra</i>)	JAF Holz	290 Kč/m ² bez DPH	1,5 mm – OK
buk (<i>Fagus sylvia</i>)	JAF Holz	160 Kč/m ² bez DPH	1,5 mm – OK

Veškeré listy dřív byly před započítáním přeměřeny a byly vytvořeny nářezové plány v CAD softwaru, aby bylo zamezeno případným chybám při samotné výrobě.



Obrázek 14 Schéma nářezového plánu BR dřívky v CAD softwaru

Zdroj: Archiv autora

4.1.2 Lamely

Vzorky pro zkoušku pevnosti lepeného spoje ve smyku byly vyrobeny slepením 2 lamel o tloušťce 5 mm, ze kterých se následně vymanipulovaly vzorky o rozměru 10 × 20 × 110 mm, které byly opatřeny specifickým dvojitým průřezem dle požadavku normy (viz kap. 4.3.5. Výroba zkušebních těles pro zkoušku pevnosti lepeného spoje ve smyku).

Lamely pro výrobu těles pro zkoušku pevnosti lepeného spoje ve smyku byly nahrubo uříznuty z fošen na pásové pile a následně opracovány ohoblováním na tloušťkovací frézce, aby bylo dosaženo cílové tloušťky a kýžené kvality povrchu.

4.1.3 Lepidlo

Jednotlivé dýhy byly lepeny disperzním PVAc lepidlem Titebond III kategorie D4, jehož vlastnosti a aplikační pokyny jsou uvedeny v technickém listě produktu, který je uveden na Obrázku 15.

Vlastnosti produktu

Splňuje normy ANSI / HPVA Type I.
Voděodolné a vodou čistitelné.
Voděodolnost (ČSN EN 204) D4.
Vysoká počáteční lepivost.
Navrženo pro interiérové a exteriérové lepení.
Delší otevřená montážní doba spoje.
Nižší teplota pro použití.
Schváleno FDA - pro nepřímý styk s potravinami.

Fyzikální vlastnosti

Typ Vyspělý patentovaný polymer	Obsaženo VOC 5,6 g/l (Obsah těkavých organických látek)
Skupenství Kapalina	Hmotnost/galon 4,18 kg (cca 1,1 kg/1 l)
Barva Žlutohnědá	Teplotní třída* Přibližně 7,5°C.
Zaschlé lepidlo Světle hnědé	Bod vzplanutí > 93,5°C.
Sušiny 52%	Zamrazení/rozmrazení stabilní
Viskozita (dynamická) 4.200 mPa/s	pH 2,5
Trvanlivost 24 měsíců od data zakoupení a době uzavřených nádobách při teplotě do 24°C.	

*Teplotní třída indikuje nejnižší doporučenou teplotu, při které lepidlo, vzduch a materiály mohou být v průběhu použití, aby byla zajištěna dobrá vazba.

Aplikační pokyny

Teplota pro použití nad 8,5°C.
Otevřená montážní doba 10 minut (21°C./ 50% relativní vlhkost).
Celkový montážní čas 20-25 minut (21°C./ 50% relativní vlhkost).
Spotřeba přibližně 1 l na 6 m² v jedné vrstvě.
Povinný upínací tlak dostatečný pro těsný kontakt obou dosedacích ploch (obecně, 0,7-1,1 MPa (100-150 psi) pro jehličnany, 0,85-1,2 MPa (125-175 psi) pro středně tvrdé dřevo a 1,2-1,75 MPa (175-250 psi) pro tvrdé dřevo).
Způsob aplikace plastové dózy s aplikační špičkou pro jemné nanášení, lepidlo může být také nanášeno válečkem nebo štětcem.
Začištění otřete vlhkým hadříkem dokud je lepidlo vlhké, popřípadě seškrábněte po zavednutí a smirkovým papírem zbruste zaschlý přebytek.

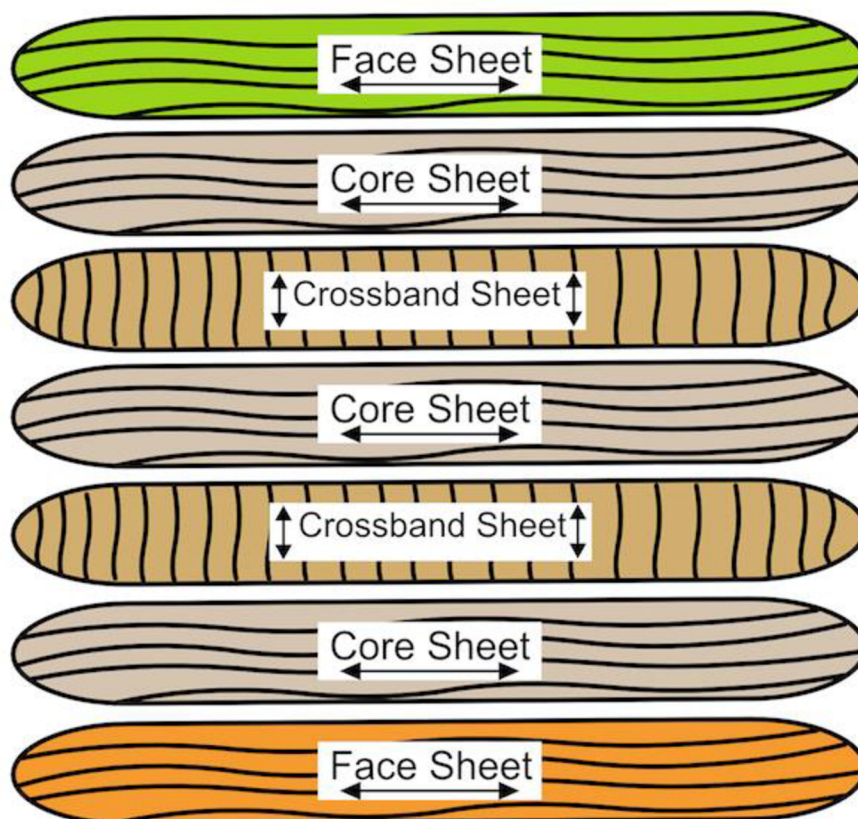
Obrázek 15 Technický list lepidla Titebond III

Zdroj: IGM. Titebond III Ultimate Technický list. [online]. 2023. [cit. 29. 3. 2024]. Dostupné z: <https://www.igm.cz/documents/123-1413/cs/123-141%20titebond%20iii%20ultimate%20technicky%20list%20cz%20v1.2.pdf>.

4.2 Návrh skladeb testovacích těles

Skladby byly navrženy na základě úsudku, zkušeností s danou dřevinou a obecně známých hodnot jejich fyzikálně-mechanických vlastností.

Jednalo se o vytvoření referenční skladby z KJ, 4 jednodruhových skladeb a 4 kombinovaných skladeb. Základním pravidlem při přípravě kombinovaných skladeb bylo umístit tvrdší dřevinu do povrchových vrstev a dřevinu měkčí naopak do jádra.



Obrázek 16 Schéma vrstvení dých

Zdroj: *What Makes a Good Skateboard Deck?* [online]. [cit. 29. 3. 2024].
Dostupné z: <https://www.timberaid.com/calculator/articles/what-makes-good-skateboard-deck/>.

Myšlenkou bylo zvýšit mechanickou odolnost povrchových vrstev těles. U reálné skateboardové desky by tato vlastnost mohla zvýšit životnost materiálu. Vzorky byly vyrobeny ze dřeva kanadského javoru, jasanu ztepilého, kanadského jilmu, buku lesního a břízy bělokoré.

Každý vzorek byl sestaven a následně lepen klasickým stylem po vzoru komerčně prodávaných desek - 7 vrstev dýhy, 3. a 5. vrstva s orientací vláken kolmo ke směru vláken zbývajících pěti vrstev (Obrázek 16).

Zbylé 4 skladby byly kombinacemi buku, jasanu, jilmu a břízy. V Tabulce 4 je každá skladba zřetelně znázorněna.

4.3 Příprava a výroba testovacích těles

4.3.1 Úprava dých na požadovanou tloušťku a rozměry

I když byla testovací tělesa v závislosti na požadavcích dané zkoušky různých rozměrů (šířka a délka), tloušťka těles byla vždy víceméně stejná (cca 10 mm). Byla tvořena ze sedmi vrstev 1,4 mm tlustých dých navzájem slepených ($7 \times 1,4 = 9,8$ mm + tloušťka lepených spár).

Dýhy z kanadského javoru byly dodány v tloušťce 1,5 mm místo požadovaných 1,4 mm, stejně tak z břízy, kdy tloušťka byla dokonce 2,5 mm. Tyto dýhy tedy musely být před dalším zpracováním ztenčeny pomocí širokopásové brusky na správný rozměr. Širokopásová bruska SCM Sandya 300 v základním nastavení neumožňuje brousit takto tenké materiály. Bylo proto nutné odemknout servisní mód a manuálně nastavit požadovanou tloušťku.

Skladby se lepily ve větším formátu (délka 920+ mm, šířka podle dostupné šířky dých daného druhu). Důvodem pro takový způsob lepení byl ten, aby z nich nakonec mohla být vyříznuta testovací tělesa. Na většinu z nich byl délkový požadavek 300 mm. Proto byly lepeny kusy s délkou 920+ mm. Plánem bylo z nich vymanipulovat tři 300mm tělesa na délku. 20 mm navíc tam bylo jako rezerva pro prořez kotouče a mírné nepřesnosti při lisování. Vše se po zkompletování zařízlo na stejnou šířku. Řezání bylo prováděno pomocí kotoučové pily Mayer FH2 (Obrázek 19).

4.3.2 Příprava příčných vrstev

Dýhy, které měly mít směr vláken kolmý ke směru předchozí vrstvy, byly spojovány z více kusů pomocí papírové krepové pásky (Obrázek 18). Při řešení problematiky sesazování dých bylo uvažováno i o šití tavným vláknem. Nakonec byl ale zvolen způsob lepení krepovou páskou. Spoj byl dostatečně kvalitní a čas na jeho zhotovení byl kratší.

4.3.3 Kompletace skladeb, lepení a lisování

Postup výroby vzorků byl vždy stejný. Jednalo se o výrobu těles na bázi překližky. Lepena byla vždy stejným lepidlem. Jediné, co se obměňovalo, byly druhy dřevin

v jednotlivých skladbách. Požadované skladby byly připraveny navrstvením dýhových listů (Obrázek 17) podle tabulek s plánovanými skladbami (Tabulky 3 a 4).

Tabulka 4 Návrh jednodruhových skladeb

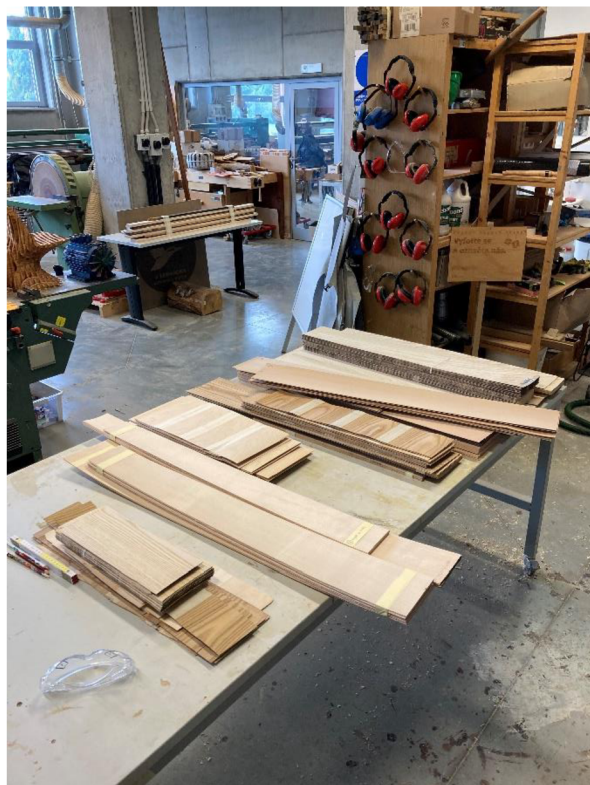
		$\rho_{12} = 705 \text{ kg/m}^3$ HB = 65 MPa	$\rho_{12} = 690 \text{ kg/m}^3$ HB = 65 MPa	$\rho_{12} = 680 \text{ kg/m}^3$ HB = 64 MPa	$\rho_{12} = 720 \text{ kg/m}^3$ HB = 89 MPa	$\rho_{12} = 650 \text{ kg/m}^3$ HB = 48 MPa
SKLADBA DESKY		KJ	JS	JM	BK	BR
Označení		Stand	Ref_JS	Ref_JM	Ref_BK	Ref_BR
1	Top Face sheet	KJ	JS	JM	BK	BR
2	Top Core Sheet	KJ	JS	JM	BK	BR
3	Top Crossband Sheet	KJ-křížem	JS-křížem	JM-křížem	BK-křížem	BR-křížem
4	Real Core Sheet	KJ	JS	JM	BK	BR
5	Base Crossband Sheet	KJ-křížem	JS-křížem	JM-křížem	BK-křížem	BR-křížem
6	Base Core Sheet	KJ	JS	JM	BK	BR
7	Base Face Sheet	KJ	JS	JM	BK	BR

Tabulka 3 Návrh kombinovaných skladeb

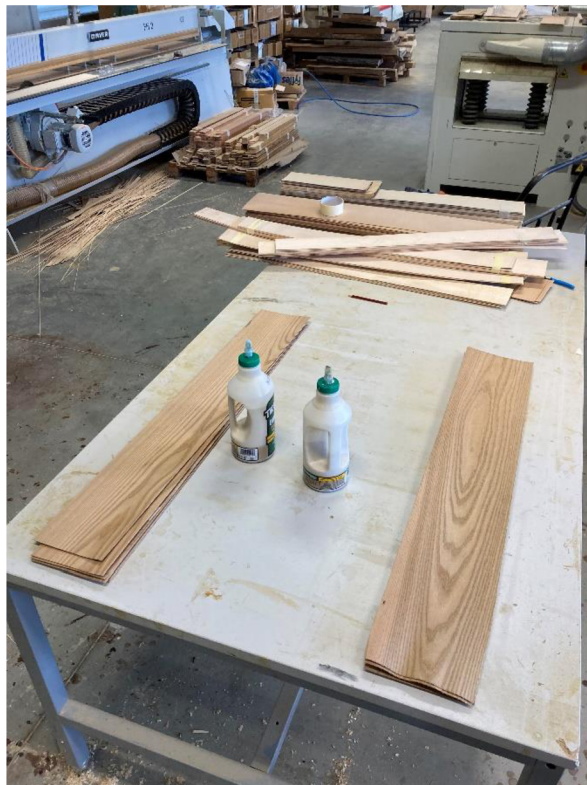
SKLADBA DESKY					
Označení		JS + JM	BK + JS	BK + JM	BK + BR
1	Top Face sheet	JS	BK	BK	BK
2	Top Core Sheet	JS	JS	JM	BR
3	Top Crossband Sheet	JM-křížem	JS-kříž	JM-kříž	BR-kříž
4	Real Core Sheet	JS	BK	BK	BK
5	Base Crossband Sheet	JM-křížem	JS-kříž	JM-kříž	BR-kříž
6	Base Core Sheet	JS	JS	JM	BR
7	Base Face Sheet	JS	BK	BK	BK

Na jednotlivé listy bylo oboustranně manuálně pomocí pěnového válečku nanášeno PVAc lepidlo Titebond III při dodržení požadavku na množství uvedené v technickém listě (cca 166 ml/1 m²) a následně byla celá sestava zalisována v dýhovacím lise scm

Leopida gs 6/90 (viz Obrázek 20). Lisovací parametry byly 330 barů, 20 °C a 30 minut. Lisování bylo prováděno v souladu s technickým listem lepidla Titebond III.



Obrázek 18 Balíky dřeva na výrobu těles
Zdroj: Archiv autora



Obrázek 17 Příprava lepení
Zdroj: Archiv autora



Obrázek 19 Dýhovací lis scm Leopida gs 6/90

Zdroj: Archiv autora



Obrázek 20 Kotoučová pila Mayer FH2

Zdroj: Archiv autora

4.3.4 Výroba zkušebních těles pro statický a dynamický ohyb a cyklické namáhání

Vzniklé lepené skladby o rozměrech (cca 100+ × 150+ × 920+ mm) bylo nutné následně upravit-naformátovat na požadované délky a šířky, aby byly v souladu s příslušnými normami.

V případě těles pro třibodový statický ohyb se jednalo o rozměry 300 × 50 mm (16 ks) a pro ohyb dynamický (16 ks), tedy i pro zkoušku cyklického namáhání (16 ks), měla tělesa rozměry 300 × 25 mm (šířka 25 mm byla dána technickými limity Charpyho kladiva). Technickým limitem Charpyho kladiva je myšleno příliš úzké vykrojení části kyvadla, kterým jsou zkoušená tělesa přímo přerážena. Šířka vzorků 50 mm byla příliš velká a těleso nepasovalo do vykrojení kyvadla. K přerážení vzorku by pravděpodobně došlo i tak, ale zkouška by neproběhla v souladu s technickou normou a výsledky by tak mohly být zkreslené či neprůkazné.

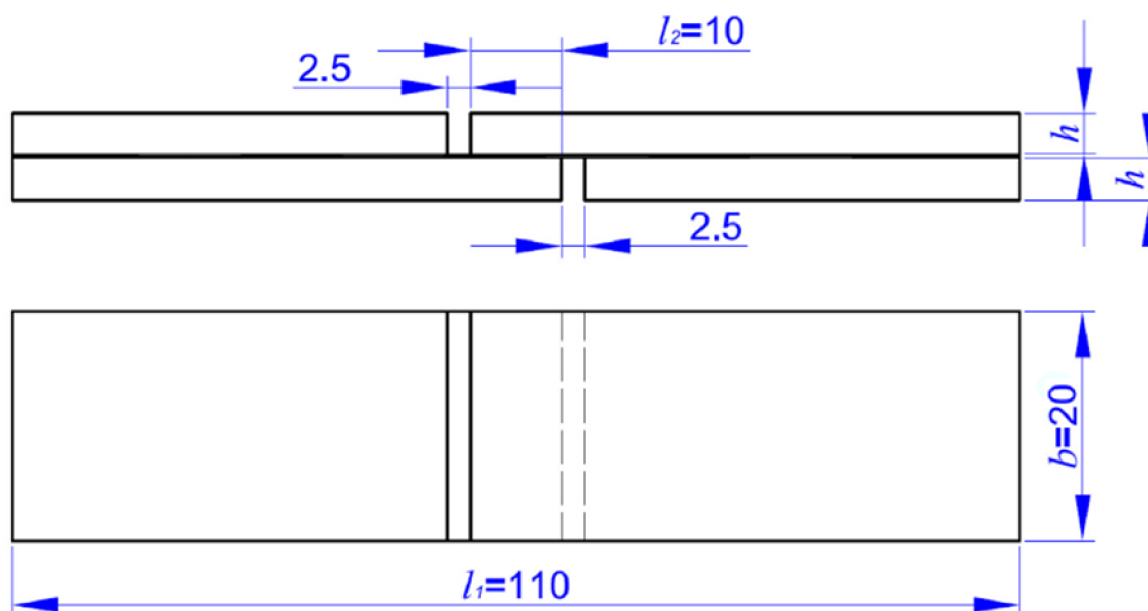
Hustota zkušebních těles byla počítána na vzorcích určených pro zkoušku statickým ohybem před samotnou zkouškou před porušením.

Z důvodu omezeného množství materiálu byla tvrdost dle Brinella měřena na vzorcích použitých při zkoušce statickým ohybem. Oblasti měření (převážně v okrajových částech) byly důkladně vybírány tak, aby vzorek v těchto místech nebyl poškozen trhlinou, delaminován či jinak porušen.

Rozměrové úpravy byly prováděny na kotoučové pile (určené primárně k řezání dřív) typu Mayer FH2.

4.3.5 Výroba zkušebních těles pro zkoušku pevnosti lepeného spoje ve smyku

Příslušnou mechanickou zkoušku a požadavky na vzorky popisuje norma ČSN EN 205 (668508). Jednoduché (KJ-KJ, BK-BK, BR-BR, JS-JS, JM-JM) i kombinované (BK-BR, BK-JS, BK-JM, JS-JM) páry lamel o tloušťce 5 mm byly slepeny PVAc lepidlem Titebond III za dodržení stejných aplikačních i lisovacích podmínek jako v případě přípravy zkušebních překližkových vzorků v kapitole výše. Slepěné lamely poté byly nařezány na testovací vzorky o rozměrech 110 × 20 mm. Posledním krokem k dokončení přípravy bylo oboustranné proříznutí lamel do hloubky lepené spáry. Veškeré práce byly prováděny na stolní kotoučové pile. K prořezávání těles do hloubky lepené spáry byl využit speciální přípravek zhotovený přesně pro tyto účely. Jednalo se pouze o jednoduchý doraz, který umožnil provést řez ve správném místě. Jeho použití však není bezpodmínečně nutné. Zářezy z opačných stran musejí být



Obrázek 21 Schéma tělesa pro měření pevnosti lepeného spoje ve smyku

Zdroj: Adam Sikora. *Mechanické charakteristiky u skejtové desky* [online]. Message to: xsykm008@studenti.czu.cz, jurczykova@fld.czu.cz. 22. 2. 2023 [29. 3. 2024]

přerušeny tak, aby vznikl překryv o ploše 10 × 20 mm, Ten při namáhání tělesa v tahu nese smykové namáhání a jeho selháním se zjišťuje pevnost lepeného spoje v této ploše. Od každé série bylo připraveno 16 ks vzorků.

4.3.6 Kondicionování vzorků

Veškerá zkušební tělesa byla po zhotovení umístěna na 4 týdny do klimatizační komory Memmert HPP 750 při teplotě 20 ± 2 °C a relativní vlhkosti vzduchu 65 ± 5 %, čímž se zajistila 12% vlhkost všech testovaných vzorků dle požadavků norem. (Obrázek 22, 23)



Obrázek 22 Kondicionování vzorků na ohybové zkoušky

Zdroj: Archiv autora



Obrázek 23 Kondicionování vzorků pro zkoušku pevnosti lepeného spoje

Zdroj: Archiv autora

4.4 Měření fyzikálně-mechanických vlastností

Veškeré experimenty probíhaly v laboratořích Fakulty lesnické a dřevařské ČZU v Praze a byly prováděny v maximálním souladu s českými technickými normami. Všechny vzorky prošly před měřením procesem klimatizace. (Bulušek 2019)

Všechny provedené testy (kromě stanovení hustoty při dané vlhkosti) spadají do kategorie destruktivních zkoušek.

4.4.1 Stanovení hustoty při vlhkosti 12 %

Průběh měření hustoty byl v souladu s normou ČSN 49 0108. Stanovování hustoty probíhalo na všech vzorcích pro stanovení MOE (modul pružnosti). K určení hmotnosti vzorků byla použita digitální váha s přesností 0,01 g. Objem vzorků byl následně stanoven jako součin rozměrů stran ($h \times \text{š} \times l$). Příčné rozměry vzorku byly změřeny digitálním posuvným měřítkem s přesností 0,01 mm. Podélné rozměry byly stanoveny pomocí pravítka s přesností 1 mm. Vzorec pro výpočet hustoty je:

$$\rho_w = \frac{m_w}{V_w}$$

Kde,

ρ_w je hustota dřeva při vlhkosti w [$\text{kg} \times \text{m}^{-3}$]

m_w je hmotnost dřeva při vlhkosti w [kg]

V_w je objem dřeva při vlhkosti w [m^{-3}]

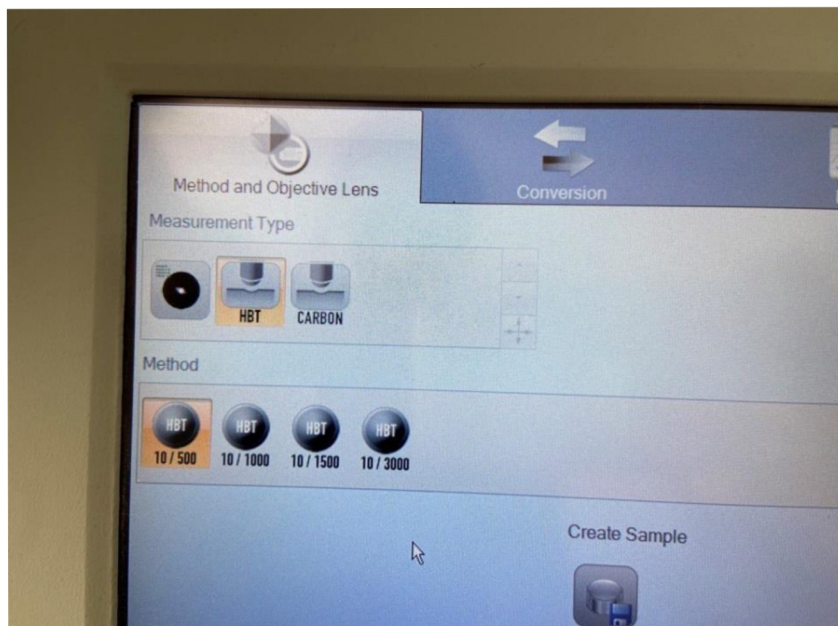
4.4.2 Zkouška tvrdosti podle Brinella

„Způsob jejího provedení je popsán a ujednocen normou ČSN EN ISO 6506-1.“ (Wikipedie-Zkouška tvrdosti podle Brinella 2024) Pro vývoj skateboardové desky nemá test tvrdosti zásadní význam. Byla provedena především pro získání komplexního přehledu o vlastnostech skateboardové desky.

Metoda byla prováděna na tvrdoměru Struers DuraVision-30, pomocí něž je možné stanovovat tvrdost materiálu podle metod Brinell, Vickers, Rockwell nebo Knoop. Zařízení je schopné pracovat s rozsahem zatěžovací síly od 98 do 29400 N, což umožňuje testování různých materiálů, včetně plastů a kovů. Zařízení je také vybaveno automatickým testovacím cyklem, který zahrnuje zatížení, prodlevu a odlehčení. K dispozici je také externí mikroskop, který automaticky vyhodnocuje měření otisku. (Katedry.czu.cz 2024)

Brinellova zkouška tvrdosti je založena na vtlačování ocelové kuličky o průměru 10 mm konstantní silou do materiálu. Velikost síly vtlačování je závislá na tvrdosti dřeva: velmi měkké 100 N, středně tvrdé 500 N, tvrdé dřeviny 1000 N. Z průměru otláčené plochy a kuličky je poté možné vypočítat tvrdost, která se značí Hb. (Vebr 2017)

Pro toto měření byla použita hodnota síly 500 N. Na Obrázku 24 jsou vidět nastavované parametry u přístroje Struers DuraVision-30.



Obrázek 25 Nastavení přístroje pro měření tvrdosti

Zdroj: Archiv autora



Obrázek 24 Tvrdoměr Struers DuraVision-30

Zdroj: Archiv autora

4.4.3 Zkouška pevnosti lepeného spoje ve smyku

Zaměřuje se na statické tahové namáhání přeplátovaného lepeného spoje, které probíhá jeho podélnou osou. Napětí je vyvíjeno až do bodu, kdy dojde k poškození vzorku. Hodnotí se síla nebo napětí potřebné k přetržení spoje. Je vhodný pro přeplátované, trubkové nebo násuvné spoje. (Cízová 2018)

Test byl prováděn na zkušebním stroji UTS 50, který byl opatřen čelistmi pro upínání lepených lamel. Prvním krokem při měření bylo bezpečně upnout vzorek do připravených čelistí, aby nedošlo k prokluzu během zkoušky. Následně byl test spuštěn v programu TIRAtest. Po ukončení zkoušky byly naměřené hodnoty zaznamenány, roztržené části tělesa vyjmuty z čelistí a uloženy.

Parametry nastavení zkušebního stroje:

Testovací tělesa jsou připevněna k čelistem tak, aby síla působila ve střední ploše v rovině lepené spáry. Poté je vzorek postupně zatěžován až do okamžiku selhání, přičemž se zaznamenává maximální síla F_{max} v newtonech. Setrvalé zatěžování je nastaveno tak, aby k selhání došlo mezi 30 a 60 sekundami po začátku testu (dle normy ČSN EN 205).

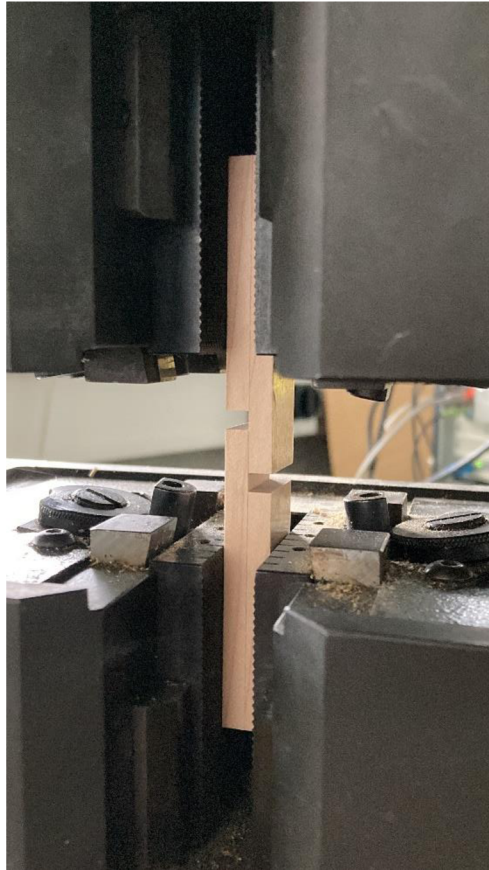
Následně vypočítáme smykovou pevnost τ v megapascálech (MPa) pomocí následujícího vzorce:

$$\tau = \frac{F_{max}}{A}$$

Kde,

F_{max} je maximální síla v Newtonech [N]

A je plocha lepeného povrchu v mm^2 (vypočítá se jako součin délky a šířky lepené plochy)



Obrázek 26 Měření pevnosti lepeného spoje

Zdroj: Archiv autora

4.4.4 Statická zkouška třibodovým ohybem

Měření dle normy ČSN EN 310 (1993) bylo prováděno na tělesech o rozměrech 300 × 50 mm pomocí přístroje TIRAtest 2850 S E58. Rozteč podpěr, na které byl umístován zkušební vzorek, byla 160 mm (viz Obrázek 27). Pro účely pokusu byly na přístroji nastavené následující parametry: rychlost posuvu horního příčnicku: 3 mm/min, Pro účely pokusu byly na přístroji nastavené následující parametry:

Konfigurace stroje: TT2850 bez průtahoměru

Ukončení zkoušky při poklesu síly o 5 %

Cílem měření bylo u jednotlivých těles zjistit hodnoty modulu pružnosti a pevnosti v ohybu.

Pro výpočet meze pevnosti v ohybu bylo použito následujícího vzorce:

$$MOR = \frac{3F_{max}l_0}{2bh^2}$$

kde MOR je maximální mez pevnosti [MPa], F_{max} – síla, při které dojde k porušení (zlomení) tělesa v ohybu [N], b – šířka tělesa [mm], h – výška tělesa [mm], l – vzdálenost podpěr [mm].

Druhou vyhodnocovanou veličinou byl modul pružnosti. Ten je možné vypočítat ze vztahu:

$$E = \frac{l_0^3(F_2 - F_1)}{4bh^3(y_2 - y_1)}$$

kde E je vyhodnocovaný modul pružnosti [MPa], l_0 – rozteč podpěr [mm], $F_2 - F_1$ – přírůstek zatížení zaznamenaný v lineární části výsledného grafu [N], b – šířka tělesa [mm], h – výška tělesa [mm], $y_2 - y_1$ – nárůst průhybu tělesa [mm].



Obrázek 28 Statický tříbodový ohyb

Zdroj: Archiv autora



Obrázek 27 Přístroj na měření pevnosti v ohybu

Zdroj: Archiv autora

4.4.5 Dynamická zkouška v ohybu dle Charpyho

Celý postup testování podle Charpyho podléhá normě ČSN 49 0117. Během testu se testovací těleso ukládalo do speciálního lože. Vzorek musel být umístěn tak, aby během testu kyvadlo směřovalo přímo na střed tělesa a také správným směrem. V tomto případě bylo cílem, aby kladivo udeřilo do jedné z ploch o šířce 25 mm, tzn. kolmo na lepené vrstvy. Před použitím by měla být tělesa zkontrolována, zda některá nejsou poškozena, aby nedocházelo ke vzniku nepřesností ve výsledcích. Měření bylo

prováděno na tělesech o rozměrech 300 × 25 mm pomocí Charpyho kladiva (Obrázek 29) s definovanou přerážecí prací 50 J. Vzorek byl umístěn do kovového lože vyhrazeného pro testované objekty a následně přeražen spuštěním kyvadla. Po provedení zkoušky byla z analogového ciferníku odečtena a zaznamenána hodnota práce potřebné pro přeražení objektu. Ze zapsaných hodnot byla pak vypočtena přerážecí práce podle vzorce (Sládek 2023):

$$A_w = \frac{W}{b \times h} [J \times cm^{-2}]$$

kde b a h jsou hodnoty v mm popisující rozměry průřezu těles a W je práce nutná pro přeražení zkušebního tělesa [J].



Obrázek 29 Charpyho kladivo

Zdroj: Archiv autora

4.4.6 Cyklické namáhání

Polovina těles z každé série vzorků určených pro dynamickou zkoušku v ohybu byla rovnou po kondicionování podrobena této zkoušce přeražení. Druhá polovina těles od každé série byla nejprve definovaně cyklicky zatěžována a až poté došlo k přerážení na Charpyho kladivu. Bylo měřeno na cyklovacím stroji, jenž je určen pro únavové zkoušky především dřevěných prvků. Cyklování pomáhá simulovat zatěžování prvků při reálném používání. Při cyklování se mění únavová pevnost materiálů. (Katedry.czu.cz 2024) Cyklovací stroj byl zkonstruován přímo na Fakultě lesnické a dřevařské, KZDB, ČZU v Praze. Tělesa musela být ohýbána jen v mezích pružné deformace, což v závislosti na druhu vzorku znamenalo průhyb 3–4 mm. Při nastavení většího (než předem stanoveného) průhybu docházelo k nevratnému poškození tělesa (lomu). K výpočtu nastavení průhybu posloužily ohybové diagramy (síla – průhyb) ze statické zkoušky tříbodovým ohybem.

Tímto postupem měly být simulovány reálné podmínky užívání skateboardové desky.

Rozteč podpěr – 240 mm

Frekvence zatěžování – 80 cyklů za minutu

Limit proporcionality – byl stanoven během předběžných testů. Jeho hodnota je důležitá pro zamezení přetěžování vzorků při cyklickém zatěžování; proto byla hodnota zatížení nastavena jako 90 % z hodnoty horní meze. (Gaff et al. 2017) Při tom jsou deformace v materiálu ještě elastické. V praxi byl průhyb cca 3 – 4 mm v závislosti na druhu vzorku.

Následně byly vzorky vystaveny 10 000 cyklům a přeraženy na Charpyho kladivu.

Po provedení měření rázové houževnatosti byly výsledky obou experimentů (bez cyklování i s cyklováním) porovnány. Výsledky jsou k vidění v grafech v závěru práce. Zkouška rázové houževnatosti se označuje A_w . Zkouška rázové houževnatosti po cyklování je označena jako $A_w (c)$.



Obrázek 30 Cyklovací stroj na FLD ČZU

Zdroj: Archiv autora

4.5 Vyhodnocení dat

Statistické analýzy byly provedeny v softwaru TIBCO Statistica (verze 14). Grafické výstupy jsou ve formě krabicových grafů, které porovnávají chování jednotlivých veličin. Pro porovnání celkového chování všech měřených charakteristik byly využity spojnicové grafy. Podkladem pro tyto spojnicové grafy (profily) byly standardizované charakteristiky, a nikoliv přímo naměřená data. Standardizace pomohla převést veličiny do stejné škály, a tudíž dala profilům lepší interpretovatelnost.

5 Výsledky a diskuze

V Tabulce 5 jsou prezentovány výsledky měření všech hodnocených parametrů. Hodnoty všech měřených veličin jsou dále přehledně znázorněny v grafech na Obrázcích 31 – 40 v následujících podkapitolách: Hustota při vlhkosti 12 % v kapitole 5.1., tvrdost v kapitole 5.2., pevnost lepeného spoje ve smyku v kapitole 5.3., pevnost v ohybu v kapitole 5.4., modul pružnosti podél vláken v kapitole 5.5., rázová houževnatost před a po cyklickém namáhání v kapitole 5.6.

Tabulka 5 Souhrn průměrných hodnot všech testovaných fyzikálně-mechanických parametrů pro jednotlivé vzorky navržených skladeb

		Hustota [kg/m ³]	Tvrdost* dle Brinella [MPa]	Pevnost lepeného spoje ve smyku [MPa]	Pevnost v ohybu [MPa]	Modul pružnosti [MPa]	Rázová houževnatost [J/cm ²]	Rázová houževnatost po cyklickém namáhání** [J/cm ²]	Pokles rázové houževnatosti po cyklování [%]
KJ (REF)	Průměr	803,2	71,7	16,7	142,5	27779	6,5	5,9	9,2
	Sm. odch.	10,7	4,2	0,7	17,5	3115	1,2	1,9	
BK	Průměr	735,7	64,9	15,9	106,6	20202	4,6	4,5	2,2
	Sm. odch.	11,3	3,9	1,0	5,3	1499	0,3	0,2	
BR	Průměr	675,6	46,6	15,2	101,2	19674	4,4	4,4	0,0
	Sm. odch.	10,5	4,1	1,1	2,9	1548	0,7	0,6	
JS	Průměr	729,3	68,8	12,1	115,8	23101	7,9	6,7	15,2
	Sm. odch.	10,2	4,4	1,2	8,3	1745	1,4	0,7	
JM	Průměr	752,2	62,3	7,8	89,0	18858	8,6	7,5	12,8
	Sm. odch.	11,3	6,3	1,1	15,8	2977	1,9	0,8	
BK-BR	Průměr	722,6	58,8	15,0	114,1	21351	3,7	3,6	2,7
	Sm. odch.	13,9	3,4	1,3	10,7	2575	0,7	0,5	
BK-JS	Průměr	733,4	65,5	13,5	108,4	20056	3,6	3,6	0,0
	Sm. odch.	2,9	3,5	1,0	4	563	0,5	0,3	
BK-JM	Průměr	743,8	63,0	11,4	93,8	21234	5,4	4,5	16,7
	Sm. odch.	7,1	3,0	1,1	13,2	3304	0,5	0,9	
JS-JM	Průměr	737,2	66,9	11,0	105,5	20013	2,9	2,8	3,4
	Sm. odch.	8,3	3,0	1,6	14,8	1943	0,4	0,4	

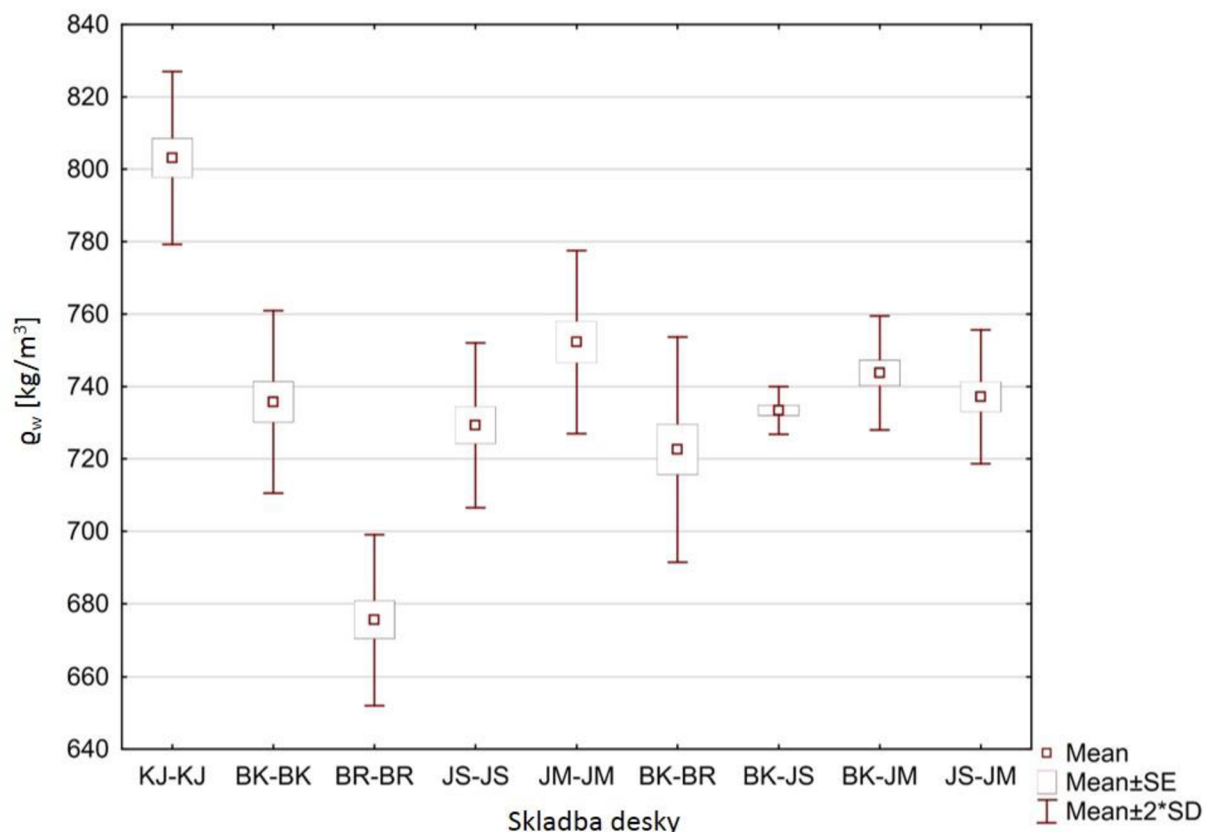
*Dřevo u kombinovaných skladeb uvedené na 1. místě je vždy na povrchu.

** po 10 000 cyklech

KJ – kanadský javor (*Acer saccharum*), BK – buk lesní (*Fagus sylvatica*), BR – bříza bělokora (*Betula pendula*), JS – jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), JM – jilm kanadský (*Ulmus rubra*)

5.1 Hustota při vlhkosti 12 %

Hustota skladeb vzorků navržených skateboardových desek byla zjišťována na všech zkušebních tělesech po kondicionaci v klimakomoře na 12 % vlhkosti. Vypočtené hodnoty hustoty vzorků jsou pro porovnání zobrazeny v grafu na Obrázku 31. Je možné z nich odvozovat a mezi sebou srovnávat hmotnosti finálních desek.



Obrázek 31 Graf hodnot hustoty zkušebních těles při vlhkosti 12 %

Nejvyšší hustotu má referenční vzorek z KJ ($803,2 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$). Svou hustotou se referenčnímu vzorku nejvíce blíží jednodruhové skladby z JM (pokles o 6,4 %), BK (pokles o 8,4 %) a JS (pokles o 9,2 %). Zajímavostí je, že jilmové vzorky se javoru blíží ze všech vzorků nejvíce, přestože podle charakteristik dřevin v teoretické části je jilm dřevinou s nejnižší hodnotou hustoty. Nejvyšší hustoty ze skupiny kombinovaných skladeb dosahují téměř shodně kombinace BK-JS a BK-JM (pokles o cca 13 % oproti KJ). Nejnižší hustoty vykazují vzorky jednodruhové skladby BR, tj. o 16 % nižší hodnoty než ref. KJ a z kombinovaných skladeb tudíž vzorky s obsahem břízy BK-BR (pokles o 13,6 %) a vzorky JS-JM (pokles o 14,3 %). Kombinované skladby mají obecně nižší hustoty než jednotlivé dřeviny, které je tvoří. Pouze v případě kombinace BK-BR má vzorek vyšší hustotu než jednodruhový vzorek BR.

Se zvyšováním hustoty dřeva dochází ke zvyšování pružných a pevnostních vlastností dřeva, zvětšuje se modul pružnosti v tlaku podél vláken. S rostoucí hustotou stoupá podíl letního dřeva, je zde více tlustostěnných buněk s převážně mechanickou funkcí,

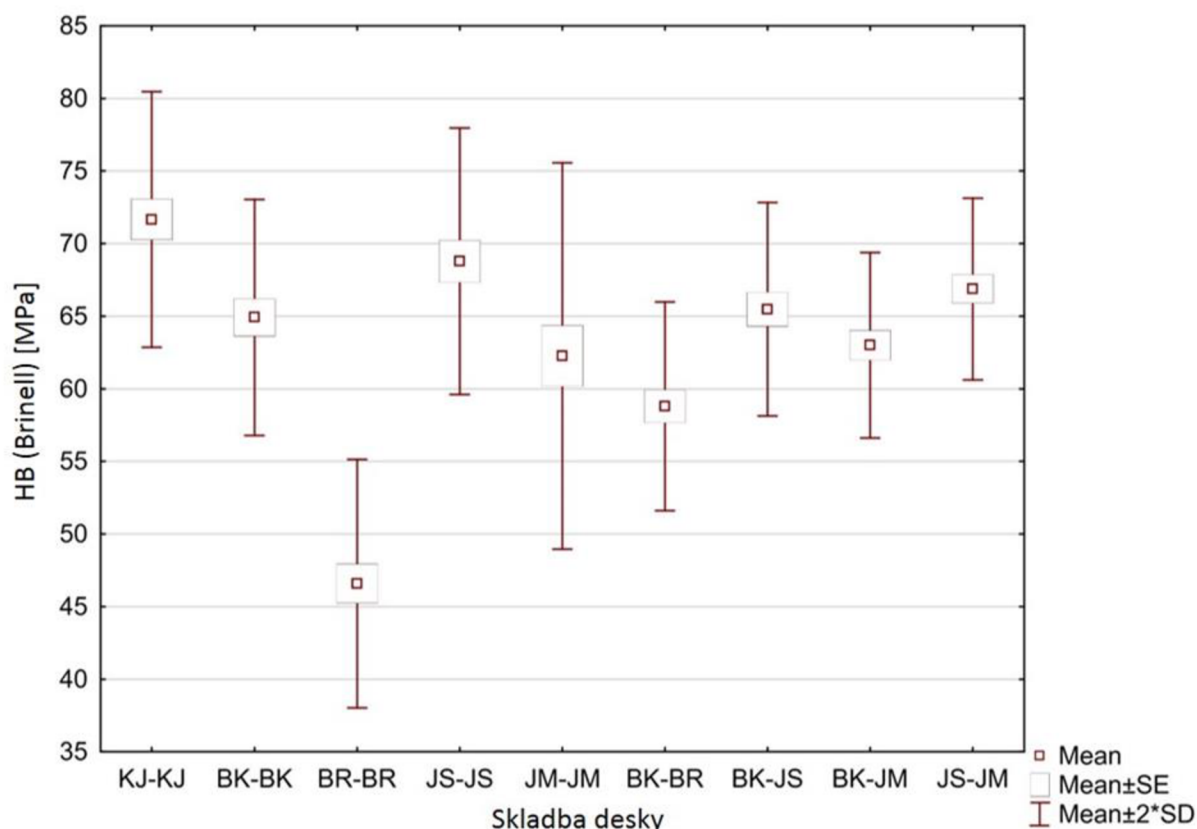
stoupá množství nosných elementů dřeva (mikrofibril, fibril, makrofibril) a také se vyskytuje více vazeb pro přenos energie deformace. (Mendelova univerzita 2023)

Z porovnávání vypočtených hodnot hustoty s hodnotami hustoty jednotlivých dřevin v teoretické části je patrné, že nově naměřené hodnoty jsou vyšší než hodnoty samotných dřevin. Důvodem je překližování dýh. Přítomnost lepidla má ve většině případů velký vliv na hustotu výrobku. Na hustotu má vliv i míra stlačení při lisování do finální desky. (WPIF 2014) Dokument s názvem CES 2009 EDUPACK (2009) uvádí např. informaci o hustotě pětivrstvé překližky z buku. Podle výsledkové tabulky v daném dokumentu vychází hustota 700 až 800 kg/m³. To rámcově odpovídá i výsledkům této bakalářské práce.

Pro skateboardové desky je nejvhodnější nalézt optimální hranici mezi ideálním poměrem tuhosti/pružnosti a co nejnížší hmotnosti. S lehčí deskou je možné provádět triky, při kterých jezdec tráví delší dobu ve vzduchu a také se s lehčí deskou lépe manipuluje při grabových tricích na U rampě nebo v bazénu. Deska z KJ je tedy oproti ostatním zkoušeným nejtěžší. Nejlehčí by byla bříza. U ostatních se hmotnosti pohybují na podobné úrovni. Mírné snížení hmotnosti by bylo lepší, než aby deska z nového materiálu nabyla na hmotnosti.

5.2 Tvrdost

Tvrdost jednotlivých vzorků ze souboru skladeb skateboardových desek byla zjišťována na všech zkušebních tělesech po kondicionaci v klimakomoře na 12 % vlhkosti. Využity byly neporušené části těles, na kterých byla měřena pevnost v ohybu. Tyto části nesměly být porušeny delaminací či lomem. Naměřené hodnoty tvrdosti vzorků jsou pro přehledné porovnání zobrazeny v grafu na Obrázku 32 níže. Tvrdší dýhy byly umísťovány do povrchových vrstev skladeb, aby byla zvýšena otěruvzdornost budoucích skateboardových desek.



Obrázek 32 Graf hodnot tvrdosti zkušebních těles

Stanovená tvrdost bude vždy zásadně ovlivněna druhem povrchové dýhy, na které bylo měření prováděno. Dřeviny s vyšší tvrdostí byly záměrně umísťovány do povrchových vrstev skladeb. V případě výroby celé skateboardové desky by to mělo vést ke zvýšení odolnosti materiálu proti oděru. Jak je ze schématu na grafu výše patrné, v případě kombinovaných skladeb s bukem (BK-BR, BK-JS, BK-JM) byla vždy povrchová dýha z buku, v případě skladby JS-JM z jasanu. Nejvyšší hodnotu tvrdosti desky má opět referenční jednodruhové zkušební těleso z KJ (71,7 MPa). V tomto případě však nejsou rozdíly tak markantní jako u měření hustoty. Největší pokles pozorujeme u břízy. Pokles tvrdosti do 5 % oproti referenčnímu vzorku je pozorován u kombinované skladby JS-JM (pokles o 1,7 %) a jednodruhové skladby z JS (pokles o 4 %). Nejnižší tvrdost vykazují zkušební tělesa z BR (pokles o 35 % oproti KJ). Ostatní vzorky z jednodruhových a kombinovaných skladeb tvoří skupinu, v rámci níž dochází s ohledem na směrodatné odchylky měření k podobným poklesům tvrdosti vůči referenčnímu vzorku, a to v rozmezí 12–22 %.

Je známo, že masivní dřevo buku lesního má podle tabulkových hodnot tvrdost vyšší než javor kanadský nebo jasan ztepilý. Přesto referenční vzorky z buku v této práci dosahovaly nižších hodnot než javor a jasan. Hodnota tvrdosti masivního dřeva břízy bělokoré souhlasí s tabulkovou hodnotou v teoretické části práce. V dokumentu CES 2009 EDUPACK (2009) s výčtem mechanických vlastností pětivrstvé překližky z buku je uvedeno, že tato překližka dosahuje hodnot tvrdosti 31,5 až 38,5 MPa. Použitým postupem měření byla taktéž metoda podle Brinella. To je ve srovnání s výsledky této bakalářské práce o cca 50 % nižší hodnota. V dokumentu však není udáno, jaké je uspořádání jednotlivých vrstev v překližce, jakým směrem jsou orientována vlákna vrstev a ani, jakým lepidlem byly vzorky lepeny. Tato zjištění ale dokládají, že výsledky není možné porovnávat tak přímočaře a odlišnosti, zvláště oproti rostlému dřevu, se skutečně mohou vyskytovat.

U kruhovitě pórovitého dřeva JS a JM v některých případech měření docházelo k zisku výrazně nižších hodnot oproti měřenému průměru. To bylo způsobeno měřením v místě póru, který logicky způsobil pokles tvrdosti. Tyto odchýlené hodnoty byly proto z vyhodnocení vyloučeny a měření bylo provedeno znovu na homogennějším místě vzorku.

Už při návrhu skladeb dých pro skateboardové desky byl kladen důraz na umístování dých z tvrdších dřevin do povrchových vrstev desky. Existuje množství skateboardových triků, při kterých jsou desky velmi namáhané na oděr. Povrchová vrstva tvořená tvrdší dřevinou by měla eliminovat přílišné poškození a snížit množství a hloubku vrypů a rýh na povrchu skateboardové desky.

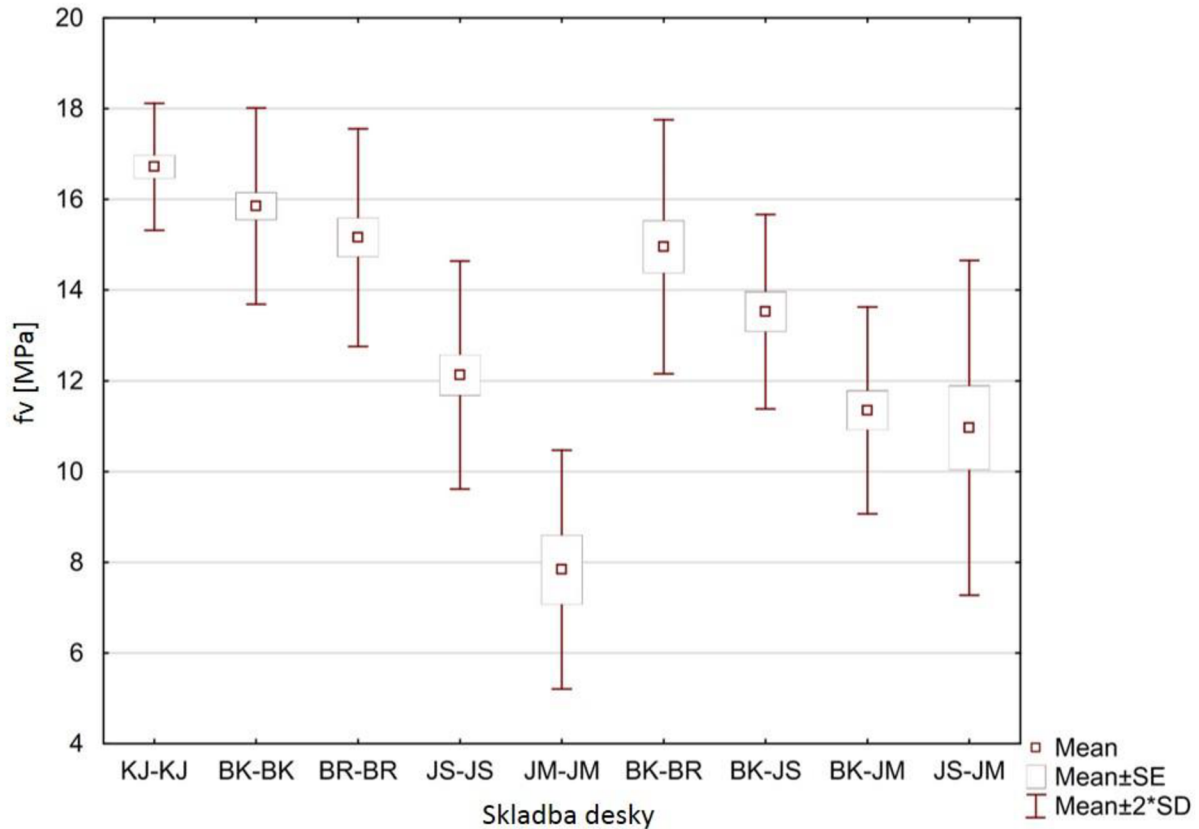
Na tvrdost dřeva a jeho odolnost proti oděru má vliv hustota a obsah vlhkosti. Je tedy možné říct, že čím větší je hustota a menší obsah vlhkosti, tím větší může být i tvrdost dřeva. (Masarykova univerzita 2019)

U skateboardových desek však není cílem dosáhnout co nejvyšších hodnot tvrdosti. S rostoucí tvrdostí stoupá i křehkost, která je v tomto případě nežádoucí, neboť s křehkostí roste riziko poškození materiálu.

5.3 Pevnost lepeného spoje ve smyku

Všechny zkušební vzorky zhotovené v souladu s normou ČSN EN 205 určené pro měření pevnosti lepeného spoje byly předem kondicionovány v klimakomoře na vlhkost

12 %. Naměřené hodnoty pevnosti lepeného spoje ve smyku jsou pro porovnání zobrazeny v grafu na Obrázku 33 níže a dále diskutovány. Zároveň byl hodnocen i charakter, resp. procento poškození lepeného spoje.



Obrázek 33 Graf hodnot pevnosti lepeného spoje ve smyku

Nejllepších výsledků opět dosahují vzorky z kanadského javoru (16,7 MPa). Ze zkušebních těles, u kterých došlo k poklesu hodnot do cca 10 % oproti referenčnímu vzorku, je možné zmínit – jednodruhové skladby BK (pokles o 4,8 %) a BR (pokles o 9 %) a – kombinované skladby BK-BR (pokles o 10,2 %). Nejnižší hodnoty pevnosti lepeného spoje ve smyku vykazují jednodruhové vzorky JM (pokles o 53 % oproti ref.) a zároveň i kombinované skladby s obsahem JM, který má nepříznivý vliv na tento parametr, tzn. BK-JM (pokles o 32 %) a JS-JM (pokles o 34 %).

Z výsledků je patrné, že k vytvoření pevnějšího lepeného spoje dochází mezi roztroušeně pórovitými dřevinami (KJ, BK, BR). Původní hypotézou po získání naměřených dat byla myšlenka, že při lepení kruhovitě pórovitých dřevin (JS, JM) nevzniká tak pevné spojení a že značný vliv na to má struktura jejich povrchu a typ

použitého lepidla. Byl jsem názoru, že Titebond III je málo viskózní a po vytvrzení vytváří příliš tenký film, který ne zcela pronikne a vyplní nehomogenní strukturu jasanového a jilmového dřeva a spoj může být v takovém místě chudší, oproti dřevinám roztroušeně pórovitým v případě nanášení stejného množství lepidla na danou plochu. Dýhy z roztroušeně pórovitých dřevin mají oproti dýhám kruhovitě pórovitým strukturu jemnější či více homogenní a spoje vytvořené pomocí PVAc lepidel jsou tak pevnější.

Po zhlédnutí souhrnné tabulky s naměřenými daty jsem došel k názoru, že lepších vlastností lepeného spoje u kruhovitě pórovitých dřevin by mohlo být dosaženo nahrazením PVAc lepidla za adhezivum na bázi polyuretanu. Tato lepidla vlivem vlhkosti napěňují a mohlo by tak dojít k vyplnění hrubších struktur v dýhách z kruhovitě pórovitých dřevin. I použití viskóznější epoxidové pryskyřice by mohlo mít pozitivní vliv na pevnost lepeného spoje u tohoto typu dřevin.

Po opětovném důkladném prozkoumání smykem porušených těles jsem ale dospěl k názoru, že u vzorků z roztroušeně pórovitých dřevin nedochází ke vzniku chudých spojů. U všech došlo ke 100% porušení ve dřevě, nikoliv v lepidle. V místech, která jsou zeslabena shlukem cév, dochází pravděpodobně ke smykovému porušení. I přesto by ale mohlo použití epoxidové pryskyřice mít pozitivní vliv na tento typ mechanického testování.

Zajímavostí naproti tomu jsou informace v práci autorů Vitosyté et al. (2012), kde se uvádí, že povrchová hrubost lepených ploch naopak zvyšuje pevnost lepeného spoje. V obecné rovině je nutno s tímto tvrzením souhlasit. Například jemně hoblované povrchy je před lepením vhodné upravit broušením. Hrubost povrchu zvyšuje totiž plochu a mírné nerovnosti vzniklé broušením slouží jako prostředek uchycení lepidla. Je nutné ale brát v úvahu konkrétní typ dřeviny a použitého lepidla.

Každá plocha spoje byla po otestování také vizuálně posouzena a bylo zaevidováno, v jakém z materiálů bylo zaznamenáno poškození (dřevina / lepidlo). Na tomto místě je třeba zmínit fakt, že ideální lom v případě lepení nastává mimo lepenou spáru, a tedy v oblasti lepených materiálů. To znamená, že se adhezní a kohezní síly vyznačují vyšší pevností než námi spojovaný materiál (Osten 1986) V této práci je procentuální poškození vztaženo k lepenému spoji.

U kanadského javoru došlo k 20% poškození v lepidle. To znamená, že na lepené ploše zůstalo po roztržení poměrně značné množství dřevní hmoty (cca 80 %). Minimální hodnoty (téměř 0 %) poškození v lepidle byly pozorovány téměř u všech vzorků obsahujících dřevo jilmu a jasanu, kdy se jednalo o tzv. kohezní lomy. Tento typ lomu nastal pravděpodobně z důvodu kruhovitě pórovité struktury jilmového a jasanového dřeva. Velmi malých hodnot porušení lepeného spoje v lepidle vykazují jednodruhové skladby BK-BK (5 % v lepidle) a BR-BR (15 % v lepidle). U BR došlo k cca 15% porušení v lepidle, což může být vysvětlením pro snížené hodnoty modulu pružnosti a pevnosti v ohybu. V Tabulce 1 má BR pro tyto parametry lepší hodnoty.

Na Obrázcích 34 a 35 jsou patrné kohezní lomy, u kterých došlo ke 100 % porušení ve dřevě. Ke 100% porušení ve dřevě došlo i u kombinovaných skladeb BK-JM a JS-JM. Naopak u kombinace BK-JS (Obrázek 35) došlo ke značnému porušení v lepidle (cca 70 %).



Obrázek 34 Porušení lepeného spoje kombinovaných skladeb

Zdroj: Archiv autora



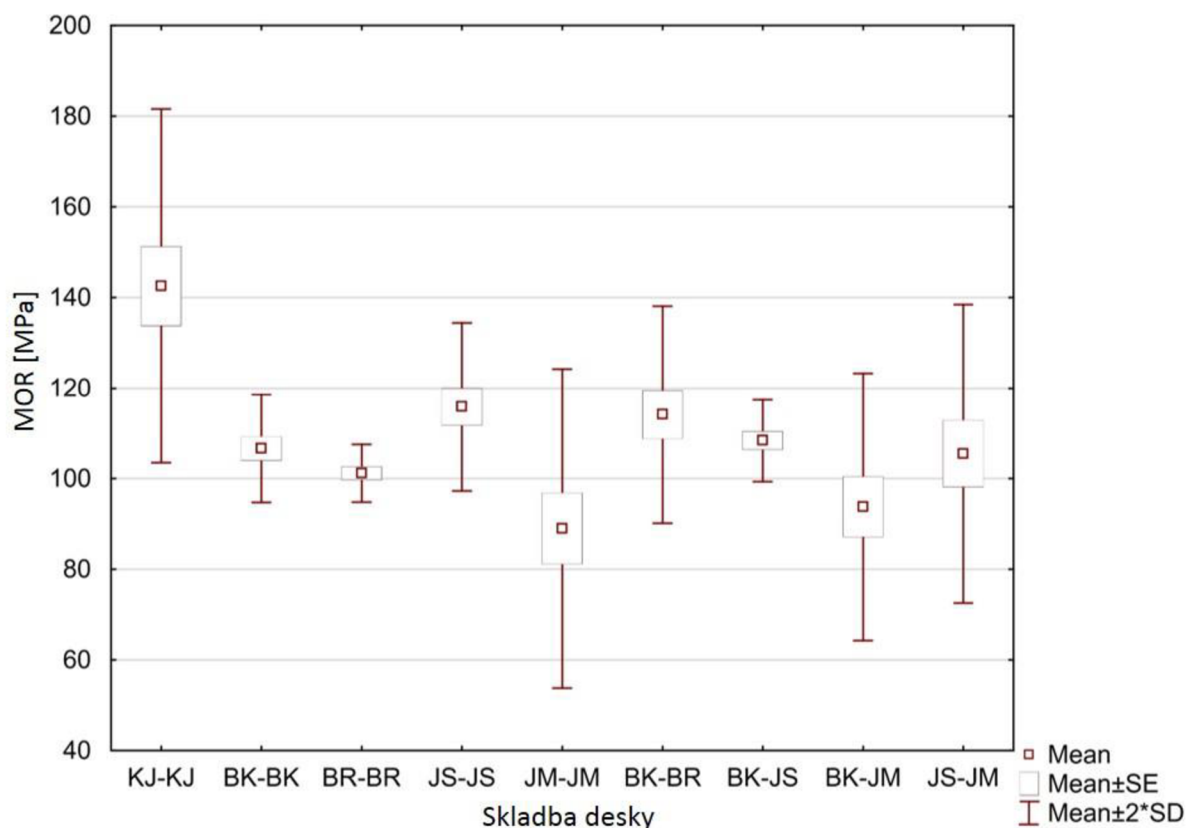
Obrázek 35 Porušení lepeného spoje ve dřevě, JS/JM

Zdroj: Archiv autora

Pevnost lepeného spoje má také vliv na celkovou tuhost skateboardové desky. Cílem není dosáhnout co nejtuzší desky. Je třeba nalézt vhodný kompromis mezi dostatečnou tuhostí i flexibilitou, aby měla deska optimální jízdní vlastnosti.

5.4 Pevnost v ohybu

Jednalo se o klasický tříbodový statický ohyb zkušebních těles. Všechny vzorky určené pro měření pevnosti v ohybu byly předem kondicionovány v klimakomoře na vlhkost 12 %. Využita byla tělesa zhotovená podle příslušné normy ČSN EN 310 (1993). Naměřené hodnoty pevnosti v ohybu jsou pro porovnání zobrazeny v grafu na Obrázku 36 níže a dále jsou diskutovány.



Obrázek 36 Graf hodnot pevnosti v ohybu

Nejlepších výsledků dosahují vzorky z kanadského javoru (142,5 MPa). Pokles do 20 % pevnosti v ohybu oproti referenčnímu tělesu mají pouze 2 zkušební vzorky – jednodruhová skladba JS (pokles o 18,7 %) a kombinovaná skladba BK-BR (pokles o 19,9 %). Nejnižší hodnotu pevnosti v ohybu vykazuje jednodruhová skladba vzorků JM (pokles o 37,5 % oproti ref. těl.) a i kombinovaná skladba s obsahem JM, tj. BK-JM (pokles o 34,2 %). U vzorků z jilmového dřeva často docházelo k delaminaci, což

mohlo zapříčinit sníženou pevnost v ohybu. Delaminace mohla být způsobena mírnou nekompatibilitou PVAc lepidla s jádrovým dřevem JM.

Při zatížení testovacích vzorků ohybem vznikaly ve vzorku tři druhy napětí. V horní části napětí tlakové a v dolní části vzorku pak napětí tahové. Mezi nimi vzniká smyková složka napětí. Nedeformovatelná část tělesa se označuje jako neutrální osa. (Gandelová, Horáček 2002) (Bátěk 2015) Při zatížení překližkových vzorků ohybem docházelo nejprve k porušení v jejich tlakové části, to ale ve většině případů nebývá vidět pouhým okem. Ke konečnému porušení tělesa nakonec docházelo v zóně tahové (Obrázek 37), kdy dojde k překročení meze pevnosti a popraskání vláken v této zóně. V žádném případě testovaných vzorků však nedošlo k úplnému přelomení tělesa.



Obrázek 37 Zkušební těleso z BK po ohybové zkoušce

Zdroj: Archiv autora

U některých těles došlo k částečné delaminaci ve vrstvách blíže středu. Například u JS, jak je patrné z Obrázku 38.



Obrázek 38 Ukázka delaminace vzorku při ohybu

Zdroj: Archiv autora

V práci (Bátěk 2015) je uveden graf závislosti pevnosti v ohybu na hustotě materiálu, kdy s rostoucí hustotou roste i pevnost v ohybu. Autoři však pro měření používali masivní dřevo (spárovku), nikoliv překližku s kříženými vrstvami. Pro tuto metodu však podobnou korelaci nelze aplikovat, neboť překližky z křížených vrstev a vícedruhové skladby vykazují v každém případě specifické chování, které je ovlivněno i řadou dalších faktorů (např. pevností lepených spojů apod.)

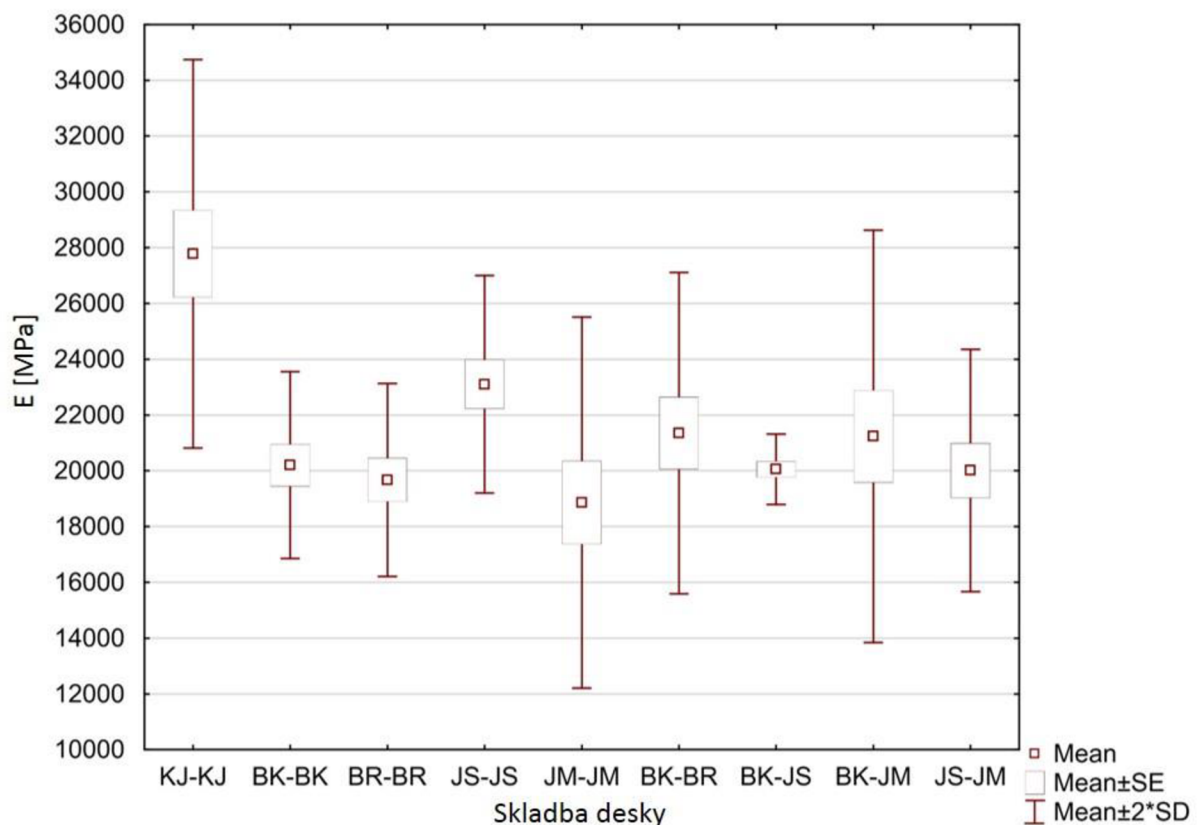
Podle (Borysiuk et al. 2015) vychází pevnost v ohybu u bukové sedmivrstvé překližky se shodným uspořádáním jednotlivých vrstev cca 100 MPa, což odpovídá i výsledkům této práce (106,6 MPa u BK). Při výrobě zkušebních těles autoři taktéž použili lepidlo typu PVAc a parametry lepení byly obdobné jako v našem případě (150 – 200 g lepidla/m², 15 – 20 min lisovací čas při 20 °C, úplné vytvrzení po 24 h). Je proto možné říct, že výsledky obou prací jsou srovnatelné.

Pevnost v ohybu opět souvisí s celkovou tuhostí skateboardové desky. Příliš tuhá deska může být křehká a může častěji docházet k jejímu lámání. Je nutné vytvořit desku s ideálním poměrem tuhosti a flexibility v podélném směru.

5.5 Modul pružnosti podél vláken

Modul pružnosti materiálu je směrnice přímky, proložené lineární částí pracovního diagramu, tedy tangenta úhlu, který svírá tato přímka s osou x. Udává tuhost materiálu, tedy jeho vnitřní odpor proti zdeformování, přetvoření, vlivem vnější síly. (Ústav nauky o dřevě a dřevařských technologiích 2022)

Hodnoty modulu pružnosti byly měřeny při zkoušce třibodovým statickým ohybem na stejných vzorcích, na kterých byla stanovována i pevnost v ohybu.



Obrázek 39 Graf hodnot modulu pružnosti podél vláken

Nejlepší výsledky zaznamenáváme u KJ (27779 MPa). Ze vzorků, u nichž došlo k poklesu do 20 % oproti referenčnímu vzorku, je možné jmenovat pouze jednodruhovou skladbu JS (pokles o 17 %). Varianty z BK-BK, BR-BR, BK-BR, BK-JS, BK-JM a JS-JM se průměrově pohybují mezi 20 200 až 21 300 MPa. Nejvyšší pokles hodnot

modulu pružnosti má jednodruhová skladba JM-JM (o 32 % oproti referenčnímu vzorku KJ).

U skateboardové desky je nutné dosáhnout optimální hranice mezi tuhostí a pružností, což vzorky z kanadského javoru, jak je vidět na grafech na Obrázcích 36 i 39, splňují dokonale. Příliš měkká a pružná deska je sice odolnější vůči vibracím a rázovým silám, ale při odrazu jezdce může pohlcovat energii a jezdec nemusí být schopen dosáhnout požadovaného triku. Naopak příliš tuhá konstrukce zvyšuje křehkost materiálu a hrozí riziko poškození desky například při jízdě prostředkem desky po obrubníku nebo zábradlí. Ostatní vzorky dosahují víceméně podobných parametrů vzhledem na toto kritérium. Nelze však zcela doporučit desky s JM (jednodruhové i s jeho kombinací) z důvodu nižších pevností v ohybu. Největší potenciál naopak mají desky z jasanu nebo kombinace BK-BR, i když v tomto případě je pozorován naopak nižší modul pružnosti oproti samotnému jasanu.

Velmi překvapivé výsledky vykazuje v této práci skladba BR-BR, u které byly na základě teoretických znalostí mechanických vlastností dřevin (viz Tabulka 1) předpokládány vyšší hodnoty MOR i MOE.

Pro účely lepšího porovnávání výsledků byly proto tabulkové i naměřené hodnoty MOR i MOE vyděleny příslušnou hustotou vzorku (dřeviny / překližky). Pomocí tohoto výpočtu byla získána tzv. kvalitativní čísla, která byla navíc porovnána. Tyto výsledky jsou uvedeny v Tabulce 6.

Tabulka 6 Porovnání výsledků MOR i MOE včetně kvalitativních čísel

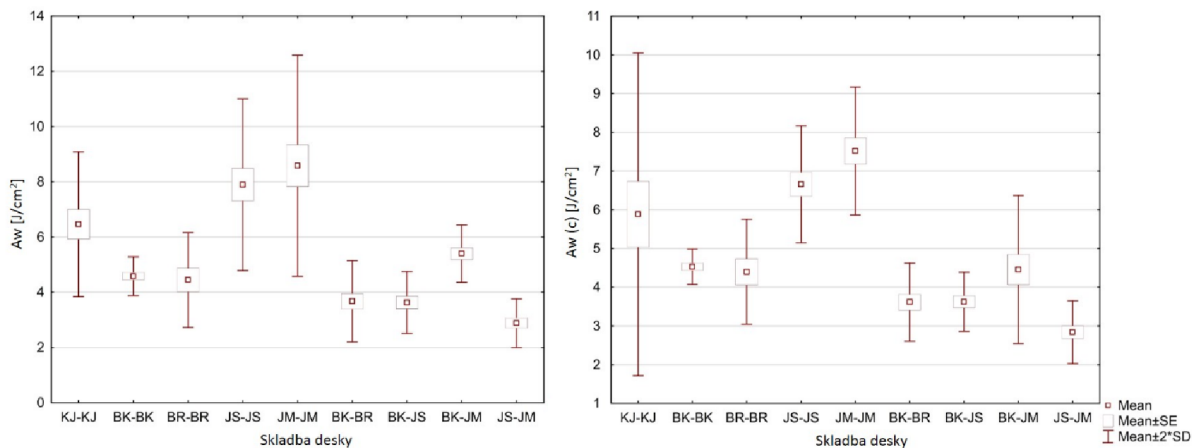
Skladba / měřená veličina	Hustota při 12 % vlhkosti [kg/m ³]		Pevnost v ohybu [MPa]				Modul pružnosti [MPa]			
	tabulková	měřená	tabulková		měřená		tabulkový		měřený	
			hodnota	kvalitat. číslo	hodnota	kvalitat. číslo	hodnota	kvalitat. číslo	hodnota	kvalitat. číslo
KJ-KJ	705	803,2	109	0,15	142,5	0,18	12600	17,87	27779	34,59
BK-BK	720	735,7	104	0,14	106,6	0,14	13100	18,19	20202	27,46
BR-BR	650	675,6	134	0,21	101,2	0,15	16100	24,77	19674	29,12
JS-JS	690	729,3	118	0,17	115,8	0,16	13100	18,99	23101	31,68
JM-JM	560	752,2	87	0,16	89,0	0,12	10800	19,29	18858	25,07
BK-BR	-	722,6	-	-	114,1	0,16	-	-	21351	29,55
BK-JS	-	733,4	-	-	108,4	0,15	-	-	20056	27,35
BK-JM	-	743,8	-	-	93,8	0,13	-	-	21234	28,55
JS-JM	-	737,2	-	-	105,5	0,14	-	-	20013	27,15

V případě pevnosti v ohybu díky přepočtům na kvalitativní čísla dochází ke srovnání tabulkových a měřených hodnot téměř u všech vzorků. V případě KJ jsou však měřené hodnoty vyšší (o 20 %), u JM o něco nižší (o 25 %) a v případě BR nižší až o 30 %. Kvalitativní čísla z měřených modulů pružnosti jsou v naší práci u všech vzorků

přibližně 1,2 – 1,7 × (u KJ dokonce 2 ×) vyšší oproti kvalitativním číslům vypočteným z tabulkových hodnot. Při zhodnocení všech vzorků v rámci měřené série si však BR svůj status v obou sledovaných parametrech zlepšila a posunula se při celkovém hodnocení na úroveň JS nebo kombinovaných skladeb BK-BR a BK-JS (pouze v případě MOR).

5.6 Rázová houževnatost před a po cyklickém namáhání

Zkušební tělesa byla přerážena kolmo na překližkové vrstvy klasickou metodou pomocí Charpyho kladiva podle normy ČSN 49 0117. Polovina vzorků od každé série byla testována ihned po klimatizaci na vlhkost 12 %. Druhá polovina vzorků byla nejprve podrobena cyklickému namáhání 10 000 cyklů průhybů v mezích elastické deformace a poté taktéž přerážena. Naměřené hodnoty rázové houževnatosti jednotlivých skladeb před i po cyklování jsou pro porovnání zobrazeny v grafech na Obrázku 40 níže.

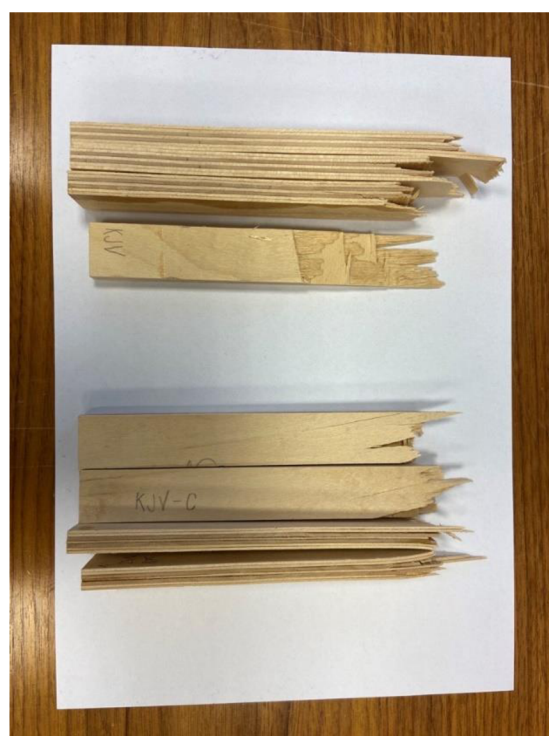


Obrázek 42 Graf hodnot rázové houževnatosti před a po cyklickém namáhání



Obrázek 41 Méně houževnatý lom u BK

Zdroj: Archiv autora



Obrázek 40 Houževnatý lom u KJ

Zdroj: Archiv autora

Pro porovnání jsou na Obrázcích 42 a 41 uvedeny dva zcela odlišné lomy, které už svým vizuálním charakterem odpovídají číselným hodnotám výsledků na grafu na Obrázku 40. Na Obrázku 42 je k vidění méně houževnatý lom jednodruhové skladby BK-BK. Obrázek 41 zobrazuje lom houževnatý u javorového dřeva.

Tabulka 7 Přehled pozorování chování vzorků po provedení zkoušky rázové houževnatosti.

Skladba	Druh lomu	Delaminace	Přerazilo/nepřerazilo
KJ	Houževnatý	Ne	Přerazilo
JS	Houževnatý	Ano	Nepřerazilo
JM	Houževnatý	Ano	Nepřerazilo
BK	Křehký	Ne	Přerazilo
BR	Houževnatý	Ne	Přerazilo
JS-JM	Houževnatý	Ano	Nepřerazilo
BK-JS	Křehký	Ne	Přerazilo
BK-JM	Křehký	Ano	Nepřerazilo
BK-BR	Křehký	Ne	Přerazilo

Tabulka 7 byla sestavena na základě záznamů z měření rázové houževnatosti jednotlivých zkušebních vzorků. Ty byly po měření vizuálně zkontrolovány a podrobnosti zaznamenány. Informace obsažené ve sloupcích „delaminace“ a „přerazilo/nepřerazilo“ neplatí pro každý vzorek testované skladby. Je tím jen naznačeno, že u určité skladby došlo u několika měřených vzorků k danému jevu.

K přeražení určitých vzorků nedošlo z důvodu vyšší houževnatosti, kterou se dané dřeviny vyznačují. Kladivo těleso při nárazu zlomí, ale vzorek se pohybem závaží prosmýkne štěrbinou ve stojanu Charpyho kladiva a zůstane bez kompletního přeražení. Tělesa, u nichž nedošlo ke kompletnímu přeražení, je možné označit za houževnatější. Pouze vyšší odolnost vůči rázovým silám ale nemusí být zárukou kvalitní skateboardové desky. Příliš flexibilní a houževnatá deska může být měkká a pohlcovat tak energii jezdce například při výskoku.

V Tabulce 5 jsou uvedena procenta poklesu rázové houževnatosti po cyklickém namáhání. Je nutné zdůraznit, že ve většině případů došlo opravdu k poklesům. V případě skladby BK-JM to bylo až o 16,7 %. Ve dvou případech – BR a BK-JS zůstaly hodnoty beze změn. U roztroušeně pórovitých skladeb (BK, BR, BK-BR) je možné pozorovat pouze malé změny oproti rázové houževnatosti bez cyklování (do 2,7 %).

Naopak u kruhovitě pórovitých jednodruhových skladeb (JS, JM) jsou rozdíly značné (až 16,7 %).

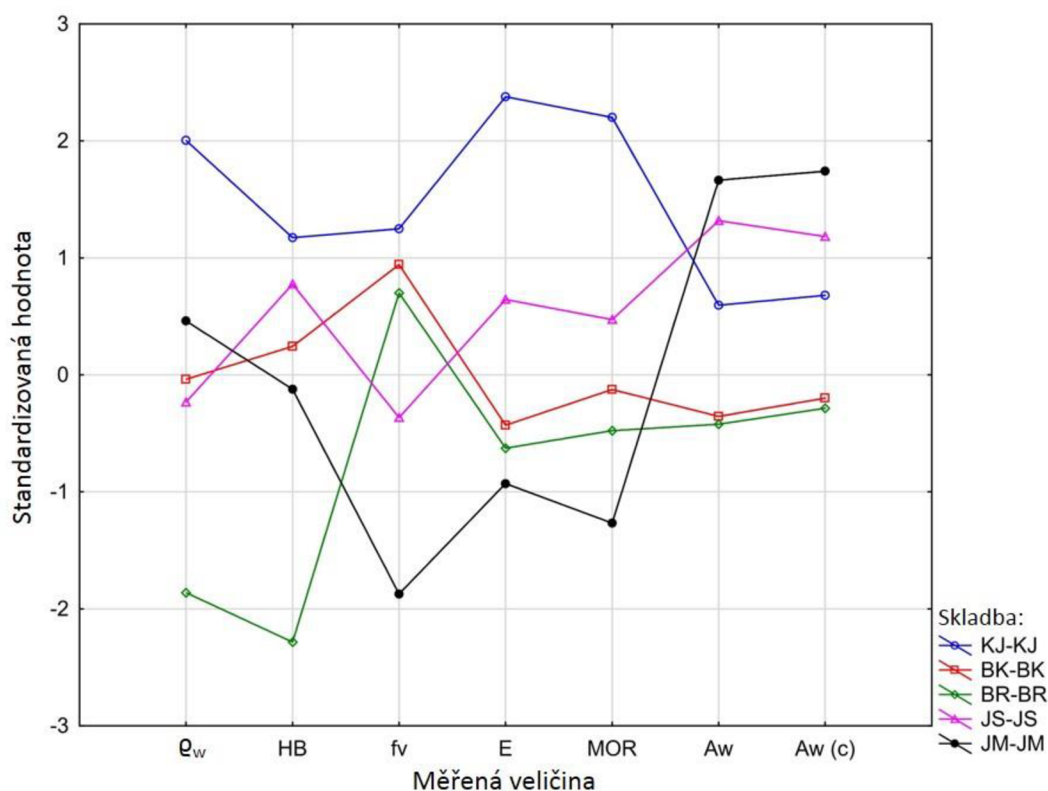
Při reálném používání skateboardové desky je možné vystavování materiálu rázovému namáhání pozorovat zcela běžně. Může to být jakýkoliv dopad na desku (po ukončení triku, po skoku ze schodů/obrubníku apod...).

Dopady jezdce na skateboard nejsou svým charakterem zcela identické jako úder Charpyho kladiva v laboratorních podmínkách, ale princip je stejný. Vždy při něm hrozí riziko zlomení desky. Na Obrázcích 41 a 42 byly k vidění dva odlišné lomy – křehký a houževnatý. Houževnatý lom sice značí větší odolnost materiálu vůči rázovým silám, ale příliš vláknitý a ostrý lom zase může být nebezpečný pro uživatele. Je proto ideální volit dřevinu, která je dostatečně odolná vůči rázovému namáhání, ale zároveň netvoří příliš vláknité lomy. Lámání skateboardových desek je při častém používání poměrně častým jevem.

5.7 Komplexní vyhodnocení

Cílem komplexního vyhodnocení je popsat a porovnat, jaké jednodruhové nebo i kombinované skladby jsou si při uvažování všech měření podobné, a jaký vzorek se nejvíce blíží výsledkům KJ.

5.7.1 Jednodruhové skladby v porovnání s KJ

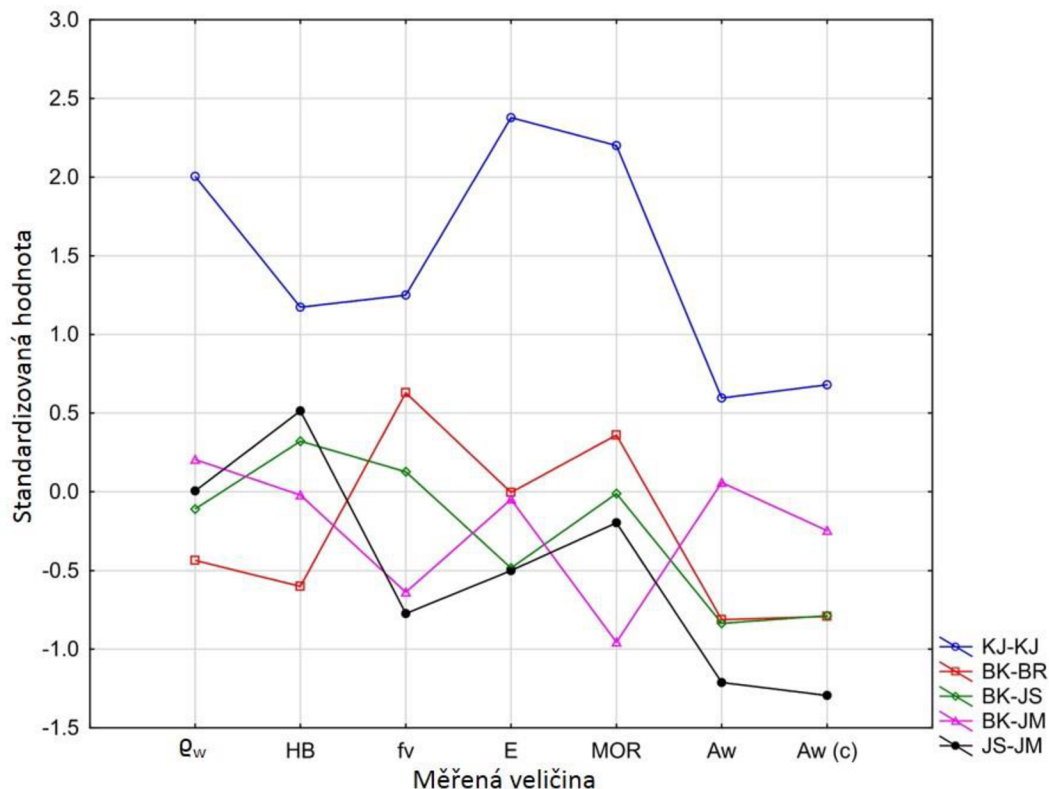


Obrázek 43 Graf jednodruhových skladeb v porovnání s KJ

Z grafu na Obrázku 43 je patrné, že KJ vyniká ve všech sledovaných parametrech kromě rázové houževnatosti a rázové houževnatosti po cyklickém namáhání. V těchto oblastech jsou na tom lépe JM a JS. Vliv na malou pevnost lepeného spoje ve smyku má nehomogenost struktury kruhovitě pórovitých dřevin (u JS a JM), a proto následně dochází v porušení ve dřevě. Naopak roztroušeně pórovité dřeviny v pevnosti lepeného spoje vynikají. Velmi podobných hodnot u většiny měřených veličin jako KJ dosahují BK s BR. Největší pokles hodnot je zaznamenán u BR u tvrdosti podle Brinella. Naopak největších hodnot je dosahováno u KJ u modulu pružnosti.

Potenciálním kandidátem na vhodnou dřevinu pro výrobu skateboardových desek by mohl být JS. Problém s nízkou pevností lepeného spoje by mohl být vyřešen výměnou lepidla a obecně by jeho vlastnosti mohly být ještě vylepšeny přidáním přírodní výtuhy v podobně lněné nebo konopné textilie.

5.7.2 Kombinované skladby v porovnání s KJ



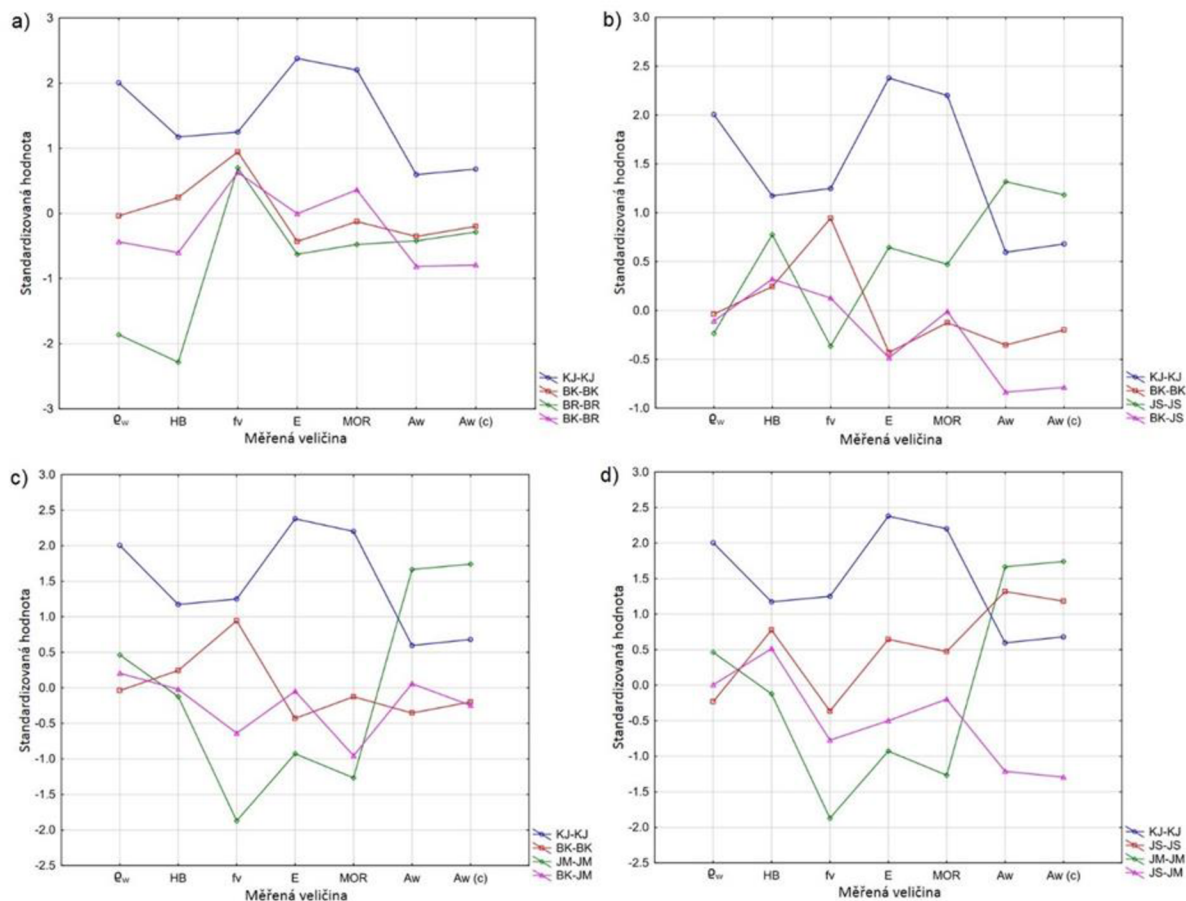
Obrázek 44 Graf kombinovaných skladeb v porovnání s KJ

Graf na Obrázku 44 značí, že KJ vyniká vůči ostatním sledovaným skladbám ve všech hodnocených parametrech včetně rázové houževnatosti a rázové houževnatosti po cyklickém namáhání. V těchto dvou zkouškách zaznamenáváme i u KJ propad v hodnotách, ale stále dosahuje lepších výsledků než ostatní skladby. Nejnižších hodnot pevnosti lepeného spoje ve smyku dosahuje čistě kruhovitě pórovitá skladba JS-JM. Velmi podobných hodnot u rázové houževnatosti před a po cyklickém namáhání zaznamenáváme u BK-BR a BK-JS. Skladba BK-JM a BK-BR se téměř překrývá v hodnotách modulu pružnosti podél vláken. Největší pokles hodnot je zaznamenán u JS-JM u rázové houževnatosti po cyklickém namáhání. Naopak největších hodnot je dosahováno u KJ u modulu pružnosti podél vláken. Hustoty skladeb BK-JM, JS-JM i BK-JS se pohybují na podobné úrovni.

Z kombinovaných skladeb nemá pravděpodobně potenciál nahradit stávající desky z kanadského javoru žádná z nich. Výsledky dosahují malých hodnot a ani použitím

jiného typu lepidla nebo přidáním výztuhy by nedošlo k výraznému zlepšení mechanických vlastností.

5.7.3 Jednoduché a příslušné kombinované skladby v porovnání s KJ



Obrázek 45 Graf jednoduchých a příslušných kombinovaných skladeb v porovnání s KJ

U grafu na Obrázku 45a) je možné pozorovat zvýšené hodnoty v oblasti pevnosti lepeného spoje ve smyku. Graf totiž obsahuje křivky pouze roztroušeně pórovitých dřevin BK a BR a jejich kombinace. Velký propad zaznamenáváme u tvrdosti u kombinace BR-BR. BR nevykazuje ani v hodnotách hustoty.

V grafu na Obrázku 45b), který srovnává chování jednoduchých skladeb BK, JS a jejich kombinace BK-JS se standardem KJ, je jasně patrný detail u rázové houževnatosti před i po cyklickém namáhání. V tomto případě dosahuje lepších výsledků JS-JS než KJ-KJ. U JS-JS by bylo zapotřebí zvýšit pevnost lepeného spoje, aby se mohlo uvažovat o použití pro výrobu reálné desky.

U grafu na Obrázku 45c) hodnotícího vlastnosti jednodruhových skladeb BK, JM a jejich kombinace se standardem KJ pozorujeme nízké hodnoty pevnosti lepeného spoje ve smyku u JM-JM. Při kombinaci BK-JM dojde ale ke zlepšení mechanických vlastností (především u pevnosti lepeného spoje, modulu pružnosti podél vláken i pevnosti v ohybu).

V grafu na Obrázku 45d), který sleduje, chování jednodruhových skladeb dvou roztroušeně pórovitých dřevin JS, JM a jejich kombinace JS-JM je možné pozorovat poměrně vysoké hodnoty rázové houževnatosti před i po cyklickém namáhání v kombinacích JS-JS a JM-JM, které oproti ostatním parametrům výrazně převyšují hodnoty standardní skladby z KJ.

6 Závěr

Výsledky experimentálního měření modelových vzorků skateboardových desek potvrzují, že standardně a dominantně používaný KJ skutečně dosahuje nejlepších hodnot fyzikálně-mechanických vlastností (hustota, tvrdost, pevnost lepeného spoje ve smyku, pevnost v ohybu, modul pružnosti, vyjma rázové houževnatosti) oproti jiným vybraným dřevinám.

Potenciál pro výrobu skateboardových desek by však z jednodruhových skladeb mohl mít JS, pokud by se zvýšila pevnost lepeného spoje ve smyku, která by souvisela i se zvýšením pevnosti v ohybu. Řešením by mohla být volba jiného lepidla než PVAc Titebond III., popřípadě přidání výztuže – karbonové tkaniny nebo přírodních alternativ v podobě lnu či konopí. Deska by v tomto případě byla i lehčí a o 50 % levnější (cena dýhy KJ 320 Kč/m² vs. JS 160 Kč/m² bez DPH).

Výsledky potvrzují, že výroba skateboardových desek čistě z březového nebo jilmového dřeva není vhodná. Ani jedna z těchto dřevin nevykazuje v ověřovaných mechanických testech žádné výjimečné vlastnosti. Obzvláště bříza ve většině zkoušek překvapivě zaostává. S jilmovým dřevem se nepracovalo dobře. Má velmi hrubou a pórovitou strukturu, a proto také ve zkoušce pevnosti lepeného spoje ve smyku vykazovalo nejnižší hodnoty ze všech testovaných sérií. Často u něj též docházelo k delaminaci. To může být způsobeno jeho chemickým složením. Použito bylo totiž dřevo jádrové.

V sortimentu firmy JAF Holz nebyly dýhy evropského jilmu horského k dispozici. Byl tedy zakoupen jilm kanadský. Nejednalo se sice o evropskou dřevinu, ale i tak byl zařazen mezi dřeviny této bakalářské práce. Pokud by se fyzikálně-mechanické vlastnosti JM osvědčily, mohl by se v dalších fázích výzkumu testovat už jilm horský.

Dalším důvodem, proč do této práce zařadit i kanadský jilm, byla myšlenka, že kdyby se tento materiál osvědčil, mohlo by jeho použití alespoň částečně nahradit kanadský javor. Případným pozitivem by pak mohlo být omezení těžby javorů.

Buk sice má srovnatelnou pevnost lepeného spoje ve smyku jako KJ, ale ve všech dalších měřených mechanických parametrech zaostává za JS.

Z kombinovaných skladeb dosahují nejlepších výsledků vzorky BK-BR. Jedná se však o lehčí desku s nižší rázovou houževnatostí. Ta ovšem po definovaném cyklickém zatěžování oproti ostatním klesá jen zanedbatelně.

Pro získání komplexního přehledu a porovnání by bylo vhodné zakoupit komerčně prodávané desky, vymanipulovat z nich tělesa odpovídajících rozměrů a ta také podrobit testování. Rozsah bakalářské práce by byl tím však již příliš velký, a proto se porovnání s komerčně prodávanými deskami ponechá pro další fáze výzkumu.

7 Seznam použité literatury

Tištěné zdroje

ANANIAS, R. A., Peña, N. P., Wentzel, M. 2022. Skateboarding – Keeping feet on the wood. In: Wood in sport – Equipment heritage, present, perspective. Ed. by F. Negro. Disafa, University of Torino, 2022, s. 128-134. ISBN: 978-88-99108-26-7

BÁTĚK, S. 2015. Návrh inovace konstrukční skladby dřevěného jádra snowboardu. Brno. Diplomová práce. Mendelova univerzita v Brně. Lesnická a dřevařská fakulta. Ústav nauky o dřevě. Vedoucí práce doc. Dr. Ing. Pavel KRÁL

BODIG, J. & Jayne, B.A. 1993. Mechanics of Wood and Wood Composites. Repr. ed. Malabar Fla: Krieger.

BORDEN, I. 2019. Skateboarding and the city: A complete history. Bloomsbury Publishing Plc. London, United Kingdom. 384 p. ISBN: 9781472583451

BORUSZEWSKI, P., Borysiuk, P., Jencyk-Tołoczek, I., Wilkowski, J. 2015. Selected construction and material aspects of moulded plywood production for use in sports equipment. Annals of wuls, forestry and wood technology, 90, 17-22.

BROOKE, M., 2005. The Concrete Wave. Toronto: Warwick Publ.

BULUŠEK, M. 2019. Posouzení vlivu termické úpravy na dynamický modul pružnosti dřeva břízy bělokoré. Praha. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra základního zpracování dřeva. Vedoucí práce Ing. Vlastimil BORŮVKA, Ph. D.

CÍZOVÁ, E. 2018. Experimentální a výpočtová analýza lepených spojů. Praha. Bakalářská práce. České vysoké učení technické v Praze. Fakulta strojní. Ústav mechaniky, biomechaniky a mechatroniky. Vedoucí práce Ing. Ctirad NOVOTNÝ, Ph.D.

CVACH, J. 2012. Ověření časové závislosti nárůstu pevnosti spoje lepeného PVAC disperzí. Praha. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra zpracování dřeva. Vedoucí práce Ing. Jan BOMBA, Ph. D.

ČERNÝ, J. 2013. Vliv tepelné modifikace dřeva na vlastnosti jasanu. Praha. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra základního zpracování dřeva. Vedoucí práce Ing. Aleš ZEIDLER, Ph. D.

ČSN 49 0108. Zisťovanie hustoty. Federální úřad pro normalizaci a měření, 1993. 5 p.

ČSN 49 0117. *Rázová húževnaťosť v ohybe*. Praha: Český normalizační institut, 1979. 8 p.

ČSN EN 205. Lepidla – Lepidla na dřevo pro nekonstrukční aplikace – Stanovení pevnosti lepeného spojení ve smyku při tahovém namáhání. Český normalizační institut, 1995. 14 p.

ČSN EN 310. Desky ze dřeva. Stanovení modulu pružnosti v ohybu a pevnosti v ohybu. Výzkumný a vývojový ústav dřevařský, 1995. 8 p.

ČSN EN ISO 6506-1. Kovové materiály – Zkouška tvrdosti podle Brinella – Část 1: Zkušební metoda. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2015. 14 p.

DOUBEK, P., Kolnerová, M. 2014. Základy technologie lepení karosářských výlisků. Liberec: Technická univerzita. ISBN 978-80-7494-170-2.

DUCHÁČEK, V. 2006. Polymery: výroba, vlastnosti, zpracování, použití. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství VŠCHT. ISBN 80-7080-617-6.

EISNER, K., et al. 1966. Příručka lepení dřeva. Praha : SNTL-Nakladatelství technické literatury. 288 s. ISBN 04-821-66.

EISNER, K.; Havlíček, V.; Osten, M. 1983. Dřevo a plasty. Praha : SNTL-Nakladatelství technické literatury. 384 s. ISBN 04-805-83.

FOTIN, A., Lunguleasa, A., Coşereanu, C., Brenci, L.-M. 2016. Research on using plywood made from domestic species of wood for longboard manufacturing. Pro Ligno 12(3): 34-41.

GAFF, M., Babiak, M., Vokatý, V., Gašparík, M., Ruman, D., 2017. Bending characteristics of hardwood lamellae in the elastic region, Composites Part B: Engineering, Volume 116, Pages 61-75, ISSN 1359-8368, <https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2016.12.058>.
(<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1359836816315840>)

GANDELOVÁ, L., Horáček, P., 2002. Nauka o dřevě. 2. nezm. vyd. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. ISBN 80-7157-577-1.

GROF, P. 2017. Zjištění modulu pružnosti pomocí statické zkoušky tahem a tříbodovým ohybem. Liberec. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci, Fakulta strojní. Katedra strojírenské technologie. Vedoucí práce Ing. Jiří SOBOTKA, Ph. D.

GUOTH, M. 2013. Návrhy nových konstrukcí preglejkových skateboardov. Diplomová práce: Technická univerzita vo Zvolene, Slovensko. 60 s.

HABANEC, M. profesionální skateboardista [ústní sdělení]. Praha, 19. 1. 2023.

CHAUDHARY, V., Bajpai, P. K., Maheshwari, S. 2018. Studies on mechanical and morphological characterization of developed jute/hemp/flax reinforced hybrid composites for structural applications. Journal of natural fibers, 15(1), 80-97.

CHLÁDKOVÁ, K. 2015. Vývoj uplatnění dřeva v tělocvičném nářadí. Brno. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Lesnická a dřevařská fakulta. Ústav nábytku, designu a bydlení. Vedoucí práce Ing. František KACHYŇA.

KARAS, M., Kučera J. 2004. Skateboarding. Brno: Computer Press. 120 p. ISBN: 80-251-0101-0

LINKE, G. 2011. Innovative Design: Design of a Press System and Molds to Produce a Skateboard Deck. Masters of Science in Technology Thesis, East Tennessee State University, Johnson City, Tennessee, United States of America. 61 p.

LIPTÁKOVÁ, E., Sedliačik, M. 1989. Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle. Bratislava : ALFA, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry. 520s. ISBN 80-05-00116-9.

LIU H, Coote T, Aiolos C. 2018. Skateboard deck materials selection. In: Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Beijing, China. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/128/1/012170>

MARANGON, R. 2018. Study on the evaluation of the quality of skateboard shapes and the development of methodologies for physical and mechanical characterization. Bachelor Degree in Production Engineering Thesis, São Paulo State University, Itapeva, Brazil. 78 p.

OSTEN, M. 1996. Práce s lepidly a tmely. Praha : Grada Publishing, spol. s r.o. . 136 s.

PÁNEK, M. 2015. Nátěry na dřevo a jejich testování. Praha. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí.

SEDLIAČIK, J. 2005. Procesy lepenia dreva, plastov a kovov. Zvolen : Technická univerzita vo Zvolene. 221 s. ISBN 80-228-1500-4.

SEDLIAČIK, M. a Sedliačik, J. 1998. Chemické látky v drevárskom priemysle. 1. vydání. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene. ISBN 80-228-0745-1.

SLÁDEK, D. 2023. Vliv modifikace lepidel termosety na ohybové vlastnosti vrstveného dřeva. Praha. Diplomová práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra zpracování dřeva a biomateriálů. Vedoucí práce Ing. Adam SIKORA, Ph.D.

SÝKORA, M. 2020. The history of skateboarding and the production of skateboards in connection with the processing of veneer in the USA. Plzeň. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta filozofická. Katedra anglického jazyka a literatury. Vedoucí práce PhDr. Alice TIHELKOVÁ, Ph.D.

UZCATEGUI, C. M. G., Seale, R. D., & França, F. J. N. 2020. Physical and Mechanical Properties of Hard Maple (*Acer saccharum*) and Yellow Poplar (*Liriodendron tulipifera*). *Forest Products Journal*, 70(3), 326–334. [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z:

<https://meridian.allenpress.com/fpj/article/70/3/326/444389/Physical-and-Mechanical-Properties-of-Hard-Maple>

VEBR, V. 2017. Dopad nízkých teplot na mechanické vlastnosti dřeva. Praha. Bakalářská práce. Česká zemědělská univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská. Katedra základního zpracování dřeva. Vedoucí práce Ing. Miroslav GAŠPARÍK, Ph.D.

VITOSYTÉ, J. & Ukvalbergienė, K., Keturakis, G. (2012). The Effects of Surface Roughness on Adhesion Strength of Coated Ash (*Fraxinus excelsior* L.) and Birch (*Betula* L.) Wood. *Materials Science*. 18. 347 - 351 pp.. 10.5755/j01.ms.18.4.3094.

Všeobecná encyklopedie v osmi svazcích. Praha: Diderot, 1999. ISBN 80-902555-2-3.

WATERMAN, N.A., Crease, A. 1978. Skateboards - a triumph of materials technology. *International Journal of Materials in Engineering Applications* 1(1): 7-12.

Elektronické zdroje

15 of the Best Types of Maple Trees to Grow at Home. Joe Butler. Publikováno dne 21. srpna 2022 [online]. [cit. 2023-01-08]. Dostupné z: <https://gardenerspath.com/plants/landscape-trees/maple-types/>

1zdar. [online] Dostupné z: <https://www.1zdar.cz/soubor-52-74-468-.pdf> [cit. 2023-06-16].

Acer saccharum. Wikipedia. [Online]. Dostupné z: en.wikipedia.org/wiki/Acer_saccharum. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2023-01-22].

Adam Sikora. Mechanické charakteristiky u skejtové desky [online]. Message to: xsykm008@studenti.czu.cz, jurczykova@fld.czu.cz. 22. 2. 2023 [29. 3. 2024]

American Elm | The Wood Database (Hardwood) [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/american-elm/>

Atlas rostlin. Briza bělokorá. [online] Dostupné z: <https://www.atlasrostlin.cz/listnatekere/briza-belokora> [cit. 2023-04-17].

Buk lesní (*Fagus sylvatica*). AtlasRostlin.cz. Dostupné z: atlasrostlin.cz/listnatestromy/buk-lesni. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2023-01-27].

CES2009EDUPACK. Plywood (5 ply, beech), parallel to face layer. [online] Dostupné z: <https://simulatentoast.files.wordpress.com/2013/03/plywood.pdf> [cit. 2024-03-26]

David Heřmanský. Vlastnosti dřeva. [Online]. Dostupné z: davidhermansky.cz/vlastnosti-dreva/. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2023-11-02].

Dose Skateboarding. What Are Skateboard Wheels Made of? – Skateboard Wheels Materials. [Online]. Dostupné z: doseskateboarding.com/articles/what-skateboard-wheels-originally-were-made-of. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2024-11-02].

Dřevostavitel. Mechanické vlastnosti dřeva domácích dřevin. [online] Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/mechanicke-vlastnosti-dreva-domacich-drevin> [cit. 2024-04-02].

European Ash | The Wood Database (Hardwood) [online]. [cit. 2023-03-28]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/european-ash/>

European Beech | The Wood Database (Hardwood) [online]. [cit. 2023-05-22]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/european-beech/>

FACTORY FAST. 60 Pack Sports Training Discs Markers Cones Soccer AFL Exercise Personal Fitness [online]. [cit. 2023-11-20]. Dostupné z: <https://www.factoryfast.com.au/products/60-pack-sports-training-discs-markers-cones-soccer-afl-exercise-personal-fitness-1>

Fraxinus. Stavba dřeva. [online] Dostupné z: https://fraxinus.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/lexikon/makro/index.html?drevina=bk [cit. 2023-03-26].

Fraxinus. Stavba dřeva. [online] Dostupné z: https://fraxinus.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/lexikon/makro/index.html?drevina=br [cit. 2023-04-20].

Fraxinus. Stavba dřeva. [online] Dostupné z: https://fraxinus.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/lexikon/makro/index.html?drevina=jm [cit. 2023-10-04].

Fraxinus. Stavba dřeva: Lexikon makro. [Online]. Dostupné z: fraxinus.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/lexikon/makro/index.html?drevina=jv. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2023-01-20].

Fraxinus. Stavba dřeva: Lexikon makro. [Online]. Dostupné z: fraxinus.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/lexikon/makro/index.html?drevina=js. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2023-01-24].

Hanyko Praha. Zkouška tvrdosti podle Brinella. [online] Dostupné z: <https://www.hanyko-praha.cz/produkty/tvrdomery/co-je-tvrдост-a-jak-se-meri/zkouska-tvrdomery-podle-brinella/> [cit. 2023-11-22].

Hard Maple | The Wood Database (Hardwood). [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/hard-maple/>

Hare, J. Trade secrets... Skateboarding [online]. Royal Society of Chemistry. [cit. 2023-01-07]. Dostupné z: <https://edu.rsc.org/feature/trade-secrets--skateboarding/3007413.article>.

IGM. Titebond III Ultimate Technický list. [online]. 2023. [cit. 2023-11-22]. Dostupné z: <https://www.igm.cz/documents/123-1413/cs/123-141%20titebond%20iii%20ultimate%20technicky%20list%20cz%20v1.2.pdf>.

Ing. Petr Novák. *Mechanické vlastnosti dřeva domácích dřevin*. Dřevostavitel [online]. [cit. 2023-10-04]. Dostupné z: <https://www.drevostavitel.cz/clanek/mechanicke-vlastnosti-dreva-domacich-drevin>

InsideWood. Online databáze dřeva. Dostupné z: insidewood.lib.ncsu.edu/search;jsessionid=B9rZOPmKDLouaRTjV51m7J8ewl3dkJa6RBzGT5ly?0. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2023-01-21].

Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*). Wikipedia. Dostupné z: cs.wikipedia.org/wiki/Jasan_ztepil%C3%BD. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2024-01-25].

Katedry.czu.cz. Laboratoře a přístrojové vybavení. [online] Dostupné z: <https://katedry.czu.cz/kzdb/laboratore-a-pristrojove-vybaveni?editmode=0> [cit. 2023-11-27].

Larry Stevenson- The Godfather of Skateboarding- Dies at the Age of 81. The House Staff. Publikováno dne 29. března 2012 [online]. [cit. 2024-12-03]. Dostupné z: <https://www.the-house.com/portal/larry-stevenson-founder-of-makaha-skateboards-dies-at-the-age-of-81/>

Material Property Quantitative Search on MatWeb [online]. [cit. 2023-10-04]. Dostupné z: <https://www.matweb.com/search/datasheet.aspx?matguid=e30c1ad86e814c359e61b4c3449009bb&ckck=1>

MatWeb. [online] Dostupné z: <https://www.matweb.com/search/DataSheet.aspx?MatGUID=c499c231f20d4284a4da8bea3d2644fc&ckck=1> [cit. 2023-04-19].

Mezi stromy. Oblasti využití dřeva: Odborný. [Online]. Dostupné z: mezistromy.cz/oblasti-vyuziti-dreva/vyuziti-dreva/odborny. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2023-12-02].

Muni.cz. Vlastnosti dřeva. [online] Dostupné z: <https://is.muni.cz/th/jc6o7/5519230/pracestechnickym/drevo/vlastnostidreva.html> [cit. 2024-03-27].

Rostliny.net. *Ulmus americana*. [online] Dostupné z: https://www.rostliny.net/roslina/Ulmus_americana [cit. 2023-10-02].

Sauna.cz. Kartáče a metličky. [online] Dostupné z: <https://www.sauna.cz/kartace-a-metlicky/1> [cit. 2023-10-02].

Silver Birch | The Wood Database (Hardwood) [online]. [cit. 2023-10-02]. Dostupné z: <https://www.wood-database.com/silver-birch/>

Skateboarders HQ. 2023. 52 Skateboarding Statistics & Facts - Updated 2023. Retrieved from: <https://www.skateboardershq.com/skateboard-statistics-facts/> [cit. 2023-01-11].

Skateboarding For Sustainability. Forbes. [Online]. Dostupné z: forbes.com/sites/sap/2019/09/13/skateboarding-for-sustainability/?sh=79ef252573a6. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2023-01-09].

SMETANOVÁ, Anna. 2022. Mechanické zkoušky dynamické. Kuřim. Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT. OŠ a SOU Kuřim, s.r.o. [online] Dostupné z: <https://www.zamekkurim.cz/> [cit. 2023-11-22]

Stoked Ride Shop. Street Skateboarding. [online] Dostupné z: <https://stokedrideshop.com/blogs/stoked-school/street-skateboarding> [cit. 2023-11-20].

SVOBODA, Jaroslav. 2013 Mechanika, pružnost pevnost. Brno. Inovace a zkvalitnění výuky prostřednictvím ICT. Střední průmyslová škola a Vyšší odborná škola technická Brno, Sokolská 1. [online] Dostupné z: https://www.sokolska.cz/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_11-18.pdf [cit. 2023-11-22].

The Wood Database. Online databáze dřeva. Dostupné z: wood-database.com. Účinné od 1. prosince 2022. [cit. 2024-04-02].

UST FME VUT Brno. [online] Dostupné z: <https://ust.fme.vutbr.cz/> [cit. 2023-11-20].

Ústav nauky o dřevě a dřevařských technologiích. *Anatomická stavba dřeva. Lexikon dřev.* [online] Brno, 2022. [cit. 2024-01-01]. Dostupné z: https://fraxinus.mendelu.cz/unod/multimedia/stavba_dreva/lexikon/

Vintage Roller Derby Wood Skate Board in Red with Steel Wheels c. 1950s [online]. [cit. 2023-11-02]. Dostupné z: <https://www.thirdshiftvintage.com/products/vintage-roller-derby-wood-skate-board-in-red-with-steel-wheels-c-1950s?variant=26102332553>

Vlastnosti dřeva | Dřevo NB, s.r.o. [online]. [cit. 2023-10-04]. Dostupné z: <https://www.drevonb.cz/palivove-drevo/vlastnosti-dreva/>

What Makes a Good Skateboard Deck? [online]. [cit. 29. 3. 2024]. Dostupné z: <https://www.timberaid.com/calculator/articles/what-makes-good-skateboard-deck/>.

Wikipedie. Bisfenol A. [online] Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Bisfenol_A [cit. 2023-11-20].

Wikipedie. Epoxid. [online] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Epoxid> [cit. 2023-11-20].

Wikipedie. Jilm. [online] Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Jilm> [cit. 2024-04-02].

Wikipedie. Překližka. [online] Dostupné z:
<https://cs.wikipedia.org/wiki/P%C5%99ekli%C5%BEka> [cit. 2023-11-20].

Wikipedie. Zkouška tvrdosti podle Brinella. [online] Dostupné z:
https://cs.wikipedia.org/wiki/Zkou%C5%A1ka_tvrdosti_podle_Brinella [cit. 2024-04-02].

Wikiwand. Vinylacetát. [online] Dostupné z:
<https://www.wikiwand.com/cs/Vinylacet%C3%A1t> [cit. 2023-10-04].

Wood Database. American Elm. [online] Available at: <https://www.wood-database.com/american-elm/> [Accessed 2023-10-04].

Wood Database. Silver Birch. [online] Dostupné z: <https://www.wood-database.com/silver-birch/> [cit. 2024-04-02].

WPiF (Wood Panel Industries Federation). PanelGuide 2014 Annex 2D. [online] Dostupné z: https://wpif.org.uk/uploads/PanelGuide/PanelGuide_2014_Annex2D.pdf [cit. 2024-04-02].

Xcepl, Mendelu. Vlastnosti dřeva. [online] Dostupné z:
https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/inovace/Biomechanika_stromu/6_vlastnosti_dreva.pdf [cit. 2023-11-27].

Zahradnictví Flos. *Fagus sylvatica* – Buk lesní. [online] Dostupné z:
<https://www.zahradnictvi-flos.cz/fagus-sylvatica-buk-lesni.html> [cit. 2023-04-10].