

Univerzita Hradec Králové
Pedagogická fakulta
Katedra technických předmětů

Zpracování dřeva prvovýrobou

Diplomová práce

Autor: Josef Indra
Studijní program: N7504 Učitelství pro střední školy
Studijní obor: Učitelství pro střední školy – tělesná výchova
Učitelství pro střední školy – základy techniky
Vedoucí práce: prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.

UNIVERZITA HRADEC KRÁLOVÉ
Pedagogická fakulta
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Josef Indra**
Osobní číslo: **P15P0962**
Studijní program: **N7504 Učitelství pro střední školy**
Studijní obory: **Učitelství pro střední školy - tělesná výchova**
Učitelství pro střední školy - základy techniky
Název tématu: **Zpracování dřeva prvovýrobou**
Zadávající katedra: **Katedra technických předmětů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Cílem teoretické části práce je sumarizovat a vymezit všeobecné informace vztahující se k pilařskému průmyslu. Jedná se především o historii pilařských technologií, zásady a postupy ve zpracování dřeva prvovýrobou a dále o druhy pil. Úkolem praktické části je obsáhnout postupy práce rámové pily včetně dílčích kroků na konkrétním typu stroje. Práce může být následně využita jako informační materiál pro studenty v oboru Základy techniky i pro učitele praktické výuky na středních odborných školách.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

DETVAJ, Juraj, KRUTEL František. Technológia piliarskej výroby. Zvolen. Vysoká škola lesnícka a drevárska. 1990. 275 s. ISBN 80-228-0061-9. KOVÁČ, Ján. Ergonomické parametry procesu řezání dřeva: Ergonomic parameters of wood cutting process : monografie. Brno. Mendelova univerzita v Brně. 2013. 68 s. Folia Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis. ISBN 978-80-7375-766-3. KUNC, Zdeněk. Dřevopříručka. Praha. BEN. 2004. 95 s. ISBN 80-7300-126-8. PECINA, Pavel, PECINA Josef. Materiály a technologie - dřevo. Brno. Masarykova univerzita. 2006. 132 s. ISBN 80-210-4013-0. SOJKA, Jindřich. Základy pilařského zpracování dřeva: učební texty pro lesnické školy. Trutnov. Gentiana pro Nadační fond Střední lesnické školy a VOŠL v Trutnově. 2012. 80 s. ISBN 978-80-86527-32-1. VARKOČEK, Jan, HOLOPÍREK, Jindřich, ROUSEK, Miroslav. Dělení, obrábění a tváření materiálů. Brně. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita. 1996. 117 s. ISBN 80-7157-230-6.

Vedoucí diplomové práce: **prof. Ing. Rozmarína Dubovská, DrSc.**
Katedra technických předmětů

Datum zadání diplomové práce: **6. února 2015**

Termín odevzdání diplomové práce: **28. července 2017**

L.S.

doc. PhDr. MgA. František Vaníček, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Pavel Cyrus, CSc.
vedoucí katedry

dne

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval pod vedením vedoucí diplomové práce samostatně a uvedl jsem všechny použité prameny a literaturu.

V Hradci Králové dne

Josef Indra

Poděkování

Mé poděkování patří vedoucí diplomové práce prof. Ing. Rozmaríně Dubovské, DrSc. Děkuji jí za cenné rady, připomínky a čas, který mi věnovala při konzultacích a vedení práce. Dále bych chtěl poděkovat všem, kteří mi při psaní práce jakkoliv pomohli.

Anotace

INDRA, Josef. *Zpracování dřeva prvovýrobou*. Hradec Králové: Pedagogická fakulta Univerzity Hradec Králové, 2017. 80 s. Diplomová práce.

Diplomová práce se věnuje tématu zpracování dřeva prvovýrobou. Teoretická část diplomové práce se zabývá stavbou dřeva, jeho vlastnostmi, lesní těžbou a přepravou kulatiny na pilu. Dále je představena historie pilařské technologie, druhy pil a jejich funkce. V praktické části je provedena analýza využití rámové pily v podmínkách konkrétní dřevařské malovýroby a popsán vznik jednotlivých druhů řeziva jako dřevařských výrobků. Zahrnuje postupy práce rámové pily včetně dílčích kroků na konkrétním typu stroje. Jako celek práce poskytuje metodicko-informační materiál pro učitele praktické výuky na středních školách.

Klíčová slova: dřevo, pila, pilařská technologie, malovýroba, prvovýroba, vzdělávání

Annotation

INDRA, Josef. *Wood processing with primary production*. Hradec Králové: Faculty of Education, University of Hradec Králové, 2017. 80 pp. Diploma Thesis.

This thesis pursues the topic of wood processing by the primary production. The theoretical part involves the wood construction, wood properties, the forest extraction and the transport of roundlog to sawmill. It introduces the history of sawmill technology, kinds of saws and their functions. The component of the practical part is the analysis of the frame saw using in the specific timber small-scale production. This describes the production of each kind of sawn-timber. The thesis includes working processes of the frame saw inclusive of substeps. Whole diploma thesis provides the summarised information of wood processing for teachers of practical courses on high schools.

Keywords: wood, saw, sawmill technology, small-scale production, primary production, education

Obsah

Seznam a obrázků	10
Seznam tabulek	14
Seznam zkratk	14
Seznam praktických příloh	14
Úvod.....	15
1 Dřevo jako surovina.....	17
1.1 Stavba dřeva	17
1.2 Vlastnosti dřeva.....	21
1.2.1 Fyzikální vlastnosti.....	21
1.2.2 Mechanické vlastnosti	22
1.2.3 Technologické vlastnosti	23
1.3 Lesní těžba	25
1.4 Přeprava kulatiny na pilu	29
2 Pilařská technologie	31
2.1 Historie pilařské technologie.....	31
2.2 Druhy pil v pilařském průmyslu	33
2.2.1 Rámová pila.....	33
2.2.2 Pásová pila.....	34
2.2.3 Kotoučová pila.....	38
3 Využití rámové pily v podmínkách dřevařské malovýroby.....	41
3.1 Pilnice.....	41
3.2 Sklad kulatiny.....	42
3.3 Princip rámové vertikální pily.....	43
3.3.1 Základní popis částí pily.....	45
4 Výrobky pilařské technologie	54

4.1 Zpracování kulatiny	54
4.2 Řezivo deskové	57
4.3 Řezivo hraněné.....	62
4.4 Řezivo polohraněné.....	66
4.5 Řezivo laťové a lištové.....	68
5 Využití výrobků pilařské technologie v dřevařské malovýrobě	71
Závěr	75
Seznam pramenů a odborné literatury	77
Zdroje obrázků.....	80

Seznam a obrázků

Obrázek 1 – Prvky kmene na příčném řezu	18
Obrázek 2 – Těžba dřeva v ČR za období 2002-2015	25
Obrázek 3 – Těžba jehličnatého dřeva podle dřevin v ČR v roce 2015	27
Obrázek 4 – Těžba listnatého dřeva podle dřevin v ČR v roce 2015	27
Obrázek 5 – Vertikální rámové pily	33
Obrázek 6 – Kmenové pásové pily	34
Obrázek 7 – Schéma horizontální kmenové pásové pily	35
Obrázek 8 – Schéma rozmítací pásové pily	37
Obrázek 9 – Řezy pilovými kotouči	38
Obrázek 10 – Schéma vícelisté kotoučové rozřezávací pily	40
Obrázek 11 – Pilnice	42
Obrázek 12 – Sklad kulatiny	42
Obrázek 13 – Rámová pila vertikální	43
Obrázek 14 – Schéma vertikální rámové pily	44
Obrázek 15 – Rám pily	45
Obrázek 16 – Vodicí tyč	46
Obrázek 17 – Ojnice	47
Obrázek 18 – Setrvačníky	47
Obrázek 19 – Kliková hřídel	47
Obrázek 20 – Krokový mechanismus	47
Obrázek 21 – Celkové uložení pohonu pily	48
Obrázek 22 – Řemenový převod	48
Obrázek 23 – Ovládací panel	48
Obrázek 24 – Rýhované válce	49
Obrázek 25 – Řetězový převod	49
Obrázek 26 – Koncový pákový spínač	49
Obrázek 27 – Podávací válce	49
Obrázek 28 – Pilový rám	50
Obrázek 29 – Horní závěs s upnutím	50
Obrázek 30 – Mezipilní vložky	50
Obrázek 31 – Pilový list	51
Obrázek 32 – Ukončení pilového listu	51

Obrázek 33 – Horní a dolní závěs.....	51
Obrázek 34 – Nasunutí závěsu.....	51
Obrázek 35 – Upínací a pomocné vozíky.....	52
Obrázek 36 – Pomocný vozík.....	52
Obrázek 37 – Úzkokolejní trať.....	52
Obrázek 38 – Odstředivý ventilátor.....	53
Obrázek 39 – Plnění žoku.....	53
Obrázek 40 – Odsávání pilin uvnitř pilnice.....	53
Obrázek 41 – Druhy řeziva.....	56
Obrázek 42 – Upnutí kulatiny.....	57
Obrázek 43 – Řezy pilovými listy.....	57
Obrázek 44 – Pořez kulatiny.....	57
Obrázek 45 – Prkna neomítaná.....	57
Obrázek 46 – Druhý pořez.....	58
Obrázek 47 – Řez nahotovo.....	58
Obrázek 48 – Pořez neomítaných prken.....	58
Obrázek 49 – Omítaná prkna.....	58
Obrázek 50 – Upnutí kulatiny.....	59
Obrázek 51 – Začátek řezu pilovými listy.....	59
Obrázek 52 – Pořez kulatiny.....	59
Obrázek 53 – Neomítané fošny.....	59
Obrázek 54 – Třídění neomítaných fošen.....	59
Obrázek 55 – Druhý pořez.....	60
Obrázek 56 – Vyzdravení a začátek omítání.....	60
Obrázek 57 – Řez.....	60
Obrázek 58 – Omítané fošny.....	60
Obrázek 59 – Krajinová prkna při pořezu prisky.....	61
Obrázek 60 – Krajinové prkno.....	61
Obrázek 61 – Vznik krajiny.....	61
Obrázek 62 – Krajiny.....	61
Obrázek 63 – Upnutí kulatiny.....	62
Obrázek 64 – Začátek řezu prisky.....	62
Obrázek 65 – Řez kulatinou.....	62
Obrázek 66 – Prisky.....	62

Obrázek 67 – Druhý pořez.....	63
Obrázek 68 – Začátek řezu hranolů	63
Obrázek 69 – Výřez hranolů.....	63
Obrázek 70 – Hranoly.....	63
Obrázek 71 – Čelní pohled hranolů	63
Obrázek 72 – Upnutí kulatiny.....	64
Obrázek 73 – Výroba prismy.....	64
Obrázek 74 – Řez kulatinou.....	64
Obrázek 75 – Prisma.....	64
Obrázek 76 – Druhý pořez.....	65
Obrázek 77 – Začátek řezu hranolku	65
Obrázek 78 – Celkový pohled pořezu.....	65
Obrázek 79 – Hranolek a omítaná prkna	65
Obrázek 80 – Hranolek	65
Obrázek 81 – Upnutí kulatiny.....	66
Obrázek 82 – Řez polštáře	66
Obrázek 83 – Celkový pohled pořezu.....	66
Obrázek 84 – Polštář.....	66
Obrázek 85 – Upnutí kulatiny.....	67
Obrázek 86 – Začátek řezu trámy	67
Obrázek 87 – Celkový pohled pořezu.....	67
Obrázek 88 – Trámy	67
Obrázek 89 – Řez neomítaných fošen	68
Obrázek 90 – Výřez neomítaných fošen.....	68
Obrázek 91 – Upnutí neomítané fošny	68
Obrázek 92 – Začátek řezu latí	68
Obrázek 93 – Výřez latí.....	69
Obrázek 94 – Latě.....	69
Obrázek 95 – Řez neomítaných prken	69
Obrázek 96 – Výřez neomítaných prken	69
Obrázek 97 – Upnutí neomítaných prken	70
Obrázek 98 – Začátek řezu lišt	70
Obrázek 99 – Lišty a omítaná prkna	70
Obrázek 100 – Lišty.....	70

Obrázek 101 – Palivové odkorky..... 74

Seznam tabulek

Tab. 1 – Těžba dřeva dle krajů v ČR za rok 2015	26
Tab. 2 – Dělení řeziva.....	56

Seznam zkratk

LČR – Lesy České republiky

UKT – univerzální kolový traktor

LKT – lesní kolový traktor

Seznam praktických příloh

Příloha 1 – Vzorek výrobku prkna

Příloha 2 – Vzorek výrobku fošny

Příloha 3 – Vzorek výrobku krajinového prkna

Příloha 4 – Vzorek výrobku krajiny

Příloha 5 – Vzorek výrobku hranolu

Příloha 6 – Vzorek výrobku hranolku

Příloha 7 – Vzorek výrobku polštáře

Příloha 8 – Vzorek výrobku trámu

Příloha 9 – Vzorek výrobku latě

Příloha 10 – Vzorek výrobku lišty

Úvod

Diplomová práce nese název zpracování dřeva prvovýrobou, což je také stěžejním tématem jak teoretické tak praktické části. Dřevo je surovinou používanou lidmi již celá staletí a již pro naše předky mělo dřevo existenční význam. V dnešní době je stále důležitou surovinou. Přestože svádí konkurenční boj se stále novými materiály, je stále hojně využíváno. Osobní motivací k výběru tématu bylo prostředí mého dětství. Vyrůstal jsem obklopen lidmi, kteří se dřevem pracují. Naše rodina vlastní několik hektarů lesa a malovýrobu na zpracování kulatiny. Dalším důvodem je návaznost na mou bakalářskou práci, která nesla název Těžba a zpracování dřeva. Jejím obsahem byl metodicko-didaktický materiál.

Cílem teoretické části práce je sumarizovat a vymezit všeobecné informace vztahující se k pilařskému průmyslu. Především uvést stručnou historii pilařských technologií, zásady a postupy ve zpracování dřeva prvovýrobou a druhy pil.

Hlavním cílem praktické části je obsáhnout postupy práce rámové pily včetně dílčích kroků na konkrétním typu stroje. Navazuje na bakalářskou práci, jejímž cílem bylo vytvořit metodický manuál k výuce pro učitele základních škol. Díky tomuto manuálu by mohli žáci získat přehled o vzniku lesa. Dále se orientovat v procesu zpracování dřeva od prvotní těžby až po prvovýrobu. Mým cílem je na tuto práci navázat právě v daném úseku procesu, tedy od prvovýroby. Zaměřit se na detailní popis výroby jednotlivých druhů řeziva, které vznikají na rámové vertikální pile. Tento dřevařský sortiment bude obohacen fotodokumentací s konečným výrobkem. Práce může být následně využita jako rozšířený informační materiál pro studenty v oboru základy techniky i pro učitele praktické výuky na středních odborných školách.

První kapitola této práce pojednává o dřevě jako surovině. Popsána je mikroskopická a makroskopická stavba dřeva a dále prvky kmene. Každý druh dřeva má svoje zvláštní vlastnosti, které jsou shrnuty v podkapitole. Konkrétně se jedná o výčet a popis fyzikálních, mechanických a technologických vlastností dřeva a jednotlivých druhů. Další podkapitola je věnována lesní těžbě a analýze vývoje těžby dřeva v naší zemi. Závěrečná podkapitola se zabývá přepravou kulatiny na pilu.

V druhé kapitole je popsána pilařská technologie. Úvod kapitoly je věnován historii pilařských technologií od konce 19. století po současnost. Dále jsou popsány jednotlivé druhy pil, konkrétně rámové, pásové a kotoučové. Vysvětleny jsou i principy jejich fungování a vše je doplněno ilustračním obrazovým materiálem. Třetí kapitola se

věnuje detailnímu popisu rámové pily, jejímu fungování a využití v podmínkách naší dřevařské malovýroby. Součástí popisu je zahrnut jak výrobní prostor tzv. pilnice, kde je umístěn hlavní pilařský stroj, tak sklad kulatiny. Stěžejní část kapitoly nese popis principu rámové vertikální pily a jejích jednotlivých částí.

Postup práce výroby jednotlivých druhů řeziva na vertikální rámové pile je uveden ve čtvrté kapitole. Ta obsahuje popisy jednotlivých druhů řeziva a poskytuje detailní postupy práce potřebné k jejich vzniku. Závěrečná kapitola této diplomové práce se věnuje následnému využití výrobků pilařské technologie v dřevařské malovýrobě, kde jsou dále zpracovávány do finálních spotřebitelských výrobků.

1 Dřevo jako surovina

Dřevo je v dnešní době stále důležitou surovinou a poměrně snadno dostupným materiálem. Ačkoliv přicházejí nové materiály, dřevo je neustále hojně využíváno. Dřevo se využívá na výrobu nástrojů, nábytku, ale i jako stavební materiál. Používá se odedávna i jako palivo. Ze dřeva lze získat nejrůznější chemické suroviny, které slouží k výrobě dalších materiálů. Takovou surovinou je například celulóza, která slouží k výrobě papíru. Mezi další získávané suroviny patří pryskyřice či přírodní kaučuk. Další obrovskou výhodou tohoto materiálu je, že dřevo patří mezi obnovitelné zdroje energie.

1.1 Stavba dřeva

„Dřevo je hmota organického původu, vytvářená přírodními procesy za spolupůsobení ovzduší a půdy v kmenech, větvích a kořenech dřevin. Je to rostlinné pletivo, jehož převážná část buněčných elementů má zdřevnatělé – lignikované buněčné stěny. Nachází se v kmenech, kořenech a větvích mezi dřevem a kambiem“ (Sojka, 2012, s.8). Každá část stromu má díky tomu v dnešní době průmyslové využití. Nejvíce je však využíváno dřeva kmene stromů. Dřevem se rozumí centrální část kmene dřevin, zaujímá 70–93 % objemu stromu.

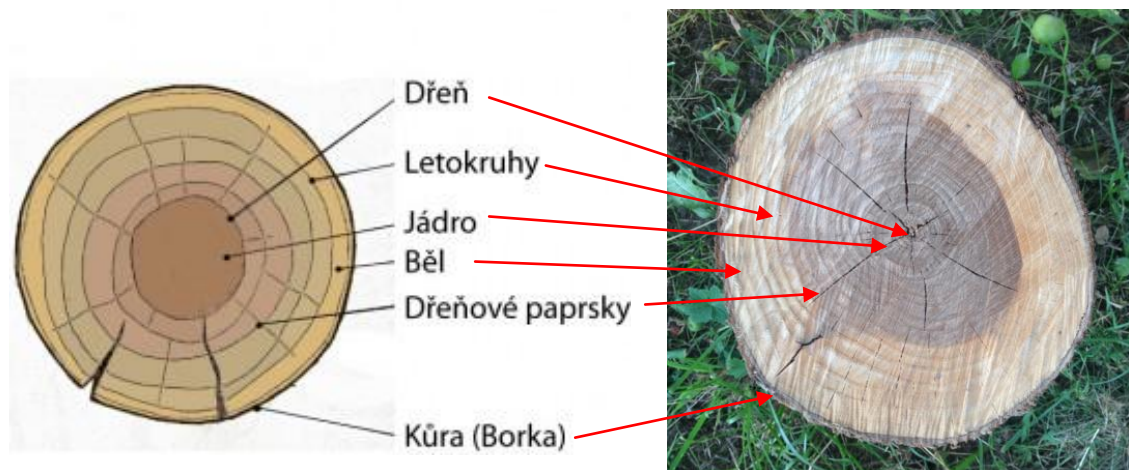
Dřevo vzniká činností kambia, což jsou vrstvičky živých buněk, které jsou uloženy mezi kůrou a dřevem. V procesu růstu se kambiální buňky dělí a vytvářejí na vnitřní straně kambia buňky dřeva a na vnější straně kambia vytvářejí kůru. Ve směru dřeva se dělí buňky mnohem rychleji, a z tohoto důvodu přirůstá dřevo mnohem rychleji než kůra. V našem podnebném pásu pracuje kambium tak, že se jeho činnost zastaví před zimním obdobím a začne pracovat opět na jaře. Stavbou dřeva se zabývá anatomie dřeva, která je jednou z částí lesnické botaniky. Stavbu dřeva lze hodnotit podle makroskopických znaků, které jsou pozorovatelné pouhým okem nebo lupou. Znaky mikroskopické je možné pozorovat pouze při zvětšení mikroskopem.

Mikroskopická stavba dřeva má praktický význam z hlediska určování druhů a jeho vlastností. U dřeva jsou rozlišovány různé tvary buněk, jejich rozměry, stěny a buněčné dutiny. Důležité je také uspořádání buněk ve dřevě. Dřevo je látka anizotropní a má tedy různé vlastnosti. Záleží na směru vláken, které je možné sledovat na třech hlavních řezech dřeva. Ve vztahu ke směru vláken se mění většina vlastností

dřeva, jako jsou např. vodivost, sesychání, zpracovatelnost a vzhled. Dřevo normálně rostlé má vlákna přibližně rovnoběžná s hlavní osou. Existují také vlákna, která s hlavní osou svírají úhel. Ta se nazývají odkloněná. Dřevo s těmito vlákny má menší pevnost, více pracuje, bortí se a obtížněji se zpracovává (Sojka, 2012).

Makroskopická struktura dřeva je viditelná pouhým okem. Jednoduše tak lze rozlišit druhy dřeva a další sekundární znaky. Právě výše popsanou činnost kambia můžeme pozorovat bez přibližovacích pomůcek. Tedy lze pozorovat tvorbu letokruhů. Na jaře většinou vzniká světlejší zbarvená část letokruhů-jarní dřevo a v létě vzniká vnější tvrdší a tmavší část-letní dřevo.

Sojka (2012) strukturuje dřevo na: letokruhy, jarní a letní dřevo v letokruhu, jádro + běl, vyzrálé dřevo, cévy, pryskyřičné kanálky, dřevné paprsky, dřevné skvrnky a suky. V rámci této kapitoly budou popsány tyto části směrem od středu následovně: dřev, jádro, dřevné paprsky, letokruhy, běl a kůra, viz níže uvedený (obr. 1).



Obrázek 1 - Prvky kmene na příčném řezu (MSDK, 2010, fotoarchiv autora, 2017)

Dřeň se nachází uprostřed kmene. Má negativní vliv na vlastnosti dřeva. Při vysychání se od dřeně vytváří trhliny, které narušují celistvost dřeva (Sojka, 2012). Většinou je více či méně posunuta mimo geometrický střed kmene (v ideálním případě se nachází v jeho geometrickém středu). Má tvar kruhový nebo oválný, ve výjimečných případech čtyřúhelníkový, pětiúhelníkový nebo hvězdicovitý. Její průměr je asi 2 - 5 mm.

Jádro je vnitřní, obvykle tmavší zbarvená část kmene, odlišená od světlejší běle. Na rozdíl od běle neobsahuje živé parenchymatické buňky a vodivé cesty jsou pro vodu neprůchodné. Zpravidla obsahuje jádrové látky.

Dřeňové paprsky lze pozorovat na příčném i podélném řezu. Na příčném řezu to jsou lesklé čáry, které vybíhají z dřeně ke kůře. U některých dřevin (dub, buk, jilm) jsou viditelné pouhým okem. U některých dřevin je můžeme pozorovat lupou (jasan, topol, habr, lípa, všechny jehličnany). Dřeňové paprsky jsou parenchymatické proužky pletiva, které je možné pozorovat ve směru poloměru dřeva. Zlepšují štípatelnost dřeva a podílí se na zlepšení dekorativnosti dřeva. U jehličnanů jsou však velmi jemné a nezřetelné.

Letokruhem je nazýván tloušťkový neboli radiální přírůst dřeva, který vzniká činností dělivých buněk kambia za dané vegetační období. Letokruhy jsou výsledkem přerušování tloušťkového růstu stromu v důsledku vegetačního klidu dřevin mírného a chladného pásma. Letokruhy je možné přirovnat k soustavě kuželovitých plášťů postupně na sebe nasedajících. V letokruzích lze u některých dřev rozlišit světlejší část letokruhu zvanou *jarní časné dřevo* a tmavší část označovanou *letní pozdní dřevo* (Šťourač, 2009). Podle základních makroskopických znaků letokruhů je možné naše dřeviny zařadit do čtyř skupin:

- jehličnaté dřeviny, které se vyznačují výraznými letokruhy - letním dřevem (např.: smrk, borovice, modřín, jedle),
- listnaté dřeviny kruhovitě cévnaté (např.: dub, akát, jasan, kaštanovník),
- listnaté dřeviny polokruhovitě cévnaté (např.: ořešák, třešeň, slivoň),
- listnaté dřeviny roztroušeně cévnaté (např.: buk, bříza, olše, habr).

Běl je vnější část po obvodu kmene. Tato část obsahuje živé buňky a zásobní látky, což umožňuje růst stromu. Jádro dřevin se od běle liší barevně, je vlhčí a při sušení méně sesychá. Jeho výhodou je obrana proti hnilobě. U jehličnanů tím, že obsahuje větší množství pryskyřičných látek. Další nedílnou součástí většiny

jehličnatých stromů jsou pryskyřičné kanálky. Při vyšších teplotách se pryskyřice vylévá z kanálků a dřevo zbarvuje (Indra, 2015).

Kůra je soubor povrchových vrstev kmene, větví a kořenů stromů. Celková tloušťka kůry je různá, u našich dřevin tvoří z celkového objemu kmene 6 až 25 %, u starých stromů v průměru 10 %. Kůra činila při zpracování dřeva odedávna problémy. Z toho důvodu se provádí odkorňování. Dnes se kůra využívá k výrobě kompostových substrátů a mulčů, čímž je vrácena zpět do přírody. Společně s kůrou ze dřeva odchází také kambium.

Při chemickém zpracování dřeva je neopomenutelnou částí jeho chemické složení. Dále hraje roli při hoření a odlišuje energetické vlastnosti dřeva. Hlavní chemické složky dřeva jsou celulóza, hemicelulóza a lignin. Jehličnany obsahují až 56 % celulózy, více než stromy listnaté. Ta velmi ovlivňuje absorpci vody do dřeva. Využívá se na výrobu buničiny, což je důležitá surovina pro výrobu papíru. *„Další chemickou úpravou buničiny jsou získávány deriváty, z nichž např. estery celulózy slouží k výrobě plastů, filmů, folií, celofánu, nátěrových hmot, lepidel, vláken, výbušnin apod.“* (Sojka, 2012, s. 12). Dřevo obsahuje 15 až 35 % hemicelulózy, u jehličnatých stromů je obsah vyšší. Prakticky se využívá při výrobě papírenské buničiny, papíru, rozpouštědel, pryskyřice nebo lepidel. Lignin je u jehličnanů zastoupen také ve vyšší míře (25 až 35 %) než u listnatých stromů. Dává dřevu pevnost a také on se využívá při výrobě lepidel, plastů nebo farmaceutických přípravků.

Velkou výhodou dřeva je jeho rostlinný původ, díky němuž lesy mohou být stále obnovovány. K pozitivním vlastnostem dřeva patří jeho nízká hmotnost, ale zároveň tvrdost. Díky relativní lehkosti se s ním dobře manipuluje. Dřevo je odolné proti nárazům a kmitavým zatížením, dobře se opracovává, má dobré tepelně-izolační vlastnosti a je odolné vůči účinkům chemikálií. Tyto výše zmíněné vlastnosti budou podrobněji popsány v následujících podkapitolách (Indra, 2015).

1.2 Vlastnosti dřeva

Každý druh dřeva má svoje zvláštní vlastnosti, což ovlivňuje možnosti jeho využití. Součástí diplomové práce je dále popis tří vlastností: fyzikální, mechanické a technologické.

1.2.1 Fyzikální vlastnosti

Mezi fyzikální vlastnosti patří ty vlastnosti, které lze zkoumat bez narušení chemického složení a celistvosti materiálu. Mezi tyto vlastnosti lze zařadit barvu a kresbu dřeva, lesk, vůni, vlhkost, hustotu, tepelné, zvukové a elektrické vlastnosti dřeva.

Barva je jedna z nejvýrazněji hodnotitelných znaků dřeva. V technické praxi se barva dřeva určuje slovním opisem. U dřeva se vyskytuje mnoho odstínů – od bílé přes odstíny červenohnědé, hnědé až k tmavě hnědé a černé. Barva závisí na dřevině a podnebí a je ukazatelem kvality dřeva. Praktického významu má barva dřeva při rozhodování, jaké dřevo je nutné použít ke zhotovení výrobku, u něhož je požadován určitý vzhled. **Kresba** a barva dřeva určují jeho dekorační hodnotu a v praxi je lze zvýraznit lakováním a mořením. **Lesk** až na výjimky není přirozenou vlastností dřeva, ale je vytvářen nátěrem nebo leštěním. **Vůně** dřeva závisí na obsahu éterických olejů, pryskyřic a tříslovin. Výrazně typickou vůní se vyznačují čerstvě poražené stromy, především jehličnaté.

Vlhkost patří z hlediska použitelnosti dřeva mezi jeho rozhodující vlastnosti. Od množství obsažené vody se odvíjí, zda rozměry a tvar výrobku zůstanou neměnné, nebo dojde ke zvětšení, zmenšení či změně tvaru. Ve dřevě se nachází tzv. volná voda a vázaná voda. Volná voda se nachází v dutinách buněk a v živém stromu dopravuje živné látky. Vázaná voda se nachází v buněčných stěnách. Bezprostředně po skácení stromu se začne obsah vody snižovat. Nejprve se odpařuje volná voda. Při tomto procesu nedochází k žádným významným změnám. Stav, kdy se vypaří všechna volná voda, je určen veličinou zvanou mez nasycení buněčných stěn. V tomto okamžiku má ještě dřevo všechnu vodu vázanou. Jakmile se začne vypařovat, dochází k významným vlivům na mnohé vlastnosti dřeva. Voda se vypařuje tak dlouho, dokud nenastane tzv. stav vlhkostní rovnováhy. Tento stav je charakteristický tím, že určité

teplotě a vlhkosti vzduchu odpovídá určitá hodnota vlhkosti dřeva – rovnovážná vlhkost (Pecina, 2006).

Hustota dřeva patří mezi nejvýznamnější charakteristiky dřeva, která ve velké míře ovlivňuje většinu fyzikálních a mechanických vlastností dřeva. Je možné ji tedy považovat za nejlepší kritérium pro posuzování vlastností dřeva. Vyjadřuje se podílem hmotnosti dřeva a jeho objemu a udává se zpravidla v kg/m^3 . Hustota dřeva se ovšem mění s jeho vlhkostí. Proto je nutné vždy uvádět, pro jakou vlhkost dřeva je uvedená hustota platná. V dřevařských tabulkách se hustota uvádí zpravidla při vlhkosti 15% (Pecina, 2006). Podle hustoty se dřeva dělí na lehká (smrk, borovice, jedle, topol, lípa) středně těžká (modřín, buk, dub, jilm, javor, jasan) a těžká (habr).

Tepelná vodivost dřeva vyjadřuje schopnost dřeva vést teplo. Tepelná vodivost suchého dřeva je malá, neboť póry obsahují vzduch. Čím větší je vlhkost dřeva, tím větší je i jeho tepelná vodivost. Tepelná vodivost dřeva je větší ve směru vláken než napříč vláknům. Vzhledem k této vlastnosti má dřevo dobré izolační vlastnosti a využívá se jej při stavbě budov. Dřevěná stěna tloušťky 6 cm má dle Peciny (2006) stejně izolační schopnosti jako cihlová stěna tloušťky 45 cm oboustranně omítaná. **Zvuková vodivost** dřeva je definována rychlostí šíření zvuku. Ve dřevě se zvuk šíří mnohem větší rychlostí než ve vzduchu a dřevo tak nemá dobré zvukoizolační vlastnosti. **Elektrická vodivost** dřeva závisí na obsahu vody ve dřevě. Suché dřevo má vysokou hodnotu měrného odporu, což znamená, že je špatným vodičem elektřiny.

1.2.2 Mechanické vlastnosti

Mechanické vlastnosti dřeva jsou dány jeho schopností odporovat působení vnějších mechanických sil. Mezi tyto vlastnosti patří: pružnost, pevnost, tvrdost, houževnatost dřeva.

Pružnost dřeva se projevuje při vnějším mechanickém působení. Vlivem mechanických sil na dřevo se mění jeho rozměry a tvar. Materiál klade odpor a vzniká v něm napětí. **Pevnost dřeva** je důležitou mechanickou vlastností tohoto materiálu. Rozumí se jí schopnost odporovat porušení celistvosti dřeva působením mechanických sil. Pevnost dřeva se měří pomocí speciálního stroje, do kterého se upínají zkušební tělesa. Stroj rovnoměrně vyvíjí silové působení až do porušení celistvosti zkoušeného kusu. Velikost zatížení, při kterém došlo k porušení celistvosti dřeva, se označuje jako mez pevnosti.

Tvrđost dřeva je chápána jako schopnost materiálu klást odpor proti vnikání jiných těles, aniž by došlo k trvalé deformaci materiálu. Z hlediska použitelnosti dřeva je jeho rozhodující vlastností. Tato vlastnost úzce souvisí s hustotou dřeva. Tvrdé dřeviny mají větší hustotu a jsou tedy těžší. Podle tvrdosti se rozdělují dřeva měkká (smrk, jedle, borovice, lípa, topol), tvrdá (modřín, dub, buk, jilm, javor) a velmi tvrdá dřeva (habr, jasan). **Houževnatost dřeva** je schopnost dřeva odolávat silám působícím na něj v jakémkoliv směru. Jejím protikladem je křehkost. Mírou houževnatosti je práce spotřebovaná na rozlomení zkoušeného kusu.

1.2.3 Technologické vlastnosti

Pro výrobní praxi mají technologické vlastnosti dřeva velký význam. Řadí se mezi ně obrobiteľnost dřeva, schopnost držet mechanické spojovací prostředky, přijímání nátěrových a impregnačních hmot a ohýbatelnost dřeva.

Obrobiteľnost dřeva je dána tím, jak se jednotlivé druhy dřeva dají obrábět ručně i strojově a s jakým výsledkem. Řezatelnost dřeva závisí na dřevině, vlhkosti a také směru řezu vůči podélné ose kmene a pletiv. Nejlépe jsou řezatelné jehličnaté a surové dřeviny souběžně s vlákny (ve směru podélné osy). Středně náročné je řezání dřeva polosuchého a dřeva z listnatých dřevin podél osy a vláken. Nejnáročnější je řezání suchého dřeva tvrdých listnatých dřevin kolmo na vlákna. Tyto poznatky mohou dle Peciny (2006) pomoci odhadnout, kolik času a námahy bude třeba vynaložit na vykonání určité práce, popř. jak často bude nutné brousit pilu apod.

Schopnost dřeva držet mechanické spojovací prostředky se odlišuje ve způsobu, jakým jsou spojovací prostředky do dřeva upevněny. Mezi takové prostředky zařazujeme hřebíky a vruty. Pevnost hřebíkového spoje je asi o 25% menší, pokud je hřebík zatlučen do čela (rovnoběžné s vlákny). Vrutový spoj je pevnější než hřebíkový. U vrutového spoje se k třecí síle ještě přidává odpor vláken proti přetrhnutí a smyku. Síla, kterou je třeba vynaložit na vytažení vrutu je asi 2x větší než síla potřebná k vytažení hřebíku stejného průřezu zatlučeného do dvojnásobné hloubky. Schopnost dřeva držet mechanické spojovací prostředky závisí na typu, hustotě a vlhkosti dřeviny. Dřeva vyšší hustoty kladou proti vytažení mechanického spojovacího prostředku větší odpor než dřeva nižší hustoty. Čím nižší je vlhkost dřeva, tím nižší je i schopnost držet hřebík. Při snižování vlhkosti se totiž mění pružná deformace vláken na trvalou a tím se

zmenšuje třecí síla. Pokud je hřebík na druhém konci ohnut, zvýší se pevnost spoje o 45 až 65 % (Pecina, 2006).

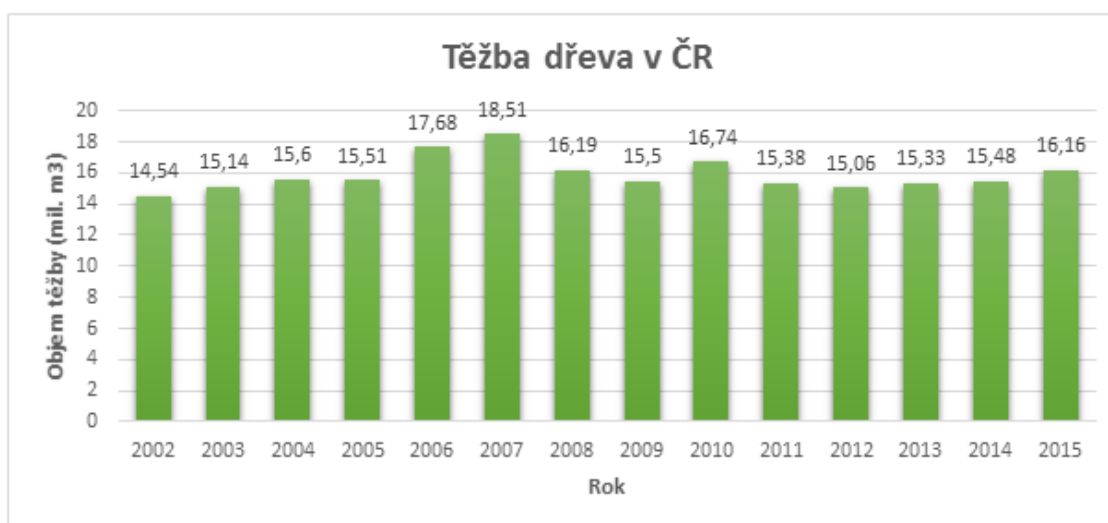
Přijímání nátěrových a impregnačních hmot je nedílnou součástí při zpracování dřeva. Nátěr je tenký film na povrchu dřeva. Impregnace je vniknutí impregnační látky do dřeva. Přijímání těchto hmot je závislé především na vlhkosti dřeva a přítomnosti pryskyřice.

Ohýbatelnost dřeva má velký význam při výrobě ohýbaných dílů (nábytek, hole apod.). Zkouší se na vyměnitelných šablonách zmenšujícího se poloměru. Ohýbatelnost dřeva je pak charakterizována poloměrem poslední šablony, na které došlo k porušení zkušebního tělesa. Více ohýbatelné jsou listnaté dřeviny – nejlépe buk, dub a jasan. Ohýbatelnost dřeva se podstatně zvyšuje při zvýšení vlhkosti k hranici meze nasycení buněčných stěn a při zvýšení teploty.

1.3 Lesní těžba

Lesní těžba je tradiční název rozsáhlé ucelené části lesnictví. Zabývá se činnostmi jako je kácení stromů a jejich opracování, doprava surového dříví z lesních porostů k odvozním cestám a dále po nich, druhotání a adjustace dříví na skladech, doprava dříví, až po prodej dříví odběratelům.

Těžba dřeva je nejvýznamnější částí produkce lesnictví. Níže uvedený graf zobrazuje vývoj těžby dřeva v České republice za období 2002 – 2015. Nejvíce bylo za toto období vytěženo v roce 2007, a to 18,51 milionů m³. K této vyšší hodnotě však pomohla velká kalamita v podobě orkánu Kyrill. Od roku 2012 je patrné, že těžba dřeva v naší zemi každoročně roste.



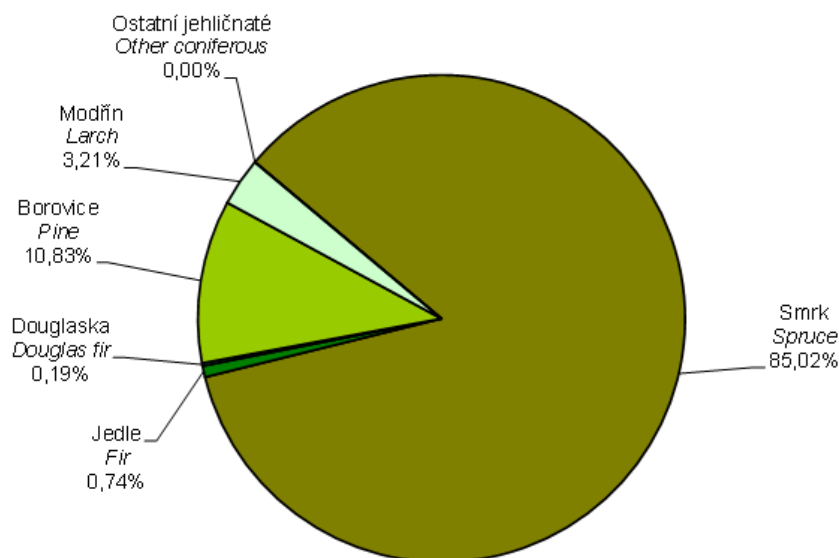
Obrázek 2 - Těžba dřeva v ČR za období 2002-2015 (Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem, 2016)

Drtivou většinu vytěženého dřeva tvoří dřevo smrkové. Například v roce 2014 z celkového objemu 15,48 milionu m³ tvořilo 10,984 milionu m³ bez kůry. Dalších 1,8 mil. představovala borovice, dále dub (0,9 mil.), buk (0,4), modřín (0,3) a bříza (0,2). Co se týče regionálního srovnání se v roce 2015 nejvíce dřeva vytěžilo v kraji Jihočeském, a to více než 2,3 mil. m³, což zobrazuje níže uvedená tabulka. Nejméně bylo vytěženo naopak v Praze, pouze 0,0123 mil. m³ a poté v kraji Ústeckém (0,422 mil. m³ dřeva). Z níže uvedené tabulky je také vidět podíl vytěženého jehličnatého a listnatého dřeva, který je 89 % vs. 11 % (Rod, 2015).

Tab. 1 - Těžba dřeva dle krajů v ČR za rok 2015 (Kahuda, 2016)

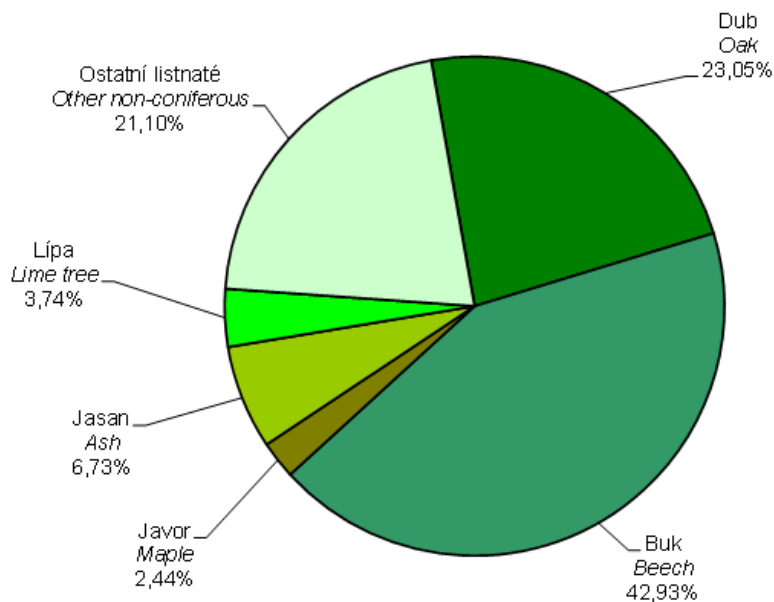
Území	Těžba dřeva						
	Celkem	jehličnaté			Listnaté		
		Celkem	z toho		Celkem	z toho	
			smrk	borovice		dub	buk
Česká republika	16 162 645	14 384 593	12 230 284	1 557 567	1 778 052	409 916	763 390
kraj:							
Hl. m. Praha	12 300	4 897	2 086	2 147	7 403	3 697	59
Středočeský	1 455 517	1 253 285	916 891	252 026	202 232	91 590	36 650
Jihočeský	2 303 904	2 179 643	1 799 935	325 191	124 261	24 217	52 926
Plzeňský	1 641 077	1 560 327	1 254 278	260 949	80 750	16 893	31 438
Karlovarský	783 410	737 753	653 281	58 893	45 657	2 557	15 326
Ústecký	422 661	324 046	246 211	39 594	98 615	16 388	40 108
Liberecký	576 218	483 552	316 874	151 752	92 666	16 533	41 836
Královéhradecký	695 430	605 633	505 331	72 499	89 797	33 258	25 736
Pardubický	797 251	707 457	560 384	107 224	89 794	23 332	32 875
Vysočina	1 406 722	1 364 570	1 233 432	85 427	42 152	4 726	21 674
Jihomoravský	1 219 712	867 010	641 843	140 046	352 702	99 908	130 926
Olomoucký	2 029 178	1 880 516	1 799 459	25 090	148 662	8 533	86 664
Zlínský	1 047 535	746 336	671 035	24 386	301 199	58 938	189 466
Moravskoslezský	1 771 730	1 669 568	1 629 244	12 343	102 162	9 346	57 706

Níže uvedený graf zobrazuje těžbu jehličnatého dřeva podle dřevin v České republice za rok 2015. Největší podíl tvoří již výše zmíněná těžba smrku, a to 85 %. Následuje borovice s téměř 11 % a poté modřín se 3 %.



Obrázek 3 - Těžba jehličnatého dřeva podle dřevin v ČR v roce 2015 (Kahuda, 2016)

Uvedený graf (obr. 4) zobrazuje těžbu listnatého dřeva podle dřevin v České republice za rok 2015. Největší podíl tvoří těžba buku, a to 43 %. Následuje dub s více než 23 % a poté jasan s necelými 7 %.



8,

Obrázek 4 - Těžba listnatého dřeva podle dřevin v ČR v roce 2015 (Kahuda, 2016)

Nejvýznamnějším producentem dřevní hmoty na území České republiky je společnost Lesy České republiky, která je státním podnikem se sídlem v Hradci Králové. Založena byla 1. ledna 1992 Ministerstvem zemědělství České republiky. Hlavní činností LČR je obhospodařování většiny lesů o rozloze přes 1,3 milionu ha, které jsou v majetku státu.

„Roční výše těžby dřeva se pohybuje kolem 7,5 mil. m³. Cílem provádění těžby dříví je zvyšování stability, odolnosti, kvality a druhové rozmanitosti lesa v mladším věku – tzv. těžba výchovná a včasné zahájení přirozených procesů obnovy lesa novými odolnějšími, kvalitnějšími a druhově pestřejšími následnými lesními porosty u porostů starších – tzv. těžba obnovní. Dalším důležitým cílem provádění těžby v lesích je odstranění stromů nemocných, poškozených a napadených různými škůdci a chorobami proto, aby bylo zabráněno šíření těchto škůdců a chorob na další zdravé stromy. Jakákoliv těžba v lesích musí být realizována vždy v souladu s platnými legislativními předpisy a v souladu se strategií trvale udržitelného hospodaření v lesích“ (Lesy ČR, 2017).

1.4 Přeprava kulatiny na pilu

Tato kapitola se zabývá jednotlivými dopravními prostředky, které se používají při přepravě kulatiny z místa kácení až po odvoz na pilu. Jednotlivé operace lze členit do několika fází. Nejprve dochází k vyklizování pokácených stromů z porostu neboli soustředování. Dále se pokácený materiál sestaví, jinými slovy uskupí na velikost nákladu. Velikost se řídí různými faktory, těmi jsou hmotnost a délka dříví či druh soustředovacího prostředku. Po upevnění je náklad nejčastěji přepravován v polozávěsu. Předposlední fází manipulace s dřevní hmotou je uložení nákladu na skládku. Hmotu se na skládku ukládá rovnoběžně, kolmo nebo šikmo k odvozní cestě. Finální fází je odvoz dřeva z lesa na další zpracování nebo rovnou ke spotřebiteli (Indra, 2015).

Soustředování dříví koňmi

V roce 1995 bylo koňmi soustředováno až $\frac{1}{3}$ veškerého vytěženého dříví. Koně se uplatňují především při soustředování dřeva z rozptýlených těžeb v mladších porostech a v nepřístupném terénu. Výhodou těžby pomocí koní je šetrnost k okolní přírodě. Potahy nesmějí pracovat na svazích, na kterých by mohl hrozit samovolný pohyb dřeva (Radvan, 1995). Autor dále zmiňuje, že jsou důležité úpravy přibližovacích linek. Dříví je totiž soustředováno po předem určených linkách. Lze je jednoduše poznat, jsou označené šikmými žlutými pruhy na okrajových stromech. Pruhy jsou značeny se spádem směrem ke skládce (Indra, 2015).

Přibližování lesní technikou

Přibližování může být provedeno univerzálním kolovým traktorem (UKT). Díky konkrétní nástavbě pro soustředování dříví na traktorech je možné použít tento universální kolový traktor při všech operacích soustředování dříví. Lze s ním vyklízet lesní prostory, sestavit náklad pro odvoz, přibližovat a ukládat dříví na skládky. Traktor je osazen lesní nástavbou, která se skládá z rampovače, nakladače a navijáku. Přední a zadní část nástavby je svázána rámem uchyceným pod traktorem, který plní ochrannou funkci.

Další technikou užívanou k přibližování je lesní kolový traktor (LKT), kterým se lidově říká lakatoše. Mohou být kolové, polopásové nebo pásové. Konstrukčně jsou řešeny pro úvazkové soustředování, což znamená, že LKT je osazen navijákem. Při bezúvazkovém soustředování je dříví uchyceno v drapáku nebo svěrném oplenu. „LKT se

od UKT liší především všemi stejnými koly a řízením pomocí zlamování rámu. Stopy předních a zadních kol se překrývají a to je výhodné zejména při průjezdu zatáček, objíždění pařezů, stromů a jiných překážek. Hnací agregát je pružně uložen v pevném rámu a je dokonale chráněn před nárazy.“ (Kurz pro soustředování dříví univerzálními a speciálními traktory, 2003).

Vyvážecí traktor

Vyvážecí traktor je určen k vyvážení či odvozu dřevní hmoty, především kulatiny. Vyrobene sortimenty posbírání, naloží na úložnou plochu traktoru a odveze na skládku. Součástí traktoru je hydraulický jeřáb, rotátor a drapák. Stejně jako LKT je vyvážecí traktor vybaven zlamovacím podvozkem. Na podvozku je uchyceno 6 až 8 kol, popř. pásy. Vyvážecí traktory jsou ideální v probírkách a přípravných mýtných těžbách (Ulrich, 2002).

Doprava sloužící k přemístování dřevní hmoty se dělí podle Poláka (2013) na dopravu silniční, železniční, leteckou a vodní. V dřívějších dobách se větší množství dřeva plavilo po řekách nebo kanálech. Dnes je u nás nejrozšířenější doprava silniční a železniční. Železniční doprava je zajímavá tím, že dokáže přepravit větší množství přepravovaného materiálu na větší vzdálenosti. V tomto směru je i finančně výhodnější a ohleduplnější k životnímu prostředí. Silniční doprava je však na prvním místě, jelikož je její využití všestrannější, pro místa zpracování dřeva rychlejší, dostupnější a přizpůsobivější. Pro odvoz dříví jsou určeny speciálně univerzální vozy pro vyvážení a přepravu dřeva, které jsou osazeny hydraulickou rukou a otočnou oplénovou klanicí s jednoosým nebo dvouosým oplénovým polopřívěsem (Indra, 2015).

2 Pilařská technologie

Cílem této kapitoly je představit stručnou historii pilařských technologií od konce 19. století po současnost. Dále jsou v ní popsány jednotlivé druhy pil a principy jejich fungování. Vše je doplněno ilustračním obrazovým materiálem.

2.1 Historie pilařské technologie

Pilařská výroba patřila na našem území k rozvinutým oborům již před vznikem Československa. Dobrá surovinová základna, odbyt výrobků a solidní zázemí tuzemské technologie vytvářely potřebné předpoklady pro existenci pilařských firem. Předválečná ČSR byla též významným vývozcem řeziva a dřevařských výrobků. Ačkoliv zde existovala tuzemská základna výrobců dřevařských strojů a nástrojů, byly dováženy i progresivní technologie ze zahraničí, zejména pak ze Skandinávie.

Tento historicky vzniklý stav a nadějný vývoj byl narušen nejprve druhou světovou válkou a posléze nástupem řízeného plánovitého hospodářství. Po znárodnění byla většina pil zrušena jako přebytečné kapacity nebo převedena na jinou výrobu. Na samotném počátku 50. let u nás fungovalo již jen cca 400–500 pil (v Rakousku jich v té době bylo evidováno 5 100 a v Německu ještě více). Údaje z roku 1986 uvádí počet cca 168 pil. Nejedná se ovšem o všechny tehdy existující pily, ale pouze o pily zařazené do centrálně řízeného průmyslu. Existovaly také pily v rámci jednotných zemědělských družstev, státních lesů apod. Přes 90% disponibilní hmoty bylo ovšem zpracováváno na těchto 168 pilách (Bomba, Friess, 2009).

Na počátku 90. let procházel dřevařský průmysl zásadními změnami. Státní podniky se rozkládaly na menší celky, které se osamostatňovaly a nastalo období restitucí a privatizace. Nové provozy se často stávaly pružnějšími a dobře se orientovaly v měnících se ekonomických podmínkách, což vyhovovalo tuzemskému obchodu s řezivem. Zahraniční obchod, který byl orientovaný převážně na stabilní západoevropský trh, oslaboval a jeho struktura se rozpadla. Samostatného obchodování byli stále schopni velcí výrobci. Vedle nich tu vznikaly i nové zprostředkovatelské firmy. Pilařství se tak stávalo atraktivním oborem podnikání a svůj provoz znovu začaly některé pily uzavřené v předchozích letech. Také se objevily desítky nových, většinou drobných zpracovatelů kulatiny.

Útlum obchodu se dřevem a všemi jeho výrobky začal ve druhé polovině roku 1992. Došlo k poklesu cen a snížení objemu exportu. Zboží na skladech bylo často prodáváno za nižší ceny, než byly výrobní náklady. Omezení výroby včetně krátkodobých odstávek provozů vedlo také ke snížení cen kulatiny (mezi lety 1992–1993 v průměru o 30 %). Některé pilařské provozy skončily, jiné uměle udržovaly výrobu a postupně se zadlužovaly vůči finančním ústavům i dodavatelům suroviny. Následně ukončily výrobu i tyto zbylé provozy. V horší situaci se nacházely malé a střední podniky a podniky s jednostranným zaměřením, které nebyly schopny propad prodeje jednoho produktu nahradit produktem s lepším odbytem. Těchto subjektů bylo po předcházejícím vývoji většina a závody byly následně prodávány pod cenou (Bomba, Friess, 2009).

V roce 2003 byla započata první větší investice v ČR po roce 1998. Šlo o pilu Paskov. V dalších letech následovala výstavba dalších čtyř velkopil a v roce 2007 jejich celkový roční pořez činil 4 060 000 m³ kulatiny. Orientace velkých výrobců na velké zakázky naplnila výrobní kapacitu a omezila sortiment, čímž zefektivnila výrobu. Malé a atypické zakázky zůstaly malým výrobcům. Vzájemná konkurence středních (velkých) a malých pil se tak omezila ve prospěch obou.

Velmi malé kapacity (do pořezu 3000 m³/rok) budou nadále vznikat a zanikat tak, jak budou schopny konkurovat kapacitám větším. Jejich hlavní výhodou zůstanou nízké provozní náklady. Nevýhodou pak nemožnost zkompletovat rychle střední a větší zakázky a dodávková i případná finanční nespolehlivost. Vývoj však může probíhat také dalším kolapsem menších a středních kapacit a přesunem hlavního odbytu kulatiny pouze na velmi velké a velmi malé zpracovatele.

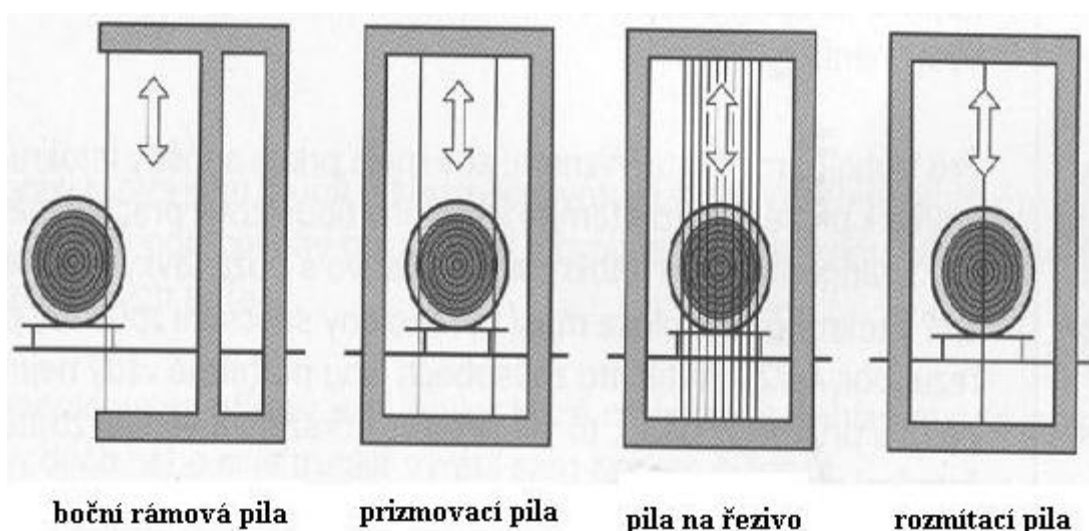
2.2 Druhy pil v pilařském průmyslu

Požez pilařské suroviny (kulatiny) je realizován pomocí pilařských strojů. Jsou to rámové, pásové a kotoučové pily, které budou v této kapitole představeny.

2.2.1 Rámová pila

Rámová pila je strojem, který pomocí několika pilových listů, které vykonávají přímočarý vratný pohyb, rozřezává kulatinu na řezivo. Slouží k řezání celého sortimentu řeziva v prvovýrobě. Podle polohy rámu se pila dělí na horizontální a vertikální.

Vertikální rámová pila má mohutný stojan zakotvený v podpíli. V rámu, který se pohybuje svislým pohybem, jsou upnuty pilové listy. Do rámu se podle požadovaného sortimentu upíná potřebný počet pilových listů v příslušných vzdálenostech od sebe. Vzdáleností pilových listů je dána tloušťka řeziva. Před pilovými listy je výřez uchopen tzv. rýhovacími válci, které se otáčejí protisměrným pohybem a vtahují výřez proti zubům pil.



Obrázek 5 - Vertikální rámové pily (Pecina P., 2006)

Mezi **výhody** rámové pily patří:

- spolehlivost nenáročného stroje s dlouhou životností,
- požez výřezů od 10 do 60 cm čepového průměru,
- velká řezná výška při střední tloušťce řezné spáry (~ 3,5 – 4,2 mm),
- velký možný počet pilových listů (= současně vedených řezů 12 – 16),
- stabilní rozměry řeziva.

Za **nevýhody** rámové pily lze naopak považovat:

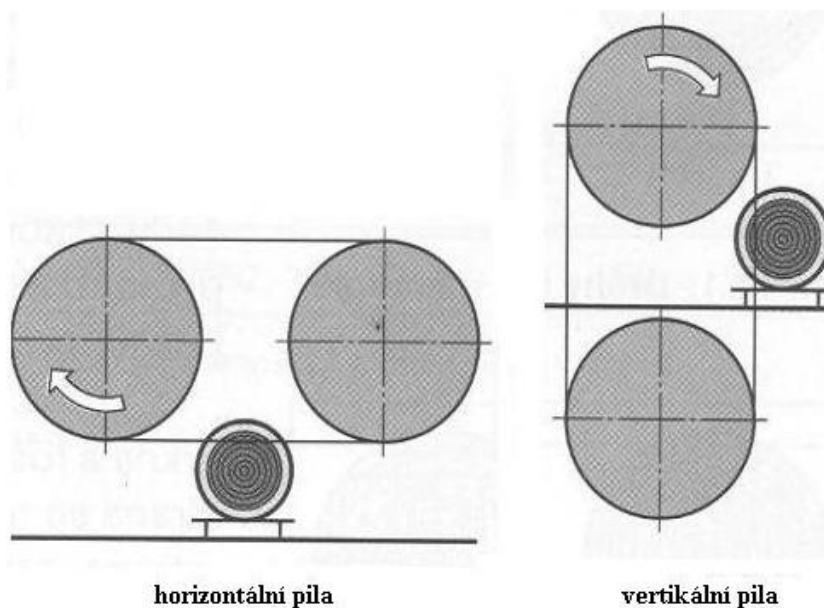
- nízkou řeznou rychlost,
- při středních a vyšších posuvech hrubý povrch řezu (plochy řeziva),
- u prvního stroje obvykle dva pracovníci (předák a pomocník),
- nemožnost zvyšování výkonu (principálně),
- náročnost stavební přípravy (základy).

Použití rámové pily je následující:

- všeobecné použití - u nás stále převažující stroj,
- výhodný pro pilnice malých a středních výkonů (do 50 000 m³ kulatiny/rok),
- vhodné pro pořez převážně jehličnatých druhů dřevin nebo pro smíšené pily,
- vhodný pro nepřiliš proměnlivý sortiment rozměrů řeziva.

2.2.2 Pásová pila

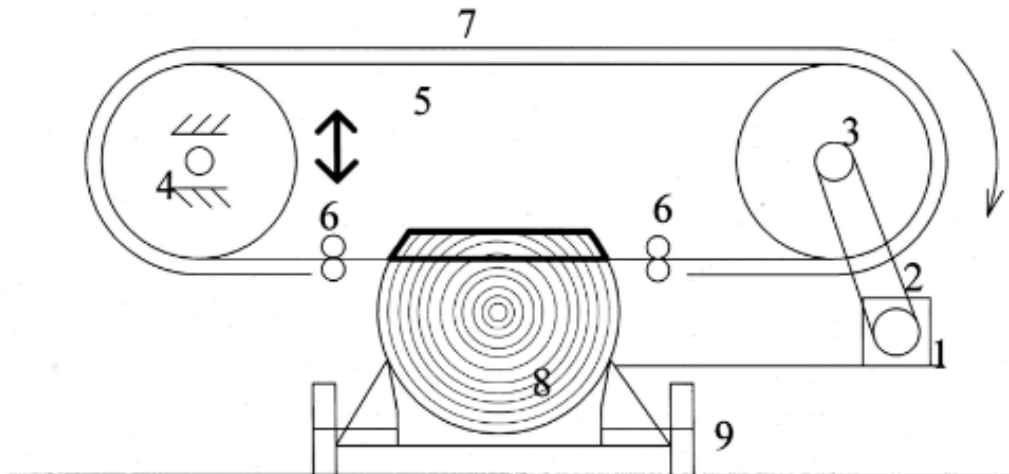
Kmenová pásová pila je používána pro individuální pořez kulatiny. Po každém řezu je obsluhou provedena kontrola jakosti výřezu a s ohledem na jakost se volí tloušťka sortimentu. Obecně lze říci, čím větší tloušťka, tím větší cena sortimentu. V případě pásových pil jde o pořez individuální, protože se odřezávají desky po jedné. Pásová pila se rozděluje na horizontální a vertikální, což ukazuje níže uvedený (obr. 6).



Obrázek 6 - Kmenové pásové pily (Pecina P., 2006)

Většina kmenových pásových pil je složena z pojezdové sekce, která je osazena masivními, výškově stavitelnými ložnými plochami kmene a nastavitelnými výklopnými úhelníky. Dále z mostu a ramene pilového pásu, který se pohybuje po pojezdové sekci. Na mostu se nachází hnací kolo pilového pásu a napínací kolo.

Na kolech po obvodu jsou ploché řemeny z gumotextilu, které tvoří styčnou plochu mezi kolem a pilovým pásem. Pilový pás se pohybuje jedním směrem rovnoměrnou rychlostí.



Obrázek 7 - Schéma horizontální kmenové pásové pily (ELUC, 2017)

Popis:

1. elektromotor
2. klínový řemen
3. hnací pásnice
4. napínací pásnice
5. pilový pás
6. vodítka
7. kryt
8. řezaný materiál
9. pojezdný vozík

Mezi **výhody** pásové pily patří:

- možnost operativní změny pořezového schématu (jakost, průměr, tvar výřezu nebo požadované rozměry řeziva),
- vysoký maximální průměr zpracovatelných výřezů (1,2 – 1,6 m běžně),
- vysoká řezná rychlost (dobrá jakost povrchu řeziva),
- tenká řezná spára (vysoká výtěžnost).

Za **nevýhody** pásové pily lze naopak považovat:

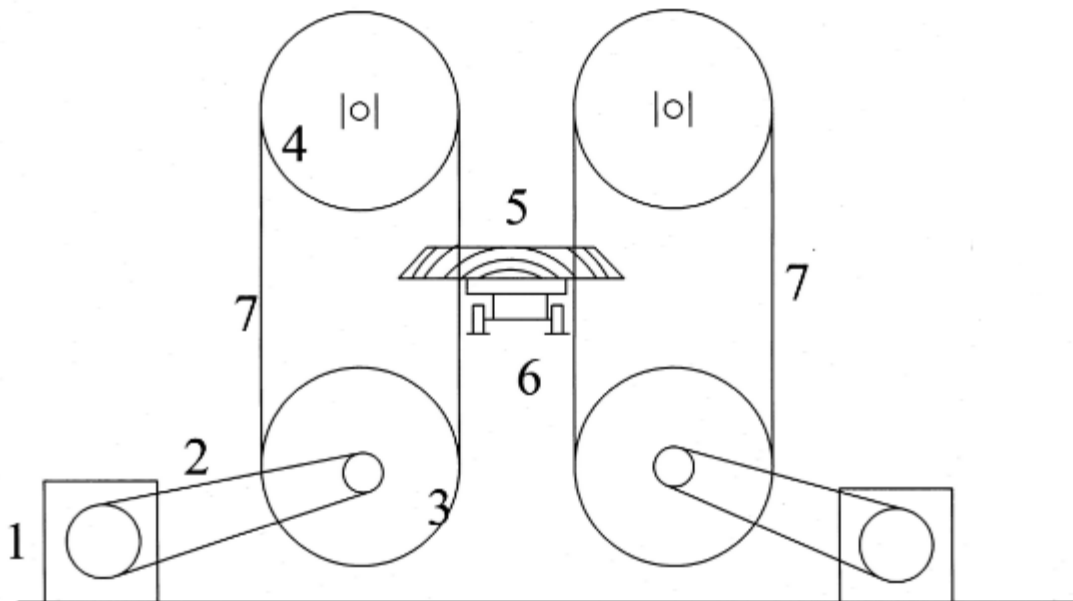
- výrazný pokles výkonu při pořezu výřezů malých průměrů,
- velké nároky na přesnost přípravy nástrojů (předpětí – poloha pásu, stabilita rozměrů řeziva),
- větší plocha potřebná pro instalaci (dráha vozíku).

Použití pásové pily je následující:

- pro malé provozy – všeobecné použití (variabilita výroby, pořez i netříděných výřezů),
- pro střední provozy (10– 30 000 m³ kulatiny ročně / 2 směnný provoz),
- pro velké provozy – samostatný stroj pro výřezy velkých průměrů nebo pro výrobu individuálního charakteru.

Rozmítací pásová pila je používána k dělení prizmy na jednotlivá prkna individuálním pořezem, k dělení fošen a hranolů. Taktéž se používá k dělení slepených bloků při výrobě laťovek. Pokud dochází k ořezání oblíny u řeziva, je tento technologický proces nazýván omítání (u dřeva).

Svou konstrukcí odpovídají kmenovým pásovým pilám. Většinou jsou sdružené dvě pily vedle sebe. Schéma rozmítací pily je znázorněno níže:



Obrázek 8 - Schéma rozmítací pásové pily (ELUC, 2017)

Popis:

1. elektromotor
2. klínový řemen
3. hnací pásnice
4. hnaná pásnice
5. řezaný materiál
6. vozík
7. pilový pás

2.2.3 Kotoučová pila

Kotoučová pila je stroj, který rozděluje dřevěný materiál pilovým kotoučem upnutým na hřídeli otáčejícím se v jednom směru rovnoměrnou rychlostí. Hřídel je poháněn motorem, a to buď napřímo nebo klínovým řemenem. Materiál se buď vede do řezu posuvným zařízením nebo zůstává v klidu a do řezu je veden pilový kotouč. Jedná se o nejrozšířenější druh strojů na mechanické obrábění dřeva. V provozech jsou dnes používány kotoučové pily různých typů, jako např. stolové, kyvadlové, ramenové, vahadlové, formátovací, rozřezávací, omítací.

Kotoučová úhlová pila je určena pro podélné řezání kmenů. Řezný mechanismus s jedním pilovým kotoučem. Využívá osvědčeného překlopného řezného mechanismu. Pila na jeden přechod tam a zpět vyrábí omítané desky, přířezy, latě, hranoly v kvalitě hoblovaného řeziva a ve vysoké přesnosti. Rychlost a přesnost nastavení šířky a tloušťky výřezu zajišťuje řídicí jednotka. Automatické překlápění pilového kotouče pomocí elektromotoru s převodovkou je řízené frekvenčním měničem (StrojCAD s.r.o., 2012).



Obrázek 9 - Řezy pilovými kotouči (StrojCAD s.r.o., 2012)

Mezi **výhody** kotoučové úhlové pily patří:

- vysoká přesnost rozměrů řeziva,
- vynikající kvalita povrchu řeziva,
- velká výtěžnost,
- nízké provozní náklady,
- dobrý směnový výkonem.

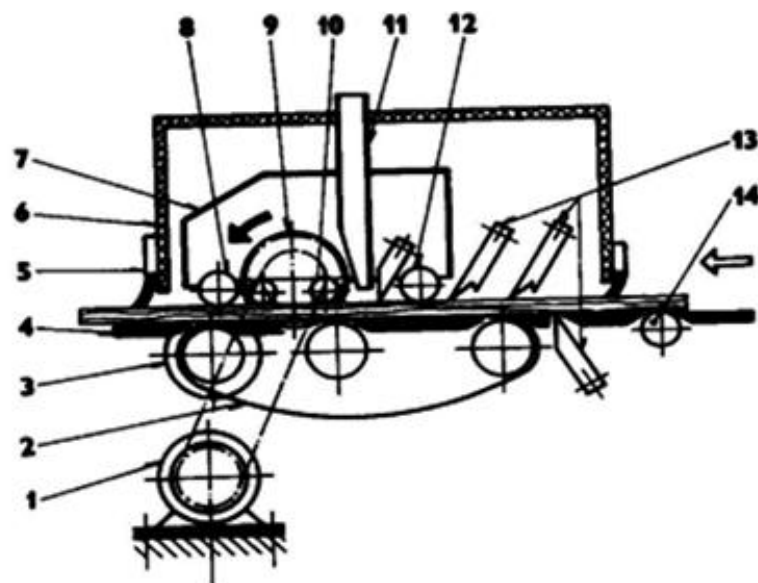
Za **nevýhody** kotoučové úhlové pily lze naopak považovat:

- finanční náročnost kotoučů s plátky ze slinutých karbidů
- vysoké nároky na povrchovou čistotu řezané kulatiny
- vyšší hlučnost stroje
- časová náročnost výroby stejného druhu řeziva

Použití kotoučové úhlové pily je následující:

- malé provozy – široká škála použití řezaného sortimentu i individuálního pořezu
- střední a velké provozy – vysoká výkonnost stroje při zpracovávání velkých průřezů a délek kulatiny
- vhodné pro proměnlivý sortiment a řezivo (jehličnaté i listnaté druhy)

Vícelistá kotoučová rozřezávací pila je stroj určen pro hromadné rozřezávání prken a fošen několika pilovými kotouči na lišty a hranolky. Dále zde můžeme zařadit rozmítací pily, která rozřezávají trámy a polštáře na hranoly a hranolky. Základ stroje tvoří stojan, který je sešroubován s ložem. Na horní ploše je stůl. Na pravé straně mezi ložem a stojanem jsou uložena ozubená kola pro pohon podávacího řetězu. Prostor pod řetězem je spojen se sacím nástavcem, vyvedeným za zadní stranu stroje. V přední části jsou spodní záchyty, které zachytávají řezané dílce vržené zpět. Ve spodní části je umístěn pohon pilového hřídele od hlavního motoru. Stůl je opatřen přestavitelným vodícím pravitkem pro přímé vedení rozřezávaného materiálu. V přítlačné skříni jsou uloženy odpružené přítlačné kladky a válce, přítlačující řezaný materiál na podávací pás. Skříň se výškově seřizuje podle tloušťky řezaného materiálu. (ELUC, 2017)



Obrázek 10 - Schéma vícelisté kotoučové rozřezávací pily (ELUC, 2017)

Popis:

1. elektromotor pilového kotouče
2. článkový posouvací pás
3. elektromotor s variátorem posouvacího pásu
4. stůl
5. kožené protihlukové třásně
6. protihluková kapotáž
7. přítlačná skříň
8. přítlačný válec
9. pilové kotouče
10. přítlačné kladky
11. odsávací hrdlo
12. posouvací rýhovaný válec
13. horní a spodní záchyty
14. volnoběžný váleček

Mezi **výhody** kotoučové pily patří:

- poměrně jednoduchý stroj (cena, náročnost na obsluhu a údržbu),
- vysoká řezná rychlost (vysoká jakost povrchu řeziva),
- stabilita nástroje (vysoká přesnost rozměrů řeziva),

- možnost změny polohy kotoučů – pořezového schématu (zpracování průměrově netříděných výřezů, hlavně u pilnic malých výkonů),
- vysoké dosažitelné podávací rychlosti (vysoké výkony i při zpracování výřezů malých průměrů),
- vysoký možný počet kotoučů (vysoký počet současně prováděných řezů)

Za **nevýhody** kotoučové pily lze naopak považovat:

- velká tloušťka kotouče a tím i řezné spáry (snížení výtěže, obzvláště při použití kotoučů velkých průměrů),
- nižší řezná výška (nižší průměr zpracovatelných výřezů)

Použití kotoučové pily je následující:

- pro malé a střední průměry výřezů, hlavně jehličnaté druhy (v našich podmínkách),
- pro pilnice všech výkonů (podle druhu stroje a jeho vybavení),
- často užívané jako samostatné stroje (linky) pro zpracování výřezů malých průměrů,
- často užívané pro výrobu trámů (malé výkony, velké délky)

3 Využití rámové pily v podmínkách dřevařské malovýroby

3.1 Pilnice

Slovem pilnice je označován výrobní prostor, kde je umístěn hlavní pilařský stroj. Jedná se o budovu, do níž patří samotná linka na zpracování dřevní hmoty a podpílí. V podpílí není umístěno žádné technologické zařízení a slouží pouze jako sklad pilin, které je po naplnění odsáváno nebo pomocí dopravníku vyprazdňováno. Tak jako při manipulaci kulatiny, může i v pilnici probíhat výrobně-technologický proces ručně, mechanizovaně nebo automatizovaně. Pilnice níže popsána je vlastní výroby a používána převážně jako malý rodinný pilařský podnik. Stroj, který zde vykonává podélné dělení kulatiny je rámová pila vertikální (obr. 13).



Obrázek 11 - Pilnice

3.2 Sklad kulatiny

Skład kulatinových sortimentů je určen pro skladování kulatiny a přípravu výřezů. Kulatina je navážena a odebírána ze skládky postupně a proložena na husto. Celková kapacita skladu kulatiny je 40 m³. Vlastní uložení na skladovacích plochách není volně na terénu, ale na vyvýšených betonových podkladcích, které zabraňují znehodnocení kulatiny ve spodních vrstvách a ulehčují další manipulaci.



Obrázek 12 - Sklad kulatiny

3.3 Princip rámové vertikální pily

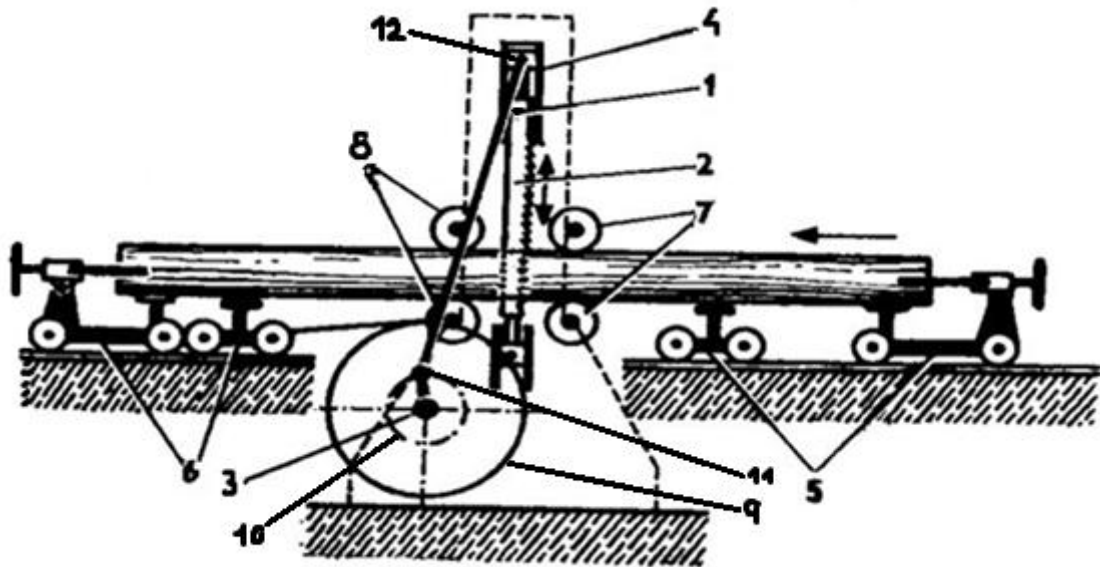
Rámová pila vertikální, lidově řečeno „katr“, je nejrozšířenějším nástrojem ke zpracování dřevní kulatiny (obr. 13).



Obrázek 13 - Rámová pila vertikální

Funguje na principu, který popsal Sojka (2012, s. 60) takto: „*Charakteristikou kinematiky pohybu pracovního ústrojí je svislý vratný pohyb pilového rámu s nástroji – pilovými listy. Změna točivého pohybu na pohyb vratný – přímočarý je zajišťována klikovým ústrojím a ojnici obvykle ve spodní části stroje. Podle umístění klikového mechanismu v konstrukci stroje jsou vyráběny rámové pily v provedení dvoupodlažní (dvouetážové) s tzv. podpilím – klikový mechanismus je umístěn ve spodní části stroje. Tuto konstrukci má většina rámových pil používaných v České republice.*“ Ta je zhotovena buď z litiny, nebo z pevného ocelového plechu. Převažují však stroje z litiny. Rám stroje je tvořen základovou deskou, bočními stojany a příčkami. Celou konstrukci drží betonový základ a kotevní šrouby. Betonový základ zachycuje a tlumí vibrace stroje. Boční stojany jsou opatřeny dvěma dvojicemi vodítek. Ve spodní části pily jsou integrovanou součástí klikové hřídele setrvačníky, zajišťující plynulý pohyb celého mechanismu. Řezaný kus dřeva posunuje podávací zařízení, jehož hlavní součástí jsou rýhované podávací válce. Nacházejí se na vstupní i výstupní straně stroje. Spodní válec se otáčí, zatímco horní válec se vertikálně pohybuje a otáčí, kopíruje povrch kulatiny a tlačí ji na spodní válec. Pohon podávacích válců je odvozen od klikového

mechanismu stroje. Krokový mechanismus reguluje rychlost otáčení a tím i velikost posunu řezaného výřezu. Tento způsob pohonu se nazývá přerušovaný. Výřez je posouván do řezu při pohybu pilového rámu (Indra, 2015).



Obrázek 14 - Schéma vertikální rámové pily (Jurisová, 2013)

Popis:

1. ojnice
2. pilový list
3. středová hřídel
4. pilový rám
5. upínací a pomocné vozíky před rámovou pilou
6. upínací a pomocné vozíky za rámovou pilou
7. podávací válce
8. odbírací válce
9. setrvačnick
10. dráha klikové kružnice
11. klikový čep
12. čep ojnice

3.3.1 Základní popis částí pily

Rám stroje

Je svařen z rovnoramenného úhelníku „L“ profilu 100 x 100 x 8 mm z materiálu S355J2 dle značení ČSN 11 375 nelegovaná konstrukční, jakostní ocel. Ukotvení rámu je do betonového základu upevněn kotevními šrouby v takzvaném podpílím. Rám stroje je tvořen základovou deskou, bočními stojany a příčkami.



Obrázek 15 - Rám pily

Vodítka pro pilový rám

Vodítka se nazývají vodící tyče umístěné na pravé i levé straně rámu pily. Jsou připevněny v horní a dolní části rámu stroje udávající směr pilovému rámu, lidově řečeno „beran“. Pilový rám vykonává svislý vratný pohyb. Perioda pohybu pilového rámu se pohybuje kolem 200 kmitů za minutu. Povrch vodítek musí být důkladně mazán olejem. Maximální průřezové okno pilového rámu pro pořez kulatiny je 650 x 650 mm.



Obrázek 16 - Vodící tyč

Klikové ústrojí

Pilový rám je poháněn dvěma ojnicemi (obr. 17) od klikového mechanismu, který je uložen ve valivých ložiscích na základové desce v podpíli. Mezi komponenty klikového mechanismu patří setrvačníky (obr. 18) umístěné na středové hřídeli, zajišťující plynulý chod celého stroje. Další součástí stroje je kliková hřídel (obr. 19), která je spojena s krokovým mechanismem (obr. 20).



Obrázek 17 - Ojnice



Obrázek 18 - Setrvačníky



Obrázek 19 - Kliková hřídel



Obrázek 20 - Krokový mechanismus

Pohon

Hlavní pohon rámové pily je zajišťován přenosem hnací síly od hnacího elektromotoru o výkonu 11 kW. Hřídel elektromotoru je osazena litinovou řemenicí spojující setrvačnickými klínovými řemeny (obr. 22). Veškerou hnací energii zajišťuje chod elektromotoru. Klikové ústrojí reguluje pomocí krokového mechanismu rychlost otáček a tím i velikost posunu řezaného výřezu. Ovládání pily je pomocí hlavního ovládacího panelu připevněného na rámu stroje (obr. 24).



Obrázek 21 - Celkové uložení pohonu pily



Obrázek 22 - Řemenový převod



Obrázek 23 - Ovládací panel

Podávací a odebírací válce

Posun řezaného kmene do řezu zajišťují rýhované válce. Jeden pár je připevněn k bočním stojanům na vstupní straně stroje a druhý na straně výstupní. Pomocí řetězového převodu (obr. 25) jsou v pohybu jak podávací válce, tak i spodní odebírací válec. Horní válce na obou stranách jsou vertikálně pohyblivé, kopírují povrch řezané kulatiny a přitlačují ji ke spodním válcům. Zvedání, spouštění a stálý přítlak horních válců k řezané kulatině je zajišťován pomocí elektromotorů a koncových spínačů (obr. 26), které dávají do pohybu závitové tyče ukončené pružinou ve směru do válce. Závitové tyče (obr. 27) jsou opatřeny lichoběžníkovým rovnoramenným závitem se stoupáním 30°. Pohyb podávacích válců je odvozen od pohybu klikového mechanismu stroje a regulován krokovým mechanismem. Způsob pohonu podávacích válců je označen jako přerušovaný. Výřez je posunován do řezu při pohybu pilového rámu a tudíž i pilových listů v něm upevněných směrem dolů (Sojka, 2012).



Obrázek 24 - Rýhované válce



Obrázek 25 - Řetězový převod



Obrázek 26 - Koncový pákový spínač



Obrázek 27 - Podávací válce

Závěs pilového rámu

Do pilového rámu (obr. 28) jsou upínány pilové listy pomocí dvou závěsů, horního a dolního (obr. 33). Podle požadovaného výřezu se upíná potřebný počet pilových listů v příslušných vzdálenostech od sebe pomocí mezipilních vložek (obr. 30), které se vkládají mezi pilové listy pro horní i dolní závěs. Vzdáleností pilových listů je dána tloušťka řeziva. Horním závěsem je prováděno napínání pilového listu pomocí ráčny a postupného utažení.



Obrázek 28 - Pilový rám



Obrázek 29 - Horní závěs s upnutím



Obrázek 30 - Mezipilní vložky

Pilové listy

Jedná se o pás plechu vysoké kvality, houževnatosti a tvrdosti, opatřený na jedné straně ozubením (obr. 31). Pilový list je ukončen na obou koncích příčně přinýtovanými lištami. Nýty jsou umístěny střídavě ve dvou řadách (obr. 32). Takto upravené pilové listy se pak zasouvají do závěsů zavěšených v horní a dolní příčce pilového rámu (Sojka, 2012).



Obrázek 31 - Pilový list



Obrázek 32 - Ukončení pilového listu



Obrázek 33 - Horní a dolní závěs



Obrázek 34 - Nasunutí závěsu

Upínací a pomocné vozíky

Pro upnutí a vkládání kulatiny slouží u rámových pil upínací a pomocné vozíky (obr. 35). Vozíky slouží k pojezdu, bočnímu vystředění a pevnému upnutí na střed kulatiny. Nacházejí se na úzkých kolejkách před i za strojem. Upínací vozíky jsou vybaveny upínacími kleštěmi, které mají rozsah upnutí 10-700 mm. Pomocné vozíky slouží k přepravě volného konce kulatiny do rámové pily nebo od ní. Pro snadnější manipulaci kulatiny do pily je pomocný vozík opatřen vyosením opěrného válce vozíku, kterým přes páku dochází k nadzvednutí kulatiny (obr. 36).



Obrázek 35 - Upínací a pomocné vozíky



Obrázek 36 - Pomocný vozík



Obrázek 37 - Úzkokolejní trať

Odsávání pilin

Toto zařízení slouží k pneumatickému odsunu pilin a prachu, které vznikají v procesu řezání dřeva ozubenými nástroji. Základem odsávacího systému je odstředivý ventilátor (obr. 38), jehož hlavní části je skříň ventilátoru a lopatkové kolo. Sací hrdlo je umístěno proti ose jeho lopatkového kola a výtlakové hrdlo na obvodu skříňě. Lopatkové kolo je poháněno na přímo elektromotorem o výkonu 3 kW. Dalšími částmi odsávacího systému (obr. 39) jsou sací a výtlakové potrubí, zásobník a žok (Sojka, 2012).



Obrázek 38 - Odstředivý ventilátor



Obrázek 39 - Plnění žoku



Obrázek 40 - Odsávání pilin uvnitř pilnice

4 Výrobky pilařské technologie

V kapitolách níže bude popsán postup práce výroby jednotlivých druhů řeziva (tab. 2) na výše popsaném konkrétním typu stroje, tedy rámové vertikální pile. Dřevařský sortiment bude obohacen fotodokumentací s konečným výrobkem.

4.1 Zpracování kulatiny

K tomu, aby bylo dřevo využito maximálně, je nezbytné jej podélně dělit. K tomuto účelu slouží pořezový obrazec (obr. 9). Dřevo je teoreticky předem rozděleno na kusy tak, aby vzniklo co nejméně odpadního materiálu. Dosáhne se tím maximální středové výtěže. Takto získaný materiál je zhotovován účelově s ohledem na konečné použití. Použitím dále uvedených způsobů pořezu je sledováno co nejvyšší ekonomické zhodnocení zpracovávané dřevní hmoty. Existuje několik typů pořezu, které jsou popsány níže.

Jednoduchý pořez neboli pořez na ostro

Je používán k výrobě neomítaného řeziva. Vyrobene řezivo zachovává tvar výřezu, ze kterého bylo nařezáno. Toto řezivo může být dále zpracováváno k dalšímu rozmítání na kotoučových pilách. Pokud je výsledné řezivo po stranách zaoblené s neoříznutými, nebo jen částečně oříznutými boky mluvíme o dřevu neomítaném. Při tomto typu řezání je možné vyrábět polohraněné řezivo tzv. polštáře a trámy. Neomítané řezivo lze vyrábět na rámových pilách, pásových pilách a kotoučových pilách s kotouči větších rozměrů.

Dvojitý pořez s prismováním a zpátkováním

Tento způsob pořezu se skládá ze dvou činností. První činností je prismování, což je první pořez kulatiny a vyhotovení prisky rámovou pilou. Zpátkování je druhý pořez pilou a zhotovení požadovaného výrobku. Při prismování vzniká opracovaný výřez neomítaný a boční krajínové řezy. Při zpátkování se vzniklá prisma pootočí o 90° a je rozřezána na požadované rozměry. Výrobkem je středové řezivo stejných geometrických rozměrů. Tento způsob pořezu je využíván hlavně ve stavebnictví jako lepené a sbíjené vazníky, sloupky, nosníky, masivní podlahy, střešní vazby atd. Proces dvojitého pořezu lze provádět na všech typech hlavních pilařských strojů (Sojka, 2012).

Omítané a neomítané řezivo

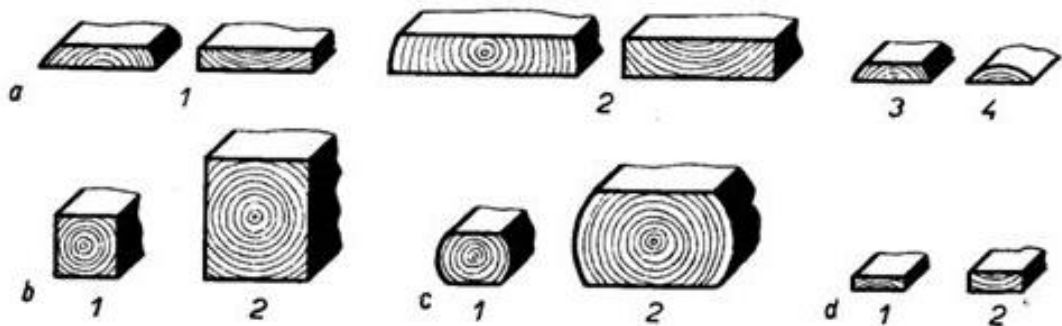
Vzniklé řezivo výše zmíněnými postupy je dále rozdělováno do stanovených druhů, rozměrů (tab. 2) a jakostí. Podle způsobu výroby se dělí na neomítané, omítané a jinak upravené.

Neomítané deskové řezivo se pozná podle neoříznutých nebo jen částečně oříznutých boků. Omítané řezivo je takové, jehož boky jsou ořezány tak, že případná oblina není větší, než stanovují technické normy. Při úplném ořezání oblín se řezivo označuje jako ostrohranněné omítané.

Podle tvarů a rozměrů příčného řezu se řezivo dále dělí (obr. 41) na řezivo **deskové**, čímž se rozumí všechno omítané i neomítané řezivo o tloušťce do 100 mm, přičemž šířka je rovna nebo větší než dvojnásobek tloušťky. Podle tloušťky se pak dále dělí na prkna, fošny, krajínová prkna a krajiny. Dále rozlišujeme řezivo **hraněné**, které má pravouhlý příčný průřez. Podle průřezu odlišujeme hranoly a hranolky. Řezivo **polohraněné** má oblé boky vytvořené oblou částí výřezu, ze kterého bylo řezivo vyrobené. Dělí se na polštáře a trámy. Posledním typem řeziva jsou latě a lišty, které patří rámcově do řeziva hraněného. Konkrétní přesné rozdělení řeziva podle terminologie ČSN 49 1010 je obsaženo v následující tabulce (Indra, 2015).

Tab. 2 - Dělení řeziva

ŘEZIVO DESKOVÉ	PRKNA	řezivo tloušťky 13 mm a více; max. 40 mm
	FOŠNY	řezivo tloušťky 40 mm až 100 mm
	KRAJINOVÁ PRKNA	boční neomítané kusy deskového dřeva
	KRAJINY	okrajové řezivo o tloušťkách 18-24 mm
ŘEZIVO HRANĚNÉ	HRANOLY	plocha příčného průřezu je větší než 100 cm ²
	HRANOLKY	plocha příčného průřezu činí 25-100 cm ²
ŘEZIVO POLOHRANĚNÉ	POLŠTÁŘE	řezivo o tloušťce nejvýše 100 mm
	TRÁMY	řezivo o tloušťce více než 100 mm
LATĚ A LIŠTY	LATĚ	plocha příčného průřezu $s > 10 \text{ cm}^2$, ale $< 25 \text{ cm}^2$
	LIŠTY	plocha příčného průřezu s je rovna nebo $< 10 \text{ cm}^2$



448. Řezivo: a - deskové, 1 - prkna, 2 - fošny, 3 - krajínová prkna, 4 - krajiny, b - hraněné, 1 - hranolky, 2 - hranoly, c - polohraněné, 1 - polštáře, 2 - srubnice, d - drobné řezivo, 1 - lišty, 2 - latě. (Drobné řezivo patří rámcově do řeziva hraněného).

Obrázek 41 - Druhy řeziva (Gross, 2013)

4.2 Řezivo deskové

Prkna

Proces výroby prken spočívá ve dvojitém řezu. Při prvním řezu se kulatina upne do upínacích vozíků (obr. 42) a přesune se do podávacích válců k rámu pily, kde je upnut požadovaný závěs výřezu. Po rozřezání vzniknou prkna neomítaná (obr. 43,45) a krajiny, která se přesunou na druhý pořez.



Obrázek 42 - Upnutí kulatiny



Obrázek 43 - Řezy pilovými listy



Obrázek 44 - Pořez kulatiny



Obrázek 45 - Prkna neomítaná

V našem případě se neomítaná prkna pootočí o 90° a přibližně roztřídí do stejných šířek. Narovnají se na sebe, což je ekonomicky výhodnější, a zahájí se druhý pořez. Finálním výrobkem jsou omítaná prkna požadovaných rozměrů (obr. 49).



Obrázek 46 - Druhý pořez



Obrázek 47 - Řez nahotovo



Obrázek 48 - Pořez neomítaných prken



Obrázek 49 - Omítaná prkna

Fošny

Výroba omítaných fošen je obdobná jako výroba omítaných prken. Opět se jedná o dvojité pořez, kdy se kulatina nejprve upne do upínacích vozíků (obr. 50) a přesune se k podávacím válcům. Po rozřezání kulatiny vzniknou neomítané fošny (obr. 53, 54).



Obrázek 50 - Upnutí kulatiny



Obrázek 51 - Začátek řezu pilovými listy



Obrázek 52 - Pořez kulatiny



Obrázek 53 - Neomítané fošny



Obrázek 54 - Třídění neomítaných fošen

Dalším krokem bude zpátkování, kdy se jednotlivé neomítané fošny pootočí o 90° a přibližně roztrídí podle stejných šířek výřezu. Pro urychlení výroby se narovná více neomítaných fošen na sebe a zahájí se druhý pořez (obr. 55). Dále lze vidět (obr. 56) odřezání kazové části vpravo a následného vyzdravení fošny. Konečným výrobkem jsou omítané fošny (obr. 58).



Obrázek 55 - Druhý pořez



Obrázek 56 - Vyzdravení a začátek omítání



Obrázek 57 - Řez



Obrázek 58 - Omítané fošny

Krajinová prkna

Jedná se o boční neomítané kusy deskového řeziva, které vznikají jako vedlejší produkt při pořezu na ostro. Nejčastěji při výrobě prken a nebo jako boční řezy polohraněného řeziva (obr. 60). Další zpracování je na omítací pile pro maximální výřeznost, kdy dojde k částečnému, nebo úplnému oříznutí boků. Tento sortiment řeziva se již prakticky nevyrábí.



Obrázek 59 - Krajinová prkna při pořezu prisky



Obrázek 60 - Krajinové prkno

Krajiny

Tento sortiment řeziva vzniká při pořezu na ostro, jako boční neomítané deskové řezivo. Jedná se o odpadní produkt, který je dále využíván jako palivové odkorky pro spotřebitele (obr. 62).



Obrázek 61 - Vznik krajiny



Obrázek 62 - Krajiny

4.3 Řezivo hraněné

Hranoly

Výrobní proces hranolu lze rozdělit na výrobu prisky a zpátkování. Opět se jedná o dvojitý pořez, kdy je nejprve potřeba upnout kulatinu do upínacího vozíku jako u předešlých typů řeziva (obr. 63) a přepravit k podávacím válcům. Po rozřezání kulatiny vzniknou neomítané prisky (obr. 66). Pro maximální vyžití kulatiny je poskládán závěs pro výrobu bočních krajinových prken a krajín (obr. 64).



Obrázek 63 - Upnutí kulatiny



Obrázek 64 - Začátek řezu prisky



Obrázek 65 - Řez kulatinou



Obrázek 66 - Prisky

Následujícím zpátkováním se jednotlivé prisky narovnají na sebe podle přibližných šířek výřezu. Po otočení o 90°proběhne další řez (obr. 67). Vedlejším produktem bočních řezů jsou prkna s částečně oříznutými boky a krajiny (obr. 68). Konečným výrobkem jsou hranoly (obr. 70, 71).



Obrázek 67 - Druhý pořez



Obrázek 68 - Začátek řezu hranolů



Obrázek 69 - Výřez hranolů



Obrázek 70 - Hranoly



Obrázek 71 - Čelní pohled hranolů

Hranolky

Postup výroby je obdobný jako výroba hranolu. Liší se pouze velikostí příčného průřezu prisky a hranolku. Pro urychlení výroby v průmyslových dřevařských linkách se prisky nařezou na rámové pile a druhý pořez se přesouvá na rozmítací pilu k následnému dělení. K výrobě hranolku na rámové pile je zapotřebí dvojitého pořezu, prismování a zpátkování. Nejprve se kulatina upne do upínacího vozíku (obr. 72). Následně se přesune do podávacích válců k řezu. Prvním řezem vznikne prisma (obr. 75) a boční krajínová prkna a krajiny (obr. 73, 74).



Obrázek 72 - Upnutí kulatiny



Obrázek 73 - Výroba prisky



Obrázek 74 - Řez kulatinou



Obrázek 75 - Prisma

Druhý řez je finální. Prisma se ručně pootočí o 90° a posune se na vozíčkách k podávacím válcům směrem k řezu. Bočním řezivem vzniknou omítaná a neomítaná prkna (obr. 77, 79). Finálním výrobkem je hranolek (obr. 80).



Obrázek 76 - Druhý pořez



Obrázek 77 - Začátek řezu hranolku



Obrázek 78 - Celkový pohled pořezu



Obrázek 79 - Hranolek a omítaná prkna



Obrázek 80 - Hranolek

4.4 Řezivo polohraněné

Polštáře

Výroba polštářů vzniká jedním pořezem kulatiny rámovou pilou tzv. pořez na ostro. Vedlejším produktem bočního výřezu vzniknou krajínová prkna a krajiny pro maximální využití kulatiny. Postup výroby začíná opět nakulením kulatiny na upínací vozíky, přesunutím k pile, chycením rýhovacími válci a zahájením pořezu. Hotovým výrobkem jsou polohraněné polštáře (obr. 84). Zpravidla tento druh řeziva pokračuje dále do výroby na druhý pořez pro širší využití.



Obrázek 81 - Upnutí kulatiny



Obrázek 82 - Řez polštáře



Obrázek 83 - Celkový pohled pořezu



Obrázek 84 - Polštář

Trámy

Princip výroby trámů je shodný jako výroba polštářů. Liší se pouze tloušťka trámu, který má výřez nad 100 mm. Pořez začíná upnutím kulatiny do upínacího vozíku (obr. 85), přesunutím k rýhovacím válcům a řezu. Na (obr. 86) lze pozorovat pořez více trámů vedle sebe pro maximální využití kulatiny, jako boční řezivo jsou krajinová prkna a krajiny. Konečným výrobkem jsou trámy (obr. 88), které mají v dalším dělení řeziva široké využití.



Obrázek 85 - Upnutí kulatiny



Obrázek 86 - Začátek řezu trámy



Obrázek 87 - Celkový pohled pořezu



Obrázek 88 - Trámy

4.5 Řezivo lat'ové a lištové

Latě

Výrobní postup latí vzniká dvojitým pořezem. Prvním řezem neboli prismováním vyrobíme neomítané fošny (obr. 89, 90) nebo polštáře, které následně budeme dělit na latě požadovaných rozměru (viz. tab. 2). Pro urychlení výroby ve velkých pilařských linkách je druhý pořez vyráběn na rozmítacích vícelistých pilách.



Obrázek 89 - Řez neomítaných fošen

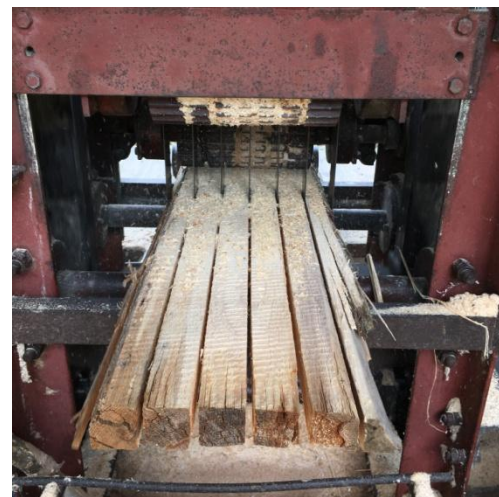


Obrázek 90 - Výřez neomítaných fošen

Takto vyrobené neomítané fošny přejdou k druhému konečnému pořezu. Nejprve prismsy ručně roztřídíme podle šířek průřezu, pootočíme o 90° a upneme kleštěmi do upínacího vozíku (obr. 91). Po přesunutí do podávacích válců započne řez. Bočním řezem vznikají krajiny. Konečným výrobkem jsou latě (obr. 94).



Obrázek 91 - Upnutí neomítané fošny



Obrázek 92 - Začátek řezu latí



Obrázek 93 - Výřez latí



Obrázek 94 - Latě

Lišty

Výroba lišty je obdobná jako výroba latí, kdy prvním požezem kulatiny vzniknou neomítaná prkna požadovaných tloušťek (obr. 95, 96). Ty se dále dělí druhým řezem na hraněné řezivo.



Obrázek 95 - Řez neomítaných prken



Obrázek 96 - Výřez neomítaných prken

Neomítaná prkna dále pokračují na druhý pořez. Pootočením o 90° a roztříděním dle šířek průřezu se neomítaná prkna narovnají na sebe a upnou do upínacího vozíku (obr. 97). Následuje přesunutí k rýhovacím válcům a řezu. Na (obr. 98, 99) je ukázka rozložení závěsu jako bočního pořezu, který vyrábí lišty. Středovým řezem vznikají omítaná prkna. Konečným výrobkem jsou lišty (obr. 100).



Obrázek 97 - Upnutí neomítaných prken



Obrázek 98 - Začátek řezu lišt



Obrázek 99 - Lišty a omítaná prkna



Obrázek 100 - Lišty

5 Využití výrobků pilařské technologie v dřevařské malovýrobě

Závěrečná kapitola této diplomové práce se věnuje využití výrobků pilařské technologie v dřevařské malovýrobě. V rámci ní budou popsány čtyři základní subjekty další dřevařské výroby. Jedná se o specifické odběratele výchozího upraveného dřevařského materiálu, který pochází právě z konkrétní rámové pily popsané v předešlé kapitole. Tito odběratelé jsou výrobci z jednotlivých dřevařských odvětví, tedy truhláři, stolaři a tesaři. Další využití vyprodukovaného materiálu nachází piliny, které jsou odebírány k lisování. Zbylý dřevní odpadní materiál je dále využíván spotřebiteli jako palivo. Nejprve se zaměřením na rozdělení zpracovávání dřeva, které se dělí na dřevařskou prvovýrobu a druhovýrobu.

Dřevařská prvovýroba zahrnuje prvotní zpracování dřeva. Realizuje se v těch oborech dřevařského průmyslu, které zpracovávají surové dřevo nebo dřevní odpad. Patří sem:

- pilařská výroba – hlavním produktem je řezivo – deskové, hraněné, polohraněné, latě a lišty, dále také odřezky, hobliny, piliny,
- výroba dýh – vyrábí se podélným dělením na tenké listy nebo pásy z přírodního dřeva,
- výroba překližek – kompozitní desky vyrobené ze tří nebo více vrstev loupaných nebo krájených dýh,
- výroba dřevotřískových desek – materiál vyrobený roztrískováním dřevního odpadu a třísek, které se dodatečně slepují lepidlem do větší plochy,
- dřevovláknitých desek – materiál vyrobený z dřevních vláken s přídavkem lepidla a aditiv zlepšující vlastnosti desky.

Dřevařská druhovýroba se zabývá druhotným zpracováním dřeva. Uskutečňuje se v oborech, které zpracovávají dřevařské polotovary na konečné výrobky. Do této skupiny patří výroba nábytku, stavebně truhlářská výroba, výroba dřevěných konstrukcí, dřevěných staveb, výroba zápalek, hudebních nástrojů, hraček atd.

Truhlářství a stolařství

Truhlářství a stolařství jsou v podstatě dva stejné termíny. Truhlářství spočívá zejména v ruční výrobě nábytku a dalších výrobků na míru. Nejpoužívanějšími pracovními prostředky jsou dřevoobráběcí stroje, vrtačky, brusky, hoblíky, pilky, rašple, atd. Stolařství a truhlářství je řemeslo, které je především založeno na zručnosti a zkušenosti. Nejčastěji odebíraným řezivem v oboru truhlář, stolař jsou omítaná i neomítaná prkna a fošny. Další využití omítaných prken a hranolků je ve výrobní lince na palety.

Truhláři zhotovují např. tyto výrobky:

- veškerý dřevěný nábytek,
- kuchyňské linky,
- vestavěné skříně
- postele, nábytek do ložnice, obývacích a dětských pokojů,
- koupelnový nábytek,
- okna, dveře, vrata, zárubně,
- podlahy, schodiště, terasy,
- balkóny, obložení stěn a stropů,
- zahradní nábytek.

Tesařství

Tesařství je řemeslo vykonávané tesařem. Jedná se o stavební profesi s dlouhou historií rozšířenou prakticky po celém světě. Zahrnuje širokou škálu prací. Úkolem tesaře je zhotovování, údržba a opravy dřevěných konstrukcí a jejich prvků. Nejpoužívanějšími pracovními prostředky jsou kotoučové, řetězové, rámové a pásové pily, dřevoobráběcí frézky a brusky, vrtačky, sekery, kladiva, hoblíky a ostatní tesařské nářadí. Sortiment odebíraný tesaři je řezivo deskové, hraněné a laťové.

Tesaři provádí především stavební práce na:

- krovech a dřevěných konstrukcích,
- nosných konstrukcích budov, bednění střech
- podlahových a stropních nosnicích,
- doplňkových konstrukcích, např. altánech, pergolách, přístřešcích,
- dřevostavbách,
- zahradních domečích.

Lisování pilin

Samotný proces výroby briket se nazývá briketování a užívá se k němu tzv. briketovací lis. To je zařízení, které daný materiál za obrovského tlaku stlačuje. Piliny jsou nejdříve zbaveny větších částí, tak aby do výrobního procesu vstupovaly jen velmi jemné čisté piliny. Dále jsou piliny vysušeny. Poté jsou za velmi vysokého tlaku, 400 atm mechanicky, bez jakéhokoliv pojiva, slisovány v pevnou kompaktní briketu ve tvaru obdélníku, válce s otvorem uprostřed nebo bez něj. Tento otvor uvnitř brikety zvětšuje její povrch a umožňuje lepší přívod kyslíku, tím tedy zdokonaluje hoření. Teplotou vzniklou při lisování dochází k zatavení povrchu brikety, která se tímto stává odolnější proti vzdušné vlhkosti. Protože u některých materiálů není možné dosáhnout dostatečné pevnosti pouhým stlačením, užívají se v některých případech i lepidla. Dřevěné brikety z pilin mají dlouhou dobu hoření, vysokou výhřevnost díky minimální vlhkosti a nízkou popelnatost.

Zpracování dřevního odpadu na palivo

Palivové dřevo vyrábíme téměř výhradně z jehličnatých dřevin, jako jsou smrk, borovice, modřín a případně další jehličnaté dřeviny. Jednotlivé odřezky jsou převážně výrobkem bočního řeziva a krajin při zpracování kulatiny na pile. Odřezky jsou soustřeďovány do balíků, ve kterých je svazováno a dodáváno spotřebiteli.



Obrázek 101 – Palivové odkorky

Závěr

Výše obsažená diplomová práce se zabývá tématem zpracování dřeva prvovýrobou a všemi praktickými a teoretickými souvislostmi s tím spojenými. Konkrétně je práce pojata jako případný materiál pro žáky a učitele odborných středních škol. Diplomová práce navazuje na téma mé práce bakalářské, která se věnovala samotnému prvotnímu vzniku lesa, jeho růstu a v závěru těžbě dřeva. Struktura diplomové práce je vystavěna kategoricky. První kapitola se věnuje obecné definici a popisu vytěženého dřeva a jeho vlastnostem, které ovlivňují následně popisované zpracování. K tomuto zpracování je využívána pilařská technologie, jejíž specifika jsou obsáhnuta v druhé kapitole. Ta je nutno si při takovém zpracování předem uvědomovat a s ohledem na ně volit vhodný druh dané technologie. Shrnutí principů a vlastností jednotlivých druhů pil do jednoho díla pomůže případným zpracovatelům dřeva zvolit vhodné pily s ohledem na vlastnosti dřeva a požadavky na výstupní výrobek. Posledním dílčím tématem teoretické části je detailní popis rámové pily, vysvětlení jejího principu fungování a následně i její praktické využití. Rozhodl jsem se zaměřit právě na tento druh pilařské technologie z důvodu osobní dostupnosti k tomuto stroji. Zároveň také proto, že druh této pily je nejhojněji v pilařství využíván.

Praktická část práce pokračuje obsahově ve stejném tématu jako poslední teoretická kapitola. Navazuje na ní však právě praktickým rázem, tedy popisuje konkrétní postupy práce na rámové pile při výrobě jednotlivých druhů řeziva. Kulatina je společnou výchozí počáteční fází pro všechny druhy řeziva. Jednotlivé popsání postupů se liší v dalších fázích a samozřejmě finálním výrobkem. Závěrečná kapitola stručně zmiňuje následné zpracování produktů rámové pily. Poskytuje výčet finálních výrobků určených ke konečnému využití. Tato druhá část diplomové práce poskytne budoucímu čtenáři představu o konkrétních přesných postupech práce na rámové pile, které lze využít při práci se samotnou pilou. Veškerá fotodokumentace pochází z mého vlastního fotoarchivu, který jsem vytvořil během vlastní práce s pilou. Finální výrobky vyrobené na konkrétní rámové pile jsou upraveny do podoby vzorků – řezů. Ty doplňují diplomovou práci jako praktická příloha.

Tvorba teoretické části byla obtížná pouze na samotném počátku, kdy bylo potřebné si uvědomit nutnou strukturu tak, aby obsáhla potřebné informace. Ty jsou vystupňovány od obecnější po specifitější a vytváří tím teoretický základ pro žáky a učitele, kterým sumarizuje znalosti a představy o zpracování dřeva prvovýrobou.

Praktické postupy práce v budoucím využití mohou posloužit jako praktické návody k vytvoření daných typů řeziv při výuce či praktických cvičení na středních odborných školách či učilištích.

Diplomová práce tedy představuje a definuje základní pojmy týkající se dřeva a jeho vlastností. Sumarizuje teorii pilařských technologií a zaměřuje se detailněji na jednu konkrétní, rámovou pilu. Popisuje její stavbu, princip fungování a dokumentuje návody k výrobě všech druhů řeziva. Její přínos spatřuji také v dalším možném navázání. Jako další materiál pro výuku by mohly být rozpracovány další druhovýroby dřeva zmíněné v páté kapitole. Sám bych rád tento materiál využil, pokud mi to budoucí pedagogická praxe dovolí.

Seznam pramenů a odborné literatury

BÁNSKÝ, Milan. *Optimalizácia rezného procesu rámových pil*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2005. ISBN 80-228-1508-X.

BARCÍK, Štefan. *Analýza faktorov při pilení na vertikálnej kmeňovej pásovej pile*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2000. ISBN 80-228-0909-8.

BEZECNÝ, Přemysl. *Pěstování lesů*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda, 1992, 376 s. ISBN 80-209-0222-8.

BLAŽEK, Mojmir. *Rámová pila s řízeným výkyvem vedení pilového rámu* [online]. Brno: Úřad pro vynálezy a objevy, 1987 [cit. 06.06.2017]. Dostupné z: <http://skpatents.com/7-233632-ramova-pila-s-rozenym-vykyvem-vedeni-piloveho-ramu.html>

BOMBA, Jan, FRIESS, František: Vývoj pilařství v českých zemích. In: *Biom.cz* [online]. 2009 [cit. 06.03.2017]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyvoj-pilarstvi-v-ceskych-zemich>. ISSN: 1801-2655.

BOMBA, Jan. *Hodnocení stavu strojně technologického vybavení pro malé a střední pilařské podniky v České republice* [online]. Praha: Český zemědělský univerzita v Praze, Fakulta lesnická a dřevařská, 2009 [cit. 01.07.2017]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/18637941-Hodnoceni-stavu-strojne-technologickeho-vybaveni-pro-male-a-stredni-pilarske-podniky-v-ceske-republice.html>

DETVAJ, Juraj. *Technológia piliarskej výroby*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2003. ISBN 80-228-1248-X.

ELUC. *Vícelistá kotoučová rozřezávací pila* [online]. Olomouc: 2017 [cit. 27.06.2017]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/terms/110>

FRIESS, František. *Pilařské zpracování dřeva*. Praha: Česká zemědělská univerzita, 2004. ISBN 80-213-1148-7.

HADÁMEK, Luděk. *Pily rámové* [online]. Opava: Střední odborné učiliště stavební, 2013 [cit. 12.6.2017]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2728506/>

INDRA, Josef. *Těžba a zpracování dřeva*. Hradec Králové, 2015. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové. Katedra technických předmětů.

JURISOVÁ, Kateřina. *Lesní těžba* [online]. 2013 [cit. 15.6.2017]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2692427/>

KLÍMA, Jan. *Lesář – dřevorubec*. Praha: Brázda, 1991. ISBN 80-209-0183-3.

KUNC, Zdeněk. *Dřevopříručka*. Praha: BEN – technická literatura, 2004. ISBN 80-7300-126-8.

KUPKA, Ivo. *Základy pěstování lesa*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2005. ISBN 80-213-1308-0.

KVIETKOVÁ, Božena. *Pilařské zpracování dřeva: technologie požezu rámovou pilou*. Praha: Powerprint, 2013. ISBN 978-80-87415-79-5.

MARKO, Jan. *Teória delenia dreva*. Zvolen: Technická univerzita vo Zvolene, 2000. ISBN 80-228-0891-1.

ONDRÁČEK, Karel. *Základy lesního hospodářství*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003. ISBN 80-7157-666-2.

PECINA, Pavel. *Materiály a technologie – dřevo*. Brno: Masarykova univerzita, 2006. ISBN 80-210-4013-0.

RADA, Otakar. *Těžba dřeva v lesích zemědělských podniků*. Praha: Institut výchovy a vzdělávání MZe ČR, 1999. ISBN 80-7105-186-1.

RÁDL Z., DOLEŽAL S., KOLÁŘOVÁ R. *Pracovní vyučování – technické práce v 5. Ročníku základní školy*. Praha: Státní pedagogické nakladatelství Praha, 1988. ISBN 14-455-89.

ROD, Aleš. Třetinu České republiky pokrývají lesy, od roku 1950 vzrostla jejich plocha o 154 tisíc hektarů. In: *Malostranská drbna* [online]. 2015 [cit. 24.06.2017]. Dostupné z: http://www.malostranskadrbna.cz/ekonomika/1345-tretinu-ceske-republiky-pokryvaji-lesy-od-roku-1950-vzrostla-jejich-plocha-o-154-tisic-hektaru.html?utm_source=copy

SOJKA, Jindřich. *Základy pilařského zpracování dřeva*. Trutnov: Gentiana, 2012. ISBN 978-80-86527.

SOLAŘ, Aleš. *Návrh pilařského provozu fy Šebek ve Svatoslavi* [online]. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2009 [cit. 09.06.2017]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/20835134-Mendelova-zemedelska-a-lesnicka-univerzita-v-brne-lesnicka-a-drevarska-fakulta-ustav-zakladniho-zpracovani-dreva-diplomova-prace.html>

STROJCAD, s.r.o. Kotoučové pily. In: *StrojCAD - Produkty* [online]. 2012 [cit. 16.05.2017]. Dostupné z: <http://www.strojcad.cz/cz/produkty/kotoucouve-pily>

ŠŤOURAČ, Ondřej. *Dendrochronologické datování mrtvých stromů v říčním ekosystému*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2009. Diplomová práce, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav nauky o dřevě.

ULRICH, R., SCHLAGHAMERSKÝ, A. a ŠTOREK, V. *Použití harvestorové technologie v probírkách*. Brno: Mendelova zemědělská univerzita v Brně, 2002. ISBN 80-7157-631-X.

VARKOČEK, Jan. *Dělení, obrábění a tváření materiálů*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2004. ISBN 80-7157-759-6.

Zdroje obrázků

Obrázek 1

AUTOR NEUVEDEN, *MSDK* [online]. 2010 [cit. 21.6.2017]. Dostupné z: <http://www.msdk.cz/projekty/op-vk-oblast-podpory-1-1-zvysovani-kvality-ve-vzdelavani/o-projektu/zajimavosti-ze-sveta-dreva/vyuziti-dreva/>

Obrázek 2

AUTOR NEUVEDEN, *Ústav pro hospodářskou úpravu lesů Brandýs nad Labem* [online]. 2016 [cit. 21.6.2017]. Dostupné z: <http://www.uhul.cz/rychle-informace/444-roce-se-v-cr-tezi-cca-16-mil-m3-dreva>

Obrázek 3

KAHUDA, J. *Český statistický úřad*. [online]. 2015 [cit. 18.6.2017]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/lesnictvi-2015>

Obrázek 4

KAHUDA, J. *Český statistický úřad*. [online]. 2015 [cit. 18.6.2017]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/lesnictvi-2015>

Obrázek 9

AUTOR NEUVEDEN. *Strojcad*. [online]. 2012 [cit. 18.6.2017]. Dostupné z: <http://www.strojcad.cz/cz/produkty/kotoucove-pily>

Obrázek 10

AUTOR NEUVEDEN. *Eluc*. [online]. 2017 [cit. 19.6.2017]. Dostupné z: <https://eluc.kr-olomoucky.cz/verejne/lekce/1954>

Obrázek 14

JURISOVÁ, K. *Výstižný popis způsobu využití nebo metodické pokyny*. [online]. 2017 [cit. 19.6.2017]. Dostupné z: <http://slideplayer.cz/slide/2692427/>

Zdroje tabulek

Tabulka 1

KAHUDA, J. *Český statistický úřad*. [online]. 2015 [cit. 18.6.2017]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/czso/lesnictvi-2015>