

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí



Návrh dřevěné stavebnice

Diplomová práce

Autor: Pavla Vinopalová

Vedoucí práce: Ing. Jan Bomba, Ph.D.

2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Pavla Vinopalová

Dřevařské inženýrství

Název práce

Návrh dřevěné stavebnice

Název anglicky

Design of wooden building kit

Cíle práce

Cílem práce je navrhnout dřevěnou stavebnici, která by rozvíjela motoriku dětí, a která bude založena na principu převodových ozubených kol. Návrh by měl obsahovat jak výkresovou, tak i početní část, a měl by obsahovat i zhotovení funkčního prototypu.

Metodika

- 1) Grafický a početní návrh dílců stavebnice.
- 2) Zajištění materiálu pro výrobu.
- 3) Výroba dílců stavebnice CNC a laserovou technologií.
- 4) Ověření funkčnosti stavebnice.

Doporučený rozsah práce

50 – 80 stran včetně příloh

Klíčová slova

dřevěná stavebnice, dětská motorická hračka, laserová technologie, CNC technologie

Doporučené zdroje informací

Böhm, M., Bomba, J., Reisner, J.,(2012): Materiály na bázi dřeva, 183 s., ISBN: 978-80-213-2251-6

ČSN EN 71 Bezpečnost hraček, vydalo UNMZ, třídící znak: 943095

Nařízení vlády č. 86/2011 Sb., o technických požadavcích na hračky

Němček, M.(2003): Vybrané problémy geometrie čelních ozubených kol, 143 s., ISBN: 8072251112

Štulpa, M.(2006): CNC obráběcí stroje a jejich programování, 126 s., ISBN: 8073002078

Titěra, D.(1963): Hračky: Konstrukce a výroba. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.ISBN 04-831-62

Předběžný termín obhajoby

2015/16 LS – FLD

Vedoucí práce

Ing. Jan Bomba, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra dřevěných výrobků a konstrukcí

Konzultant

Ing. Milan Podlena

Elektronicky schváleno dne 7. 1. 2016

doc. Ing. Martin Böhm, Ph.D.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2016

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

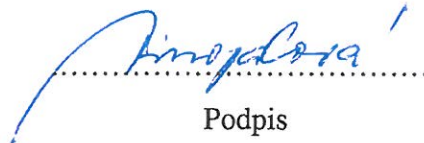
Děkan

V Praze dne 22. 04. 2016

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma Návrh dřevěné stavebnice vypracovala samostatně pod vedením Ing. Jana Bomby, Ph.D. a použila jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů. Jsem si vědoma že zveřejněním diplomové 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 Praze, dne 22. 4. 2016


.....
Podpis

Poděkování

Děkuji panu Ing. Janu Bombovi, Ph.D. za odborné vedení bakalářské práce, trpělivost a ochotu. Dále děkuji panu Ing. Milanu Podlenovi za ochotu a pomoc při konzultacích. A také děkuji všem svým blízkým, kteří mě podporovali a podávali mi pomocnou ruku.

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem dřevěné stavebnice na principu ozubených kol. Shrnuje problematiku výpočtů a grafických návrhů převodových kol, práci s počítačovým softwarem a následně laserovým a CNC zařízením. Předkládá výhody a nevýhody výroby takové stavebnice oběma způsoby obrábění a vyvozuje závěry o jejich vhodnosti a ekonomičnosti. Uvádí celkový postup výroby od průzkumu trhu (jaké podobné stavebnice se na českém trhu vyskytují), přes početní a grafický návrh, až po ověření funkčnosti prototypu. Práce vychází z odborné literatury, která řeší problematiku ozubených kol, obráběcích zařízení, povrchové úpravy dřeva atd. Zároveň musí zohlednit českou legislativu a normy, týkající se hraček.

Klíčová slova: dřevěná stavebnice, dětská motorická hračka, laserová technologie, CNC technologie

Abstract

This thesis describes the design of wooden building kit on the principle of gears. Summarizes the problems of calculations and graphic design for gears, work with computer software, and then the laser and the CNC device. Presents the pros and cons of making such building kits in both machining methods and draws conclusions about their suitability and economy. Provides overall production process, from market research (which similar building kits are usually trade in Czech republic nowadays), the numerical and graphic design, to verifying the functionality of the prototype. The thesis is based on scientific literature that addresses the issue of gears, tooling, surface finish of wood etc. It must also take into account the Czech legislation and standards concerning toys.

Keywords: wooden building kit, children toys, laser technology, CNC technology

Obsah

| | |
|---|----|
| Seznam obrázků..... | 7 |
| 1. Úvod..... | 8 |
| 2. Cíle práce | 9 |
| 3. Literární rešerše | 10 |
| 3.1. Čelní ozubená kola..... | 10 |
| 3.1.1. Druhy ozubení převodových kol | 16 |
| 3.2. Historie a vývoj hračky | 17 |
| 3.2.1. Hračky a jejich účel | 17 |
| 3.2.2. Hračky využívající ozubených kol | 18 |
| 3.3. Vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva | 20 |
| 3.3.1. Masivní dřevo | 20 |
| 3.3.2. Materiály na bázi dřeva | 21 |
| 3.4. Povrchová úprava..... | 23 |
| 3.5. Laserová technologie | 25 |
| 3.6. NC a CNC technologie..... | 26 |
| 3.7. Počítačový software | 28 |
| 4. Metodika | 29 |
| 4.1. Cílová skupina pro používání stavebnice..... | 29 |
| 4.2. Tvarový návrh dílců stavebnice | 29 |
| 4.3. Grafický a početní návrh dílců stavebnice. | 31 |
| 4.3.1. Velikost dílců..... | 31 |
| 4.3.2. Rozměry a geometrie..... | 32 |
| 4.3.2.1. Práce v programu INVENTOR | 33 |
| 4.3.3. Materiál pro výrobu | 34 |

| | |
|---|----|
| 4.4. Výroba dílů stavebnice CNC technologií | 35 |
| 4.5. Výroba dílů stavebnice laserovou technologií | 37 |
| 4.6. Dokončení povrchu dílků stavebnice | 37 |
| 4.7. Ověření funkčnosti stavebnice | 38 |
| 5. Výsledky | 40 |
| 6. Diskuse..... | 41 |
| 6.1. Vhodnost laserové a CNC technologie | 41 |
| 6.2. Další možnosti stavebnice..... | 41 |
| 7. Závěr | 43 |
| 8. Seznam použité literatury | 44 |
| 8.1. V tištěné podobě..... | 44 |
| 8.2. V elektronické podobě | 45 |
| 9. Seznam příloh | 46 |
| 10. Přílohy..... | 47 |
| Stavebnice PAV–I–DREV – návod k použití | 47 |
| 3D modely možností sestavení..... | 49 |

Seznam obrázků

| | |
|---|----|
| Obr. 1 Valivé soukolí čelní | 11 |
| Obr. 2 Valivé soukolí kuželové | 11 |
| Obr. 3 Šroubové soukolí válcové | 11 |
| Obr. 4 Nejčastěji užívané tvary ozubení | 11 |
| Obr. 5 Valivé soukolí vnější, vnitřní a hřebenové | 12 |
| Obr. 6 Značení a terminologie geometrie ozubeného kola | 13 |
| Obr. 7 Vzorce | 14 |
| Obr. 8 Klasická dřevěná kostková stavebnice | 18 |
| Obr. 9 Součást stavebnice Matador | 18 |
| Obr. 10 Stavebnice Learning resources | 19 |
| Obr. 11 Motorická třídící hra | 19 |
| Obr. 12 Překližované desky | 22 |
| Obr. 13 Řezání překližky laserem | 26 |
| Obr. 14 CNC obráběcí centrum | 27 |
| Obr. 15 Možnosti vzhledu ozubených kol | 30 |
| Obr. 16 Vzhled jednotlivých dílců platformy | 30 |
| Obr. 17 Přesná geometrie ozubení | 32 |
| Obr. 18 Zadávací tabulka programu INVENTOR | 33 |
| Obr. 19 Chyba při obrábění CNC strojem | 36 |
| Obr. 20 Opravení chyby zaoblením hran | 36 |

1. Úvod

Na českém trhu je k dostání několik druhů stavebnic, které využívají princip ozubených kol, ale základním materiálem pro jejich výrobu jsou většinou plasty. Tato diplomová práce se zabývá problematikou stavebnice s ozubenými převody vyrobenou ze dřeva. Přestože většina komerčních stavebnic tomuto kritériu neodpovídá, je stále nutné brát na ně zřetel. Stavebnice s převodovými koly, určené dětem předškolního věku, jsou vytvořeny za účelem zlepšení motoriky dítěte. Využívají buď jen jednu velikost ozubených kol, nebo maximálně dvě. Každé kolo má navíc svoji vlastní podložku a pouze díky skládání podložek dohromady do sebe kola zapadají.

Lze najít i stavebnici zaměřenou na rozvoj technického myšlení. Prodává se pod obchodním názvem Matador. Tato stavebnice kromě jednotlivých stavebních kostek používá i ozubená kola několika velikostí.

Návrh nové stavebnice spočívá v principu několika velikostí ozubených kol, která se budou moci upevnit do podložky pomocí dřevěných kolíků. Velikosti jednotlivých kol bude možné libovolně kombinovat. Základní návrh obsahuje tři velikosti ozubených kol, ale tento návrh je možné kdykoli rozšířit o další velikosti a tvary kol. Účelem vytvoření takové stavebnice je možnost ji neustále doplňovat o další prvky a doplňky, ať už statické či pohyblivé.

2. Cíle práce

Cílem práce je vytvoření návrhu dřevěné stavebnice, která rozvíjí dětskou motoriku a zároveň poskytuje základní povědomí o převodových systémech. Stavebnice bude založena na principu ozubených kol, která bude možné upevňovat do předem připravené platformy, vzájemně je mezi sebou libovolně kombinovat a tím měnit převodové rychlosti. Celý návrh spočívá ve výkresové a výpočetní části, díky čemuž bude možné stavebnici vyrobit. Práce bude doplněna o funkční prototyp stavebnice.

Účelem je vytvořit hru pro děti, kterou ocení všechny věkové kategorie až po dospělé, kteří si budou chtít díky stavebnici zábavně oživit interiér svého domova.

3. Literární rešerše

3.1. Čelní ozubená kola

Ozubená kola všeobecně slouží k plynulému přenosu otáčivého pohybu z hnací hřídele jednoho kola na hnanou hřídel kola druhého. To se děje bezprostředním záběrem, neboli stykem dvou, či více kol. Ozubená kola mají tvar válce nebo kužele, který má na svém plášti určitý počet zubů a zubních mezer, tedy jedním slovem ozubení. Při záběru kol zuby menšího kola zapadají do zubních mezer většího kola a naopak. [7]

Ještě před jasným definováním terminologie ozubených kol je nutné uvést jejich základní rozdělení do jednotlivých skupin dle tvaru, účelu, atd.

Dle polohy hřídelí:

- rovnoběžné hřídele
- různoběžné hřídele
- mimoběžné hřídele

Dle relativního pohybu kol:

- **valivá soukolí:**

- čelní - hřídele jsou rovnoběžné, ozubená kola mají tvar válců

- kuželová - hřídele jsou různoběžné, ozubená kola mají tvar komolých kuželů

- **šroubová soukolí** - mimoběžné osy hřídelí; kola se po sobě odvalují a zároveň se posouvají ve směru dotykové přímky

- hyperboloidická - tělesa kol jsou tvaru rotačního hyperboloidu
- válcová - z čelních kol ve tvaru válců se šikmým ozubením

Obr. 1 Valivé soukolí čelní



Obr. 2 Valivé soukolí kuželové **Obr. 3** Šroubové soukolí válcové



Zdroj: <http://www.nauteqa.lt/priemones-sukimo-judesiui-perduoti/krumpliaraciai/>

Zdroj: <http://www.nauteqa.lt/priemones-sukimo-judesiui-perduoti/krumpliaraciai/>

Zdroj: <http://www.teatechnik.cz/typ/>

Ozubená kola je možné dělit i podle tvaru ozubení, kdy jsou zuby přímé, šikmé, šípové, násobně šikmé, kruhové, stupňové nebo dvojnásobně šikmé. Tyto typy se vyskytují u ozubení vnějšího, pro vnitřní ozubení se používají zuby pouze přímé nebo šikmé. [7]

Obr. 4 Nejčastěji užívané tvary ozubení



Ozubené kolo s šípovými zuby **Ozubené kolo s šikmými zuby** **Ozubené kolo s přímými zuby**

Zdroj: http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=3092

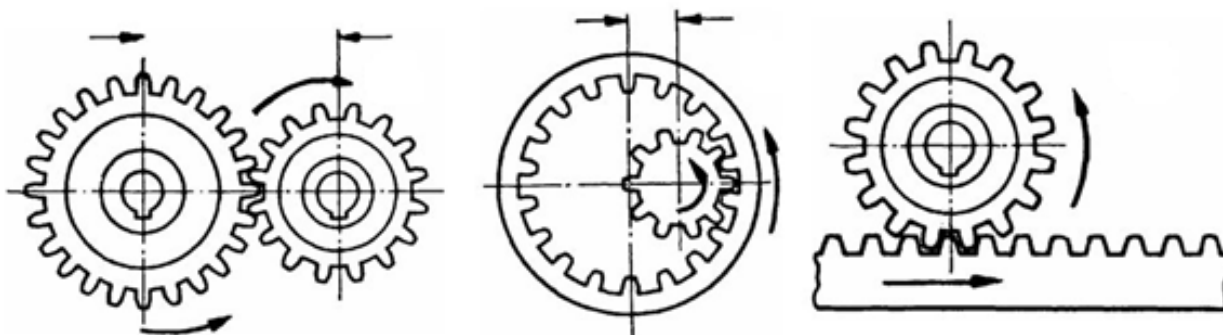
Čelní valivá soukolí je možné rozdělit na vnější, vnitřní a hřebenové:

Vnější čelní soukolí je definováno valivým pohybem malého ozubeného kola (tzv. pastorek) po ozubení kola velkého. Smysl otáčení kol je v tomto případě opačný a zuby obou kol jsou na vnější straně.

Vnitřní čelní soukolí je také nazýváno planetové a jeho principem je malé ozubené kolečko s ozubením na vnější straně, které se odvaluje po vnitřní straně velkého ozubeného kola. Smysl jejich otáčení je souhlasný.

Hřebenové čelní soukolí se na rozdíl od předchozích dvou typů neskládá jen z kol válcového tvaru. Tvoří ho malé kolo odvalující se po ozubené tyči, neboli hřebenu. Tento hřeben je přesně definován jako výseč kružnice, jejíž poloměr se rovná nekonečnu. [7]

Obr. 5 Valivé soukolí vnější, vnitřní a hřebenové



Zdroj: <http://slideplayer.cz/slide/2327511/>

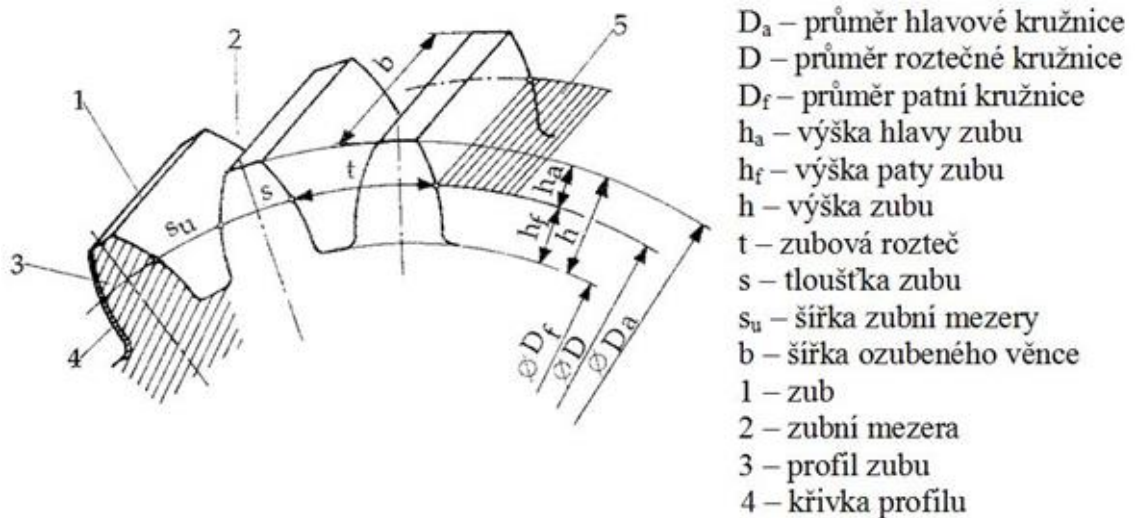
Dále se tato práce bude zabývat jen vnějším valivým soukolím čelním s přímými zuby, proto ostatní typy soukolí již nebudou zmiňovány a blíže definovány.

To ale z terminologie ozubených kol není zdaleka vše. Pro konstrukci a výpočet ozubeného soukolí je třeba si definovat další důležité pojmy. Jedním z nejdůležitějších parametrů pro výpočet a konstrukci kola je roztečná kružnice, která je dána průměrem D a středem v ose otáčení kola. Jsou to pomyslné teoretické kružnice v soukolích zakreslované jako tečné kružnice, které svým dotykem, za předpokladu otáčení kol kolem své osy, evokují valivý pohyb, tedy že se kola po sobě vzájemně odvalují. Na zkonstruovaném kole je spíše rozeznatelná kružnice patní a kružnice hlavová. Jak z názvu vyplývá, kružnice hlavová je definována středem v ose otáčení kola a

poloměrem R_h , který udává vzdálenost od středu až k hlavě zubu, zatímco patní kružnice je definována stejným středem, ale poloměr R_p udává vzdálenost od osy k patě zubu.

Zub kola je definovaný svojí výškou, šířkou (což je tloušťka kola), výškou hlavy, výškou paty a roztečí, která je součtem tloušťky zubu a zubní mezery. Rozteč zubu, výška hlavy a paty je přitom definována vždy pomocí roztečné kružnice.

Obr. 6 Značení a terminologie geometrie ozubeného kola



Zdroj: http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=3092

Tloušťka zubu se teoreticky rovná zubní mezeře, v praxi je ale vždy nutná alespoň minimální vůle, která snižuje již tak vysoké tření mezi zuby v záběru. Velikost vůle se odvíjí od přesnosti vyrobeného ozubení, přesně vyrobená ozubení mají tuto vůli nepatrnou, u méně přesně vyrobených ozubení je boční vůle rovna $1/20$ až $1/80$ rozteče (rozteč je výsečí roztečné kružnice, která ohraničuje jeden zub a jednu zubní mezeru). U ozubených kol ze dřeva je nutné s boční vůlí uvažovat, protože bohužel ani sebed přesnější výroba nemá vliv na vlastnosti dřeva, které může měnit své rozměry bobtnáním či sesycháním. Dnes se těmto změnám dá velmi efektivně ubránit, nikdy však stoprocentně. Na rozdíl od variabilní boční vůle, která se odvíjí od konkrétních parametrů kol (materiál, použití, kvalita opracování zubů atd.), je hlavová vůle (c_a) ovlivněna velikostí modulu (m), dle vzorce:

$$c_a = (0,1 \text{ až } 0,3) * m \quad [7]$$

Výpočet jediného ozubeného kola je velice zdoluhavý a složitý, v dnešní době již proto existují programy, které jen na základě několika základních parametrů vypočítají kompletní geometrii požadovaného ozubeného soukolí. Mnoho z těchto programů zároveň spolu s výpočtem vytvoří i 2D či 3D model soukolí s možností vizualizace pohybu kol. Stále je ovšem nutné znát alespoň základní vzorce pro výpočet základních parametrů.

Vzorce pro výpočty geometrie ozubených kol:

Obr. 7 Vzorce

| | | |
|--------------------------|------------------|---|
| počet zubů | DR ¹⁾ | z_1, z_2 , (index 1 – hnací, 2 – hnané) |
| modul – modul nástroje | DR | $m = m_n$ |
| úhel záběru | DR | $\alpha = 20^\circ$ |
| převodové číslo | | $i_{1,2} = \frac{n_1}{n_2} = \frac{z_2}{z_1}$ |
| výška hlavy zubu | | $h_a = m$ |
| výška paty zubu | | $h_f = m + c_a = 1,25m$ |
| hlavová vůle | | $c_a = 0,25m$ |
| výška zubu | | $h = h_a + h_f = 2,25m$ |
| průměr roztečné kružnice | DR | $D = z \cdot m$ |
| průměr hlavové kružnice | K ²⁾ | $D_a = D + 2h_a = D + 2m$ |
| průměr patní kružnice | | $D_f = D - 2h_f = D - 2,5m$ |
| rozteč | | $\hat{t} = \pi \cdot m$ |
| tloušťka zubu | | $\hat{s} = \frac{\hat{t}}{2} = \frac{\pi \cdot m}{2}$ |
| šířka zubní mezery | | $\hat{s}_u = \frac{\hat{t}}{2} = \frac{\pi \cdot m}{2}$ |
| šířka ozubení | K ²⁾ | $b = \psi_m \cdot m, \quad \psi_m = 10 \text{ až } 30$ |
| vzdálenost os O_1O_2 | DR | $a = \frac{D_1 + D_2}{2} = \frac{z_1 + z_2}{2} \cdot m$ |

Zdroj: <http://dum.spsnome.cz/2011/tp/sr/sr-tp-sps-03-02-Ozubene-prevody.pdf>

Často se ozubená kola označují jako převodová, z čehož vyplývá, že slouží pro převod. Jedná se o převod síly (kroučícího momentu) z jednoho kola na druhé. Převod síly se uskutečňuje mezi koly se stejným průměrem a kroučící moment na hnaném kole je roven kroučícímu momentu kola hnacího, nebo mezi koly s rozdílnými průměry, takové soukolí je pak definováno převodovým poměrem. Princip ozubených soukolí spočívá v tom, že se všechna kola otáčejí se stejnou obvodovou rychlostí (v), která společně s poloměrem otáčení (r) přímo ovlivňuje rychlost úhlovou (ω): $v = \frac{\omega}{r}$. Výpočet převodového poměru (I) spočívá v poměru počtu zubů hnacího kola (z_1) ku počtu zubů kola hnaného (z_2): $I = \frac{z_1}{z_2}$. Pokud je počet zubů na obou kolech stejný, je roven jedné. Pokud ale mají kola rozdílné počty zubů mohou nastat dvě situace. V prvním případě je převodový poměr menší než 1, hnací kolo je menší (má menší počet zubů) než kolo hnané a úhlová rychlost hnaného kola je nižší, což se označuje jako převod do pomala. Ve druhém případě je převodový poměr větší než 1, hnací kolo je větší (má větší počet zubů) než kolo hnané a úhlová rychlost hnaného kola je vyšší, pak se jedná o převod do rychla. [7]

3.1.1. Druhy ozubení převodových kol

Ozubení převodových kol čelních se odvíjí od tvaru boční křivky zubu. Tato křivka je k jednotlivým druhům ozubených kol přiřazována podle způsobu výroby a opracování zubů, taktéž i dle účelu ozubeného kola. Rozeznáváme tyto čtyři druhy:

1. Cykloidní ozubení - základní křivkou zubu je cykloida; použití kol v různých přístrojích (hodinové strojky, rotační kompresory, hřebenové zdviháky, atd.; litá kola s neobrobenými zuby; není používáno často

2. Evolventní ozubení - základní křivkou zubu je evolventa; valivá čelní a kuželová soukolí; normalizované ozubení v soustavě metrické i palcové; výroba odvalovacím způsobem; možnost snadného a přesného broušení; nejrozšířenější druh ozubení

3. Smíšené ozubení - základní křivku zubu tvoří u paty a hlavy zubu cykloidy a mezi nimi v okolí roztečné kružnice evolventa; výroba dělicím způsobem

4. Náhradní ozubení - základní křivkou zubu je výseč kružnice; litá kola s neobrobenými zuby; nejlevnější výroba [7]

3.2. Historie a vývoj hračky

3.2.1. Hračky a jejich účel

Již v dobách pravěku, kdy se pračlověk nejvíce zajímal o lov mamutů, se vyskytovaly různé hračky. Tyto hračky měly za úkol udržovat pozornost dětí, aby se nikde netoulaly a dozajista také sloužily k jejich přípravě na život a vzdělávání. Byly vyráběny z různých materiálů, které byly zrovna k dispozici. Především to bylo dřevo, kosti a kámen. [6]

Postupem času a díky vývoji lidské společnosti se dal do pohybu i vývoj hraček. Každá společenská vrstva měla hračky určitého typu a z určitého materiálu. V průběhu historie hraček zaznamenal vývoj i výroba své vzestupy i pády, kdy v určitých obdobích docházelo k přehlížení důležitosti hraček a her pro děti a v jiných obdobích zaznamenávala výroba hraček nebývalý úspěch. Mnohé hračky měly za úkol rozvíjet dětskou motoriku, fantazii, nebo je měly připravovat pro život (například tematické hračky jako dětská kuchyňka, či dětská sada náradí), naopak existovaly i hračky, které plnily pouze reprezentativní funkci (detailní domečky pro panenky). [6]

Existuje mnoho závěrečných prací a odborných článků, které se věnují tematice hraček a her pro děti různých věkových kategorií. Zabývají se rozvojem myšlení a fantazie, motorických schopností, sociálního růstu a dalších aspektů vývoje dětského těla i mysli. Řeší nejvhodnější tvary, styly, barvy a v neposlední řadě i materiály pro výrobu hraček tak, aby prospívaly vývoji dítěte. Téma hraček je stále aktuální a velice komplexní, neustále se na něj nahlíží z různých úhlů pohledu a nadále bude jistě stejně důležité.

Výroba hraček v dnešní době využívá nesmírné možnosti materiálů, tvarů, barev, stylů a technologií, díky kterým lze vyrábět rychle, přesně a efektivně. I přes možnosti kombinací různých materiálů se však v poslední době hračkářský průmysl orientuje zpět k velmi známému, podle mnohých již překonanému, materiálu - dřevu.

Obr. 8 Klasická dřevěná kostková stavebnice



Zdroj: <https://www.agatinsvet.cz/drevene-kostky>

3.2.2. Hračky využívající ozubených kol

Poměrně starou značkou hraček rozvíjejících motorické schopnosti dětí je rakouská firma Matador. Značka a styl stavebnice Matador byly patentovány v roce 1901. Princip této stavebnice je geniálně jednoduchý - jednotlivé kostky v sobě mají vyvrtané otvory pro spojovací kolíčky, aby se stavby z kostek nemohly rozpadnout. Jak už to u vynálezů většinou bývá, autor stavebnice Johann Korbuly přišel na tento systém čistou náhodou, když jeho nejmladší sourozenec všechny stavby svých bratrů bořil. Johann Korbuly dostal nápad, že díky vyvrtaným otvorům a spojovacím kolíčkům dodá stavebnici potřebnou stabilitu a trvanlivost. Záhy po získání patentu se začaly stavebnice vyrábět a v roce 1903 již bylo možné je koupit. Tento styl stavebnice, jak sama firma prohlašuje, rozvíjí dětskou fantazii, zručnost i smysl pro pořádek. Nabízí velmi kreativní využití různých velikostí stavebních kostek a umožňuje kombinovat klasické deskové i hranolové díly s ozubenými koly (ta jsou však ojedinělá). Zároveň jsou všechny součásti stavebnice z masivního bukového dřeva, což jen dokazuje, že tradiční materiály jsou stále využívány a vyhledávány. [17]

Obr. 9 Součást stavebnice Matador



Zdroj: <https://www.postavme.cz/matador/>

Dalším velkým producentem výukových hraček je americká firma Learning Resources zabývající se právě hračkami pro výuku hrou. Zaměřuje se na veškeré hračky rozvíjející motorické schopnosti pro děti různých věkových kategorií. Její výrobky jsou pouze plastové s minimem dalších materiálů a dřevo není pro výrobu použito vůbec.

Obr. 10 *Stavebnice Learning*



Zdroj: <http://learning-resources.glami.cz/>

Ostatní výrobci hraček s ozubenými koly více velikostí vyrábí také pouze z plastu, nebo se u dřevěných hraček jedná jen o výrobek nadšenců pro vlastní potřeby, nikoli pro komerční využití. Plasty jsou využívány právě pro jednoduchost výroby a trvanlivost hračky. Lze je tisknout na 3D tiskárně přesně podle požadovaného návrhu. Pro domácí kutily je ale dřevo stále nejvhodnější volbou právě z důvodu snadného obrobení a dobré dostupnosti materiálu.

Obr. 11 *Motorická třídící hra*



Zdroj: http://www.bimboland.cz/cz-kategorie_572184-0-drevene-kostky.html

3.3. Vlastnosti dřeva a materiálů na bázi dřeva

3.3.1. Masivní dřevo

Dřevo má jako materiál nespornou spoustu výhod ve všech odvětvích dřevoprůmyslu a výroba hraček proto není výjimkou. Jakožto materiál z obnovitelných přírodních zdrojů má velkou perspektivu právě z této "nevyčerpatelnosti" zdrojů. Až na pár výjimek je to materiál netoxický a neobsahující jakékoli zdravě škodlivé látky. Těch pár výjimek tvoří trnovník akát, který ani není původní českou dřevinou a jeho využití v tomto odvětví je nejvýše pro konstrukce dětských hřišť, stejně tak nepůvodní škumpa je jedovatá, ale je používána pouze jako okrasná parková dřevina, a také původní česká dřevina tis červený, který byl však v dobách temného středověku téměř vytěžen a spotřebován na výrobu kuší, dnes je spíš parkovou dřevinou a nemá prakticky žádné průmyslové využití. Ostatní v Čechách používané dřeviny neobsahují škodlivé látky, a tedy jsou výhodnou volbou pro výrobu hraček.

Další výhodou je snadná a relativně ekologická opracovatelnost. Pouze relativně pro to, že jsou pro obrábění dřeva nutné stroje, což znamená spotřebu elektrické energie nebo pohonných hmot, nicméně i dřevo je možné opracovat naprosto ekologicky, a to za použití ručního náradí, jak to v dřívějších dobách dělávali naši dědové.

Velmi důležitá je pro hračku příjemnost jak pohledová, tak i dotyková. Kresba dřeva je na pohled velmi příjemná a, ač není dřevo barevně stálé, pokud není vystaveno povětrnostním vlivům, jeho barva se změní pouze na jiný příjemný odstín dřeva, zatímco plasty jen blednou. Stejně tak na dotyk je dřevo velmi příjemné a díky svojí heterogenitě nemá nikdy úplně hladký povrch, což pozitivně působí na dotykové receptory nervových zakončení v konečcích prstů, která se tímto způsobem procvičují. S dotykovou příjemností souvisí i povaha materiálu jakožto izolantu, dřevo je tedy na omak spíše teplé, na rozdíl například od kovů.

I přes svou vysokou pevnost si dřevo zachovává nízkou hmotnost. Díky svojí mikroskopické stavbě má mnoho mechanických výhod, které ostatní materiály postrádají. Vyvažují to nepříliš vhodné vlastnosti, jako např. bobtnání a sesychání, s čímž jsou spojeny rozměrové a tvarové změny materiálu.

Dřevo má i nevýhodné vlastnosti, kvůli kterým je často zavrhováno. Nejzásadnější z nich je hořlavost. Není pochyb, že hořlavost a dětská hračka je kombinace pojmů, která většinu rodičů děsí. Nutno však podotknout, že v našem běžném životě a prostoru kolem nás je mnohem více hořlavých předmětů i nedřevěných. Bohužel méně rozšířeným faktem je vlastnost dřeva při hoření, že ohořelá zuhelnatělá vrstva brání prostupu ohně hlouběji do dřeva, naopak kovy se vlivem žáru či ohně rozžhaví a mohou velmi snadno popálit, nemluvě o plastech (termoplastech tvárných při vyšší teplotě), které se roztaví a způsobí snadno horší popáleniny než samotný plamen. Toto jsou samozřejmě mezní situace, kterým se veškerými technologickými procesy výroby hraček a sepsáním pravidel a zásad používání předchází.

Štípatelnost je další charakteristickou vlastností dřeva. Díky této vlastnosti jsou hrozbou pro děti (zvláště ty nejmenší) třísky. Tomuto jevu lze předejít patřičnou povrchovou úpravou, ať už se jedná o nátěr nebo pouhé zbroušení povrchu a zabroušení hran. Je nutné taktéž dbát na dřevinu, ze které jsou hračky vyrobeny. Například jehličnaté dřevo má lepší štípatelnost než roztroušeně pórovité dřeviny, proto nejsou jehličnaté dřeviny vhodné pro výrobu hraček, které mohou být namáhány na tah ve směru vláken, nebo smyk.

3.3.2. Materiály na bázi dřeva

Právě pro využití výhodných vlastností dřeva a potlačení těch méně vhodných v dnešní době existuje nespočetné množství materiálů na bázi dřeva. Není to výsledkem moderních technologií, již v dobách dávno minulých, a to i v temném středověku, někdo znalý vlastností dřeva přišel s nápadem dřevo dělit na menší části a pak je znovu spojovat. Například velké stolové desky, nebo dveře bývaly vytvořeny z několika prken spojených svlaky. Později se začala používat ke spojování i lepidla a v dnešní době jsou i aglomerované materiály spojované plastickými hmotami.

Prozatím neexistuje dokonalý materiál, který by splňoval všechny požadavky člověka, a proto není překvapivé, že s každým potlačením jedné nevhodné vlastnosti se objeví jiná nevhodná vlastnost. V rámci dřevařské výroby to ale není nic proti ničemu, každý materiál má své vhodné použití a kombinování více materiálů většinou nebývá

problém. Pro výrobu je důležitý účel výrobku, konečná povrchová úprava a samozřejmě technologie, která bude v rámci celé výroby použita.

Vzhledem k vybraným technologiím (laser a NC technologie) a dimenzím samotné stavebnice je nejvhodnějším materiálem překližovaná deska. Masivní dřevo samozřejmě také připadá v úvahu, ale jeho vlastnosti při navlhání a sesychání, které doprovází nejen změna rozměrů, ale mnohdy i tvaru, jsou velmi nevhodné pro dětskou hračku.

Překližovaná deska je materiál, který vznikne slepením (překlížením - lepením přes sebe) několika vrstev dýhy přes sebe, přičemž směry vláken sousedních vrstev jsou k sobě zpravidla kolmé. Počet vrstev je závislý na potřebné tloušťce desky, povětšinou je vrstev lichý počet s minimálním počtem 3. Výhodou překližovaných desek je, že v rámci výroby jsou z materiálu vymanipulovány vady (suky, praskliny, smolníky atd.), které by mohly ovlivnit mechanické vlastnosti celé desky. Více vrstev dýhy navíc dává možnost k využití i nevzhledných dřevin (například bříza ve většině případů nemá výraznou kresbu), nebo loupaných dýh, což jsou dýhy určené pro konstrukční účely. Vnitřní vrstvy desek nejsou viditelné, proto mohou být tvořené dýhami ze dřevin s nepravým jádrem (např. buk), které se projevuje pouze změnou barvy dřeva, nikoli však změnou mechanických vlastností. [1]

Obr. 12 Překližované desky



Zdroj: <http://drevoprodej-kladno.cz/preklizky.html>

Zásadní vlastností, která je potřebná pro dětskou stavebnici s ozubenými koly je tvarová stálost překližovaných desek. Nedochází k takové roztažnosti materiálu při navlhání, ani ke kroucení dílů při nabobtnání a seschnutí. Riziko nefunkčnosti stavebnice jen z důvodu změny tvaru a rozměrů je tak potlačeno na minimum.

3.4. Povrchová úprava

Povrchová úprava hraček musí být vždy dokončována nátěrem právě kvůli hladkosti povrchu bez vyčnívajících třísek a ostrých hran. Nátěrové hmoty musejí být certifikované, aby splňovaly normu ČSN EN 71 Bezpečnost hraček. "Nesmí uvolňovat organické sloučeniny uvedené: velmi toxické, toxické, zdraví škodlivé, žíravé, dráždivé nebo senzibilizující... přístupné součásti hraček ze dřeva pojeného pryskyřicí, které jsou určeny dětem mladším tří let, nesmějí při zkoušce podle EN 717-3 uvolňovat formaldehyd v množství větším než 80 mg/kg "(ČSN EN 71 Bezpečnost hraček).

Nátěrové hmoty rozdělujeme podle mnoha kritérií. Záleží na jejich bázi, způsobu nanášení a následně i vytvrzování. Základním rozdělení se odvíjí od zbarvení, či průhlednosti. Tímto dělíme nátěrové hmoty na pigmentové (barvy) a transparentní (laky). U povrchové úpravy je třeba vždy více vrstev, proto existují nátěrové hmoty napouštěcí, základní, vyrovnávací, podkladové a vrchní. Do podkladových a hlubších vrstev patří například tmely, plniče pórů a podkladové barvy, vrchními jsou výše zmíněné barvy, laky a emaily (barvy s vyšší odolností a tvrdostí nanášené na tmely) dodávající povrchu patřičný vzhled a odolnost. Dále jsou barvy a laky různé báze: asfaltové, olejové, celulózové, polyesterové, polyuretanové, etanolové a vodou ředitelné. Každá z těchto bází má své označení písmenem a barvou, které je uvedeno na obalu. Jednotlivé způsoby nanášení jsou vždy vhodné pro určitou skupinu nátěru a zároveň i výrobku, u kterého záleží hlavně na velikosti a tvaru. Nanášet lze ručně - štětcem, válečkem, polnou (kus látky), nebo stěrkou, ale také strojně - stříkáním, poléváním, navalováním nebo máčením. Výběr správné nátěrové hmoty pro určitý účel se vždy odvíjí od použití výrobku a mezi nepříznivých vlivů na povrch. Rozeznáváme barvy a laky do interiéru (vyrovnaná vlhkost i teplota), exteriéru (namáhání povrchu na změny teplot a vlhkosti), do vlhka (exteriér s pravděpodobným stykem s vodou v kapalném stavu), do vody (stálá expozice sladké či slané vodě) a odolné vůči

chemikáliím. Způsob vytvrzování je důležitý jen z hlediska technologického, probíhá fyzikálně (teplem, UV zářením, atd.), nebo chemicky (dvousložkové nátěrové hmoty).

Idea o dřevěných hračkách bez povrchové úpravy je bohužel jen nedosažitelným snem. Povrch každého kusu dřeva je jiný a bez povrchové úpravy bude vždy vykazovat určitou hrubost. Na dotek je takový povrch velmi příjemný a přirozený. Mnozí spotřebitelé se rádi vrací k jedinečné a zajímavé struktuře dřeva od hladkých jednolitých povrchů kovů a plastů, které mohou v některých případech působit až sterilně. Mnohé nátěrové hmoty, či jiná povrchová dokončení mohou simulovat vzhled a strukturu dřeva, nikdy však nedocílí stejného efektu jako dřevo samo. A právě tato ohromná a vyhledávaná vlastnost dřeva je u dětských hraček spíše na obtíž. Do pórů a drobných nerovností povrchu se snadno dostane prach, který se nedá dobře vyčistit, nemluvě o možnosti, kdy si dítě zadře o nedostatečně upravený povrch třísku. Určitá degradace povrchu je jistá i při nejkvalitnějším dokončení povrchu nátěrovými hmotami, nicméně rozhodně je trvanlivost mnohem delší než u neošetřených povrchů.

Jistým kompromisem pro úpravu povrchu by mohly být čistě přírodní a netoxické oleje a vosky, které se částečně vpíjí do dřeva a vytvoří jen velmi tenký film na povrchu. Výhoda svěžího vzhledu dřeva s příjemným pocitem z dotyku je ale opět tvrdě potlačena nutností olejový či voskový nátěr velmi často obnovovat, nehledě na nákladnost a složitost oprav při poškození. U dřevěného nábytku je tento povrch velmi často vyhledávaný, pro hračky ale není příliš vhodný zejména kvůli namáhání na oděr, případně vlhkost nebo ušpinění.

Ideálním řešením jsou vodou či lihem ředitelné barvy a laky. Netoxické a ekologické nátěrové hmoty splňují všechna kritéria pro povrchy dřevěných hraček. Na omak nepůsobí tak příjemně jako například voskované dřevo, ale výsledný efekt je naprosto uspokojující. Povrch je kvalitně zakonzervován, a tím chráněn vůči vlhkosti a zašpinění, a odolnost povrchu je taktéž velmi vysoká, aby nebylo nutné nátěr často opravovat.

3.5. Laserová technologie

Základy vývoje laserového paprsku položil v roce 1917 sám Albert Einstein, základy nového oboru (kvantové elektroniky) však byly založeny až v 50. letech 20. století. Byla konstruována laserová zařízení na bázi pevných, kapalných i plyných aktivních látek. V roce 1964 bylo poprvé experimentováno s plynovým CO₂ laserem, který našel tehdy i v dnešní době nejširší uplatnění v průmyslové výrobě. Od roku 1971 se rozvoj laserové technologie zásadně zvýšil a zintenzivnil. V současnosti je laser používán v mnohých oborech s nejrůznějšími způsoby použití: obrábění materiálů, nedestruktivní metody zkoušení materiálů, měřicí systémy, informační a komunikační technologie (CD přehrávače aj.), moderní medicína ("laserový skalpel"). [8]

Slovo LASER je akronym z anglického označení Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, což v překladu znamená - zesílení světla pomocí stimulované emise záření. Právě zesílení a integrace světla do úzkého paprsku vytvoří "lavinu fotonů" - kvanta elektromagnetického záření. [8]

Laserové obrábění se povětšinou uskutečňuje ve třech osách, kde osa X a Y udávají plochu, osa Z pak hloubku řezu. S dalším vybavením lze možnosti řezání rozšířit do čtyř os, např. pro gravírování svisle uložených rotačních tvarů.

Nejdůležitější funkcí laseru ve dřevoprůmyslu je samozřejmě obrábění materiálu, jak dělení, tak i gravírování (úběr materiálu z povrchu tak, aby se vytvořil požadovaný tvar dle předlohy). Jedná se o tzv. beztrískové obrábění materiálu, které je velmi přesné a plně automatizované. Pomocí počítačových programů propojených s ovládáním laseru lze zadat jakýkoli tvar a přístroj je již schopen sám vše vyříznout. Laserové obrábění je možné přirovnat k obrábění vodním paprskem, principiálně se jedná o totéž, namísto proudu vody je u laseru obráběcím nástrojem proud fotonů. Stejně jako vodní paprsek má pro obrábění dřeva nevýhodu právě ve vlivu kapalné vody na dřevo (v rámci hygroskopicity dřeva), tak i laser nepříznivě ovlivňuje řeznou spáru. Laser po sobě na povrchu dřeva zanechává černou stopu tenké vrstvy opáleného zuhelnatělého dřeva. Mechanické vlastnosti tím nejsou nijak ovlivněny, může být zhoršen pouze estetický dojem. Naopak i tato "vada na kráse" je mnohdy využívána jako výhoda právě pro gravírování, kdy vynikne kontrast barev, nebo pro výrobu dekorativních předmětů, které mají černou linií řezu dané přesné kontury.

Při obrábění není třeba materiál jakkoli fixovat, je volně uložen na pracovní desku laseru. Pracovní prostor je uzavíratelný a jsou z něj odváděny plyny vzniklé během provozu.

Obr. 13 Řezání překližky laserem



Zdroj: <http://www.sifner.cz/MATERIAL.HTM>

3.6. NC a CNC technologie

NC stroje byly vyvinuty již v 50. letech 20. století v USA a Japonsku. Klasické stroje byly doplněny jednoduchým elektronickým obvodem coby řídicím systémem. Jednalo se především o vrtačky a vyvrtávací stroje ve velkých sériových výrobních závodech. Účelem bylo zrychlení a usnadnění výroby, protože obsluha stroje jen vkládala a odebírala obráběné dílce. I přes zrychlení výroby bylo stále potřeba velké množství strojů stojících za sebou, přičemž každý stroj provedl na jednom dílci vždy jen jednu danou operaci. V tento okamžik se začalo uvažovat nad dalším vylepšením strojů a přešlo se k vývoji CNC zařízení.

Název CNC technologie pochází z anglického označení "computer numerical control", což ve volném překladu do češtiny znamená , že se jedná o technologii řízenou počítačem, potažmo počítačovými programy. V moderním světě jsou již počítači ovládané stroje naprosto běžnou praxí. Jednotlivé stroje jsou propojeny počítačem a pomocí různých programů jsou ovládané tak, aby měly co nejvyšší efektivitu práce.

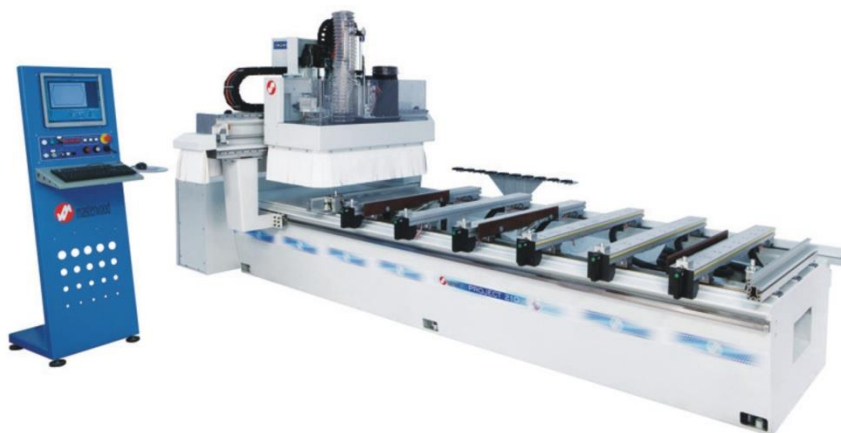
Ve dřevozpracujícím průmyslu jsou tyto stroje stále více využívány právě z důvodu jistého pohodlí a úspor. Jeden stroj je díky svému vybavení a naprogramování schopen zastat práci několika strojů mnohdy i v kratším čase.

CNC stroje jsou čistě diskontinuální, tzn. že se v nich výrobek zastaví, aby byl kompletně opracován. Pracují systémem nulového bodu. Nulový bod je konkrétní bod s přesnými souřadnicemi, který je pro daný výrobek a pracovní postup vždy zvolen před začátkem procesu. Od nulového bodu si počítačový program dokáže dopočítat vzdálenost a trajektorii pro pracovní nástroj stroje a také se do tohoto bodu mezi jednotlivými operacemi vždy vrací.

Výhodou počítačem řízených strojů je možnost jejich plné automatizace. V době, kdy technologie postupuje mílovými kroky, již existují výroby využívající pouze plně automatizovaných CNC zařízení, která pracují naprosto samostatně pouze s ohledem na svůj program, aniž by do jejich procesů zasahoval člověk. Takové výroby ve dřevařském průmyslu prozatím nejsou a s největší pravděpodobností ještě nějakou dobu nebudou.

CNC stroje se dělí zejména dle počtu os na troj a více-osá. Počet os značí obráběcí možnosti stroje, je-li schopen vyřezávat pouze do plochy (trojosá - 2 osy udávají rovinu plochy a třetí osa hloubku řezu), nebo dovede-li i složitější prostorové tvary (např. čepy tesařských spojů, či složitější 3D modely). Více os logicky znamená více možností a současně vyšší složitost a cenu stroje. Pro výrobu navrhované stavebnice postačí trojosé CNC zařízení, ideálně menší velikosti s vybavením stopkovou frézou malého průměru.

Obr. 14 CNC obráběcí centrum



Zdroj: <http://www.lj-tech.cz/cnc-obrabeci-centrum-project-210-det-79-4-1-4-4.html>

3.7. Počítačový software

Základem pro naprogramování tvaru výrobku, který má být laserem či CNC strojem vyříznut, je výrobní výkres. Dříve se výkresy kreslily ručně tuší na tzv. průklepák a byť jen drobná dodatečná úprava byla v takovém hotovém výkresu nemyslitelná. I v dnešní době se k výrobě stále přistupuje s heslem "co je psáno, to je dáno", ale práci s kreslením notně usnadňují různé modelovací a kreslicí programy. Snad nejznámějším vývojářem modelovacího softwaru je firma Autodesk, která vychází hlavně studentům vstříc tak, že je možné na omezenou dobu využívat studentské verze vybraných programů, jako je například AutoCAD. Výstupem kreslicího programu může být samozřejmě výkres v tištěné podobě, nebo soubor ve formátu ".dwg", případně ".dxf", které jsou stěžejní pro počítačem ovládané stroje. Pro lasery jsou důležité také formáty souborů ".jpg", ".png", ".gif", atd.

V jakémkoli kreslicím programu je možné nakreslit 2D výkres či 3D model požadovaného výrobku a díky kompatibilitě programů jej nechat vyrobiť. Každé linii musí být přidělena technologie, která má být použita. V případě laseru se jedná o řezání nebo gravírování, u CNC strojů je technologie omezena pouze možnostmi stroje a množstvím různých pracovních nástrojů.

4. Metodika

4.1. Cílová skupina pro používání stavebnice

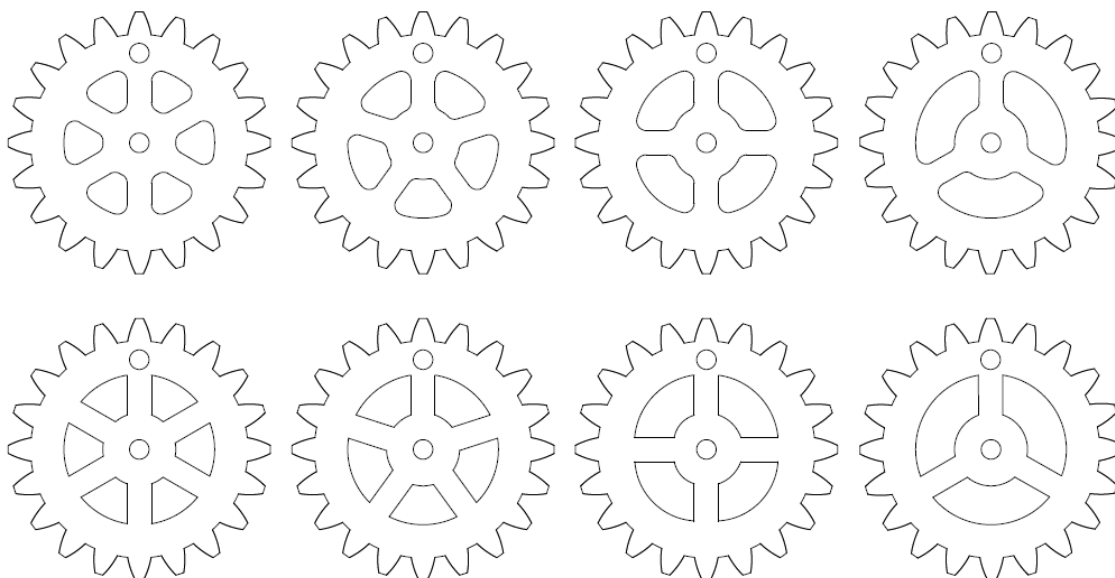
Důležitým aspektem navrhování hraček je rovněž určení cílové skupiny, jinými slovy zohlednění, kdo si s hračkou bude hrát. Stavebnice na principu převodových kol je spíše výukově laděná hračka, a proto bude nejvíce zajímavá pro děti školního věku. I dětem mladším se rozhodně zalíbí koncepce pohyblivé stavebnice, kterou lze různě skládat a hlavně pozorovat pohyb ozubených kol. Proto je vhodné navrhnout jako optimální cílovou skupinu děti od 3 let.

Děti od třetího roku života již nemají tendence si všechny předměty ve své blízkosti dávat do pusy, a tak bude velmi nepravděpodobné riziko udušení. S rozbalením a vyzkoušením stavebnice svým ratolestem většinou pomáhají rodiče, proto je možné předpokládat, že dětem předvedou, jakým způsobem mají se stavebnicí zacházet.

4.2. Tvarový návrh dílců stavebnice

Ozubená kola mají jasně daný tvar a parametry, jedná se o čelní převodová kola s náhradním ozubením. Tento typ ozubení volíme právě z důvodu zjednodušení grafického návrhu a pozdější výroby. Celkový vzhled ozubených kol je možné dodatečně upravit podle preferencí koncových uživatelů, prozatím je celkem 8 návrhů každého kola.

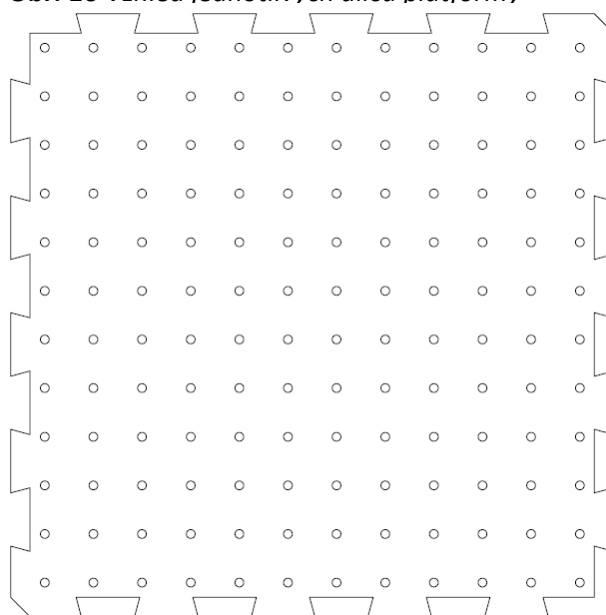
Obr. 15 Možnosti vzhledu ozubených kol



Zdroj: vlastní

Platforma musí splňovat požadavky na sestavitelnost při zachování pravidelnosti otvorů v pravoúhlém rastru. Pro snadné sestavení, aby se zároveň nedaly jednotlivé dílce podesty od sebe oddělit, je zvolen systém plošného rybinového ozubu. Dílce do sebe zapadnou a budou plošně stabilní. Rastr otvorů je odvozen od rozměru nejmenšího ozubeného kola tak, aby se jednotlivá kola dala jakkoli kombinovat a okraje jednotlivých dílců platformy nebyly limitující. Je tak možné desky libovolně sestavovat dle momentálního prostoru a přání uživatelů.

Obr. 16 Vzhled jednotlivých dílců platformy



Zdroj: vlastní

Kolíky, které představují hřídele jednotlivých ozubených kol, mají průměr 4 mm a délku minimálně 25 mm. Minimální délka je odvozena od součtu hloubky otvoru v podestě, tloušťky kola a drobné nadmíry pro lepší manipulaci. Ozubené soukolí však nemusí být nutně pouze jednoúrovňové. Existují soukolí, v nichž je umístěno několik ozubených kol na jedné hřídeli a kroutící moment je tak přenášen do více směrů. I u této stavebnice je možné umístit více kol na jednu hřídel a vytvořit složitější mechanismus. Část kolíků proto bude delší, aby umožnila takovou variantu sestavy.

V případě vrstvení kol na sebe je nutné vyrobit i "slepá kolečka", která budou výškově nahrazovat klasická ozubená kola. Pomocí navrstvení kol bude možné přenášet pohyb v několika úrovních, do více směrů. Otvor pro hřídel bude stejný jako u ostatních kol, tloušťka bude také stejná, jen průměr bude menší než u nejmenších ozubených kol.

Mechanismus pohonu kol je většinou řešen klíčkou, která je plně kompatibilní se všemi koly. Výroba složitějších klíčků je často náročná, nákladná a při ztrátě nebo zničení je nutná její náhrada. Pro zjednodušení všech těchto aspektů bude pro pohon kol postačovat stejný kolík, jaký zastává funkci hřídele. V obvodovém mezikruží všech kol bude otvor se stejným průměrem jako otvor pro hřídel, do kterého stačí jednoduše zasunout kolík a otáčet celým kolem. Při ztrátě či zničení vodícího kolíku bude sada obsahovat další kolíky, které ho budou moci nahradit.

4.3. Grafický a početní návrh dílců stavebnice.

4.3.1. Velikost dílců

Návrh stavebnice a jejích dílců musí vyplývat z jejího účelu a cílové skupiny, pro kterou je určena. Cílovou skupinou jsou hlavně děti školního věku právě kvůli vzdělávacímu charakteru hry. Předškoláky taková stavebnice bude dozajista také zajímat, přestože pro ně nebude mít tak zásadní vzdělávací význam. Dílce tak musí svou velikostí korespondovat s velikostí dětských rukou.

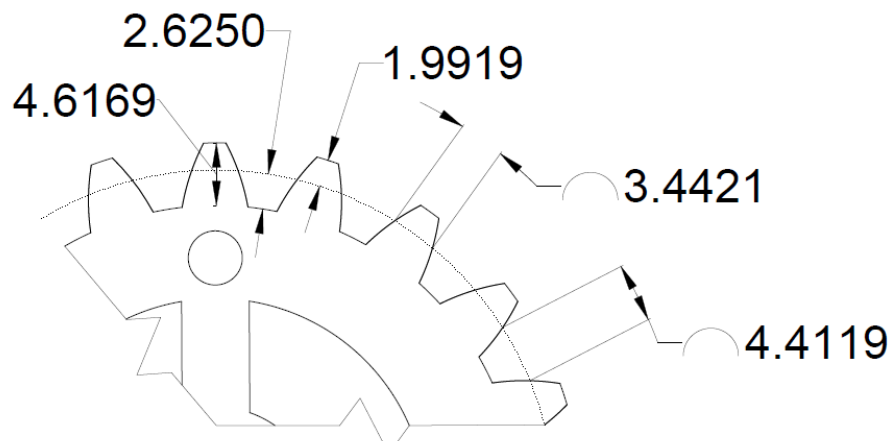
Ozubená kolečka budou celkem tří velikostí o průměrech roztečných kružnic 5, 10 a 15 centimetrů. Těmto rozměrům je nutné přizpůsobit rastr otvorů v platformě, do které budou zasouvány kolíky s průměrem 4 mm. Otvory od sebe budou 2,5 cm

osově vzdáleny v rastru čtvercové sítě. Dílce platformy jsou navrženy jako čtverce o střední délce strany 30 cm (maximální délka strany je 31 cm z důvodu rybinového ozubu).

4.3.2. Rozměry a geometrie

Výpočty geometrie ozubených kol jsou poměrně složité a v dnešní době jsou kalkulovány různými druhy výpočetního softwaru. V předchozí kapitole, která se věnovala geometrii ozubených kol je zmínka o softwaru, jehož funkcí je kalkulace i vizualizace pohybu ozubených kol. Pro výpočet a následné vymodelování byl použit program INVENTOR (Autodesk). Tento program slouží zejména pro modelování 3D modelů různých součástek a pohyblivých mechanismů. Jednou z jeho základních funkcí je i návrh ozubeného soukolí. V nastavení funkce je nutné zadat pouze několik základních parametrů (modul, osová vzdálenost kol, převodový poměr a počet zubů) a všechny ostatní potřebné parametry jednotlivých ozubených kol jsou automaticky vypočítány a požadovaná kola soukolí zobrazena jako 3D modely.

Obr. 17 Přesná geometrie ozubení



Zdroj: vlastní

Návrh čtvercové podesty byl řešen pouze v programu AutoCAD, kde bylo třeba k navrženému rozměru 30 x 30 cm vyřešit rybinový zámek okraje desky. Klasická rybina (používaná především jako rohové spojení, případně jako svlak) je pod úhlem 75°. Vzhledem k rozteči mezi otvory rastru 25 mm jsou ozuby jen 10 mm dlouhé. Celkový tvar rybin v rozích dílce je upraven pro snadnou výrobu a sestavování.

4.3.2.1. Práce v programu INVENTOR

Pro usnadnění práce s výpočty geometrie ozubení jednotlivých kol je možné použít libovolný modelovací program. V tomto případě byl použit program INVENTOR od firmy Autodesk, který jen díky několika základním parametrům vše ostatní dopočítá a vymodeluje. Práce s ním vyžaduje alespoň minimální znalosti ovládání tzv. CAD programů.

Obr. 18 Zadávací tabulka programu INVENTOR

The screenshot shows the 'Generátor komponent – čelní ozubená kola' (Component Generator – Spur Gears) window. It is divided into several sections:

- Společné (Common):** Includes 'Scénář návrhu' (Design Scenario), 'Vzdálenost os' (Shaft Distance) set to 75,000 mm, 'Úhel profilu' (Profile Angle) at 30,000 deg, and 'Úhel sklonu' (Tilt Angle) at 0,000 deg.
- Parametry (Parameters):** 'Požadovaný převodový poměr' (Desired Gear Ratio) is 2,000 ul. 'Modul' (Module) is 2,50 mm. 'Scénář jednotkového posunutí' (Addendum Modification Scenario) is 'Vlastní' (Custom), with 'Celková jednotková korekce' (Total Addendum Modification) at 0,0000 ul.
- Kolo 1 (Gear 1):** 'Komponenta' (Component) is 'Válcová plocha' (Cylindrical Surface). 'Počet zubů' (Number of Teeth) is 20 ul. 'Šířka ozubení' (Gear Width) is 10,000 mm. 'Jednotkové posunutí' (Addendum Modification) is 0,0000 ul.
- Kolo 2 (Gear 2):** 'Komponenta' (Component) is 'Válcová plocha' (Cylindrical Surface). 'Počet zubů' (Number of Teeth) is 40 ul. 'Šířka ozubení' (Gear Width) is 10,000 mm. 'Jednotkové posunutí' (Addendum Modification) is 0,0000 ul.
- Výsledky (Results):** A table showing calculated values for both gears.
- Log (Log):** Displays system messages such as 'Součinitel trvání záběru se blíží mezní hodnotě' (Coefficient of contact ratio is approaching limit value).
- Buttons:** 'Vypočítat' (Calculate), 'OK', 'Storno' (Cancel), and '<<'.
- Additional Settings:** 'Typ vstupu' (Input Type) is 'Převodový poměr' (Gear Ratio). 'Zadání velikosti' (Size Input) is 'Modul' (Module). 'Dosažení vzdálenosti os' (Achieving Shaft Distance) is 'Korekce kol' (Gear Correction).
- Unit Settings:** A table for 'Jednotkové rozměry zubů' (Gear Unit Dimensions) for Kolo 1 and Kolo 2.

| Jednotkové rozměry zubů | | |
|-------------------------|----------------|-----------|
| | Kolo 1 | Kolo 2 |
| Výška hlavy zuba | a* 0,8000 ul | 0,8000 ul |
| Hlavová vůle | c* 0,2000 ul | 0,2000 ul |
| Zaoblení paty | r_f* 0,3335 ul | 0,3335 ul |

| Výsledky | |
|----------------|------------|
| i | 2,0000 ul |
| ε | 1,0916 ul |
| Kolo 1 | |
| d _a | 54,000 mm |
| d | 50,000 mm |
| d _f | 45,000 mm |
| x _z | -0,4302 ul |
| x _p | -1,6667 ul |
| x _d | -1,8056 ul |
| s _a | 0,5949 ul |
| b _r | 0,2000 ul |
| Kolo 2 | |
| d _a | 104,000 mm |
| d | 100,000 mm |

Zdroj: vlastní

Po zadání prvních parametrů jednotlivých kol soukolí (vždy jen dvou) program vytvoří 3D model ozubeného kola, nejdříve jednoho a následně i druhého. Obě kola je pak možné pomocí vazeb spojit do funkčního soukolí. Model je plně funkční a velmi přesně simuluje reálný pohyb kol v soukolí.

I přes své ohromné výhody v možnostech modelování a simulace pohybu jednotlivých sestav má program i své mouchy. Jednou zásadní chybou je, že nezohledňuje minimální boční vůli zubů. Ta je důležitá u všech druhů ozubení a všech typů ozubených kol, díky ní se kola po sobě plynule odvalují a možné drobné nepřesnosti jsou tak eliminovány. Druhou nevýhodou je zobrazení evolventního ozubení (v rámci výpočtu před vytvořením 3D modelu) a modelování ozubení náhradního. Ozubená kola v dětské stavebnici nevyžadují konkrétní typ ozubení a přesně stanovenou boční vůli, proto se v tomto případě jedná pouze o drobné nedostatky, které je nutno zohlednit a opravit.

Vymodelovaná ozubená kola je posléze nutné převést do formátu ".dwg". Program INVENTOR je, jako jeden z mnoha programů firmy Autodesk, kompatibilní s programem AutoCAD a je tedy možné přenést obrys kola do 2D výkresu, kde jsou dále dokresleny otvory pro hřídele a pohon. Kola jsou také doplněna o otvory dokreslující vzhled. Obrys ozubeného kola, tedy geometrii ozubení, je bohužel nutné dodatečně také upravit. Substitute evolventy výsečí kružnice není problém, absenci dostatečné boční vůle zubů je ale důležité vyřešit. Ve výkresu je pak nutné zuby zúžit a zubní mezery rozšířit, aby bylo možné vyrobit funkční soukolí bez rizika častého zasekávání se.

Všechny výkresy dílů stavebnice a jejich geometrií včetně okótovaných základních rozměrů jsou součástí příloh práce.

4.3.3. Materiál pro výrobu

Majoritním materiálem pro výrobu stavebnice je překližovaná deska o tloušťce 10 mm. Takové desky je možné nakoupit u distributorských firem, nebo přímo u výrobce, pokud by se jednalo o odběr ve větším množství. Vzhledem k vlastnostem překližovaných materiálů budou součásti tvarově stálé a přesto vizuálně příjemné jako masivní dřevo. Tloušťka 10 mm je výhodná právě pro svoji pevnost, aby nebylo možné dílky snadno zlomit, nebo jinak poničit.

Jedinou výjimkou v materiálu jsou masivní bukové kolíky. Výhodou je snadná dostupnost ve formě tyček, ty je nutné jen rozřezat na kolíky patřičné délky a dokončit povrch příslušnou povrchovou úpravou.

4.4. Výroba dílů stavebnice CNC technologií

Software CNC strojů je plně kompatibilní s výkresy programu AutoCAD. Každé linii výrobku je třeba přiřadit příslušnou technologii obrábění. První způsob zadávání technologie vyžaduje odborného pracovníka, který ovládá přímo software stroje. Součástí programování je velké množství kódování a je nutné mít dostatečně hluboké znalosti v oblasti programování CNC strojů. Druhý způsob je uživatelsky benevolentnější a není třeba mít hlubší programovací znalosti či praxi.

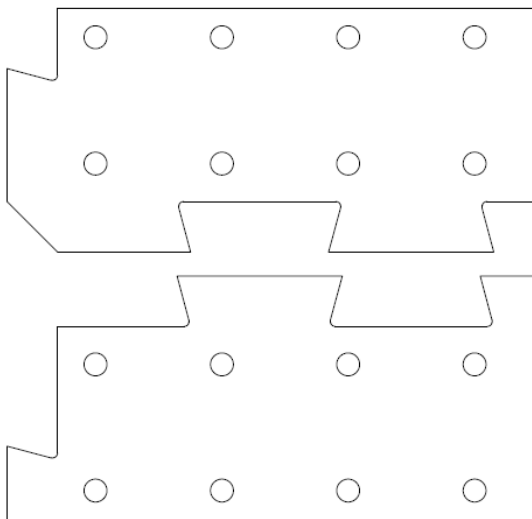
Program NC CAD, lze ovládat podobně jako AutoCAD, na rozdíl od něj však dokáže jednotlivým liniím přiřazovat konkrétní technologie. Při výběru linie (úsečka, křivka atd.) je v novém okně možné nastavit obráběcí nástroj (udává šířku a profil řezu), hloubku řezu (např. v případě frézování do plochy) a rychlost obrábění. Program si pak uloží technologii pro danou linii a je možné tímto způsobem pokračovat dál. Program vyžaduje i určení nulového bodu, ze kterého jsou následně vypočítány vzdálenosti k jednotlivým liniím. Jakmile jsou přiřazeny technologie a je zadán nulový bod, je vhodné pro kontrolu spustit simulaci obrábění, což je jedna z dalších funkcí programu. V reálném čase jsou zobrazeny dráhy nástroje a hloubka řezu. Po kontrole zadaných technologií je možné stroj spustit a vyříznout požadovaný výrobek.

I přes své nesporné výhody je třeba zmínit jednu zásadní nevýhodu. Nástroje CNC strojů jsou v základě stopkové frézky (řeznými nástroji jsou frézy, či pilové kotouče). Nejjednodušší fréza je válcového tvaru, tedy má vždy konkrétní průměr. Při frézování do plochy je tak naprosto normální, že se v rozích frézovaného obrazce (v případě čtverců, obdélníků, atd.) promítne poloměr nástroje. Paty zubů u převodových kol nebudou dokonale dořiznuty, což by se díky hlavové vůli nemělo na funkčnosti nijak projevit, u dílců platformy ale nastane problém u okrajů rybinového ozubu. Vnější hrany rybin budou na rozdíl od těch vnitřních přesně vyříznuty a dílce nebude možné sestavit. Pro výrobu stavebnice pomocí CNC technologie bude nutné ostré hrany platformy zaoblit a předejít tak potížím při sestavování. Momentálně Česká

zemědělská univerzita nedisponuje stopkovou frézou o průměru 2 mm, nejtenčí fréza ve výbavě školního CNC má průměr 6 mm. Z toho vyplývají další potíže s výrobou prototypu pomocí CNC technologie.

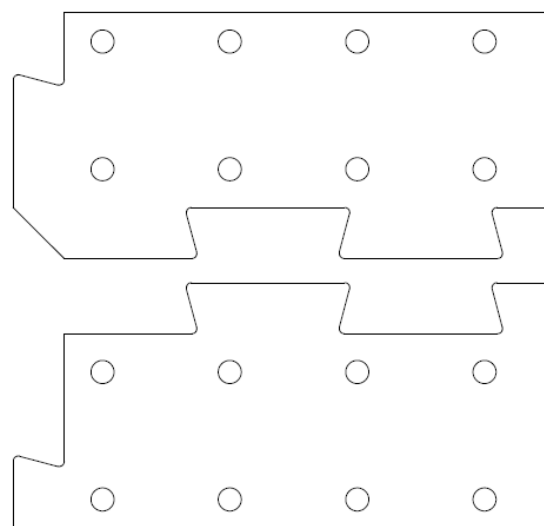
Okraje jednotlivých dílců mohou být zaoblené tak, aby i CNC stroj vyrobil funkční stavebnici, je to jen otázkou nástroje. Vhodným nástrojem je stopková fréza o průměru 2 mm. V takovém případě postačí zaoblit všechny hrany rybinových ozubů a problém je vyřešen.

Obr. 19 Chyba při obrábění CNC strojem



Zdroj: vlastní

Obr. 20 Opravení chyby zaoblením hran



Zdroj: vlastní

4.5. Výroba dílů stavebnice laserovou technologií

Lasery a CNC stroje jsou si v programování velmi podobné. Svým softwarovým vybavením jsou uživatelsky přátelštější, ale proškolení k jejich používání je rozhodně nutné. Díky kompatibilitě se soubory formátu ".dwg" lze velmi jednoduše vyrobit plošné dílce vymodelované v AutoCADu. Navíc jsou lasery kompatibilní i se soubory formátu ".jpg", což umožňuje gravírování libovolného obrázku s jasnými konturami.

Zadávání technologie jednotlivým liniím spočívá ve stanovení parametrů laserového paprsku. Volí se intenzita paprsku a jeho rychlost - oba tyto faktory ovlivňují kvalitu řezu a taktéž kvalitu okolí řezné spáry. Laserové obrábění způsobuje na ploše řezu a jeho okolí zuhelnatění materiálu, řez je černý a okolí řezné spáry trochu ztmavne. Právě v případě nevyváženosti intenzity paprsku s rychlostí dochází k většímu spálení materiálu na okraji řezu. Konkrétním případem je řezání tlustšího materiálu, kdy je použita vyšší intenzita a nižší rychlost, aby postačil jediný řez materiálem. Nejedná se o zásadní vadu obrábění, výrobek je stále plně funkční, jen z estetického hlediska je vhodnější snížit intenzitu paprsku a vyšší rychlostí výrobek vyříznout na vícekrát. Tento způsob vyřezávání je v případě 1 cm tlusté překližované desky nutné použít.

Díky minimální šířce řezné spáry není třeba upravovat geometrii ozubení a vnitřních otvorů kol. Z výše zmíněného důvodu ohledně minimálního průměru stopkové frézy školního CNC stroje bude prototyp stavebnice vyráběn pomocí laserové technologie.

4.6. Dokončení povrchu dílků stavebnice

Výše již bylo zmíněno, že ideálním řešením pro povrchovou úpravu hraček jsou vodou či lihem ředitelné barvy a laky. Každý výrobce nátěrových hmot musí podrobit své výrobky testům, zda jsou zdraví nezávadné, při jakých podmínkách ztrácí krycí schopnost (vhodnost či nevhodnost do exteriéru, atd.) a pro jaký typ povrchů jsou vhodné. Jiné nátěrové hmoty použijeme na lavičku v parku, jiné zas např. na jídelní hůlky a samozřejmě jiné barvy a laky je možné použít na hračky.

Dále jsou zmíněny příklady nátěrových hmot, které splňují normu ČSN EN 71-3 a jsou vhodné pro dokončení povrchu navrhované stavebnice:

- barvy a laky od firmy COLORLAK: V popisu každého produktu je zmíněna vhodnost použití. Pro povrchovou úpravu hraček jsou vhodné např.:

- LIHOLAK L 1010
- AXAPUR POLOMAT U 1011
- AQUA ZÁKLADNÍ LAK V 1418
- AQUALESK V 1419
- PROFI LAZURA S 1025
- AKRYLCOL LESK V 2046

- barvy a laky od firmy Woodcare: Jedná se o přípravky značky WOCA Decking Oil. Olejové nátěrové hmoty jsou prezentovány jako vhodné pro povrchovou úpravu dřevěných hraček z důvodu své stálosti (po vytvrzení) vůči potu a slinám, jak sám výrobce uvádí.

4.7. Ověření funkčnosti stavebnice

Pro prvotní testování před výrobou prototypu byl použit silný karton, ze kterého byla vyříznuta ozubená kola pomocí ulamovacího nože. Sám prototyp má sloužit k prvnímu vyzkoušení návrhu, ale v rámci ušetření materiálu a času (laser, který vlastní ČZU, bývá často plně vytížen) se kartonový model jevil jako přípustný kompromis. Automatické vymodelování ozubených kol nepočítalo s nutnou minimální boční vůlí zubů. Ozubení bylo samozřejmě upraveno a boční vůle je nyní větší, než se používá u soukolí strojních zařízení. S ohledem na účel ozubených kol není větší boční vůle závadou.

Stavebnici je nutné před další výrobou a případným uvedením na trh řádně odzkoušet. Pro zkoušení hraček existuje v České republice zkušební ústav, který sídlí v Českých Budějovicích. Hračky jsou zde zkoušeny podle normy ČSN EN 71 Bezpečnost hraček. Z informací o hračce, důležitou je zejména cílová skupina a účel hračky, je pak odvozen postup zkoušky. U této stavebnice budou důležité informace o povrchové úpravě a ostrosti hran. Nedílnou součástí zkoušky bude testování právě její

pohyblivosti a zároveň rizika skřípnutí prstů mezi kolečka. Po vyhodnocení výsledků zkušební ústav oznámí, zda je hračka vhodná a bezpečná. V případě, že by nebyla bezpečná, bude okamžitě zařazena do seznamu nebezpečných hraček. V případě potřeby je na internetu možné dohledat, které hračky jsou jakým způsobem nebezpečné.

5. Výsledky

Výstupem celé práce je výroba stavebnicové sady pro děti od tří let. Stavebnice obsahuje celkem 67 dílků:

- podesta - 4x dílec 31/31 cm
- kola - 8x ozubené malé (D 50 mm)
6x ozubené střední (D 100 mm)
4x ozubené velké (D 150 mm)
10x neozubené (D 20 mm)
- hřídelky - 20x 25 mm (D 4 mm)
10x 35 mm (D 4 mm)
5x 45 mm (D 4 mm)

Cena stavebnice se bude pohybovat kolem 600 - 700,- Kč za jeden set. Odhadovaná cena se odvíjí od ceny materiálu a práce při výrobě. V porovnání např. se stavebnicí Matador se jedná o pro zákazníky přijatelnou cenu.

Celá sada bude doplněna o návod k použití s piktogramy znázorňujícími princip a zásady skládání s ukázkami několika možností složení. Návod je umístěn mezi přílohy práce.

6. Diskuse

6.1. Vhodnost laserové a CNC technologie

Obě tyto moderní technologie mají své výhody i nevýhody.

CNC stroje vynikají čistotou řezu, nicméně u nich pro výrobu dílců stavebnice převládají nedostatky. Zaoblení hran obvodu jednotlivých dílů, které změní původní návrh a celkový vzhled, je pouze špičkou ledovce. Důležité je vzít v potaz i ekonomickou stránku výroby. Při samotném frézování je značný úběr materiálu (záleží to především na průměru frézy), přičte-li se i odpad, který bude zejména na dílcích platformy značný, jedná se o neekonomickou výrobu.

Naproti tomu laser opálí plochu a okolí řezu, což nelze považovat za "čistý" řez, je ale možné tento nedostatek prezentovat jako záměr a proměnit nedostatek ve výhodu. Ovšem nespornou výhodou je minimální tloušťka řezu. Odpadovost u výroby ozubených kol bude srovnatelná jako u obrábění CNC stroji, naopak u dílců podesty bude odpad minimální. Při programování je možné dílce uspořádat tak efektivně, že na sebe budou doléhat, což silně zvýší výtěž.

6.2. Další možnosti stavebnice

Není nutné, aby hračky vždy sloužily pouze pro hru a pro děti. Děti vždy ze všech svých hraček vyrostou, ale přijde čas, kdy najdou na půdě své staré hračky a vzpomenou si na dětství. V tu chvíli převládne sentiment a hračka, ač otlučená nebo nekompletní, se stane součástí výstavky v poličce. Všichni si jednou vzpomeneme nad starou hračkou na ty hodiny strávené hrou s ní. Vzpomínky na dětství by pro každého z nás měly být ty nejkrásnější a je naprosto normální, abychom si tento věk připomínali věcmi, které pro nás tolik znamenaly. V případě, že bude stavebnice dále rozšiřována o nové a další díly, bude její hodnota pro každého majitele růst a své čestné místo v nějaké výstavce rozhodně získá.

Dlouho známým faktem je, že s mnoha dětskými hračkami si velmi rádi hrají i dospělí. Ti se samozřejmě hrou s několika ozubenými koly příliš nezabaví, minimálně

ne na delší dobu. Dospělí lidé jsou také děti, kdesi v nitru si každý ponechává svoji dětskou hravou stránku.

Několik pohyblivých ozubených kol ale dospělým k zábavě moc nevystačí. Díky možnostem různého sestavení lze vytvořit velmi složitý pohyblivý mechanismus. Je zde možnost stavebnici postupem času rozšiřovat o nové díly. Mohou to být další velikosti a tvary převodových kol, nebo dokonce větší pohyblivé mechanismy, jako například modely větrníků (lopatková vrtule v horizontální nebo vertikální poloze) nebo staveb s pohyblivými částmi (např. model vodního mlýnu). Základní set je do budoucna možné pojmout jako odrazový můstek pro sběratelskou pohyblivou stavebnici pro "kutily", tedy v rozloženém stavu, nebo pro obyčejné sběratele ve stavu složeném.

7. Závěr

Byla navržena stavebnice na principu ozubených kol. Celý návrh je podložen grafickými modely jednotlivých dílců a prototypem stavebnice. Postupovalo se přesně podle metodiky práce a díky tomu je možné vyrobit další stavebnicové sety, případně jejich rozšíření.

Z práce vyplývá srovnání výroby stavebnice laserovou a CNC technologií, kdy se laser projevil jako vhodnější z hlediska tvarového opracování i s ohledem na ekonomičnost výroby.

8. Seznam použité literatury

8.1. V tištěné podobě

- [1] **Böhm, M., Bomba, J., Reisner, J.,(2012):** Materiály na bázi dřeva, 183 s., ISBN: 978802132251-6
- [2] **ČSN EN 71 Bezpečnost hraček,** vydalo UNMZ, třídící znak: 943095
- [3] **Nářízení vlády č. 86/2011 Sb.,** o technických požadavcích na hračky
- [4] **Němček, M.(2003):** Vybrané problémy geometrie čelních ozubených kol, 143 s., ISBN: 8072251112
- [5] **Štulpa, M.(2006):** CNC obráběcí stroje a jejich programování, 126 s., ISBN: 8073002078
- [6] **Titěra, D.(1963):** Hračky: Konstrukce a výroba. Praha: Státní nakladatelství technické literatury.ISBN 0483162
- [7] **Pěkný, A., Zachariáš, L.(1982):** Části strojů II., 153 s., Vysoká škola zemědělská v Praze
- [8] **Maňková, I.(2000):** Progresívne technológie, 275 s., ISBN:8070994304
- [9] **NUTSCH, W.(1999):** Příručka pro truhláře, 540 s., ISBN:8085920603
- [10] **Sedliačik M., Sedliačik J.(1998):** Chemické látky v drevárskom priemysle, ISBN: 8022808059
- [11] **Liptáková E., Sedliačik M.(1989):** Chémia a aplikácia pomocných látok v drevárskom priemysle, ISBN: 8005001169
- [12] **Ebersbach, D., Gottschalk, F.(2013):** Laser technology, applications and future prospects, 171 s., ISBN: 9781624170881
- [13] **Podlena, M., 2015:** Řezání a gravírování na CNC laseru fakulty lesnické a dřevařské. - Dřevařský magazín 11: 20-21

8.2. V elektronické podobě

Hračky:

[14] <http://www.ekospotrebitel.cz/ekospotrebitel/ekodite/hracky/drevene-hracky/>

[15] <http://www.rosacb.cz/wp-content/uploads/2015/10/spravna-hracka.pdf>

[16] <https://www.learningresources.com/>

[17] <http://www.matador-toys.cz/default.asp>

CNC obráběcí stroje:

[18] <http://www.strojnet.cz/clanky/obrabeci-stroje-cnc.php>

[19] <http://factoryautomation.cz/co-jsou-to-cnc-stroje-zjistete-co-umi/>

Ozubená kola:

[20] http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=3092

[21] http://www.sssebrno.cz/files/ovmt/ozubena_kola.pdf

[22] <http://www.studentcar.cz/files/vyuka/TTD/lesson10.pdf>

[23] http://www.sps-ko.cz/documents/SPS_prazak/ozuben%C3%A1%20kola.pdf

[24] http://www.spssvsetin.cz/index_htm_files/dumy/13/VY_32_INOVACE_13_14.pdf

Povrchová úprava:

[25] http://www.narodnikvalifikace.cz/kvalifikace-573-Vyrobce_drevenych_hracek

[26] <http://www.colorlak.cz/barvy-na-drevo/detske-hracky/>

[27] <http://www.truhlarstvi-krenek.cz/>

9. Seznam příloh

| | |
|--|----|
| <i>Příloha č. 1</i> Stavebnice PAV-I-DREV - návod k použití..... | 47 |
| <i>Příloha č. 2</i> Jednoduché soukolí..... | 49 |
| <i>Příloha č. 3</i> Složitější víceúrovňové soukolí 1 | 50 |
| <i>Příloha č. 4</i> Složitější víceúrovňové soukolí 2 | 50 |
| <i>Příloha č. 5</i> Víceúrovňové soukolí..... | 50 |
| <i>Příloha č. 6</i> Pohled na celou stavebnici (4 dílce platformy a všechna ozubená kola) .. | 50 |
| <i>Příloha č. 7</i> Výkres č. 1..... | 52 |
| <i>Příloha č. 8</i> Výkres č. 2..... | 53 |
| <i>Příloha č. 9</i> Výkres č. 3..... | 50 |
| <i>Příloha č. 10</i> Výkres č. 4..... | 50 |
| <i>Příloha č. 11</i> Výkres č. 5..... | 50 |
| <i>Příloha č. 12</i> Výkres č. 6..... | 57 |
| <i>Příloha č. 13</i> Výkres č. 7..... | 58 |
| <i>Příloha č. 14</i> Výkres č. 8..... | 59 |
| <i>Příloha č. 15</i> Výkres č. 9..... | 60 |
| <i>Příloha č. 16</i> Výkres č. 10..... | 50 |
| <i>Příloha č. 17</i> Výkres č. 11..... | 62 |
| <i>Příloha č. 18</i> Výkres č. 12..... | 63 |
| <i>Příloha č. 19</i> Výkres č. 13..... | 64 |
| <i>Příloha č. 20</i> Výkres č. 14..... | 65 |

10. Přílohy

Příloha č. 1

Stavebnice PAV-I-DREV – návod k použití

Popis produktu:

- Doporučený věk: od 3 let
- Určení: děti, mládež, dospělí

Dřevěná stavebnice nejen pro děti, rozvíjející zručnost a podporující fantazii malého i velkého kutila. Z rozmanitých dílů lze vytvořit mnoho variací ozubených soukolí a pomocí hřídelek je usadit do základní desky.

Kvalitní zdravotně nezávadná hračka s atestem.

Stavebnice obsahuje 67 dílků:

- 4 sestavitelné desky základní platformy, každá o maximálním rozměru 31 cm x 31 cm
- 20 dřevěných hřídelek, o průměru 4 mm a délce 25 mm
- 10 dřevěných hřídelek, o průměru 4 mm a délce 35 mm
- 5 dřevěných hřídelek, o průměru 4 mm a délce 45 mm
- 8 ozubených koleček o průměru 5 cm
- 6 ozubených koleček o průměru 10 cm
- 4 ozubených koleček o průměru 15 cm
- 10 neozubených „slepých“ koleček o průměru 3 cm

Rozměry výrobku:

- Hmotnost: 3,75 kg
- Výška: 1 cm - všechny plošné dílky
- Šířka: 31 - 62 cm - dle sestavení dílců podesty
- Hloubka: 31 - 62 cm - dle sestavení dílců podesty

Rozměry balení:

- Hmotnost: 3,75 kg
- Výška: 10 cm
- Šířka: 35 cm
- Hloubka: 35 cm
- Záruční doba: 24 měsíců

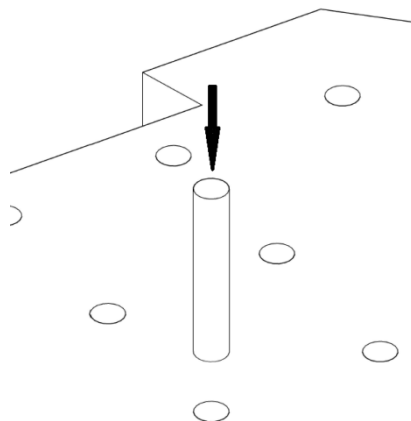
Návod

- ze základních desek podesty sestavíme potřebnou plochu
- ozubené kolečko nasuneme na hřídelku a usadíme do příslušného otvoru v základní desce podesty
- další ozubená kolečka sestavujeme stejným způsobem podle fantazie a vytváříme tak převodová soukolí
- vždy dbáme na bezpečnost dětí – stavebnice obsahuje drobné prvky, nenecháváme malé děti bez dozoru

Všechny hračky značky PAV-I-DREV mají zdravotní atest a splňují tak všechny normy EU.

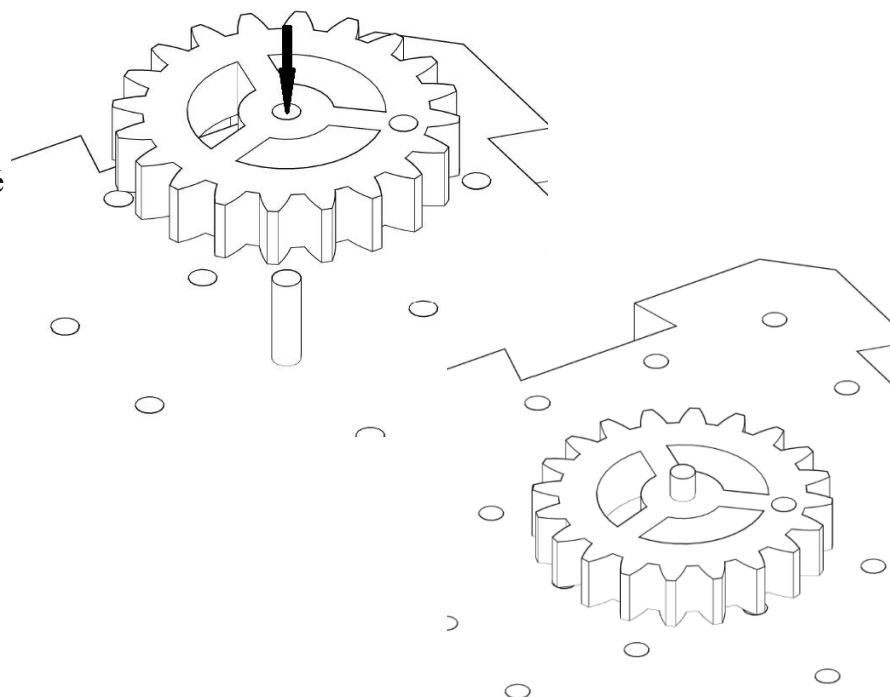
Krok 1

Hřídelku příslušné délky zasuneme do otvoru platformy.



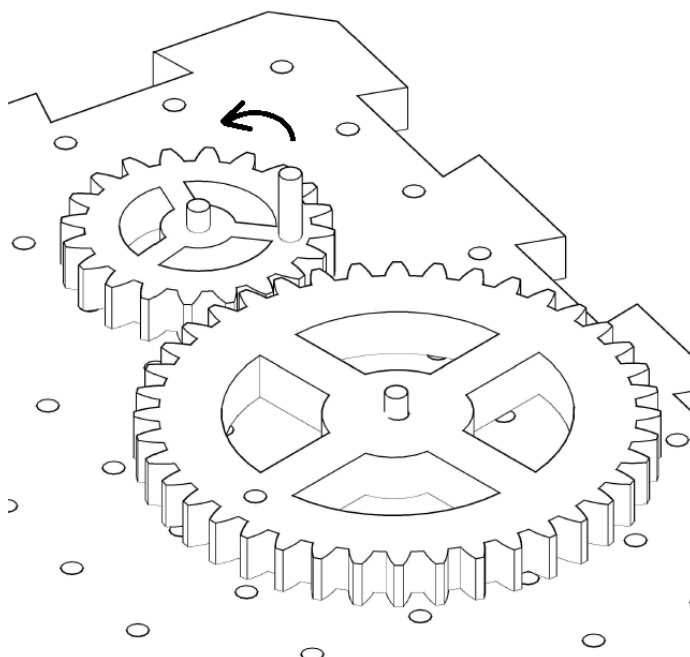
Krok 2

Na hřídelku nasadíme ozubené kolo libovolné velikosti.



Krok 3

Podle velikosti druhého kola umístíme hřídelku i kolo do nejbližšího otvoru tak, aby do sebe zuby kol bez potíží zapadaly.



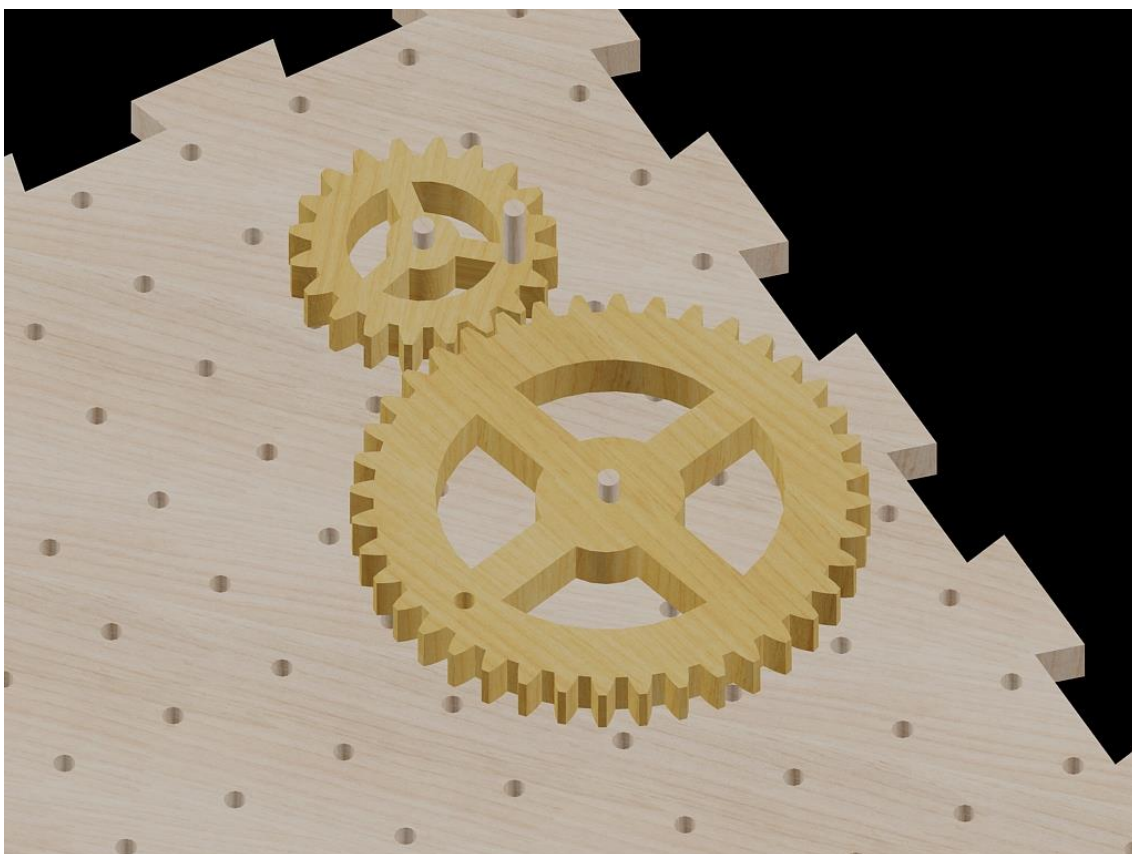
Krok 4

Do kruhového otvoru na okraji libovolného kola zasuneme další hřídelku místo kličky a otáčíme soukolím.

3D modely možností sestavení

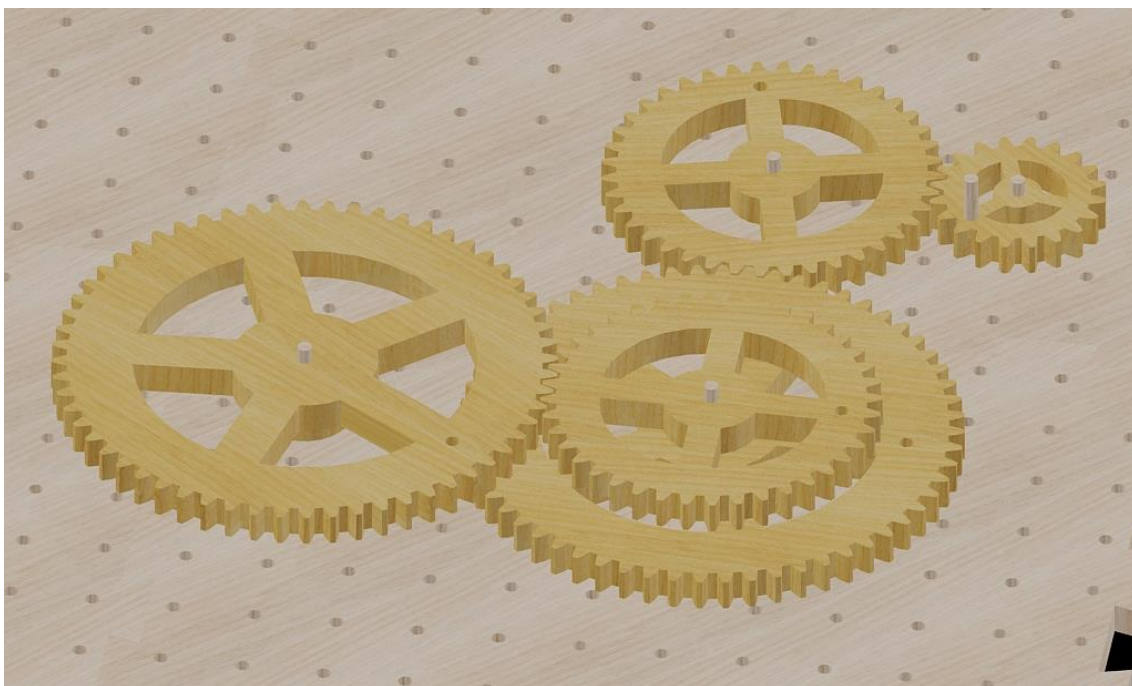
Všechny díly jsou vyrobené ze stejného materiálu, proto jsou i stejné barvy. Odlišnost v modelu je jen z důvodu zvýraznění jednotlivých dílů stavebnice (ozubených kol od platformy).

Příloha č. 2 Jednoduché soukolí



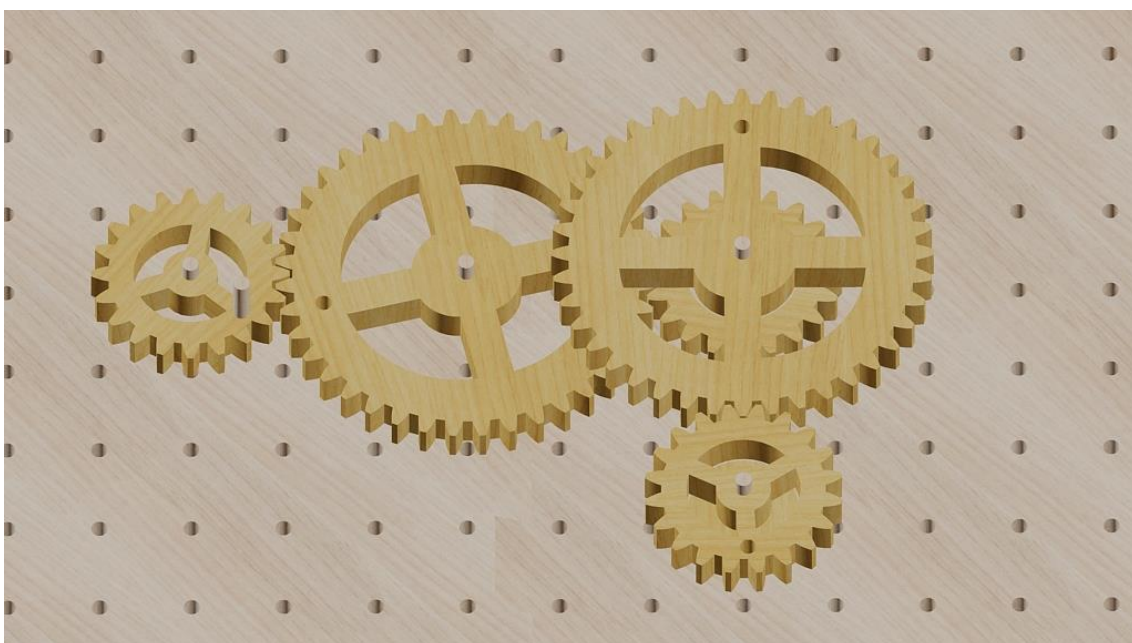
Zdroj: vlastní

Příloha č. 3 Složitější víceúrovňové soukolí 1



Zdroj: vlastní

Příloha č. 4 Složitější víceúrovňové soukolí 2



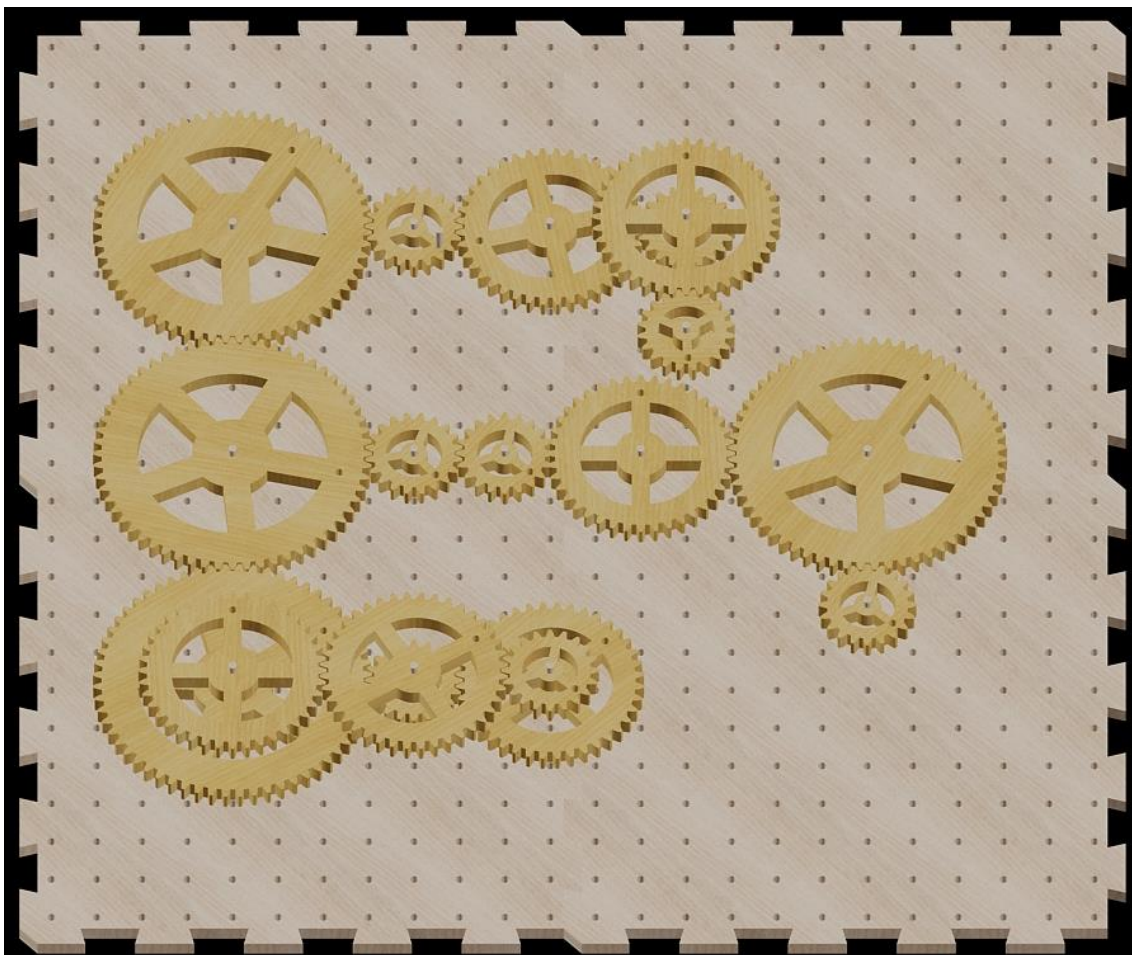
Zdroj: vlastní

Příloha č. 5 Víceúrovňové soukolí



Zdroj: vlastní

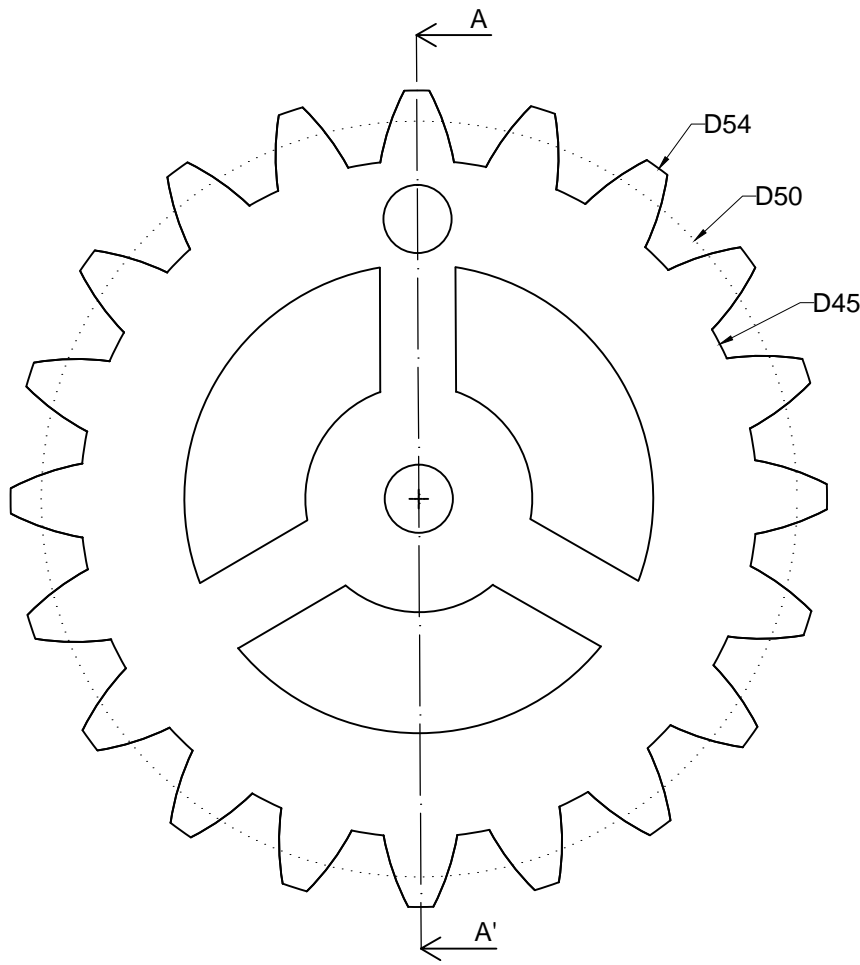
Příloha č. 6 Pohled na celou stavebnici (4 dílce platformy a všechna ozubená kola)



Zdroj: vlastní

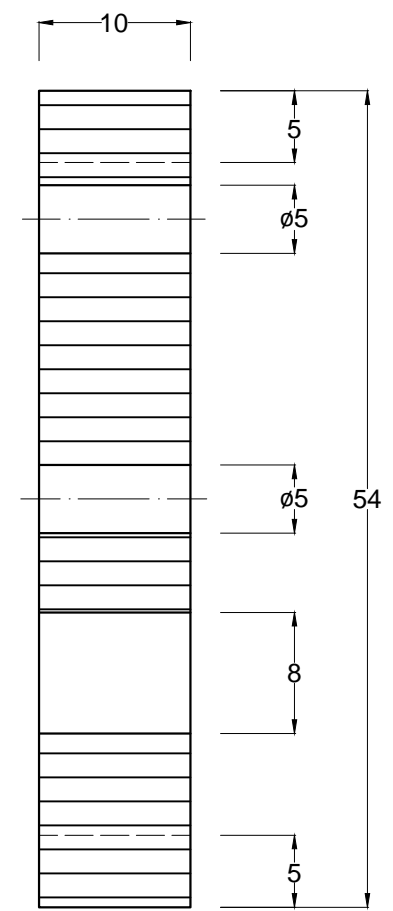
Ozubené kolo D 50 mm

M 2:1



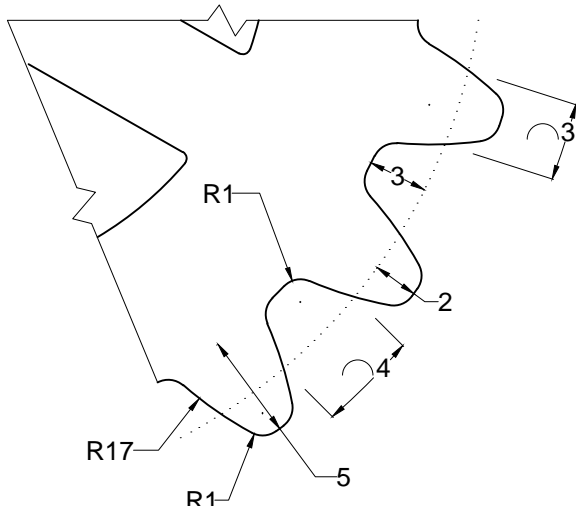
Řez A-A'

M 2:1



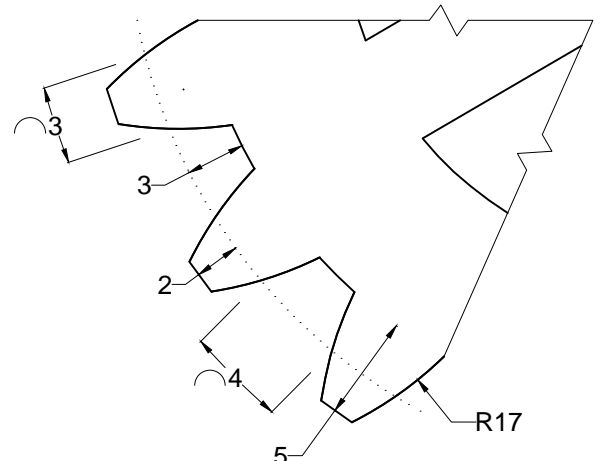
Geometrie ozubení (CNC)

M 3:1




Geometrie ozubení (laser)

M 3:1



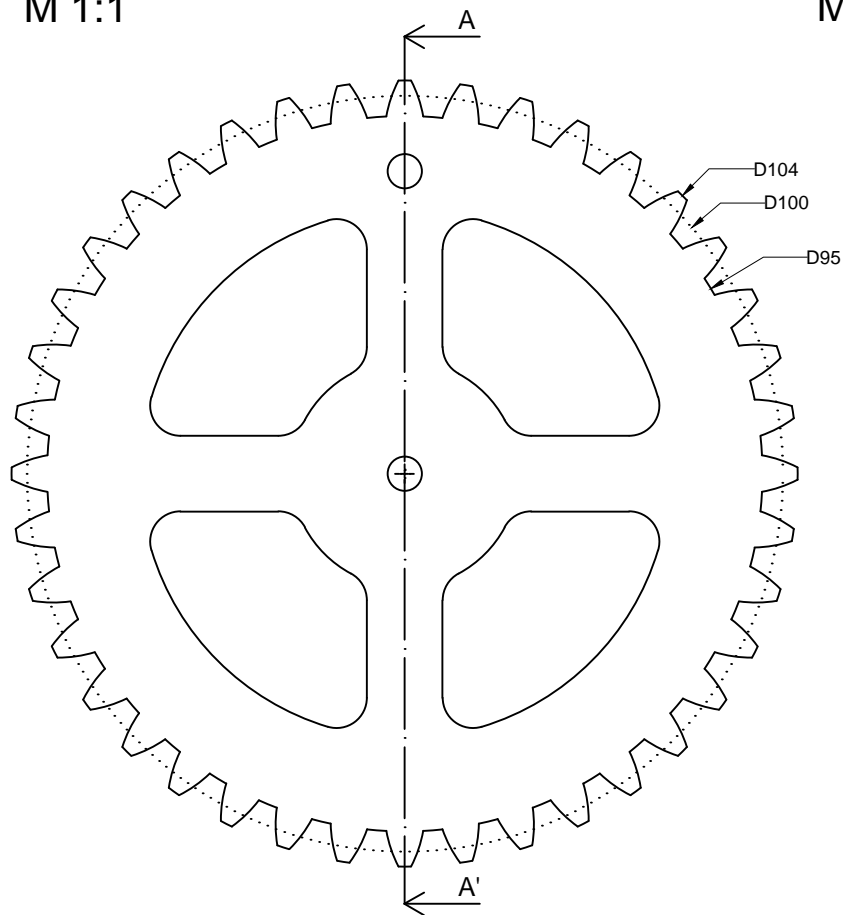
Poznámka:

materiál - buková PDP

| | |
|--|-----------------------------|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Ozubené kolo D 50 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 1 |

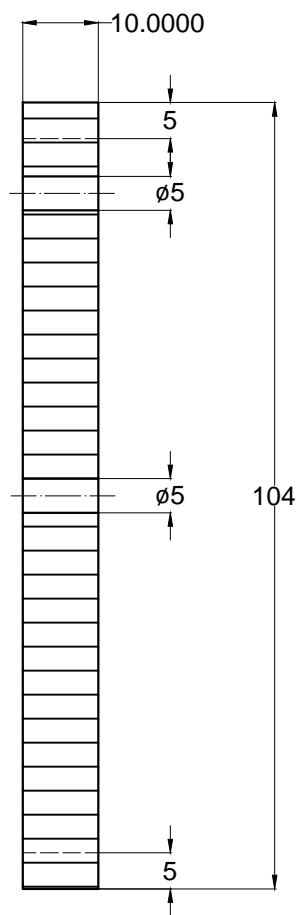
Ozubené kolo D 100 mm

M 1:1



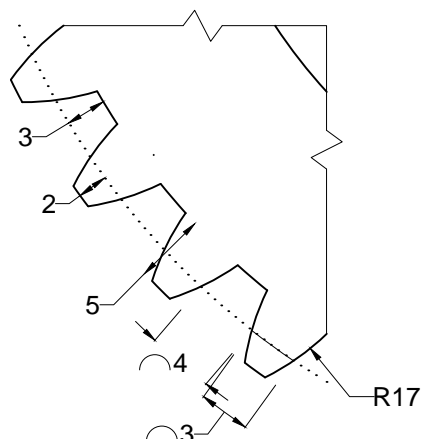
Řez A-A'

M 1:1



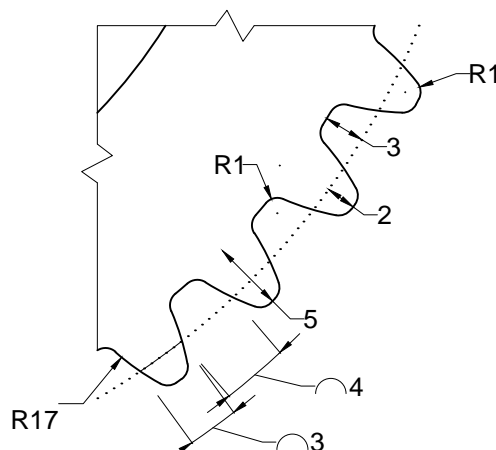
Geometrie ozubení (CNC)

M 2:1



Geometrie ozubení (laser)

M 2:1



Poznámka:

materiál - buková PDP



Česká zemědělská univerzita v Praze
Fakulta lesnická
a dřevařská

2015/2016

Ozubené kolo D 100 mm

Diplomová práce

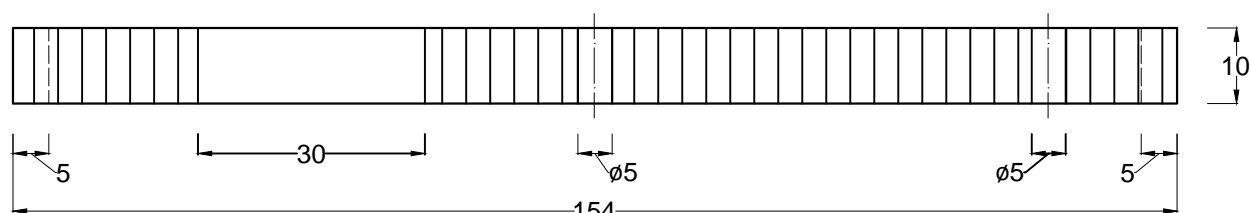
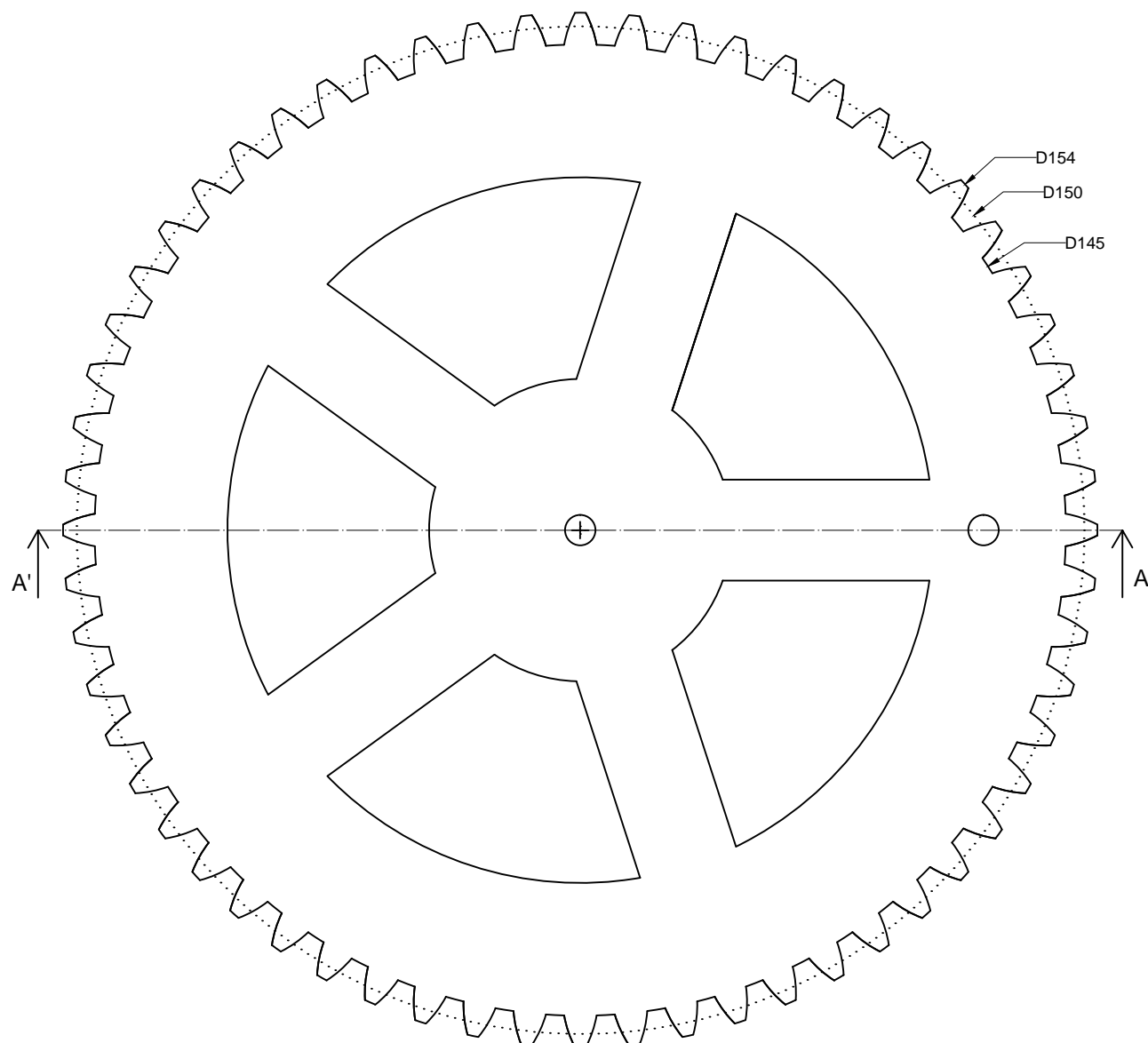
Pavla Vinopalová

Dřevařské inženýrství - II. ročník

Výkres č. 2


Ozubené kolo D 150 mm

M 1:1



Poznámka:

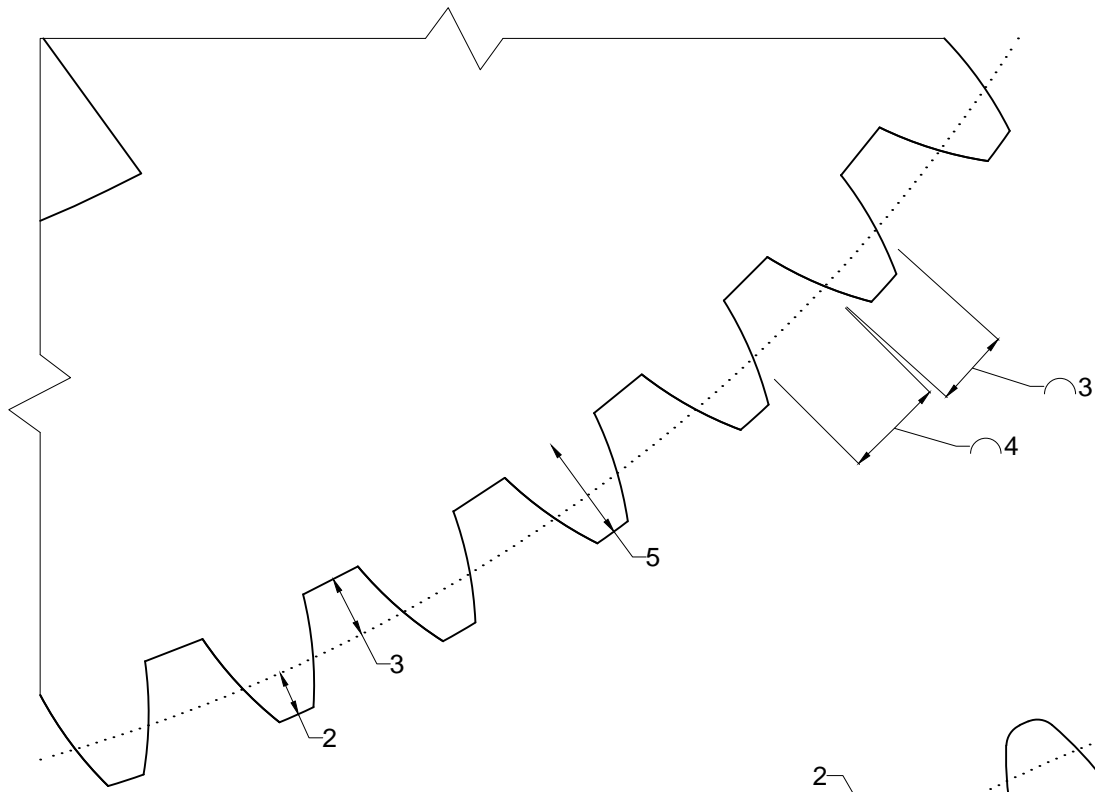
materiál - buková PDP

| | |
|--|------------------------------|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Ozubené kolo D 150 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 3 |

Ozubené kolo D 150 mm

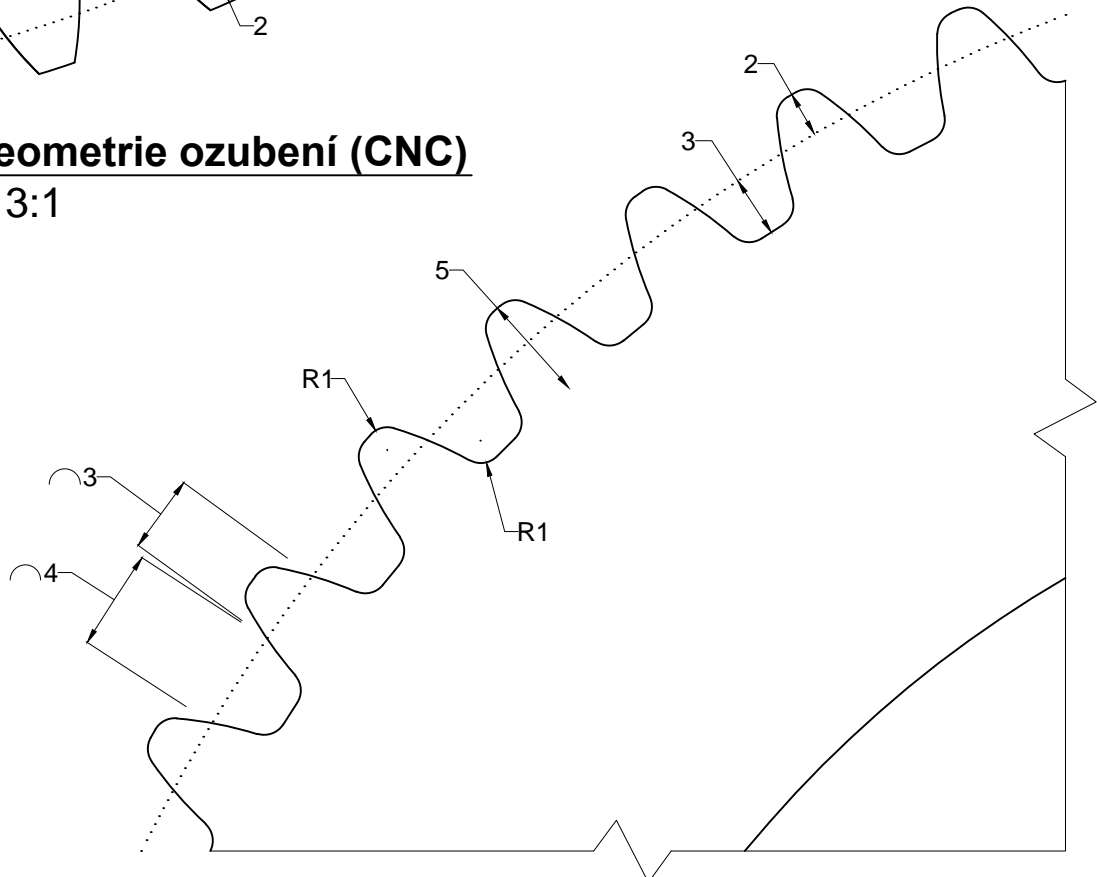
Geometrie ozubení (laser)

M 3:1




Geometrie ozubení (CNC)

M 3:1



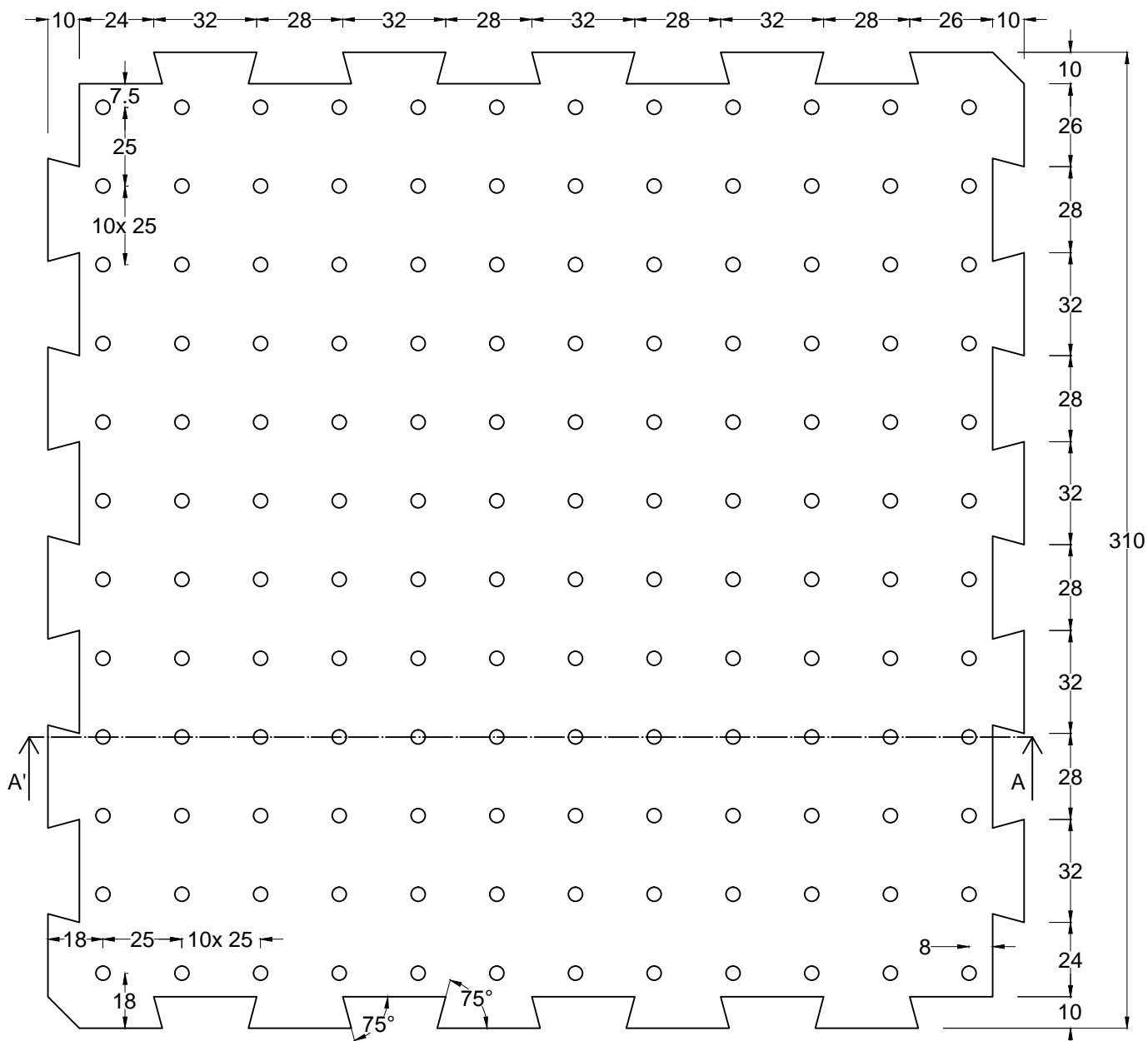
Poznámka:

materiál - buková PDP

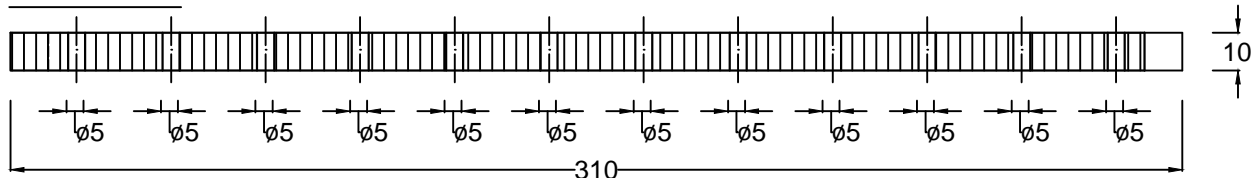
| | |
|--|---|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Geometrie ozubení ozubeného kola D 150 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 4 |

Základní dílec platformy 310x310 mm

M 1:2

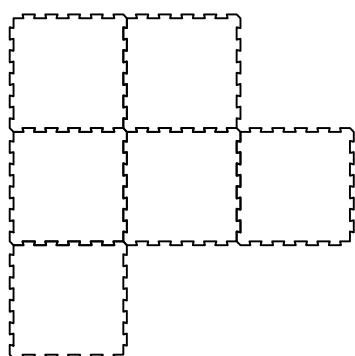


Řez A-A' M 1:2




Možnosti skládání platformy

M 1:20



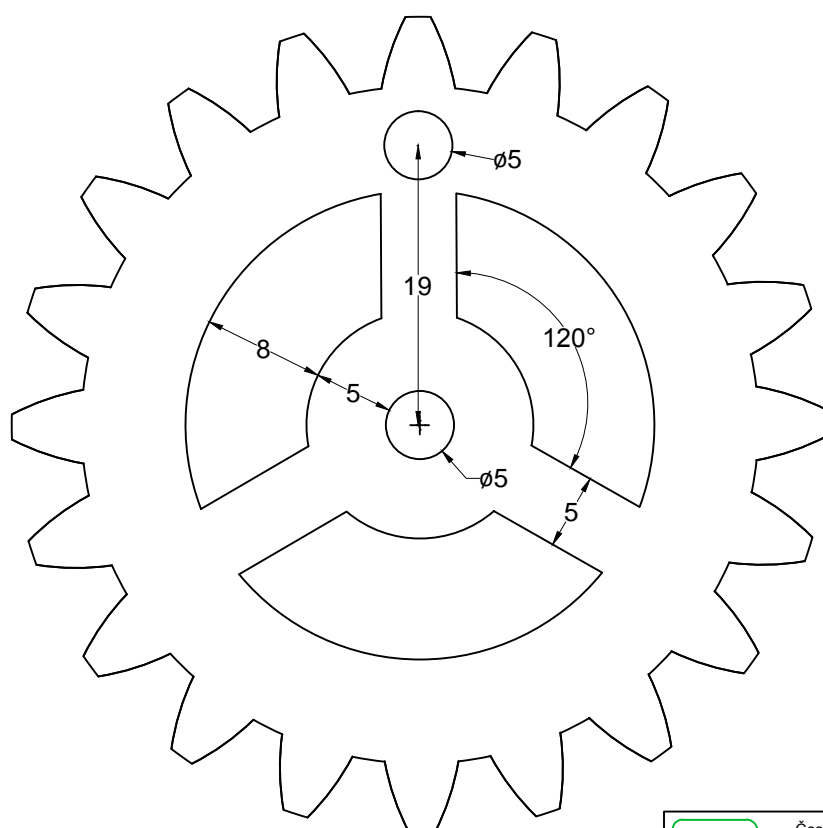
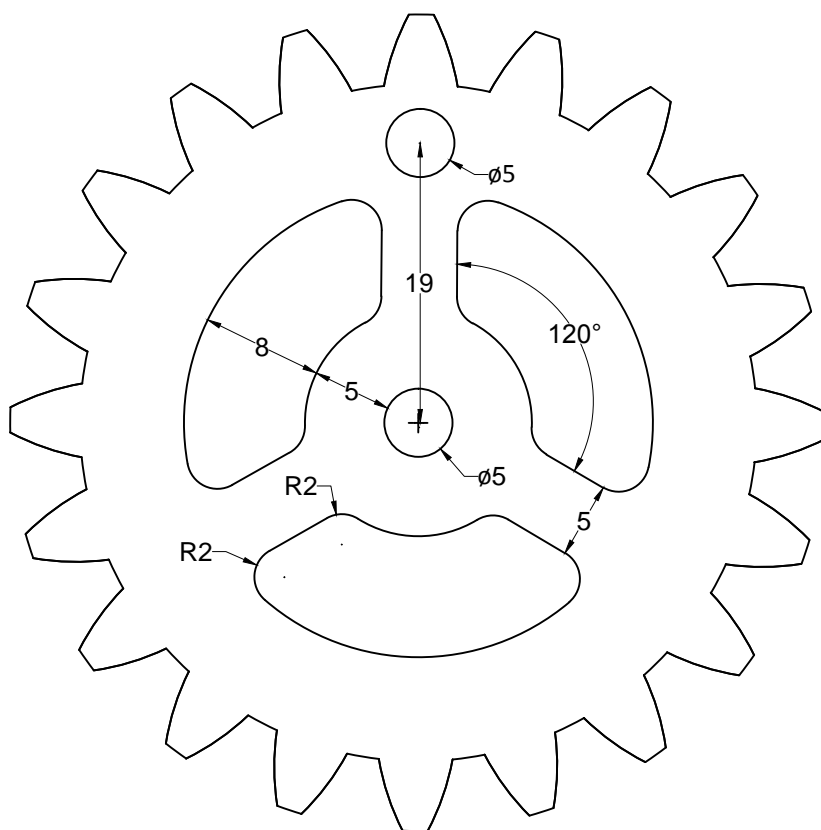
Poznámka:

materiál - buková PDP

| | |
|--|---|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Základní dílec platformy 310x310 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 5 |


Ozubené kolo D 50 mm

M 2:1



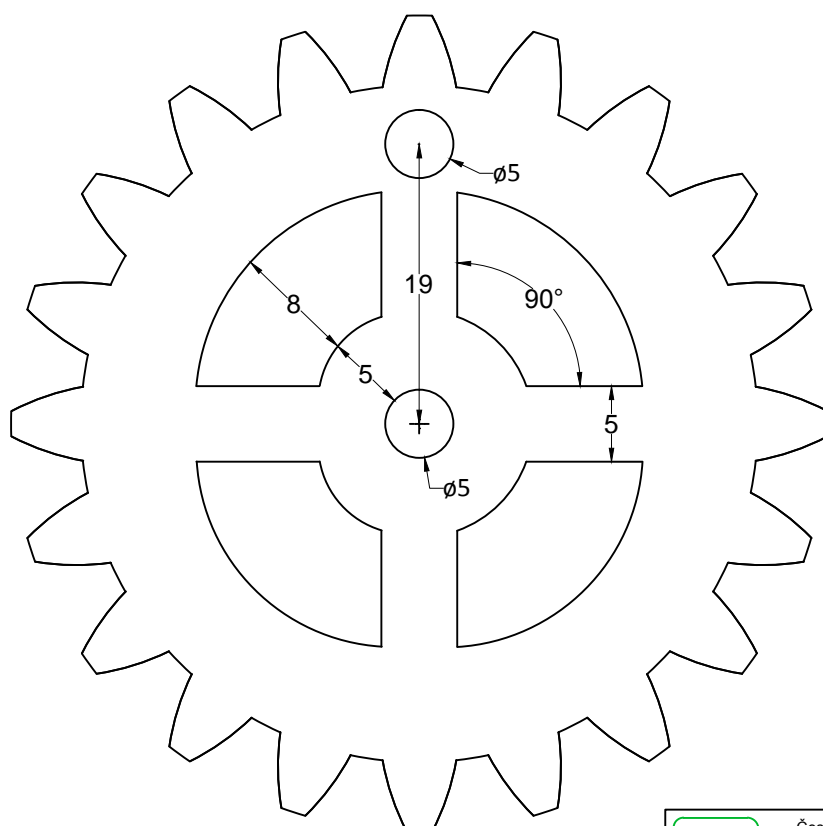
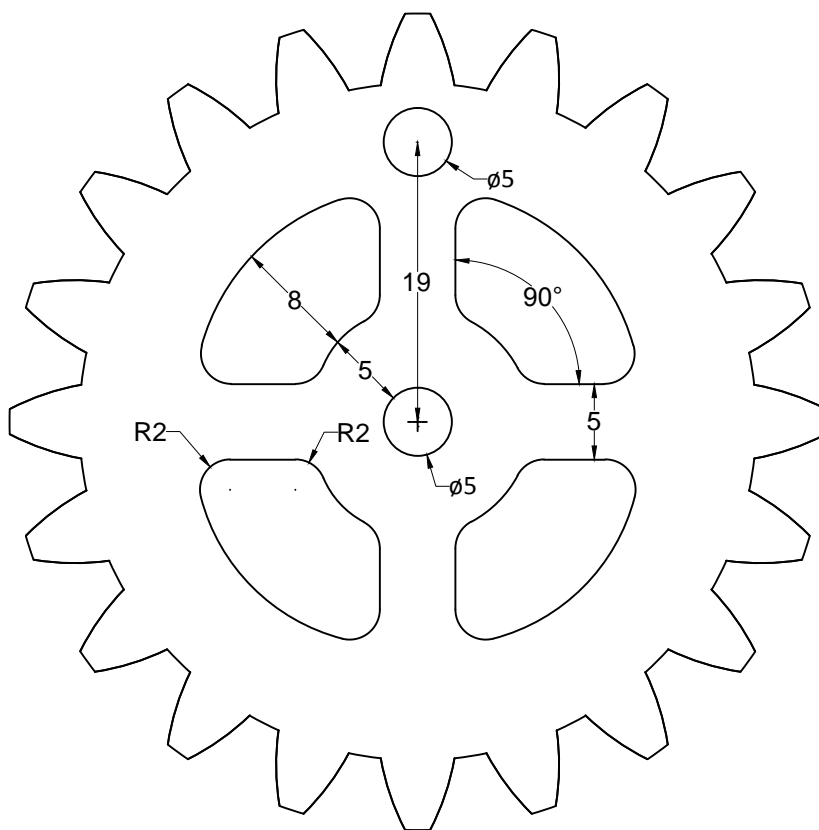
Poznámka:

materiál - buková PDP

| | |
|--|--|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Geometrie vnitřních otvorů kol D 50 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 6 |


Ozubené kolo D 50 mm

M 2:1



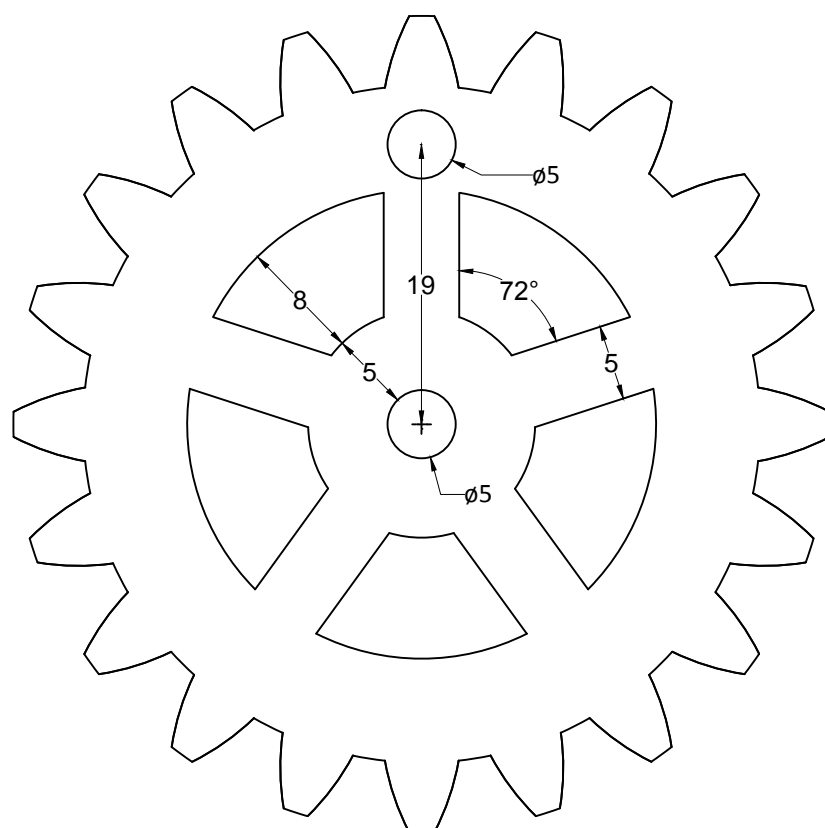
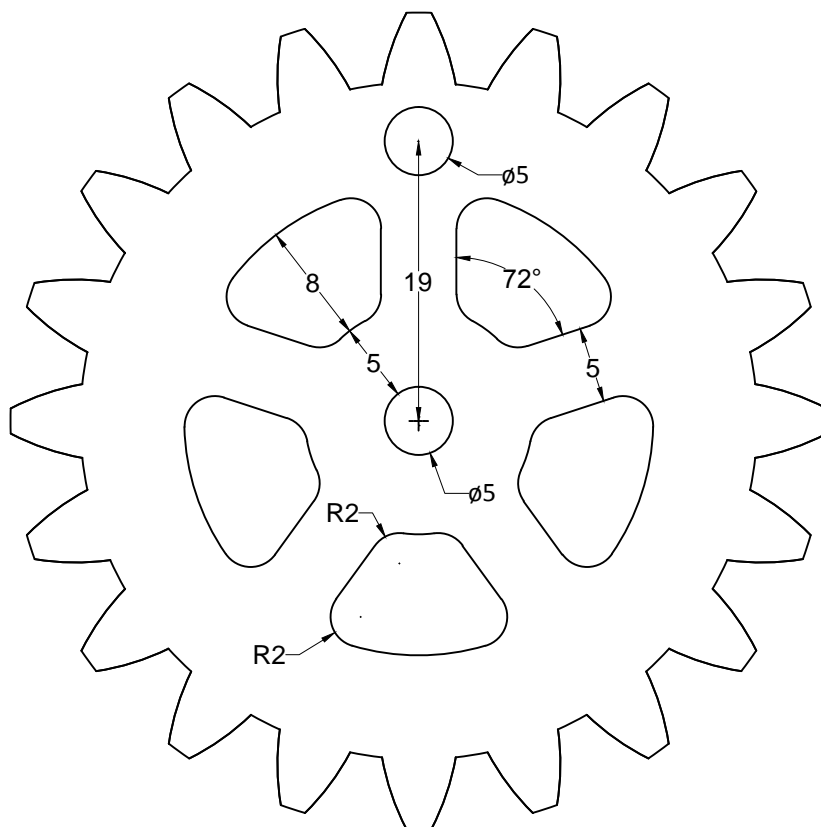
Poznámka:

materiál - buková PDP

| | | |
|--|---|------------------|
|  | Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Geometrie vnitřních otvorů kol D 50 mm | |
| Diplomová práce | | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | | Výkres č. 7 |


Ozubené kolo D 50 mm

M 2:1



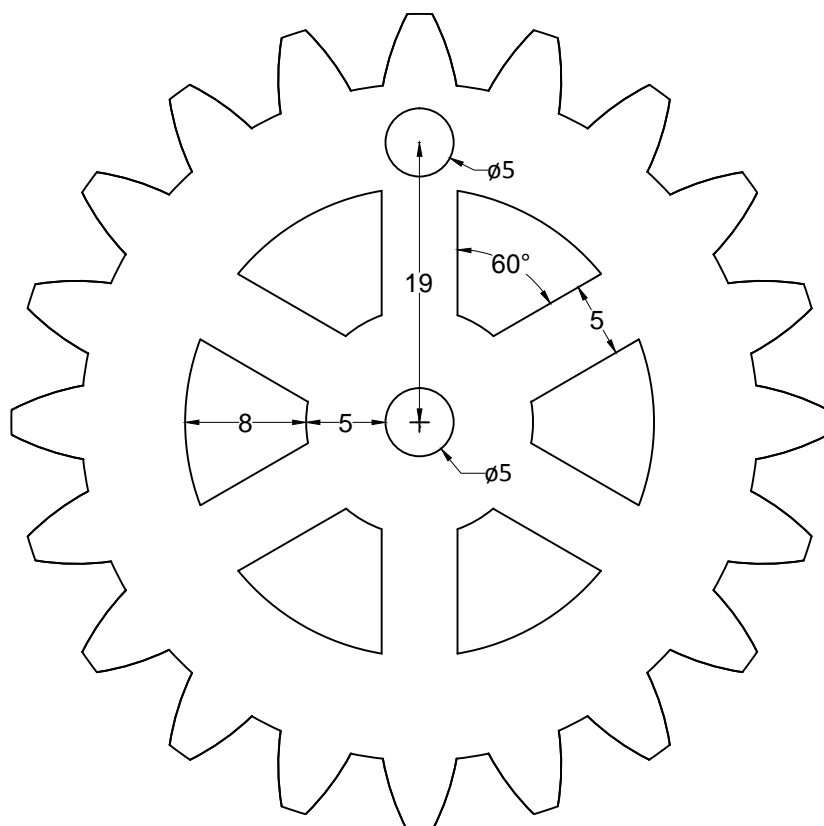
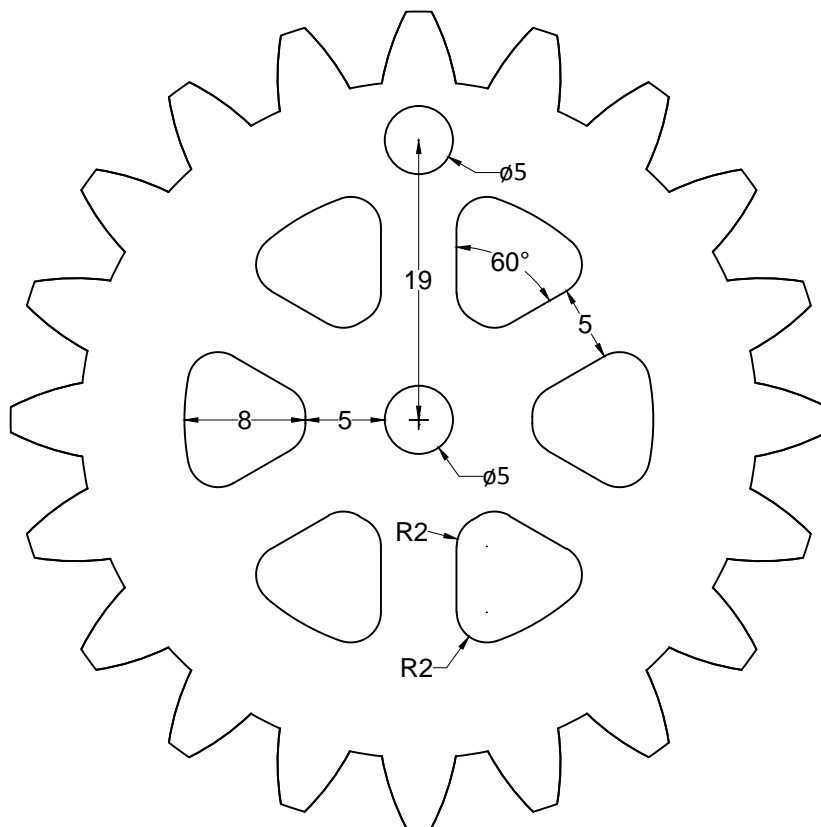
Poznámka:

materiál - buková PDP

| | |
|--|--|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Geometrie vnitřních otvorů kol D 50 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 8 |


Ozubené kolo D 50 mm

M 2:1



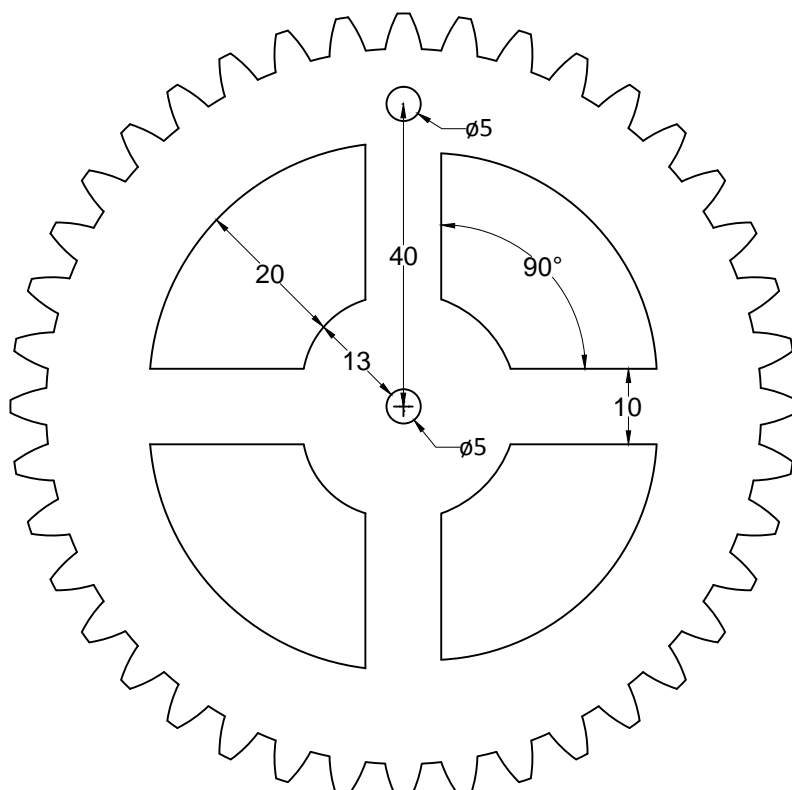
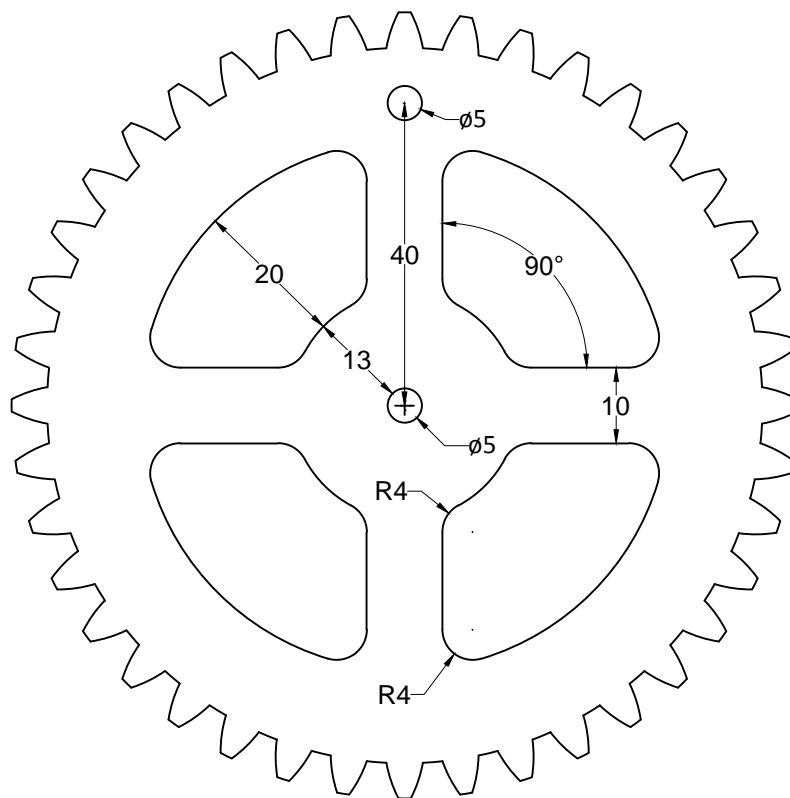
Poznámka:

materiál - buková PDP

| | |
|--|--|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Geometrie vnitřních otvorů kol D 50 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 9 |

Ozubené kolo D 100 mm


M 1:1



Poznámka:

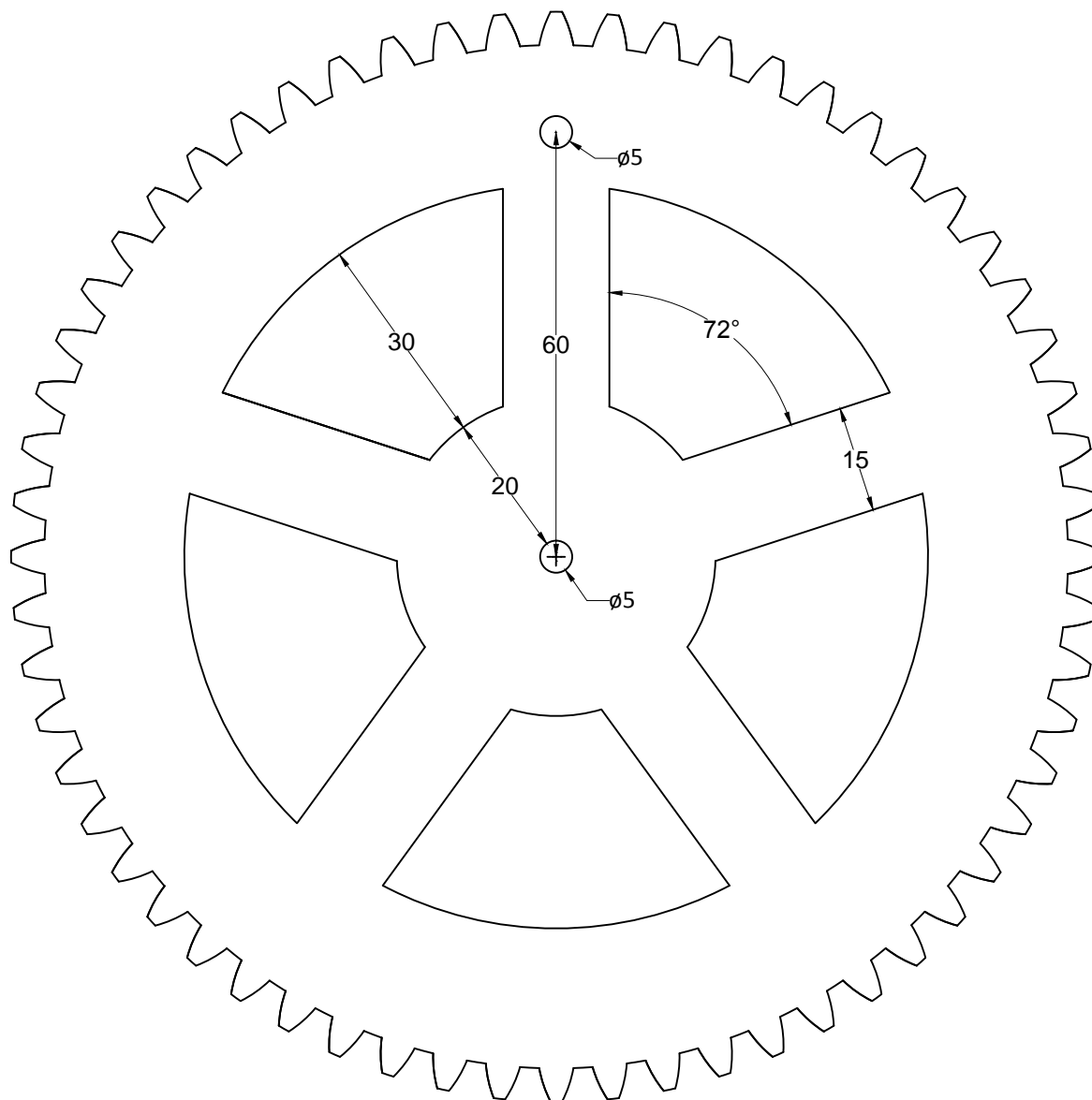
materiál - buková PDP

úhlová geometrie u ostatních typů otvorů je stejná jako u kol D 50 mm

| | |
|--|---|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Geometrie vnitřních otvorů kol D 100 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 10 |

Ozubené kolo D 150 mm


M 1:1



Poznámka:

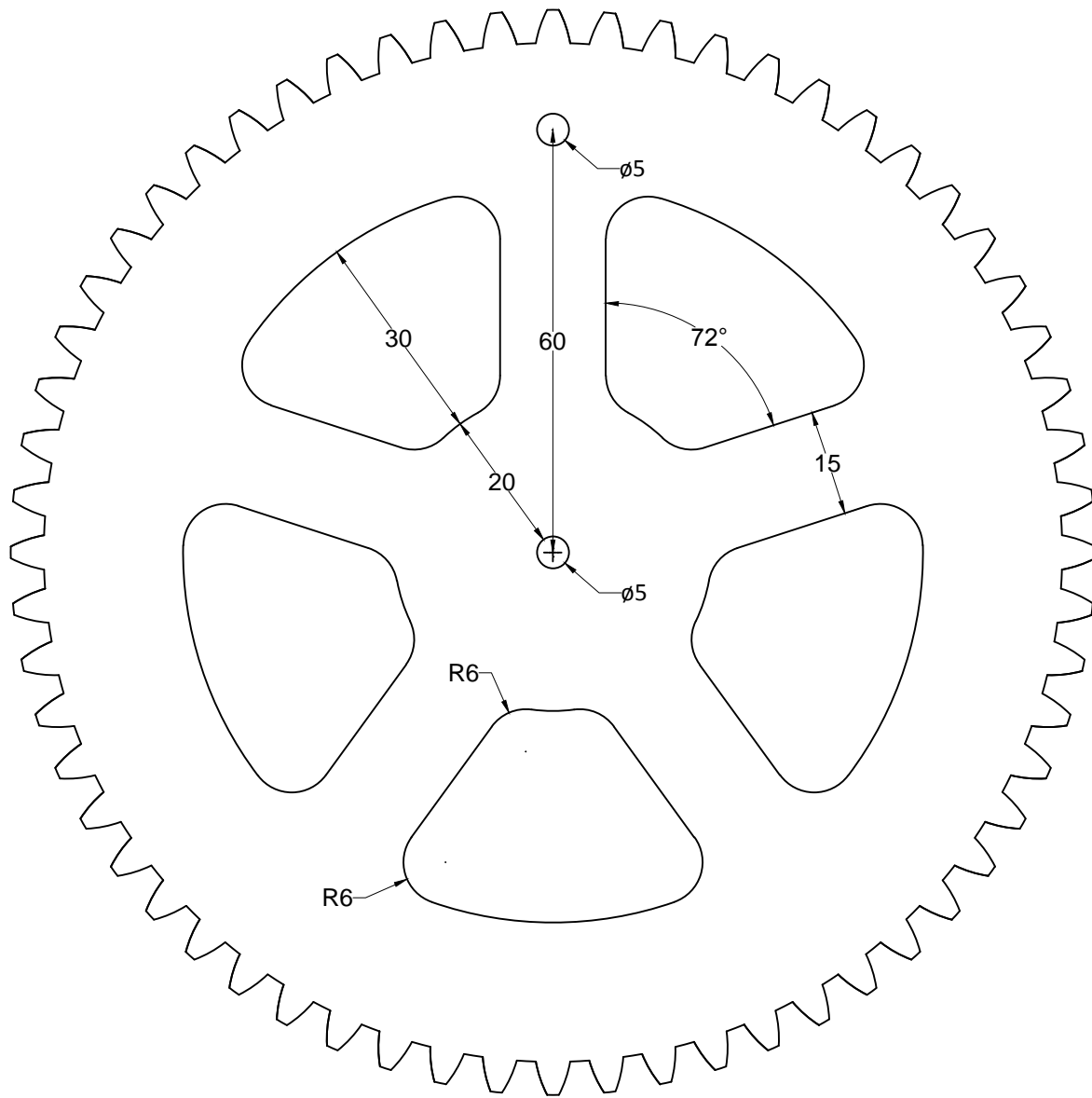
materiál - buková PDP

úhlová geometrie u ostatních typů
otvorů je stejná jako u kol D 50 mm

| | |
|---|--|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Geometrie vnitřních otvorů kol D 150 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 11 |

Ozubené kolo D 150 mm


M 1:1



Poznámka:

materiál - buková PDP

úhlová geometrie u ostatních typů
otvorů je stejná jako u kol D 50 mm

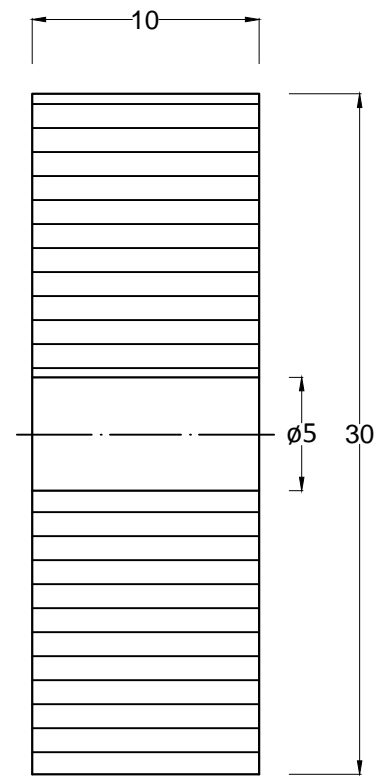
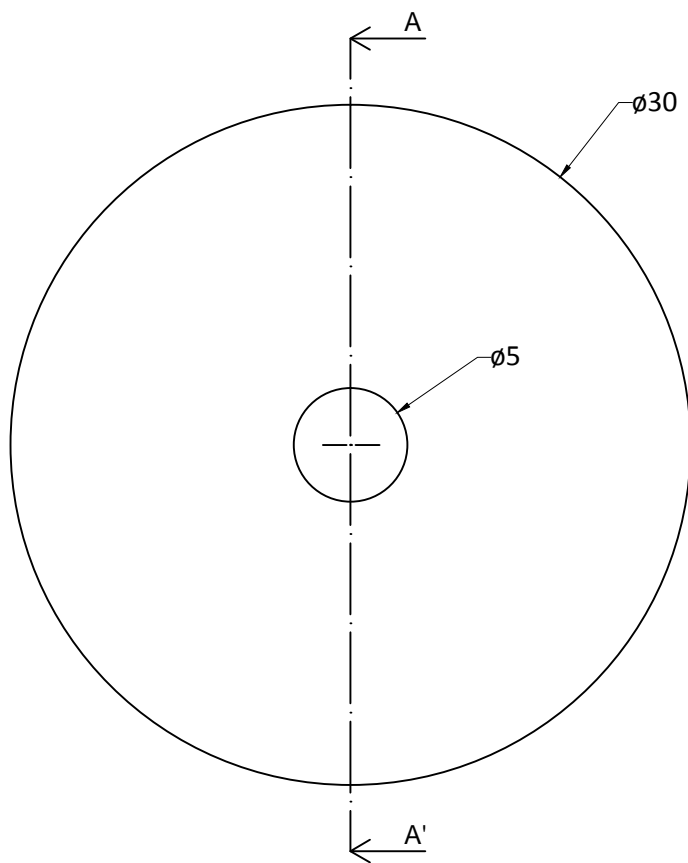
| | |
|---|--|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Geometrie vnitřních otvorů kol D 150 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 12 |

Neozubené "slepé" kolo D 30 mm

M 3:1


Řez A-A'

M 3:1



Poznámka:

materiál - buková PDP

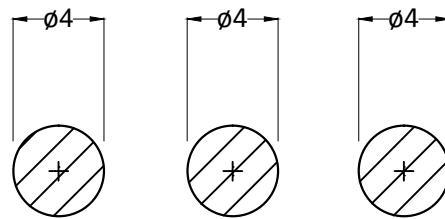
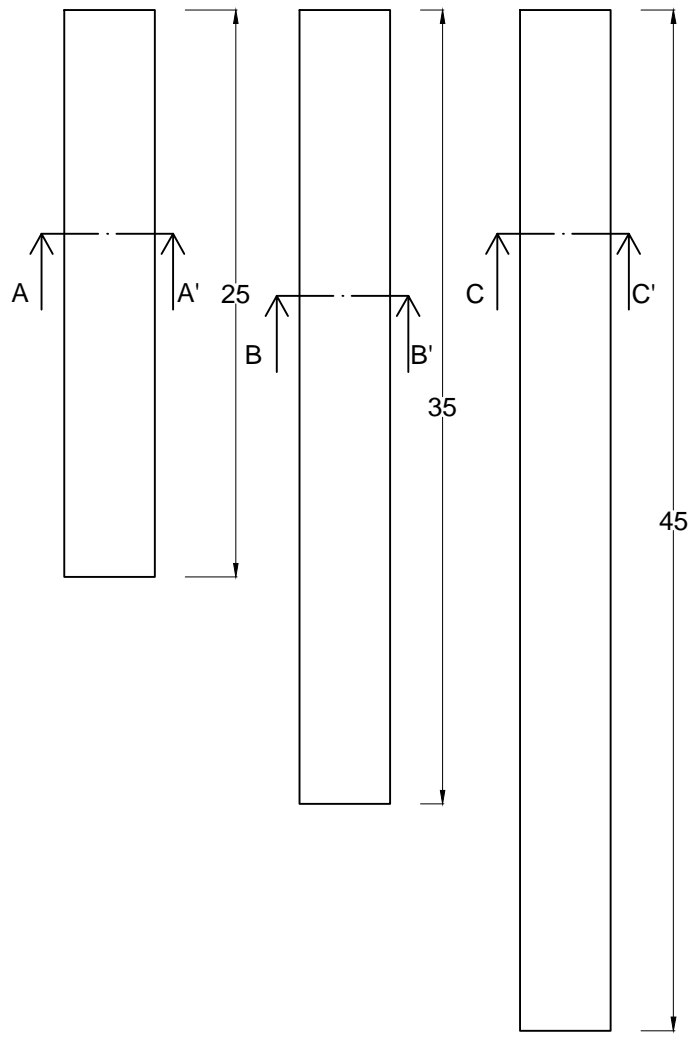
| | |
|--|---------------------------------------|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Neozubené "slepé" kolo D 30 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 13 |

Hřidelky délky 25, 35 a 45 mm

M 3:1


Řezy A-A', B-B', C-C'

M 3:1



Poznámka:

materiál - buk

| | |
|--|--------------------------------------|
|  Česká zemědělská univerzita v Praze Fakulta lesnická a dřevařská | 2015/2016 |
| | Hřidelky délky 25, 35 a 45 mm |
| Diplomová práce | Pavla Vinopalová |
| Dřevařské inženýrství - II. ročník | Výkres č. 14 |