



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

PŘÍPRAVA VÝROBY MODELOVÉHO PODNIKU

PRODUCTION PREPARATION IN BUSINESS MODEL

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Lucie Čermáková

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Pavel Juřica, Ph.D.

BRNO 2024

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav managementu
Studentka: **Bc. Lucie Čermáková**
Vedoucí práce: **Ing. et Ing. Pavel Juřica, Ph.D.**
Akademický rok: 2023/24
Studijní program: Strategický rozvoj podniku

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává diplomovou práci s názvem:

Příprava výroby modelového podniku

Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod
Vymezení problému a cíle práce
Teoretická východiska práce
Analýza problému a současné situace
Vlastní návrhy řešení, přínos návrhů řešení
Závěr
Seznam použitých zdrojů
Přílohy

Cíle, kterých má být dosaženo:

Cílem práce je zpracování podkladů TPV pro modelový podnik laboratoře LAPROCO.

Základní literární prameny:

FIŠER, R. Procesní řízení pro manažery: jak zařídit, aby lidé věděli, chtěli, uměli i mohli. Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-5038-5.

JUROVÁ, M. Výrobní procesy řízené logistikou. Brno: BizBooks, 2013. ISBN 978-80-265-0059-9.

ŘEPA, V. Procesně řízená organizace. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4128-4.

ŠVECOVÁ, L. a J. VEBER. Produkční a provozní management. Expert. Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-1385-9.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2023/24

V Brně dne 4.2.2024

L. S.

doc. Ing. Vít Chlebovský, Ph.D.
garant

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.
děkan

Abstrakt

Tato diplomová práce se zabývá návrhem technologické přípravy výroby a výroby produktu spolu s návrhem modelového podniku zřízeného v prostorách laboratoře řízení podnikových procesů LAPROCO. Tento modelový podnik má za cíl podporu výuky bakalářského programu Procesní management. V analýze je popsána laboratoř včetně jejího vybavení a studijní program a jeho obsahová náplň. Návrhová část se pak zabývá nastíněním modelového podniku a jeho činnosti.

Klíčová slova

Tréninkové centrum, laboratoř, modelový podnik, výroba, TPV, podnikové procesy, vláček, výkresová dokumentace, CNC obrábění, 3D tisk

Abstract

This master thesis deals with the design of technological preparation of production and product manufacturing together with the design of a model company established in the premises of the LAPROCO business process management laboratory. This model enterprise is intended to support the teaching of the Bachelor's degree programme in Process Management. The analysis describes the laboratory including its equipment and the curriculum and its content. The design part then deals with the outline of the model enterprise and its activities.

Key words

Training centre, laboratory, model company, production, TPV, business processes, train, drawing documentation, CNC machining, 3D printing

Bibliografická citace

ČERMÁKOVÁ, Lucie. *Příprava výroby modelového podniku*. Brno, 2024. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/159369>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Pavel Juřica.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a zpracovala jsem ji samostatně.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná, že jsem ve své práci neporušila autorská práva (ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Brně dne . dubna 2024

.....

podpis studenta

Poděkování

Tímto bych ráda poděkovala vedoucímu mé diplomové práce Ing. et Ing. Pavlovi Juřicovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při zpracování mé závěrečné práce. Dále bych ráda poděkovala paní Ing. Zdeňce Videcké, Ph.D, která je pilířem celého projektu a také týmu ze společnosti OR systémy skládajícího se z p. Stanislava Nislera, p. Jana Nislera a p. Tomáše Lepše, jež nás podpořili procesně a programově.

Velké poděkování patří mému tátovi, Jiřímu Čermákovi, který zásadně přispěl k realizaci obou prototypování v rámci modelového podniku. Dále pak Tomášovi Nečasovi, Alešovi Plockovi a Rostislavovi Soukupovi, jejichž ochota a součinnost přispěly ke zlepšení úrovně vzdělávání v oblasti výrobních předmětů na naší fakultě.

Další poděkování patří kolegům Ing. Markovi Machovcovi, Ing. et Ing. Kláře Černouškové, kteří se podíleli na různých oblastech tvorby modelového podniku za čas strávený konzultacemi a za jejich práci, jež je příspěvkem pro sjednocení celkového kontextu modelového podniku.

V neposlední řadě chci poděkovat mé rodině a mému příteli za podporu po celou dobu studia.

OBSAH

OBSAH.....	5
ÚVOD.....	9
CÍL PRÁCE	10
1 Teoretická východiska práce	11
1.1 Produktový a provozní management	11
1.1.1 Produktový management	11
1.1.2 Provozní management	11
1.2 Faktory ovlivňující provozní management	12
1.2.1 Produktivita	12
1.2.2 Kvalita	12
1.2.3 Termíny, flexibilita, bezpečnost a odpovědnost podniku.....	13
1.3 Typ a členění výroby	14
1.4 Řízení zásob.....	14
1.5 Systém plánování materiálových požadavků výroby	15
1.5.1 Plánování materiálových požadavků výroby – MRP	16
1.6 Princip tahu a tlaku	17
1.7 Rozvrhování výroby	17
1.8 Strategie řízení výroby	18
1.9 Výrobní systémy	19
1.10 Procesní management	19
1.10.1 Modely.....	20
1.10.2 Identifikace procesů pomocí procesních map	20
1.10.3 Modelování a nové formování procesů	21
1.11 Technické podklady pro výrobu produktu.....	22
1.12 Norma	22

1.13	Standardní normativy operativního řízení výroby	23
1.13.1	Výrobní dávky	23
1.13.2	Stanovení zásob rozpracované výroby	23
1.13.3	Průběžná doba výroby produktu.....	25
1.14	Technická příprava výroby	25
1.14.1	Konstrukční příprava výroby.....	25
1.15	MES	25
2	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	26
2.1	Laboratoř řízení podnikových procesů LAPROCO.....	26
2.1.1	Vybavení laboratoře	26
2.1.2	Hardwarové vybavení.....	26
2.1.3	Softwarové vybavení	33
2.2	Propojení HW a SW vybavení.....	37
2.3	Studijní program Procesní management	38
2.3.1	Profil absolventa	38
2.3.2	Předměty vyučované v rámci Procesního managementu	39
2.4	Případové studie.....	42
2.5	Nedostatky organizace výuky vybraných předmětů.....	43
3	NÁVRHOVÁ ČÁST	44
3.1	Modelový podnik.....	44
3.1.1	Výrobek	44
3.1.2	Organizační struktura	45
3.1.3	Procesy v podniku	46
3.2	První prototypování výrobku	50
3.2.1	Výroba lokomotivy.....	51
3.2.2	Výroba cisterny s ventily.....	59
3.2.3	Výroba koleček.....	63

3.2.4	Barvení dílců	63
3.2.5	Kompletace.....	64
3.2.6	Přípravky pro výrobu.....	66
3.3	Závěry prvního prototypování	69
3.4	Řešení nedostatků prvního prototypování	70
3.4.1	Problém nedotáčivosti koleček.....	70
3.4.2	Střecha lokomotivy.....	73
3.4.3	Sloupky lokomotivy	73
3.4.4	Rozebíratelnost vláčku a uvolňování válců cisterny a lokomotivy	74
3.4.5	Spojení provázku	75
3.5	Druhé prototypování výrobku.....	76
3.5.1	Výroba 3D dílců	77
3.5.2	Frézování dílců	78
3.5.3	Barvení dílců	84
3.6	Aktualizované kusovníky	85
3.8	Aktualizovaný postup kompletace.....	87
3.9	Vyhodnocení přínosů.....	89
Závěr		90
SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY		91
SEZNAM OBRÁZKŮ.....		96
SEZNAM TABULEK		98
PŘÍLOHY		100

ÚVOD

Tato diplomová práce se soustředí na návrh modelového podniku v prostředí tréninkového centra, jež bude sloužit jako podpora pro výuku různých předmětů na Fakultě podnikatelské pro výuku bakalářského programu Procesní management a ve vedlejší míře i pro magisterský program Strategický rozvoj podniku.

První kapitola této diplomové práce se zaměřuje na teoretická východiska týkající se procesního řízení, procesních map a technickou přípravu výroby. Procesní mapy jsou klíčovým nástrojem procesního řízení, který umožňuje vizualizaci a dokumentaci jednotlivých kroků procesu. Technická příprava výroby představuje klíčový proces v rámci výrobního prostředí, který má za cíl zajistit efektivní a bezproblémový průběh výrobního procesu. Cílem této kapitoly je poskytnout čtenáři pevný teoretický základ a porozumění klíčovým konceptům a metodám souvisejícím s procesním řízením, které budou dále aplikovány v praktické části této diplomové práce.

V druhé kapitole bude provedena analýza laboratoře řízení podnikových procesů LAPROCO. Ta se bude zabývat podmínkami laboratoře včetně jejího vybavení, a to jak softwarového, tak i hardwarového. Dále bude provedena analýza studijního programu Procesní management, pro který je laboratoř základem výuky. Budou nastíněny klíčové předměty tohoto programu a jejich obsahová náplň. Důraz bude také kladen na to, jak se tyto předměty vyučují, resp. jaké jsou prostředky k osvojení teorie jednotlivých předmětů pro studenty.

V návrhové části této práce jsou představeny klíčové prvky modelového podniku, včetně navrženého výrobku, organizační struktury a procesů v podniku. Dále je popsán průběh prvního prototypování výrobku, který zahrnuje výrobu jednotlivých komponent lokomotivy, cisterny s ventily, koleček a jejich kompletaci. Následuje závěry a řešení nedostatků prvního prototypování, které zahrnují identifikované problémy a navrhovaná řešení. Poté je popsáno druhé prototypování výrobku, včetně procesu výroby 3D dílců a frézování. Konečně jsou prezentovány aktualizované kusovníky, výkresová dokumentace a postup kompletace.

CÍL PRÁCE

Cílem diplomové práce je návrh modelového podniku včetně základních procesů, jež v podniku probíhají. Dále pak technické přípravy výroby, kterou se bude daný modelový podnik zabývat. To vše musí být aplikovatelné v rámci laboratoře řízení podnikových procesů na Fakultě podnikatelské Vysokého učení technického v Brně.

Využití modelového podniku najdou zejména studenti, jež absolvují bakalářský studijní program Procesní management, a to konkrétně v předmětu Organizace přípravy výroby. Návrh zahrnuje také prototypování výrobku modelového podniku a aspekty s tím související.

Díličmi cíli je tedy analyzovat studijní program a jeho předměty a způsoby výuky, následně pak samotnou laboratoř včetně vybavení a na základě těchto vstupů pak navrhnout modelový podnik a procesy, jež v něm probíhají. To by mělo být podkladem pro zpracování TPV k výrobě, kterou se bude podnik zabývat.

1 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

1.1 Produktový a provozní management

Dnešní management je obsáhlou disciplínou, jež zahrnuje všechny úrovně řízení každé organizace. Do tohoto řízení zahrnujeme jak řízení strategické, taktické, tak i to operativní. Žádná z těchto úrovní není samostatnou jednotkou, tedy navzájem se prolínají a vytváří organizační celek. (4)

1.1.1 Produktový management

Výrobek nebo služba je základem, jež je základním pilířem každého podniku včetně veřejné správy. Jde o jakýsi střed podnikatelských subjektů, od kterého se odráží celá ekonomická situace podniku, která zahrnuje například tržby, cash flow nebo zisk. Tyto ukazatele ekonomické prosperity pak mají hlubší význam, jež ukazuje například zdroje pro výplatu mezd nebo reprodukci provozu v podobě nákupu materiálů a energií.

Produktový management shromažďuje činnosti, jež se přímo vztahují k produktu a produktovému portfoliu daného podniku, a to v rámci všech fází životního cyklu produktu. (4)

1.1.2 Provozní management

Oproti managementu produktovému ten provozní představuje řídicí aktivity. Cílem těchto aktivit je pak zabezpečit plynulý průběh realizace produktu při ohledu na jeho kvalitativní a hospodárnou stránku. Zároveň však tyto aktivity respektují nastavené legislativní rámce, v oblasti bezpečnosti, požární ochrany nebo enviromentálních požadavků.

Tyto provozní aktivity pak nejčastěji dělíme do následujících čtyř skupin:

- vstupy: tedy suroviny, materiály a polotovary, energie;
- hmotné prostředky, ty zahrnují zejména strojové vybavení, nástroje nebo přípravky;
- provozní personál;
- know-how, systémy řízení nebo data a interní informace. (4)

1.2 Faktory ovlivňující provozní management

1.2.1 Produktivita

Produktivita je mnohdy chápána jako ukazatel co možná nejlepšího zhodnocení vynaložených zdrojů. Jde o logický ukazatel, jenž je ale fiktivní. Jeho základem je poměření dosaženého užitku (ten se obvykle měří přidanou hodnotou) ke zdrojům, jež byly vynaloženy na jeho dosažení.

Nejčastěji skloňovaným druhem produktivity je pak produktivita práce, ta ukazuje produktivitu pouze jednoho z provozních zdrojů, kterým je pracovní síla. Tuto produktivitu lze vyjádřit peněžně jako odvedený výkon (oceněný vnitropodnikovou cenou) nebo poměrem k mzdovým nákladům vykonavatele.

Produktivita práce má však smysl pouze při napojení na přímou manuální práci, význam tento pojem ztrácí například při dohledu pracovníka nad strojem. (4)

1.2.2 Kvalita

Z empirického hlediska lze kvalitu rozlišit do tří dimenzí.

Prvním z nich jsou kvalitativní parametry produktu, ty se týkají konkrétních funkčních parametrů a požadavků na produkt. Jde zejména o charakteristiky, jež přímo souvisí se spolehlivostí a životností produktu. Stranou však nemohou zůstat například ani estetické vlastnosti produktu.

Další kvalitativní dimenzí bezvadnost výrobku. V dnešní době je to aspekt, jež se u kusových produktů doslova očekává. Co se týče hromadných dodávek, tam se vadnost výrobku připouští v řádu jednotek PPM (per milion) respektive DPMO (defects per milion opportunities – počet vad na milion příležitostí k vadě).

Posledním aspektem je pak stabilita kvality. V tomto případě tedy jde o očekávání zákazníků, že každý výstup z podnikové provozní činnosti bude mít totožnou úroveň bezvadnosti i požadovaných kvalitativních parametrů. Tedy ať si zákazník koupí výrobek, který z linky odejde jako první, dvacátý nebo tisící, vždy bude dle očekávání stejný. (4)

1.2.3 Termíny, flexibilita, bezpečnost a odpovědnost podniku

V obchodních vztazích se podniky snaží o přesné držení svých dohodnutých termínů a často je zmiňováno heslo „pomalost zabíjí“. Termíny jsou v dnešní době obrovskou možností pro konkurenční výhodu.

Flexibilita je velmi žádoucí a zahrnuje například pružnost, pohotovost nebo přizpůsobivost reakci na různé podněty. Jedná se například o nenadálé situace v rámci provozní činnosti podniku ale i v rámci tržního seskupení.

Provoz podniku s sebou nese různá rizika v mnoha oblastech. Rizika bychom neměli ignorovat a zlehčovat. Naopak je žádoucí rizika mapovat, identifikovat a předcházet jim. Rizika mohou mít mnoho podob, může se jednat o rizika provozní, jež mohou mít ekonomický dopad. Dále pak o rizika spojená s požárem nebo přírodními anomáliemi. Dalším druhem jsou praktická rizika, jež mají přímou návaznost na úrazy a nemoc z povolání.

Všechna tato rizika by měla být identifikována a měl by na ně být připraven krizový scénář.

Odpovědnost za podnik a dopady jeho provozní činnosti je dnes stále častěji diskutované téma. Je několik oblastí, za které by měla nést firma odpovědnost a podílet se na zmírnění negativních dopadů její činnosti. Příkladem může být odpovědnost k životnímu prostředí. Dnes již není pochyb, že není provozní činnost, jež by neměla větší či menší negativní dopad na životní prostředí. A to ať už se jedná o emise z dopravy, odpady výrobních podniků nebo vlivu na oteplování. V dnešní době jsou tyto dopady ve vyspělých zemích regulovány zejména legislativně. Podnik ale nemá odpovědnost jen k životnímu prostředí, ale také ručí za to, že přijímá rizika spojená se svým produktem. Produkty mohou být méně (židle) či více nebezpečné (automobil, pouťové atrakce nebo léky) a s tímto vědomím bylo ve vyspělých zemích vytyčeno několik kroků, které mají za úkol ochránit spotřebitele a pomocí regulovaných oblastí a bezpečnostních oblastí zajistit, aby na trh přicházely co možná nejméně rizikové výrobky. V neposlední řadě mluvíme o firemní odpovědnosti společenské, jež zahrnuje například odpovědnost k zaměstnancům, placení daní nebo vyhnutí se podvodnému jednání nebo falšování ekonomických výsledků. (4)

1.3 Typ a členění výroby

V základu dělíme výrobu podle počtu vyráběných druhů produktů a opakovatelnosti výroby na:

- a) Hromadná výroba – výroba velkého množství jednoho nebo několika málo druhů produktu. Tato výroba je ustálená a zahrnuje i pojem druhové výroby, kdy podnik vyrábí více variant jednoho hromadně vyráběného výrobku – například výroba piva.
- b) Sériová výroba – zde můžeme zahrnout například výrobu domácích elektrických spotřebičů, výroba jednotlivých druhů se opakuje v tzv. sériích, tyto série se pak podle rozsahu dělí na malo-, středně – a velkosériovou výrobu.
- c) Kusová výroba – sem zahrnujeme například výrobu turbín nebo stavební výrobu. Vyrábí se jeden výrobek nebo jeho omezené množství a průběh výroby se opakuje velmi nepravidelně nebo vůbec. Ke kusové výrobě řadíme i výrobu zakázkovou, například práci sklenářů nebo krejčích.

Typ výroby ovlivňuje jak vybavenost výrobním zařízením (jednoúčelové stroje a univerzální stroje), tak i požadavky na kvalifikaci pracovní síly.

Výrobu lze členit na plynulou, ta má nejčastěji původ v ekonomických nebo technologických důvodech, například rafinérie ropy nebo výroba surového železa. Druhé členění je výroba přerušovaná, kdy je technologicky i ekonomicky možné výrobu přerušit a pokračovat později. (4)

Výrobu lze dělit i dle plynulosti, a to na:

- a) plynulou – probíhá neustále po celý rok a zastavení probíhá pouze ve výjimečných situacích;
- b) přerušovanou – probíhá nejčastěji v pracovních dnech a předem stanovené pracovní době. (45)

1.4 Řízení zásob

Řízení zásob je disciplínou, jež se zabývá tím, kolik, kdy a čeho v procesů výroby dále objednávat a posílat. Podniky mají ve svém držení v jednu chvíli stovky druhů různorodých výrobků, které dále spotřebovávají pro své další fungování. Jedná se o

výrobky počínaje kancelářskými potřebami, přes šrouby, strojové zařízení až po různé druhy vozíků, stavebních strojů nebo třeba kotlů. Skladují ale také nábytek, koberce, nádobí a podle svého zaměření i další různé zásoby, například obchod s oblečením různé druhy ošacení a doplňků, nemocnice skladují stovky druhů léčivých prostředků nebo chirurgických nástrojů. Supermarkety pak například čerstvé ovoce nebo pečivo. A všichni mají ty stejné požadavky – chtějí, aby bylo vše ve správném množství, ve správné kvalitě a v ten pravý čas. *Bez čekání, snadno dostupné a levné.*

Po celou dobu řízení zásob se kontinuálně snažíme zdokonalovat:

- Princip tahu – vyrábět bez zásob. Cílem je spojovat všechny procesy s předchozími a následnými.
- Jak jen to je možné vyrábět a přepravovat předměty po kusech nebo v rámci malých dávek tak, aby byl celý zpracovatelský tok plynulý.
- Stanovit časový interval pro spojení rychlosti práce v jednotlivých procesech s rychlostí prodeje na trhu (jedná se o tzv. dobu taktu).
- Rovnoměrně bez zbytečných zásob dělit výrobu různých druhů předmětu v rámci dnů či týdnů. Rovnoměrně přidělovat práci a optimálně využívat dostupné zdroje.

(2)

V rámci řízení zásob dělíme zásoby následovně:

- a) suroviny a nakupované dílce;
- b) nedokončená výroba nebo přepravované zboží;
- c) hotové výrobky (maloobchodní prodej);
- d) náhradní díly, nástroje a poddodávky. (2)

1.5 Systém plánování materiálových požadavků výroby

Souhrnně lze říct, že výrobní plánování má za cíl dosažení stanovené hodnoty hospodárnosti a rychlosti i kvality produkce. Jedná se o střednědobé plánování, jež zahrnuje časový interval plánu zhruba 2 měsíce až 1 kalendářní rok. Cílem tohoto plánování pak není, aby byly sledované jednotlivé výrobky, ale výroba celkově jako celek. Bezprostředním výstupem tohoto plánování je pak hlavní plán výroby. (2)

Hlavní plán výroby

Tento plán určuje, jaké položky jsou vyráběny, kdy mají být dokončeny a v jakém množství. Požadavky na tento plán vznikají na základě požadavků od zákazníků nebo předpovědí poptávky. Poptávka se předpovídá na základě externí potřeby nebo sezónních odchylek. Tento plán pak vyvolává požadavky na změny, tedy snížení nebo zvýšení skladových zásob. (2)

Tento systém plánování je ovlivňován několika vlivy, první z nich je vliv marketingový, ten přímo souvisí s poptávkou, kterou můžeme do určité míry regulovat. Vlivy na agregátní poptávkou mohou mít například pružné ceny (jiné v rámci týdne nebo po sezóně), nebo diferencovaná podpora prodeje (časování apod.).

Dalším vlivem je pak využití výrobních kapacit, sem zahrnujeme například množství nevyužitých práce, práce na zkrácenou dobu, velikost zásob nebo množství kooperací. (2)

1.5.1 Plánování materiálových požadavků výroby – MRP

Systém MRP (Material requirements planning) je systém pro řízení zakázek a slouží k rozvržení potřebných zásob pro chod výroby.

MRP odpovídá na 3 základní otázky, a to:

- Co je potřeba?
- Kolik je toho potřeba?
- Kdy to potřebujeme?

Pro zodpovězení těchto otázek je zapotřebí několik vstupů, které jsou pro MRP klíčové. Prvním z nich je plán materiálových požadavků. Jedná se o výčet všech použitých materiálů a surovin, jež později výrobek tvoří.

Druhým vstupem pro materiálové plánování je hlavní plán výroby, jedná se v podstatě o rozvrh, který určuje, které výrobky jsou požadovány, v jakém množství a kdy.

Posledním vstupem, který je klíčový pro materiálové plánování jsou stavy zásob, důležitý je rozsah skladovaných zásob ale i informace o dané materiálové položce v čase. (2)

Fungování MRP

Systém MRP je v případě, že je správně používán a data jsou pravidelně doplňována, schopen podávat informace o tom, co se ve výrobě děje a za kolik. Fungování systému pak souvisí například s rozpisem plánu, jež sleduje tok rozepsaných příkazů, s plánovanou zásobou materiálu a v neposlední řadě s identifikací finální položky, jež vyvolává materiálové požadavky pro jednotlivé skladované položky. (2)

1.6 Princip tahu a tlaku

Princip PULL neboli tahu spočívá v tom, že omezuje, jaké množství rozpracované, tedy nedokončené výroby může systémem probíhat. Naopak PUSH systém, tedy systém tlaku nijak množství této výroby v oběhu neomezuje. (7)

PUSH systém materiál „tlačí“ do výroby s ohledem na to, aby byly využity veškeré dostupné zdroje, naopak při principu PULL vyrábíme jen tolik, kolik je nutné a kolik „táhne“ trh a zákazník. (5)

Princip

Dnes jsou již intervence státu do poptávky trhu velmi mírné, podniky tedy vyrábí takřka jen pro zákazníky, jež si na trhu sám získá, funguje tedy na vlastní účet a tempo výroby udává poptávka.

Co se tahu a tlaku týká, dnešní podniky se potýkají zejména s překážkami, jako jsou:

- organizační nedostatky a poruchy výrobního toku. Může se jednat o nekvalitně vykonanou operaci nebo vadný materiál.
- Omezení týkající se přestaveb strojů a jinými prostoji snižujícími výrobní kapacitu.
- Závady strojů. (2)

1.7 Rozvrhování výroby

Rozvrhování výroby má za cíl stanovit přesný časový plán v podobě harmonogramu, jež ukazuje užití dostupných výrobních zdrojů. Tohle rozvržení se netýká pouze výrobních podniků, v případě nemocnic můžeme rozvržení vidět v postupném přijímání pacientů a následné realizaci operací. S tím souvisí rozvržení obsazenosti operačních sálů, práce chirurgů a obslužného personálu.

Rozvržení hromadné výroby patří mezi jednodušší disciplíny, hromadná výroba totiž díky svým specifikacím bývá technicky nejvyspělejší a patří mezi ekonomicky nejrentabilnější. S rozvrhováním souvisí projektování výrobních linek, které mnohdy jednoduché série synchronizovaných pracovních úkonů.

Rozvrhování sérií se obdobně jako u hromadné výroby zaměřuje na co nejvíce standardizované výstupy. Při výrobě sérií a jejím rozvrhování musíme brát zřetel na to, že při strojním využití vznikají prostoje způsobené přechodem z jednoho výrobku na druhý. Sériová výroba tedy probíhá přerušovaně, ačkoliv stále ve velkých dávkách.

Rozvrhování kusové výroby ovlivňuje spousta faktorů, vzhledem k tomu, že jde o výrobu malého rozsahu dle požadavků zákazníka, rozhodují o výrobním pořadí například operační časy, potřebný materiál i doba seřízení stroje. Jde o nejnáročnější disciplínu, a to zejména z toho důvodu, že výrobní situace v podniku se neustále mění. (2)

1.8 Strategie řízení výroby

Každá společnost si stanovuje strategii, jež zahrnuje různé oblasti, jako je výzkum a vývoj, marketing, finance a výroba. Rozhodování o tom, zda vyrábět nebo nakupovat součástky, je komplexní proces, jež se odvíjí od mnoha faktorů, včetně nákladů a kvality. Výrobní strategie také zahrnuje spolupráci s dodavateli a zákazníky, včetně kooperace a specializace ve výrobě. (5)

Make to stock (MTS) – jedná se o výrobu na sklad, ta je vhodná pro standardní výrobky s předvídatelnou poptávkou. Je ideální pro sériovou výrobu s mnoha typy výrobků a umožňuje rychlé reakce na poptávku zákazníků. Tento přístup umožňuje plánovanou a plynulou výrobu ve velkých objemech, což přináší úspory nákladů.

Make to order (MTO) – jedná se o výrobu na zakázku, ta umožňuje přizpůsobení dodávek výrobků na základě požadavků zákazníků. Řízení výroby je orientováno podle objednávek zákazníka, nákup materiálu je ale založen na prognózách. Tento přístup je časově náročnější a dražší než výroba na sklad. Je důležité, aby byl zajištěn dostatečný počet objednávek pro hospodárnost podniku.

Make to assembly (MTA) – jedná se o typ výroby montáže na zakázku, ta kombinuje standardní díly s individuálními požadavky zákazníků. Tento typ výroby spojuje prvky výroby na sklad a výroby na zakázku a je často využíván v automobilovém průmyslu. (1)

1.9 Výrobní systémy

Funkce a obsah managementu výrobního systému jako vždy vázány na to, jaká je typologie podniku, do které má být implementován. Co však pojí podniky nehledě na jejich podnikatelskou činnost jsou ekonomické cíle, které určují základní cíle a nástroje managementu výrobních procesů. Ty jsou tedy v podnikovém výrobním systému implementovány společně.

Cíle výrobního systému v podniku a důvody implementace jsou věcné, hodnotové a humánní. Věcné cíle sledují zhotovení produktů, výrobků nebo potřebných služeb. Hodnotové cíle pak řeší naplnění ekonomických výsledků. Humánní cíle se týkají průběhu výrobního procesu zajistit naplnění cílů v oblasti společenských a humánních snah. (5)

Informační systémy neustále pomáhají podnikům sbírat, zpracovávat a vyhodnocovat data, poskytovat lepší informace pro řízení a organizaci procesů a zajišťují bezpečný chod podniku. (47)

1.10 Procesní management

Procesní řízení vystupuje jako varianta k tradičnímu pojetí řízení z 90. let 20. století. První pojetí procesů v rámci publikace o reengineeringu má své uplatnění dodnes, jde o soubor činností, jež vyžaduje jeden nebo více druhů vstupů, ty pak tvoří výstup, jež má pro zákazníka hodnotu. Procesní pohled na fungování organizací se pak promítá v mnoha ohledech do manažerských aktivit, které zahrnují například změny organizačních struktur podniku, activity based costing nebo kvalitativní přístup Six Sigma. (4)

„Proces (firemní proces, business proces) je tok vzájemně propojených činností, které na sebe vzájemně navazují a tvoří nějaký výstup, produkt – výrobek nebo službu.“ (51)

Proces je definován jako transformace vstupů na výstupy prostřednictvím soustavy vzájemně propojených činností. Každý proces má určený začátek a konec a obvykle se skládá z opakujících se činností. (46)

Proces je také definován jako série vzájemně propojených činností, které transformují vstupy na výstupy, přičemž vytvářejí hodnotu pro zákazníka. (48)

Procesy, jež v podniku probíhají můžeme dělit do tří základních skupin, a jsou to:

- 1) Procesy pro podnik klíčové neboli hlavní – přinášejí hlavní přínos zákazníkovi, vždy odpovídají hlavnímu zaměření organizace. Pro výrobní organizaci jsou hlavními procesy procesy hlavní. Cílem těchto procesů je pak již zmíněná tvorba hodnoty a následné přinesení této hodnoty zákazníkovi. Jedná se tedy o celkový proces od mapování požadavků a preferencí zákazníků až po dodání produktu nebo provedení služby.
- 2) Procesy řídicí – úkolem těchto procesů je podnik korigovat a směřovat podnik pomocí dlouhodobých strategií, vizí a misí. Zahrnuje i finanční a operativní řízení společnosti. Velkou součástí řídicích procesů je plánování, musí však zahrnovat například i risk management neboli řízení možných nastalých rizik.
- 3) Podpůrné procesy – jsou důležité pro chod organizace, avšak přináší menší přidanou hodnotu výstupům podniku, a to skrze podporu a služby. Mezi tyto podpůrné procesy řadíme například činnost IT oddělení řízení lidských zdrojů nebo služby údržby. (3)

1.10.1 Modely

Modelování procesního systému organizace probíhá třemi základními druhy popisů. Prvním z nich je globální model systému procesů, který postihuje celkový kontext procesního systému. Popisuje jejich celkovou existenci a jednotlivé vzájemné vztahy. Model obsahuje základní popisnou tabulku, jež popisuje základní atributy jako cíl, produkt nebo startovací událost.

Druhým je pak model průběhu procesu, ten na rozdíl od globálního modelu, popisuje dynamickou stránku jednoho jediného procesu. Smyslem tohoto modelu je tak postihnout logiku postupu jeho jednotlivých činností. (3)

Procesní model je zjednodušeným zobrazením skutečného podnikového procesu, který reflektuje perspektivu tvůrce a zahrnuje pouze klíčové prvky na základě jeho subjektivního úhlu pohledu. Různé zúčastněné strany mohou vyžadovat odlišné abstrakce procesů podle svých potřeb a perspektiv. (49)

1.10.2 Identifikace procesů pomocí procesních map

Máme-li procesy v podniku jakýmkoliv způsobem řídit nebo korigovat, musíme je mít přesně zmapované. Realizace procesů s sebou nese posloupnost činností, které musí

být přesně načasované a jejich průběh má přesně danou následnost. Pokud se jedná o již existující subjekt, na který plánujeme užít procesní přístup, pak je zapotřebí tyto existující činnosti a jejich posloupnost zmapovat a identifikovat. Východiskem tohoto mapování jsou pak mapy procesů.

Tyto procesní mapy mají podstatu jednoduchého grafického schématu zobrazujícího návaznost jednotlivých procesů a činností, které zahrnují. Hned na první pohled je patrné, jaké jsou klíčové procesy a jaké jsou mezi těmito procesy vazby. Co se týče těchto klíčových procesů, obecně je dobré dbát na to, abychom se drželi opravdu jen klíčových procesů. Pokud budeme identifikovat velké množství klíčových procesů, které jsou méně podstatné, je to pro procesní mapu velmi kontraproduktivní, zvyšuje se složitost schématu bez další přidané hodnoty. Je tedy dobré si procesy ucelit do klíčových logických celků. Je také potřebné, aby podnik realizovat zejména ty aktivity, jež jsou pro fungování podniku nutné (činnost nákupní, vývojová a výrobní). (4)

Systém procesního řízení BPMS

Pro ztvárnění podnikových modelů nebo simulací procesů existuje celá řada nástrojů. Ty mohou být rozděleny V systému procesního řízení na nástroje simulační, aplikace BPM, nástroje monitorování podnikových procesů, jazyky BP, nástroje procesního modelování nebo nástroje workflow. (5)

1.10.3 Modelování a nové formování procesů

Cílem tohoto kroku je vyhodnocení procesů v podniku a pochopení opodstatněnosti jednotlivých aktivit. V souvislosti s tímto pojmem se často užívá termín *napřímení procesů*.

K tomu nám mohou pomoci zejména dva přístupy:

- a) První způsob získání odpovědi je zodpovězení otázek – „Proč to vůbec děláme?“ nebo „Pomůže to zákazníkům a chtějí to zákazníci právě takhle?“
- b) Druhou variantou je pak procesní pohled na přidanou hodnotu. V tomto případě je dobré si ujasnit, jak daná činnost přináší hodnotu pro zákazníka nebo jaký je přírůstek užítka v návaznosti na náklady vynaložené k jeho dosažení.

Zlepšování těchto procesů je dlouhodobý proces a pro jeho realizaci musí být procesy ustáleny. Obvykle se v tomto dlouhodobém horizontu podnik zaměřuje na z hospodárnění svých procesů, na zkvalitnění výstupů nebo zkracování termínů pro realizaci procesů. (4)

1.11 Technické podklady pro výrobu produktu

Pro výsledný produkt je nejdůležitější tzv. „magický trojúhelník“, do kterého řadíme čas, náklady a jakost. Tyto faktory je třeba ovládnout, a proto je třeba, abychom si uvědomili, že ve výrobě nemusí platit zažité korelace, jako například to, že růst jakosti produktu musí zákonitě souviset i s růstem nákladů. Pokud máme dostatečně propracovaný systém kontroly výroby, můžeme včasné zachycovat chyby ve výrobcích, což nám může náklady výrazně zvýšit.

Jestliže chceme snížit čas výroby, musíme změnit sériový způsob výroby na způsob paralelní. Pro něj je typické předmětné uspořádání výroby, v něm se překračují hranice oddělení a výrobek, systémy a technologie výroby se vyvíjí paralelně.

K výraznému zkvalitnění procesů je důležitá interakce jednotlivých oddělení, a to zejména mezi konstruováním, projektováním a tvorbou výrobní technologie. V praxi jsou návrhy konstrukce řešeny s oddělením technologie a výrobními inženýry, tedy výrobek v důsledku splňuje funkčnost, racionální technologii a výrobní aspekty, do kterých řadíme například uspořádání výroby.

Ke snižování nákladů přispívá i dědičnost v konstruování a skupinové technologie. Výsledkem je přebírání existujících a funkčních postupů a produktů. Zahrnujeme do toho již vytvořené speciální nástroje, přípravky nebo periferní zařízení strojů. (5)

1.12 Norma

Jedná se o časově neměnný a závazný znak, předpis nebo nařízení činností ve výrobě a jejich kombinace. Tvorba norem je v základu dělena na tři základní metody výpočtu.

- a) Metody propočtově analytické – jedná se o teoretický propočet normy v návaznosti na úplnou podrobnou dokumentaci výrobku.
- b) Metody zkušební – norma je stanovena na základě konkrétního měření spotřeby v průběhu procesu za podmínek laboratoře nebo procesu.
- c) Metody porovnávací – probíhá na základě matematické transformace norem. (5)

1.13 Standardní normativy operativního řízení výroby

Cílem těchto normativů je stanovení optimální kombinace průběhu výrobního procesu. Důležité je proces sjednotit a stabilizovat, a to vše za daných technickoekonomických podmínek.

Do normativů operativního řízení výroby řadíme:

- výrobní dávky,
- zásoby rozpracované výroby,
- výrobní kapacity,
- průběžné doby výroby.

1.13.1 Výrobní dávky

Stanovení velikosti výrobní dávky spočívá v definici množství výrobků (součástí a dílů, jež jsou do výroby zadávány a z výroby odváděny a jejich zpracování probíhá v těsném časovém sledu nebo současně na určitém pracovišti a s jednorázovým vynaložením nákladů. Jedná se o jednotku evidence v rámci operativní evidence výroby. Tedy materiál je vydáván na dávku celkově, jako celek je i v průběhu výroby odváděn na mezisklad nebo na sklad hotových výrobků. Velikost dávky může být konstantní celé období nebo může být proměnlivá.

Výrobní dávky mají podniky tendenci zvyšovat, a to zejména z důvodu snižování fixních nákladů, zvyšování produktivity práce nebo zjednodušení operativního řízení. (5)

1.13.2 Stanovení zásob rozpracované výroby

Objem rozpracované výroby, kterou by měl podnik držet, je vázán na množství polotovarů, dílů, montážních celků, nedokončených výrobků a dní, po které musí být tyto prostředky vázány na příslušné pracoviště, podnik nebo jiný provoz.

Musí být uplatněna zásada, jež říká, že výše zásob a oběžného majetku musí být optimální a musí být co nejlépe využit. Je třeba znát vlastní náklady na celou roční výrobu, a to rozděleně pro jednotlivé výrobky nebo jejich skupiny. (5)

1.13.2.1 Výrobní kapacita

Jedná se o maximální objem produkce, jež může daná výrobní jednotka vyprodukovat za určité období. Kapacitou definujeme tedy možný výstup zařízení neboli možnost výroby. V tomto případě se však jedná o ideál produkční funkce. V praxi se určuje tzv. praktická kapacita, jež počítá s určitými přestávkami.

Kapacita výrobní jednotky je závislá na mnoha činitelích, jež závisí především na době činnosti strojů, organizaci práce a výroby, technické úrovni strojů a výrobního zařízení a kvalifikaci pracovníků. Tyto vlivy se překrývají a některé z nich je velice obtížné vyčíslit.

Výkon jednotlivých zařízení je uvažován jako maximální výrobnost za danou časovou jednotku. Obvykle se udává za jednu hodinu, počítá při produkci za normované jakosti a přesném dodržení technologického postupu. (5)

Časový fond výrobního zařízení

Jedná se o plánovaný počet časových jednotek za rok (nejčastěji dny nebo hodiny). Odvíjí se od specifik jednotlivých odvětví a oborů průmyslu (například nepřetržitost procesů).

Efektivní využitelný časový fond F_{ef}

Je čas pracoviště, jež je využitelný pro výrobu. Lze jej vypočítat vícero způsoby, nejčastější výpočet je však následující:

$$F_{ef} = d \times h \times \sigma \times g \left(1 - \frac{z}{100}\right)$$

kde:

d – počet pracovních dnů v roce

h – počet pracovních hodin za jednu směnu

σ – směnnost

g – počet vzájemně zaměnitelných pracovišť

z – % nevyhnutelných časových ztrát (plánované prostoje z nominálního časového fondu)

(5)

1.13.3 Průběžná doba výroby produktu

Krátká průběžná doba výroby znamená na dnešním trhu velkou konkurenční výhodu. Podnik je pak schopen dát zákazníkovi požadované výrobky rychleji než konkurenční firma. V případě výrobní dávky se jedná o dobu, jež výrobní dávka potřebuje od svého vstupu do výrobního procesu do okamžiku dokončení daného procesu a postupu na vyšší technologickou nebo montážní operaci. Celková průběžná doba pak vyjadřuje součet doby technické, doby manipulační a doby klidu. (5)

1.14 Technická příprava výroby

Technická příprava výroby (TPV) se zabývá technickými, ekonomickými a organizačními aspekty přípravy výroby. Cílem TPV je vytvoření efektivní řešení pro výrobek a technologii výroby, které odpovídají požadavkům trhu, cílům podniku a dostupným kapacitám a technologiím. Zaměření TPV jsou jak nové, tak i úprava stávajících výrobků. Součástí TPV jsou dokumenty nutné pro kalkulaci nákladů, stanovení cen výrobků, výpočet mzdových nákladů, plánování pracovních sil a jejich rozložení v rámci výrobního procesu a další. (1)

1.14.1 Konstrukční příprava výroby

Konstrukční příprava výroby spočívá ve vývoji a návrhu výrobku, zahrnující kroky nutné při inovaci nebo změně produktu. Pro zahájení tohoto procesu je nezbytné shromáždit dostatečné informace a stanovit cíle TPV. Konstrukční příprava probíhá v několika etapách, které umožňují lepší sledování a kontrolu procesu. Nejdříve je nutné vypracování úvodního návrhu nebo technického projektu. Dále pak vytvoření konstrukčního řešení a ověření prototypu. V poslední řadě je nutná spolupráce s inženýry během technologické části technické přípravy výroby. (1)

1.15 MES

Manufacturing Execution System (MES) je systém pro řízení a sledování výrobních procesů za účelem zvýšení efektivity výroby. Jedná se o systém, jež je schopen pracovat a odhalovat výrobní problémy v reálném čase. Sbírá a sleduje data a jednotlivé kroky výrobního procesu. (44)

2 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Analytická část se bude zabývat prostředím, jež je vytvořeno v prostorách laboratoře a jeho využitím. Popsáno bude jak hardwarové, tak i softwarové vybavení této laboratoře. Vzhledem k využití pak bude popsán studijní program Procesní management, pro jehož výuku byla laboratoř navržena, budou popsány jednotlivé předměty, které jsou důležité pro profil absolventa. Z této analýzy pak dostaneme závěr pro pochopení návazností předmětů s využitím laboratoře LAPROCO a vydefinujeme potřeby a omezení pro budoucí modelový podnik. Z těchto výstupů tedy vzniknou závěry pro zhotovení části návrhové.

2.1 Laboratoř řízení podnikových procesů LAPROCO

Laboratoř řízení podnikových procesů neboli LAPROCO je umístěna v budově Fakulty Podnikatelské Vysokého učení technického v Brně. Jedná se o mustr, ve kterém vzniká modelový podnik, jež má být mustrem pro výuku, a to zejména pro bakalářský obor Procesní management. Využití ale najdou i v navazujícím magisterském programu Strategický rozvoj podniku. Laboratoř slouží ke vzdělávání studentů v oblasti operativního řízení podnikových procesů na operativní úrovni. Studenti se zde mohou věnovat v seberozvoji i mimo výuku. Jedná se zejména o podporu předmětů, jež bude popsána v následujících kapitolách. (8)

2.1.1 Vybavení laboratoře

Laboratoř LAPROCO je vybavena různým hardwarovým i softwarovým vybavením, jež má napomoci k demonstrování podnikového prostředí a aktivit s ním souvisejících. Jedná se zejména o aktivity a procesy čistě výrobní, kontrolní ale například i procesy spojené s technologií podpory řízení.

2.1.2 Hardwarové vybavení

Mezi hardwarové vybavení řadíme zejména vybavení stroji a zařízeními pro výrobu a následnou kontrolu výrobků.

CNC frézka EMCO Concept Mill55

Mezi nejvýznamnější vybavení laboratoře řadíme CNC frézovací centrum EMCO Mill 55, jež je navrženo jako výkonné a přesné stolové CNC frézovací centrum, jež nabízí široké možnosti obrábění a je vhodné pro různé vzdělávací aplikace, je kompaktní a hodí se tedy i do menších dílen nebo laboratoří. Využívá řídicí systémy Simumeric, Heidenhein. Frézka disponuje třemi hlavními osami, a navíc má čtvrtou, volitelnou. Jako nevýhodu tohoto frézovacího zařízení lze uvést absenci chlazení. (21)



Obrázek 1: CNC frézka EMCO Concept Mill55 (Zdroj: 30)

3D tiskárna – Stratasys Fortus F170

Stratasys Fortus F170 je specializovaná 3D tiskárna navržená pro profesionální využití, zaměřená na výrobu plastových prototypů a funkčních dílů s vysokou kvalitou. Stratasys Fortus F170 využívá technologii Fused Deposition Modeling (FDM), která spočívá v postupném nanášení roztaveného plastového materiálu na tiskovou plochu vrstva po vrstvě. Tato inovativní metoda umožňuje vytváření pevných a odolných prototypů a dílů s vysokou přesností. Má velký stavební objem, což umožňuje tisknout velké díly nebo více menších dílů současně. To zvyšuje efektivitu tisku a umožňuje rychlejší vytváření prototypů a dílů. Stratasys Fortus F170 je kompatibilní s různými materiály, jako je ABS, ASA, PC-ABS, PC, PETG a dalšími, což poskytuje možnost vytvářet díly s širokým spektrem fyzikálních vlastností, včetně odolnosti a tepelné stability. (31)



Obrázek 2: 3D tiskárna – Stratasys Fortus F170 (Zdroj: 32)

3D tiskárna Original Prusa i3 MK3S+

Prusa i3 MK3S+ je pokročilá 3D tiskárna, kterou vyvinula a vyrábí firma Prusa Research. Jedná se o zdokonalenou verzi předchozího modelu MK3S, která poskytuje mnoho nových funkcí pro vytváření kvalitních 3D tisků. Prusa i3 MK3S+ umožňuje tisk s různými materiály, jako je PLA, ABS, PETG, nylon a dalšími, což uživatelům umožňuje vytvářet díly s různými charakteristikami, včetně pevnosti, pružnosti a odolnosti vůči teple. Prusa i3 MK3S+ obsahuje vyhřívané podloží (heatbed), které zlepšuje přilnavost tisknutých vrstev k podkladu. To je zejména klíčové při tisku materiálů jako je ABS, které potřebují vyšší teplotu podloží pro správné přilnutí. (33)



Obrázek 3: 3D tiskárna Original Prusa i3 MK3S+ (Zdroj: 33)

Kolaborativní robot Universal robots UR3

Kolaborativní robot UR3 je jeden z robotů produktové škály společnosti Universal Robots, který je navržen ke spolupráci s lidskými operátory v průmyslovém prostředí. UR3 je určený pro úkoly v omezených prostorech a manipulaci s menšími předměty, maximální váha, kterou může manipulovat, činí 3 kg a maximální náprah ramene je 500 mm. Jeho možná rotace je 360 stupňů. UR3 je snadno přenosný a adaptabilní díky své kompaktní velikosti a lehkému designu, což umožňuje jednoduché přesouvání a přizpůsobení se novým úkolům. (23)

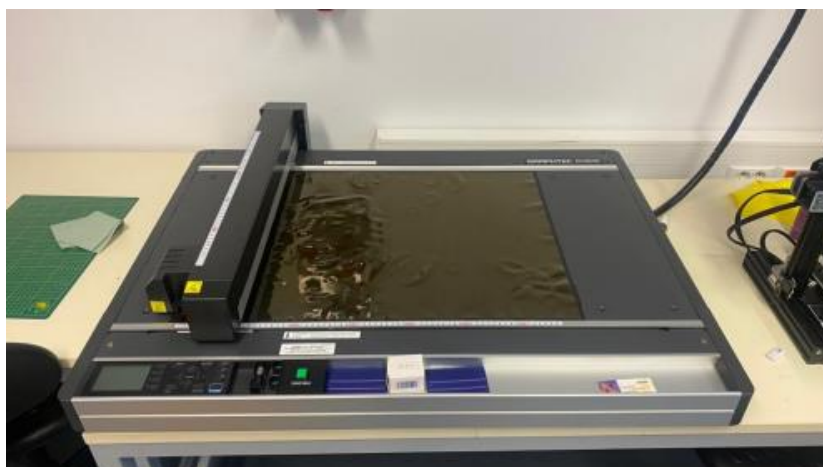


Obrázek 4: Kolaborativní robot Universal robots UR3 (Zdroj: 23)

Řezací plotr Graphtec FCX4500-50

FCX4500-50 je specializované profesionální zařízení navržené pro precizní a efektivní řezání široké škály materiálů, jako jsou samolepící fólie, vinyl, textil a další.

Díky pracovní ploše s maximální šířkou 508 mm je možné řezat široké role materiálu nebo provádět více řezů současně na menších dílech. Díky těmto rozměrům je plotr vhodný pro mnoho aplikací, jako je výroba nálepek, označení, textilních transferů a grafických aplikací. Tento faktor ho činí optimálním vybavením pro reklamní a grafická studia, výrobce textilních výrobků, výrobu nálepek a další specializované obory. (24)



Obrázek 5: Řezací plotr Graphtec FCX4500-50 (Zdroj: 28)

2.1.2.1 Kontrolní technika

Digitální váha Kern CPB 6K0.1N

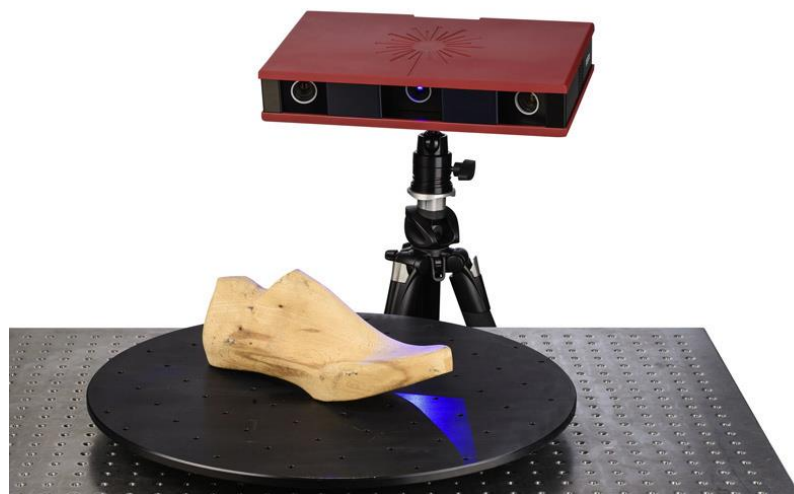
Jedná se o precizní vážicí zařízení navržené pro měření hmotnosti menších předmětů s vysokou přesností. Svou kapacitou až 6 kilogramů s možností měření na desetiny gramu je schopná rozpoznat i nejmenší změny v hmotnosti. Tato vysoká přesnost je využitelná při vážení exaktních složek v laboratořích, lékárnách a potravinářském průmyslu. Lze také odpočítávat hmotnosti nádoby, ve které se vážená položka nachází anebo naprogramovat cílený počet kusů. (25)



Obrázek 6: Digitální váha Kern CPB 6K0.1N (Zdroj: 28)

3D skener ATOS Core 300 Professional Line

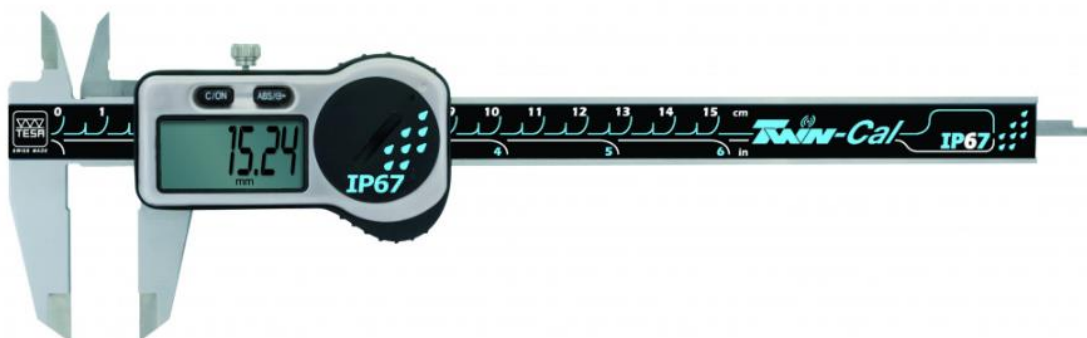
Jedná se o pokročilé zařízení určené k rychlému a přesnému získávání 3D dat z fyzických objektů. K získání těchto dat využívá optickou technologii snímání založenou na principu projekce strukturovaného světla. Tento systém emituje strukturované světelné vzory na povrch objektu a následně zachycuje deformaci těchto vzorů pomocí jedné nebo více kamer. Tato technologie umožňuje velmi přesné a detailní skenování povrchů, včetně složitých geometrií. Přesnost měření je bývá obvykle v řádu jen několika setin až tisícín milimetru, to je ideální predispozice pro aplikace vyžadující velmi přesné 3D modely. (22)



Obrázek 7: 3D skener ATOS Core 300 Professional Line (Zdroj: 27)

Digitální posuvné měřítko TESA TWIN-CAL IP67

TESA TWIN-CAL IP67 je kalibrátor, který spojuje přesné měření vnitřních a vnějších průměrů s certifikací IP67, což zajišťuje jeho odolnost proti vodě a prachu, je tedy ideálním nástrojem pro průmyslové aplikace. Díky své jednoduchosti ovládání je vhodný i pro uživatele bez technických znalostí nebo zkušeností s podobnými zařízeními. Jeho rozsah měření je 0-150 mm. Lze také odesílat naměřené hodnoty do počítače přes TLC port (přes kabel nebo bezdrátově). (26)



Obrázek 8: Digitální posuvné měřítko TESA TWIN-CAL IP67 (Zdroj: 26)

Součástí vybavení laboratoře jsou terminály pro výrobní systém MES. Nachází se zde stacionární terminály ve formě all-in-one počítačů Colormetrics P1000 s 15“

dotykovou obrazovkou, doplněné o čtečky RFID čipů a čárových kódů. Pro plné využití těchto terminálů je k dispozici také tiskárna výrobních štítků. Mezi další vybavení laboratoře pak patří senzor Kinect pro snímání pohybu a brýle pro virtuální realitu.

2.1.3 Softwarové vybavení

V laboratoři se nachází mnoho softwarového vybavení, na němž si mohou studenti vyzkoušet například řízení podnikových procesů ale i konstruování samotných výrobků. Jedná se o programy ERP, CRM, MES, PLM a BPMS. Jednotlivé oblasti jsou vysvětleny v následujících kapitolách.

2.1.3.1 ERP systém

ERP (Enterprise resource planning) systém je sofistikovaný software, který slouží k řízení a automatizaci klíčových podnikových procesů. ERP systémy poskytují transparentní pohled na celý podnikový proces sledováním aspektů výroby, logistiky a financí. Tyto systémy slouží jako centrální místo pro komplexní pracovní postupy a data organizace, což usnadňuje přístup k informacím napříč různými odděleními. Pomáhá zvýšit efektivitu využívání zdrojů a optimalizuje pracovní postupy, to vede k lepší kontrole a přehledu o činnostech organizace. ERP systém také podporuje lepší spolupráci mezi odděleními prostřednictvím sdílení dat a procesů. (34)

OR-SYSTEM Open

Laboratoř je vybavená pokročilým ERP systémem OR-SYSTEM Open, který poskytuje komplexní řízení podnikových procesů a integrované řešení pro efektivní správu vztahů se zákazníky, nákupy, výrobou a dalšími klíčovými oblastmi podnikání.

OR-SYSTEM je předním českým ERP řešením pro podnikové informační systémy, nabízí širokou škálu modulů, jež lze přizpůsobit jedinečným procesům a potřebám každé organizace. OR-SYSTEM Open je plně integrovaný a rozšiřitelný ERP systém určený pro střední a velké výrobní podniky.

OR-SYSTEM Open zahrnuje funkce, které podporují všechny procesy a potřeby organizace, od obchodníků a technologů až po účetní. Obsahuje konfiguratory pro automatizaci a vytváření chytré továrny, včetně cenotvorby, TPV(Technologická příprava výroby), nabídek, kapacit, plánu výroby, jakosti a sledovatelnosti. Dále

poskytuje APS (Advanced Planning and Scheduling) pro řízení kapacit výroby a zdrojů podle požadavků obchodu. Kromě toho zahrnuje CRM a servisní moduly, které pomáhají zlepšovat vztahy a péči o klienty a výrobky. (35)



Obrázek 9: Logo OR-SYSTEM Open (Zdroj: 35)

2.1.3.2 CRM systém

V rámci OR-SYSTÉM Open program nabízí širokou škálu modulů pro efektivní řízení vztahů se zákazníky (CRM), včetně mobilní aplikace pro obchodníky, které zahrnují procesy jako poptávky, objednávky, fakturaci a řízení úkolů pro konstrukční oddělení. Dále obsahuje moduly pro procesy nákupu, včetně návrhů potřeb, požadavků, dodavatelských objednávek a skladových pohybů, a také moduly pro technické postupy a kalkulace. Systém efektivně řídí výrobu s plánováním, dávkováním a automatickými výdeji. Kromě toho spravuje finanční účetnictví, majetek, docházku, lidské zdroje, mzdy a automatizované pracovní postupy pro schvalování dokumentů. (36)

2.1.3.3 Systém MES

Laboratoř je vybavena pokročilým MES systémem PHARIS, který umožňuje efektivní řízení výrobních procesů a kontinuální sledování výroby v reálném čase.

Systém MES PHARIS umožňuje řízení výroby a průběžné monitorování výrobních procesů v reálném čase, sledování stopovatelnosti výroby, sběr technologických dat a vyhodnocení těchto dat prostřednictvím klíčových ukazatelů výkonnosti (KPI) a OEE (Overall Equipment Effectiveness). Systém podporuje řízení výroby, digitalizaci a optimalizaci procesů a zvyšuje efektivitu výrobních operací v souladu s principy průmyslu 4.0.

MES PHARIS pokrývá všechny aspekty řízení výroby od počátečního vystavení výrobního příkazu přes provádění výrobních operací až po uvolnění a skladování

výrobku. Zajišťuje neustálé sledování a řízení výrobních procesů v reálném čase a sběr dat z různých technologických zařízení, jako jsou CNC stroje, montážní linky apod. (37)



Obrázek 10: Systém MES Pharis Logo (Zdroj: 37)

2.1.3.4 Systém BPMS

Enterprise Architect Ultimate Edition

Enterprise Architect Ultimate je určen pro modelování, plánování a správu rozsáhlých softwarových a informačních systémů. Poskytuje uživatelům širokou škálu nástrojů pro vytváření a správu modelů v oblastech jako obchodní analýza, softwarové inženýrství a systémová architektura. (42)



Obrázek 11: Logo Enterprise Architect (Zdroj: 42)

2.1.3.5 Systémy PLM

Teamcenter

Dalším softwarem v laboratoři je systém Teamcenter vyvinutá společností Siemens Digital Industries Software, která poskytuje komplexní řešení pro správu životního cyklu výrobků (PLM). Toto řešení umožňuje firmám plánovat, vyvíjet a dodávat inovativní výrobky efektivněji a efektivněji.

V rámci Teamcenter lze také využít tzv. digitální dvojče. Využití digitálního dvojčete umožňuje propojení a optimalizaci procesů v různých oblastech, včetně návrhu, systémů, softwaru, simulací a vizualizace.

Digitální dvojčata umožňují provádět simulace a testování různých scénářů, což vede k efektivnějšímu návrhu, lepšímu porozumění chování produktů a procesů a zlepšení celkového výkonu a kvality. Tímto způsobem je možné dosáhnout rychlejšího vývoje

produktů a procesů a minimalizovat riziko chyb a nedostatků již v raných fázích vývoje. (38)

Tecnomatix Plant Simulation

Software Tecnomatix s modulem Plant Simulation je digitální platformou pro výrobu, jež umožňuje digitalizaci a optimalizaci výrobních procesů. Poskytuje prostředky k digitalizaci celého výrobního procesu bez ohledu na odvětví, v němž podnik působí.

Pomáhá modelovat, simulovat, vizualizovat a analyzovat výrobní systémy a logistické procesy za účelem optimalizace toku materiálu a využití zdrojů pro všechny úrovně plánování podniku.

Tato technologie umožňuje firmám navrhovat a ověřovat nové výrobní postupy v virtuálním prostředí před jejich reálným nasazením. Tím je možné identifikovat potenciální problémy a nedostatky bez nutnosti provádět drahé testování v reálném provozu. **Modul Process Simulate** se používá k simulaci ergonomie pracoviště, a to jak pro pracoviště obsluhovaná lidskou pracovní silou, tak pro automatizovaná pracoviště s využitím robotiky. (39)

Solidworks premium

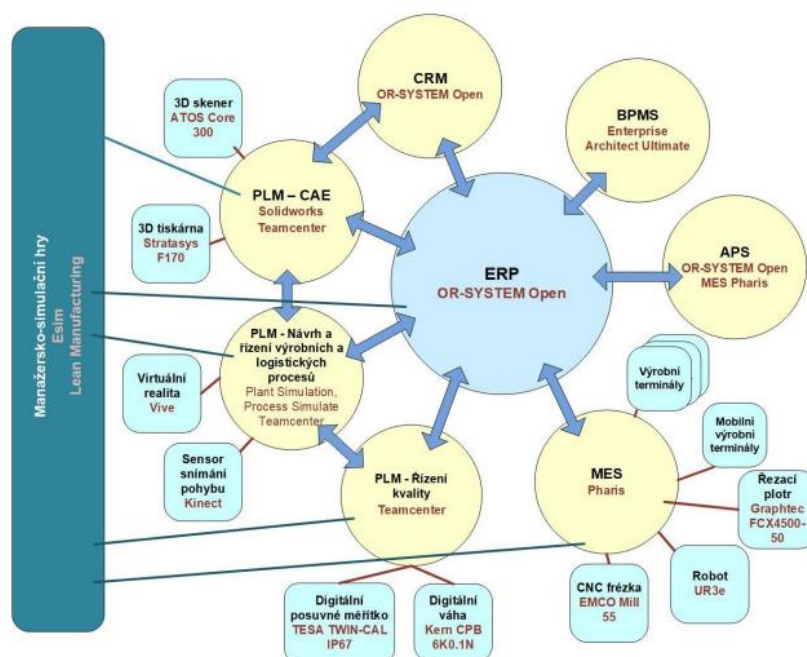
Nejvyšší úroveň 3D CAD softwaru SOLIDWORKS přináší inovativní přístup do konstrukční práce tím, že umožňuje ověřit, zda navržené součásti jsou dimenzovány tak, aby vydržely očekávané zatížení. Výhody efektivního návrhu výrobku, ověření spolehlivosti ve fázi návrhu, produktivní tvorba potrubních a kabelových tras, detailní simulace a analýza pohybu, a rychlý odhad nákladů na cenu zařízení jsou klíčové výhody 3D CAD systému SOLIDWORKS premium. (40)

Toto komplexní 3D řešení nabízí široké spektrum nástrojů pro navrhování tras potrubí, hadic, elektrických kabeláží a klimatizace, včetně možnosti provádět lineární statickou a pohybovou simulaci. Je vhodné pro vývoj a návrh výrobků s funkcemi pro simulaci a ověření, výpočet nákladů, kontrolu výrobitelnosti, CAM obrábění, technickou dokumentaci a cloudové služby pro správu konstrukčních dat. Jeho uživatelsky přívětivé a výkonné funkce přispívají k urychlení vývoje, snížení nákladů a zlepšení celkové kvality výrobků. (41)

Ostatní software

- **MS Project** – umožňuje uživatelům plánovat, spouštět, sledovat a analyzovat projekty v různých oblastech.
- **MS VISIO** – diagramovací software, který umožňuje uživatelům vytvářet různé typy diagramů, včetně organizačních diagramů nebo toků procesů.
- **GOM Inspect** – GOM Inspect je softwarový nástroj vyvinutý společností GOM, který slouží k analýze a vyhodnocování dat z 3D skenování a měření.
- **VMWare** – je známý jako poskytovatel virtualizačních technologií pro správu virtuálních serverů, desktopů a cloudových prostředí.

2.2 Propojení HW a SW vybavení



Obrázek 12: Propojení HW a SW vybavení (Zdroj: 43)

Pro propojení procesů v laboratoři je klíčová integrace ERP systému, v tomto případě jde o ERP OR-SYSTÉM Open. OR-systém open bude také využíván jako nástroj pro výuku, zejména pro případové studie při různých předmětech, přičemž data zůstanou konzistentní. Tato integrace přispěje k propojení učiva s reálnými podnikovými procesy.

V rámci nastavení procesů v oblasti prodeje a marketingu bude použit CRM systém, který umožňuje plánování a realizaci marketingových kampaní a uchovávání tržních

informací. Tento CRM systém je součástí ERP systému OR-systém open, což usnadňuje správu a integraci obchodních procesů.

Oblast PLM začíná návrhem, kdy klíčový návrh konstrukce bude probíhat pomocí softwaru SOLIDWORKS PREMIUM. Pro realizaci je pak použita 3D tiskárna a frézovací centrum. Co se týče kontrolních mechanismů, kontrola může probíhat pomocí 3D skeneru. Fyzická kontrola pak může probíhat pomocí digitální váhy a digitálního měřidla.

V rámci výroby a logistiky je laboratoř vybavena programem Tecnomatix, zde se nabízí využití senzoru snímání pohybu, a to za pomoci modulu Plant Simulation. Pro výrobní kapacitní plánování lze využít výrobní systém MES Pharis.

Všechny procesy jsou zaštitěny procesní mapou, pro jejichž tvorbu se nabízí Enterprise Architect Ultimate Edition. Tato propojení jsou klíčová při vytváření případových studií, které studentům mají pomoci se seznámením se s podnikovým prostředím.

2.3 Studijní program Procesní management

Program studia Procesního managementu klade důraz na pochopení jednotlivých aspektů výrobního podniku a propojení těchto teoretických aspektů s praxí, jež je klíčová pro uplatnění absolventů na trhu práce. Propojení s praxí ale probíhá i v rámci různých spoluprací s podniky, exkurzí a přednášek externistů z výrobních podniků jako například OR-CZ, ABB, Škoda Auto nebo Bosch. (9)

2.3.1 Profil absolventa

Absolventi studijního programu Procesní management mají obecný přehled a znalosti pro řízení podnikových procesů, a to s ohledem na tvorbu zákaznické hodnoty. Absolventi jsou schopni operativně řídit proces výroby v malých a středních podnicích, a to hned ve dvou možných odvětvích. Studenti si během studia vybírají oblast zájmu ze zaměření na strojírenství nebo elektrotechniky. Profil absolventa zahrnuje také znalosti v oblasti digitalizace a Průmyslu 4.0. Jsou vybaveni jazykovými schopnostmi, a zvládnou pochopit a explicitně vyjádřit vazby v různých oblastech podniku, a to v rámci techniky, technologie, projektového řízení a marketingových a komunikačních dovedností. Po

spojení teoretických aspektů s praxí bude absolvent schopen pracovat jako odborný pracovník, jako projektový a produktový manažer nebo jako manažer v oblasti výroby a logistiky. (9)

2.3.2 Předměty vyučované v rámci Procesního managementu

Bakalářský studijní program Procesní management je rozdělen do 6 semestrů. Spektrum těchto 6 semestrů se dělí do předmětů teoretických, kam patří například matematika, statistika nebo základy ekonomie, povinných, zde řadíme například informační technologie nebo marketing. Dalším typem předmětu jsou povinně volitelné typu A (zde probíhá volba studenta mezi oblastí strojírenství nebo elektrotechnikou) a typu B (účetnictví nebo kvantitativní metody). Studenti si dále mohou volit i předměty volitelné, jejichž volba je čistě na studentovi a není u nich povinnost zápisu. (9)

Vzhledem k zaměření laboratoře se dále budu věnovat pouze předmětům, pro které je v první fázi spolupráce s laboratoří klíčová.

Tabulka 1: Přehled klíčových předmětů vyučovaných v rámci Procesního managementu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadové číslo semestru	Název předmětu
2	Konstruování s využitím IT
3	Organizace přípravy výroby Procesní management
4	Operativní management výroby Marketing
5	Logistics Obchod a podpora prodeje Podnikové systémy
6	Management zásob Řízení kvality

Konstruování s využitím IT

Jedná se o předmět, jež vyučuje použití moderních technologií a softwarů a propojuje jej s návrhem a vývojem nových produktů. Zabývá se využitím CAE (Computer-Aided Engineering), CAD (Computer-Aided Design) a CAM (Computer-Aided Manufacturing)

systemů. V rámci výuky probíhá seznámení se s postupem návrhu a konstrukce výrobku. Konkrétně se vyučuje v softwaru SOLIDWORKS Premium. Studenti jsou po absolvování schopni porozumět základním technickým dokumentacím a výkresům. Časově se jedná o dotaci 5 cvičení, tedy 10 hodin konstruování jednoduchých součástí. (10)

Organizace přípravy výroby

Tento předmět se zabývá přípravou a plánováním výroby produktů a definuje aktivity a procesy, jež jsou k jeho dosažení zapotřebí, jedná se například o rozbor a definici výrobních požadavků, plánování celkového procesu výroby nebo nákupu materiálů a komponentů. Po absolvování získá student potřebné znalosti i ve fázi předvýrobní, mezi další získané dovednosti patří například normy a metody měření práce a výkonnosti. Časová dotace jsou 4 cvičení, tedy 8 hodin. (11)

Procesní management

Procesní management se zabývá modelováním, analýzou a potřebnou optimalizací podnikových procesů. Absolvent je schopen zmapovat procesy v podniku v návaznosti na organizační strukturu podniku. Softwarově zaštitěno je mapování podnikových procesů v programech Enterprise Architect a ARIS Architect. Paralelně probíhá také případová studie, jež provází celý semestr studenty všemi fázemi projektu. Časová dotace je 13 cvičení, tedy 26 hodin. (12)

Operativní management výroby

Operativní management výroby obohacuje studenty o znalosti přístupů řízení výrobního procesu s ohledem na vývoj. Součástí jsou i znalosti v oblasti řídicích systémů výroby. Nové přístupy také zahrnují digitalizaci, tedy výuka probíhá i v oblasti systémů MES (Manufacturing Execution System) a ERP (enterprise resource planning). Absolventi jsou schopni plánovat pomocí normativní základny, definovat výrobní kapacity a průběžné doby výroby. Časová dotace jsou 4 cvičení, tedy 8 hodin. (13)

Marketing

Marketing se zabývá výbavou absolventa v oblasti, jež je v dnešní době pro úspěch podniku na trhu, klíčová. Absolvent je obeznámen s významem marketingu v podniku a dokáže definovat spotřebitele a jeho nákupní zvyklosti a potřeby. Jedno cvičení je

vyhrazeno pro práci s CRM (customer relationship management) zahrnutý v ERP systému OR-SYSTÉM Open. Časová dotace je 13 cvičení, tedy 26 hodin. (14)

Logistics

Tento předmět nabízí studentům znalosti v oblasti řízení materiálových toků v podniku. Jeho cílem je předat vědomosti z oblasti nastavení logistických procesů a postupů, plánování cen a přeprav. V tomto předmětu se také využívá část laboratoře pro simulaci lean výrobní linky, kdy si studenti procvičují několik logistických přístupů a nastavení a princip řízení výroby za pomoci linky na skládání aut. Časová dotace je 6 cvičení, tedy 12 hodin. (15)

Podnikové systémy

Cílem tohoto předmětu je tvorba, plánování a implementace podnikových systémů, a to v rámci životního cyklu celého podniku. Cílem je seznámit studenty s aktuálními podnikovými systémy, které napomáhají podnikové digitalizaci výroby. Jde o ukázkou toho, jak se podnik pomocí těchto systémů řídí a jaký mají pro podnikové procesy přínos. Absolvent umí specifikovat požadavky na informační systém podniku a zvládne analyzovat, navrhnout a implementovat tento systém do podniku. Cvičení probíhají v laboratoři a časová dotace je 13 cvičení, tedy 26 hodin výuky. (16)

Obchod a podpora prodeje

Tento předmět zahrnuje obchod a činnosti, jež se na něj vážou. Jde o pochopení návazností v této oblasti a zahrnuje celé spektrum procesů od nákupu a prodeje až po řízení zásob, zajištění dopravy a průzkum trhu. Časová dotace je 13 cvičení, tedy 26 hodin. (17)

Management zásob

V tomto předmětu jde o plánování materiálu, které zahrnuje plánování pro proces výroby, a to na základě normativního podkladu pro odhad spotřeby a pro hladký průběh zakázek podnikem. Pro lepší pochopení je důležitá i znalost členění zásob nebo znalost strategií, jimiž se zásoby řídí. Součástí je i založení položek zásob v ERP systému OR-SYSTÉM Open. Časová dotace je 10 cvičení, tedy 20 hodin. (18)

Řízení kvality

Poslední klíčový předmět pro laboratoř řízení podnikových procesů LAPROCO vyučovaný v rámci bakalářského studijního programu Procesní management je předmět

Řízení kvality. Ten se zabývá řízením procesů kvality v oblasti průmyslu. Seznamuje studenty se základními systémy řízení jakosti dle norem ISO řady 9000, TQM (Total Quality Management) a EFQM (European Foundation for Quality Management). Časový rámec předmětu je 5 cvičení, tedy 10 hodin. (19)

2.4 Případové studie

Výroba šipek – DARTS-CZ

V rámci předmětu Podnikových systémů je pro demonstraci mapování podnikových procesů vypracována případová studie výroby šipek společností DARTS-CZ. Tato případová studie probíhá v rámci Enterprise Architect. Cílem je přiblížit studentům reálnou situaci před zavedením informačního systému. Výsledkem tohoto modelování je pak vytvoření procesních map, jež poskytují celkový pohled na procesy, které v podniku probíhají. Součástí této práce je také ukázka detailní analýzy modelu jednoho vybraného procesu, včetně jeho optimalizace.

Výroba budíku – OR-SYSTEM

Tato případová studie se zabývá seznámením se s prací v OR-SYSTEMu Open. V zadání lze nalézt informace, jež se týkají zakázek, kusovníků a technologických postupech. V první části jde o sestavení kusovníku. Následně musí studenti vyřešit zákaznické objednávky a zorientovat se v zásobách a jejich pohybu. Výstupem je pak na základě zákaznických zásob a pohybu na skladě vypočítat, jaký je konečný stav zásob jednotlivých skladovacích jednotkách.

Kladka – TPV2000+

Zadání je vytvoření cenové nabídky na 500 ks. Nejdříve se za pomoci vhodného grafického systému zpracuje strukturovaný kusovník. Do něj se zakreslí finální výrobek, sestava, dílce a použitý materiál. Do modulu konstruktér se následně nahrají vyráběné položky. V této případové studii si studenti vyzkouší práci s programem TPV2000+, konkrétně s kusovníkem, zadáváním vyráběných a nakupovaných položek a technologických postupů.

2.5 Nedostatky organizace výuky vybraných předmětů

Jako nejvýznamnější nedostatek případových studií napříč vzdělávacím systémem Procesní management je jejich nejednotnost. Každý předmět má svojí případovou studii, a neexistuje propojení mezi jednotlivými studiemi tak, aby si studenti byli schopni dát všechny jejich aspekty do souvislosti a tím mohli lépe pochopit podnikové prostředí a veškeré návaznosti v něm. Sjednocení případových studií by vedlo ke snížení zmatečnosti studentů.

Na tento problém se váže i to, že z mnoha druhů nesourodých případových studií jsou informační systémy doslova zahlceny kvanty dat, jež nemají ucelený smysl a zbytečně zatěžují informační prostředí. Jednotná data k jedné případové studii by mohla vést k ušetření tohoto prostoru a k zřehlednění a propojení celkové výuky.

Jako další nevýhodu subjektivně vidím to, že jediná případová studie, ve které si student spojí proces výroby s fyzickými aktivitami výroby je případová studie Kladka TPV2000+. Ale i co se týče této kladky, jsou k dispozici pouze dva výukové kusy, které nepokryjí potřebu výuky.

3 NÁVRHOVÁ ČÁST

Tato část se bude zabývat konkrétním řešením pro rozvoj a sjednocení výuky jednotlivých předmětů do jednoho modelového podniku, na jehož základě se poté budou stavět případové studie, které pomohou studentům s pochopením probírané látky.

3.1 Modelový podnik

Modelový podnik je součástí sjednocení výuky předmětů pro obor Procesního managementu. Návrh by měl obsahově pokrýt co největší možnou škálu předmětů vyučovaných na tomto studijním programu a zároveň by měl být co nejvíce navázaný na prostředí laboratoře řízení podnikových procesů LAPROCO, jež se nachází na Fakultě podnikatelské v Brně.

Cílem je využít co možná nejvíce vybavení, jež laboratoř poskytuje, a to jak softwarové, tak i hardwarové. Pro komplexní návrh výuky a využití návrhu ve výuce je nutné definovat si několik aspektů modelového podniku. Student tedy projde celým podnikovým procesem od chvíle, kdy je přijata zakázka přes výrobu a podpůrné procesy v podniku, až po expedici finálního výrobku, kdy dojde k úplnému propojení vyučované teorie s podnikovou praxí.

3.1.1 Výrobek

Pro modelový podnik byl zvolen jako výrobek malý reklamní vláček s možností konfigurace loga, jež se bude v prostředí laboratoře vyrábět a bude sloužit k pochopení podnikových návazností a zejména seznámí studenty s fyzickým procesem výroby jako takové.



Obrázek 13: Navrhovaný výrobek modelového podniku (Zdroj: 50)

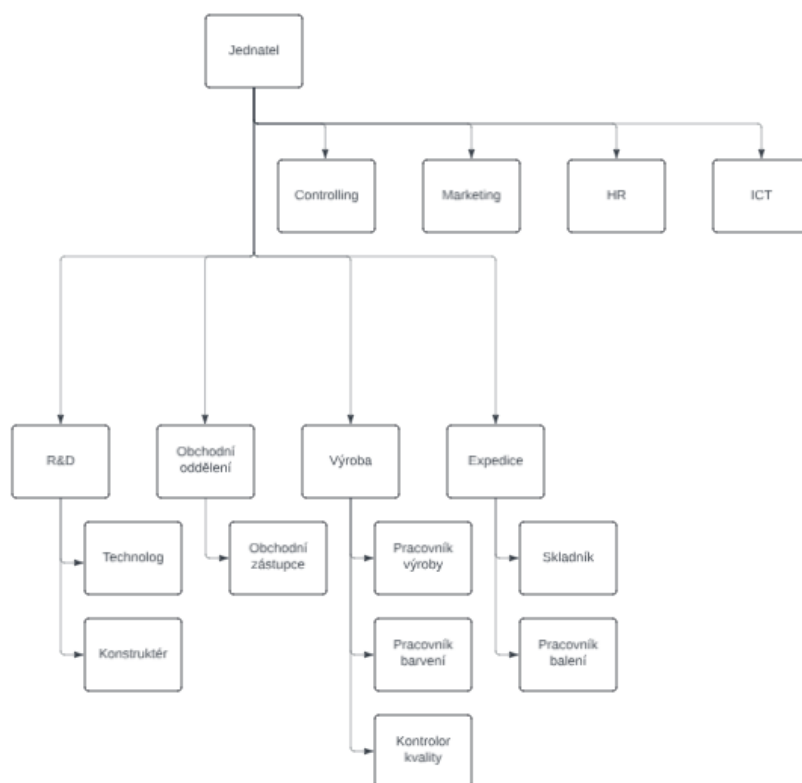
3.1.2 Organizační struktura

Dalším důležitým aspektem, jež je třeba definovat pro chod modelového podniku je organizační struktura, na které bude podnik stavět. Tato struktura jasně ukazuje, jaká je podniková hierarchie. Hlavní rozhodovací orgán je jednatel, jenž je na vrcholu organizační struktury. Pod v pravé části jsou oblasti, jež jsou pro chod podniku důležité ale nevytváří přímo přidanou hodnotu produktu. V těchto oblastech se v budoucích letech čeká rozšíření podniku a těchto jednotlivých činností.

Pro tuto závěrečnou práci jsou nejdůležitější funkční jednotky organizační struktury, jež jsou uvedeny v dolní části. Konkrétně oblast výroby.

Pod obchodní oddělení spadá podnikový obchodní zástupce, expedice zahrnuje skladníka a pracovníka balení. Nedílnou součástí R&D je pak technolog a konstruktér.

Nejzásadnější pro TPV je oblast výroby, pod kterou spadá pracovník výroby, pracovník barvení a kontrolor kvality.



Obrázek 14: Organizační struktura modelového podniku (Zdroj: Vlastní zpracování dle 29 a 50)

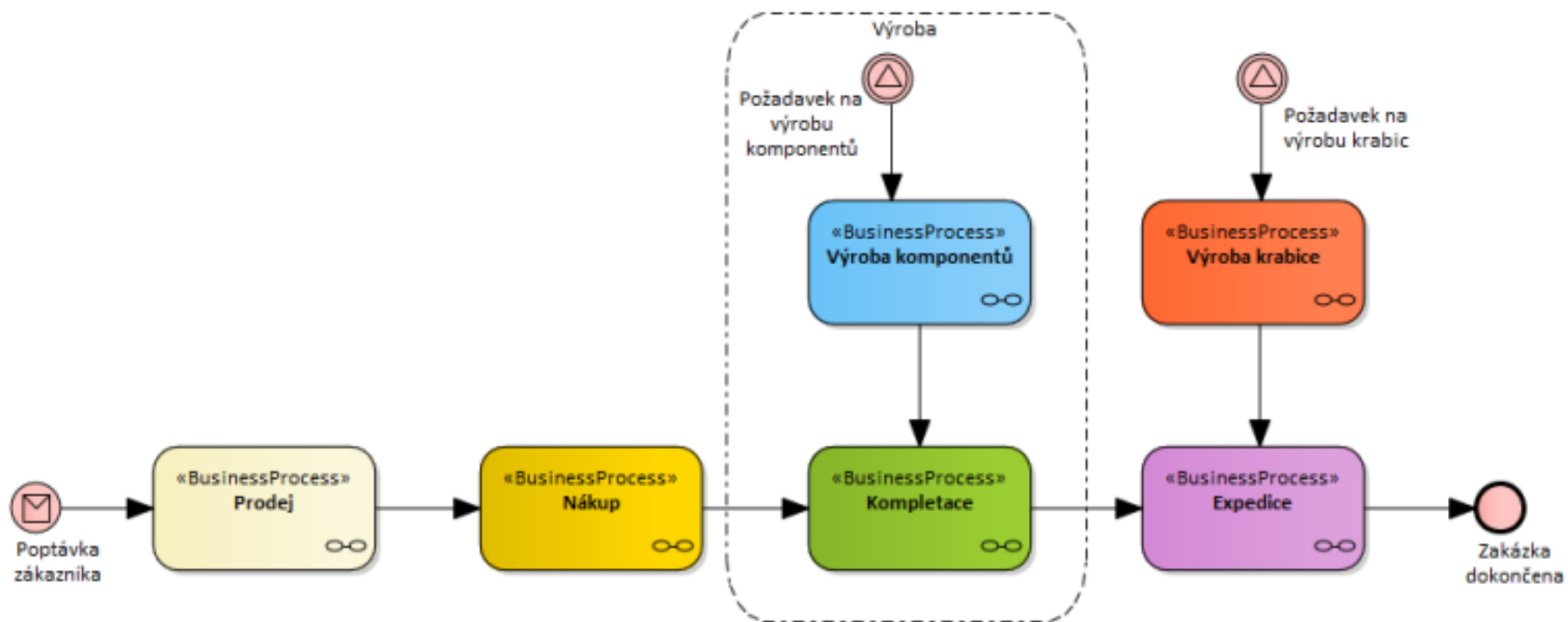
3.1.3 Procesy v podniku

Z navržené organizační struktury lze definovat nejzákladnější procesy a zařadit je do 3 hlavních kategorií podnikových procesů. Modře jsou v tabulce 1 označeny procesy, jež vyjadřují průběh zakázky modelovým podnikem.

Tabulka 2: Rozdělení procesů do kategorií (Zdroj: Vlastní zpracování dle 29 a 50)

Kategorie procesů	Název procesů				
Hlavní procesy	Prodej	Nákup	Výroba	Expedice	R&D
Řídící procesy	Plánování		Controlling		
Podpůrné procesy	HR	Finance	Marketing	IT	

Průběh zakázky podnikem je procesně znázorněn na obrázku 15.



Obrázek 15 Procesní mapa průběhu zakázky podnikem (Zdroj: 29, 50)

Proces průběhu zakázky podnikem je základním procesem, jež přináší přidanou hodnotu pro zákazníka, je tedy pro podnik zásadní a jeho funkčnost je podmínkou pro celkové zdraví podniku. Proces začíná obdržením poptávky od zákazníka, následně dochází ke spuštění procesu zpracování zakázky obchodním oddělením. Ruční zpracování probíhá zejména z důvodu konfigurace loga. Po zadání zakázky do výroby se spouští nákup, jež může dokoupit potřebné komponenty, které buď na skladě nejsou nebo tím dorovnávají skladové zásoby, pokud dojde ke snížení na nejnižší přípustnou úroveň.

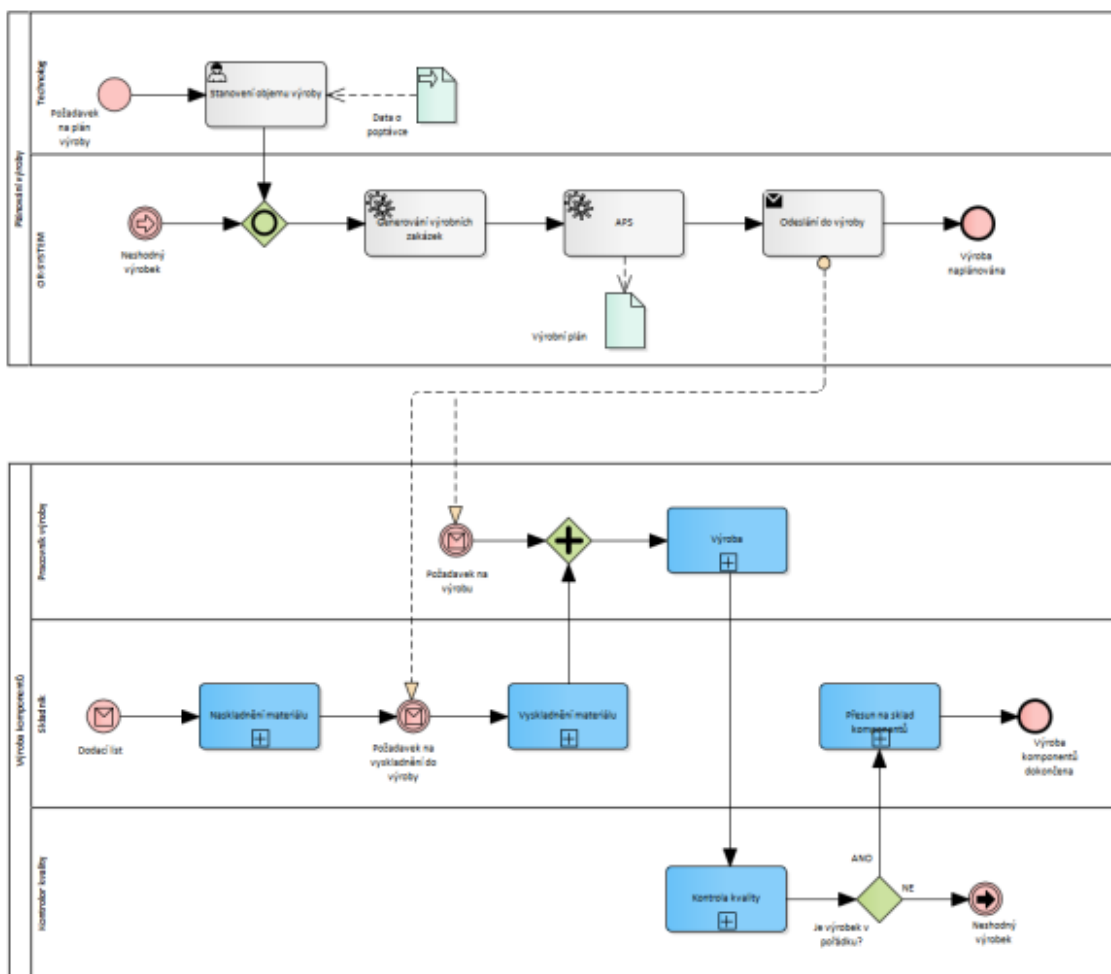
Dalším procesem je výroba, jež je pro přehlednost rozdělena do dvou procesů, a to výroba jednotlivých komponentů a kompletace dílů vlaku. Tento proces bude více popsán níže v této kapitole.

Následuje proces expedice, kde také dochází k balení, proto je vstupem pro expedici proces výroby krabice.

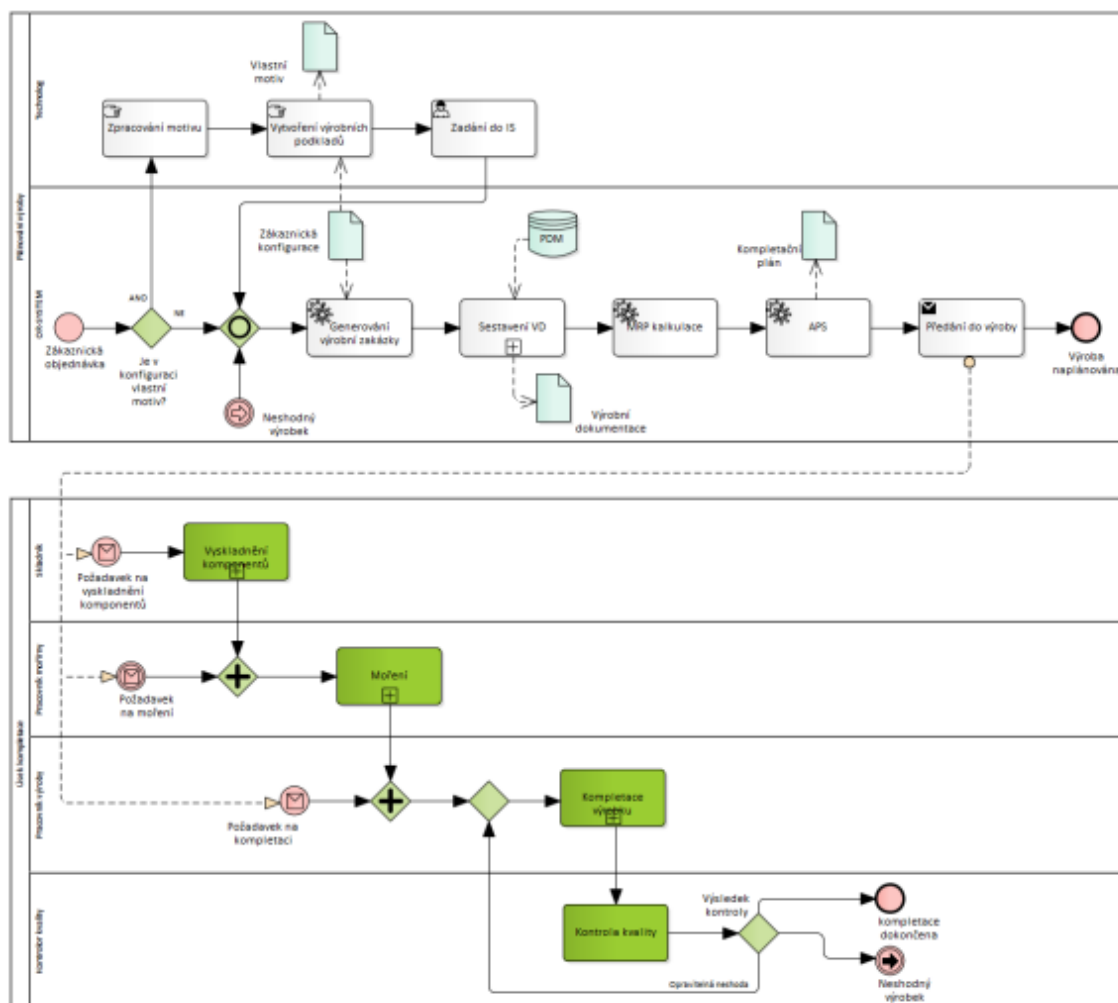
3.1.3.1 Výroba komponentů

Výroba je úzce navázána na plánování, kdy podnik vykládňuje jednotlivé komponenty na základě zakázek podniku, ty se následně zpracovávají na základě zákaznické konfigurace. Na skladě se tedy drží určitá skladová zásoba, které se dávkově doplňuje poté, co dosáhne určité minimální hranice. Tedy vyrábí se komponenty na sklad pro udržení skladové zásoby a druhá část je pak zpracování jednotlivých komponent barvením. V rámci celého procesu se kontroluje jakost jednotlivých komponentů a vadné kusy se vyřazují. Do plánování výroby vstupují data o poptávkách a výrobní data. Ostatní, nakupované materiály se pak pouze na základě dodacího listu naskladňují na sklad. Nákup však probíhá také po vyskladnění do minimální skladové zásoby.

Kompletace výrobku je pak popsána samostatně v kapitolách 3.2.4 a 3.9.



Obrázek 16: Proces výroby – výroba komponentů (Zdroj: 50)



Obrázek 17: Proces výroby – kompletace (Zdroj: 50)

3.2 První prototypování výrobku

První prototypování probíhalo v dubnu a květnu roku 2023. V této fázi šlo o prototypování, ve kterém byla testována výroba všech součástí z dubového dřeva. Jednalo se o prototypování, jež probíhalo v laboratoři jen z části, a to zejména z důvodu absence některých nástrojů pro zhotovení součástí prototypu.

3.2.1 Výroba lokomotivy

Tabulka 3:Kusovník lokomotivy (Zdroj: Vlastní zpracování)

Technologický postup v této kapitole bude zahrnovat všechny vyráběné dílce,

Pozice ve výkresové dokumentaci	Množství (ks)	Popis dílce	Materiál
1	2	Osa	Ocel
2	1	Střecha 50x50x10	Dubové dřevo
3	1	Válec lokomotivy 30x65	Dubové dřevo
4	1	Kabina 40x60x100	Dubové dřevo
5	4	Kolo 30x5	Dubové dřevo
6	1	Očko	Ocel

kterými jsou střecha, kabina a válec lokomotivy. Vše vyjma koleček, kterým bude věnován prostor v kapitole Výroba koleček. Nakupovanými dílci při prvním prototypování pak byla osa a očko.

3.2.1.1 Technologické postupy lokomotivy

Střecha

Tabulka 4: Technologický postup výroby střechy (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Název operace	Doba přípravy (min.)	Doba trvání (min.)	Použité nářadí
1.	Řezání hranolů	2	5	Pokosová pila
2.	Začištění a dobroušení	-	0,4	Brusný papír

Výroba střechy probíhá řezáním z metrových hranolů o šířce 50 mm a výšce 10 mm. Na řez je potřeba nastavit dorazy pokosové pily a vyznačit jednotlivé řezy po délce metrového hranolu. Řezání probíhá na 50 mm dlouhé stříšky za pomoci pokosové pily. Za 5 minut operace řezání je po započtení prořezu nařezáno cca 19 střech. Ty se následně obrušují a finalizují pomocí brusného papíru.

Kabina lokomotivy

Tabulka 5: Technologický postup výroby kabiny lokomotivy (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Název operace	Doba přípravy (min.)	Doba trvání (min.)	Použité nářadí
1.	Postupné vyřezávání pilou	10	15	Pokosová pila
2.	Začištění a dobroušení	-	2	Brusný papír
3.	Vrtání děr pro osy koleček	2	10	Aku vrtačka, vrták velikosti 3 a vrták velikosti 4

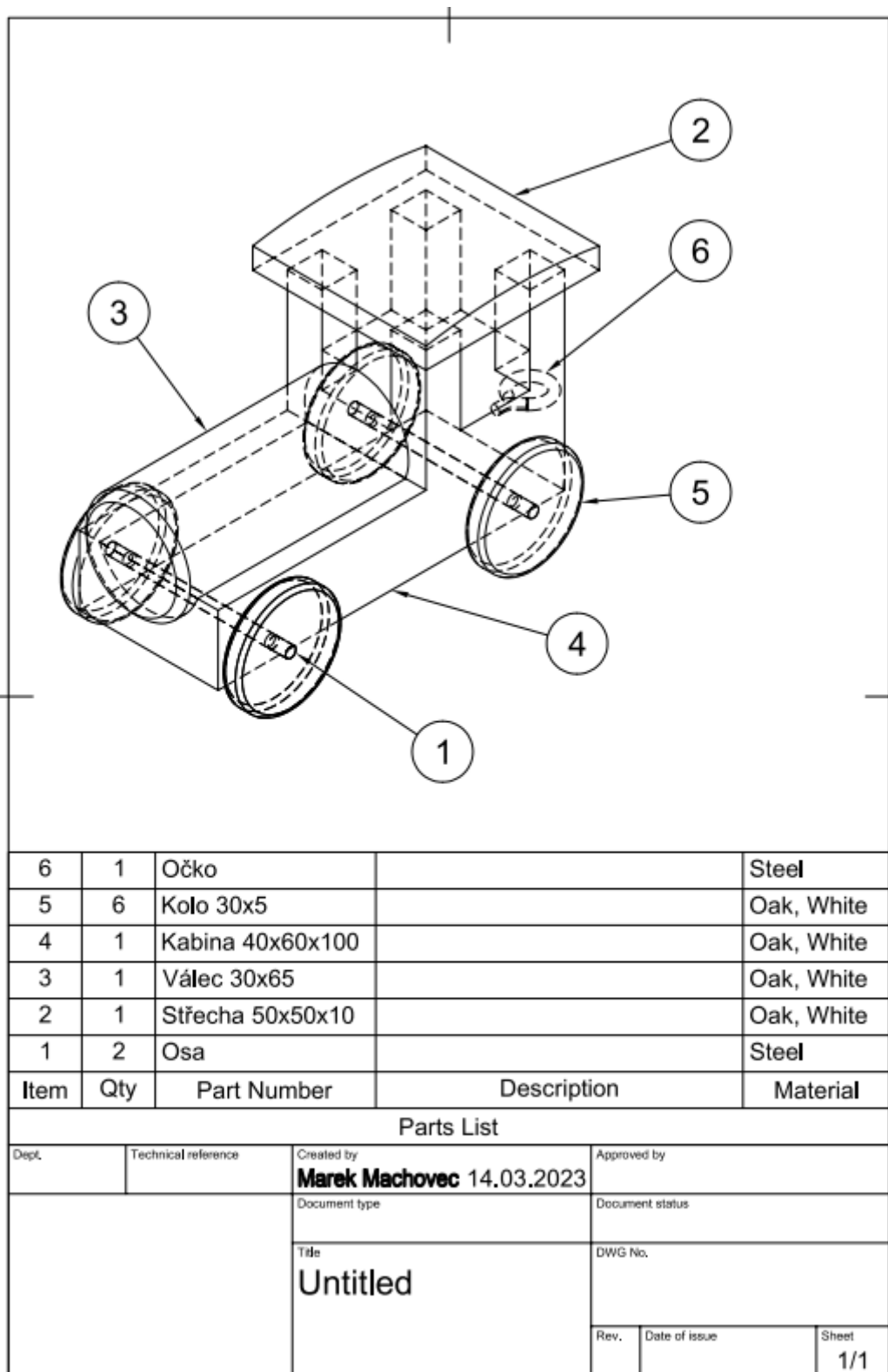
Výroba kabiny je velmi komplikovaná a je zde velký prostor pro zlepšení výroby. Při prvním prototypování výroba probíhala postupným vyřezáváním pokosovou pilou s nastavenou hloubkou řezu. Tento proces byl ale složitý a vznikala velká zmetkovitost, a to zhruba 40 %. Ke složitějšímu procesu se pak přidal i problémový materiál, kdy se dřevěné sloupky, jež mají držet střechu velmi lámaly nebo se z nich materiál štěpil. Následně se vyvrtaly díry pro osy koleček. Vrtání probíhá dvakrát vždy z každé strany zhruba vrtákem velikosti 3, a to do poloviny a poté ještě jednou s větším vrtákem vel. 4.

Válec lokomotivy

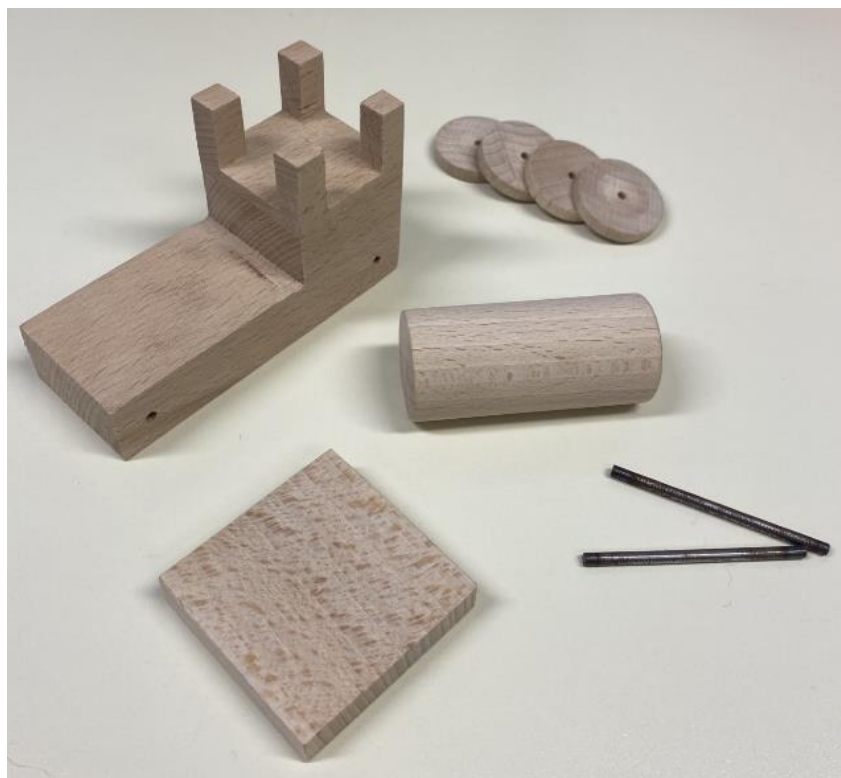
Tabulka 6: Technologický postup výroby válce lokomotivy (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Název operace	Doba přípravy (min.)	Doba trvání (min.)	Použité nářadí
1.	Nařezání kulatiny	3	7	Pokosová pila
2.	Sražení hran obou stran	2	5	Malý soustruh
3.	Zploštění dna	1	3	Bruska pásová
4.	Začištění a dobroušení	-	0,5	Brusný papír

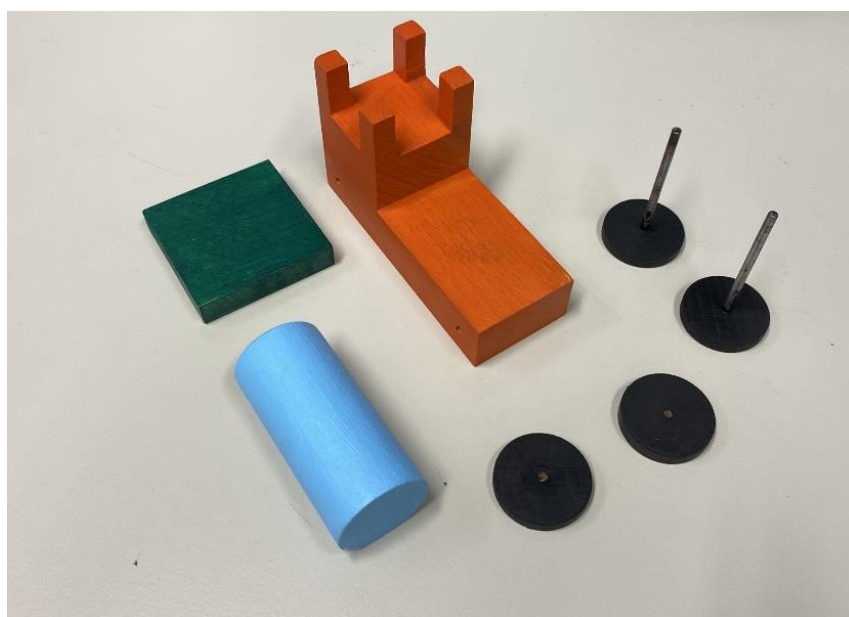
Výroba válce lokomotivy začíná nařezáním metrové kulatiny na 65mm válec o průměru 3 mm, řezání probíhá pokosovou pilou s dorazem na délku, z metrové kulatiny je po započtení prořezu asi 15 kusů válců. Následně se válec upne do soustruhu a probíhá sražení bočních hran za pomoci přípravku na zabroušení hran válce lokomotivy uvedeného v kapitole Přípravky pro výrobu, na soustruhu se zároveň nastaví požadovaný dojezd na rysky na stupnici soustruhu. Po upnutí se ještě musí vycentrovat házivost za pomoci indikátorových hodinek soustruhu. Sražení dna pak probíhá pásovou brusku.



Obrázek 18: Výkresová dokumentace lokomotivy vláčku (Zdroj: 50)



**Obrázek 19: Lokomotiva vláčku před barvením dle zákaznické konfigurace a před montáží
(Zdroj: Vlastní zpracování)**



Obrázek 20: Lokomotiva vláčku po barvení dle zákaznické konfigurace (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.2.1.2 Výroba ohrádkového vagónu

Tabulka 5: Kusovník ohrádkového vagónu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pozice ve výkresové dokumentaci	Množství (ks)	Popis dílce	Materiál
1	1	Podvozek 40x20x100	Dubové dřevo
2	6	Sloupek 5x40	Dubové dřevo
3	2	Osa	Ocel
4	4	Kolo 30x5	Dubové dřevo
5	1	Očko	Ocel
6	1	Háček	Ocel
7	1	Provázek	Lanko

Technologický postup bude zahrnovat všechny vyráběné dílce tedy podvozek a sloupek. Kolečkům bude opět věnován prostor v kapitole Výroba koleček. Nakupovanými položkami pak budou Provázek, háček, očko a osa.

Sloupky

Tabulka 7: Technologický postup výroby sloupků ohrádkového vagónu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Název operace	Doba přípravy (min.)	Doba trvání (min.)	Použité nářadí
1.	Nařezání kulatiny	2	5	Pokosová pila
2.	Sražení hran z horní strany sloupku	0,5	1	Soustruh, soustružnický nůž
3.	Začištění a dobroušení druhé strany sloupku	-	0,4	Brusný papír
4.	Vrtání děr za pomoci přípravku	-	1,20	Aku vrtačka, přípravek pro děrování sloupku

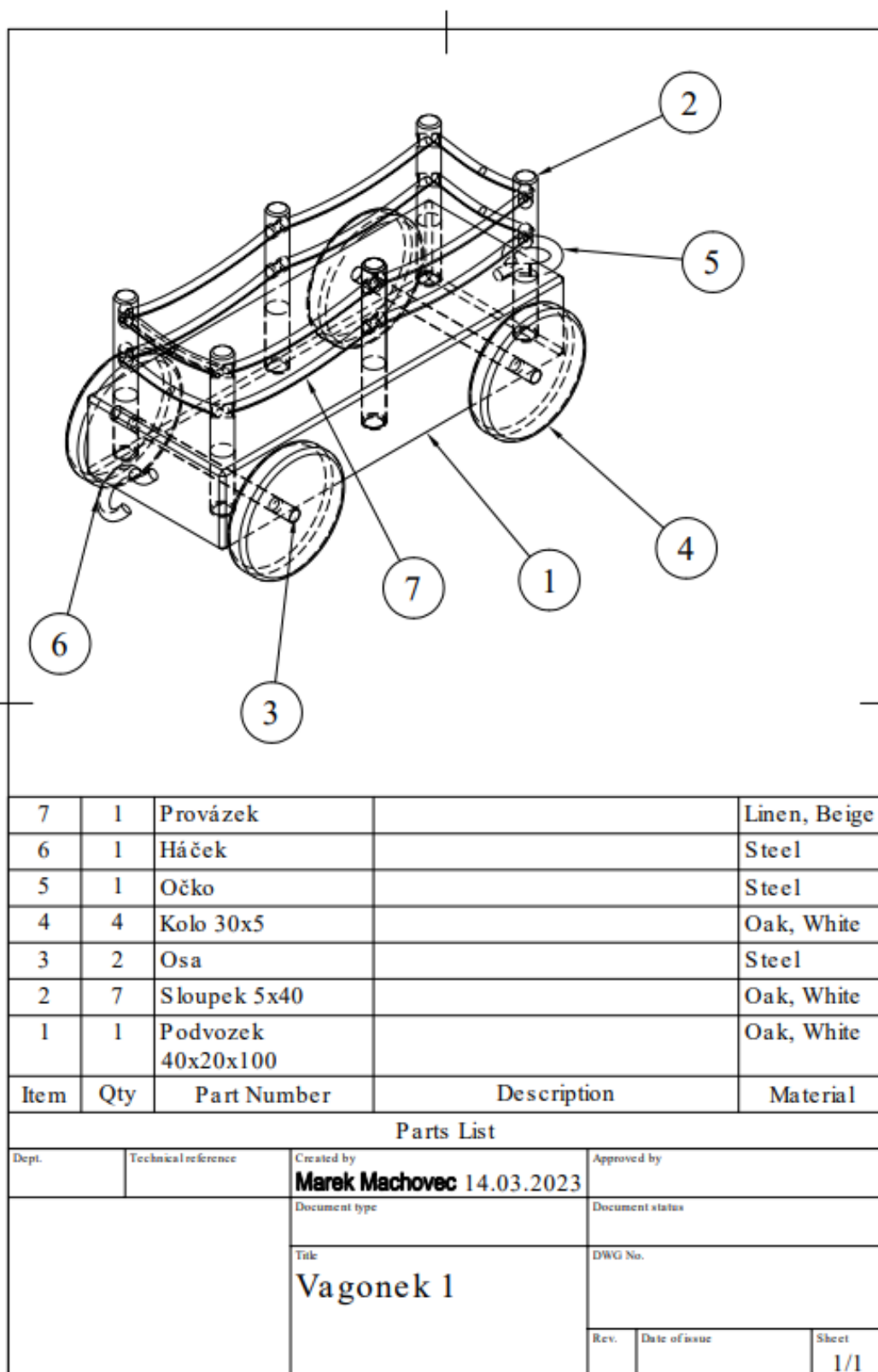
Výroba sloupku začíná nařezáním kulatiny pokosovou pilou s dorazem na délku. Probíhá z metrové kulatiny, ze které je po započtení prořezu vyrobeno asi 24 sloupků. Sražení hran probíhá na soustruhu pomocí soustružnického nože, spodní hrana sloupku je pak pouze začištěna a dobroušena. Následně jsou za pomoci aku vrtačky a přípravku pro vrtání děr (viz kapitola Přípravek pro vrtání děr) vyvrtány díry pro průchod provázku sloupkem.

Podvozek

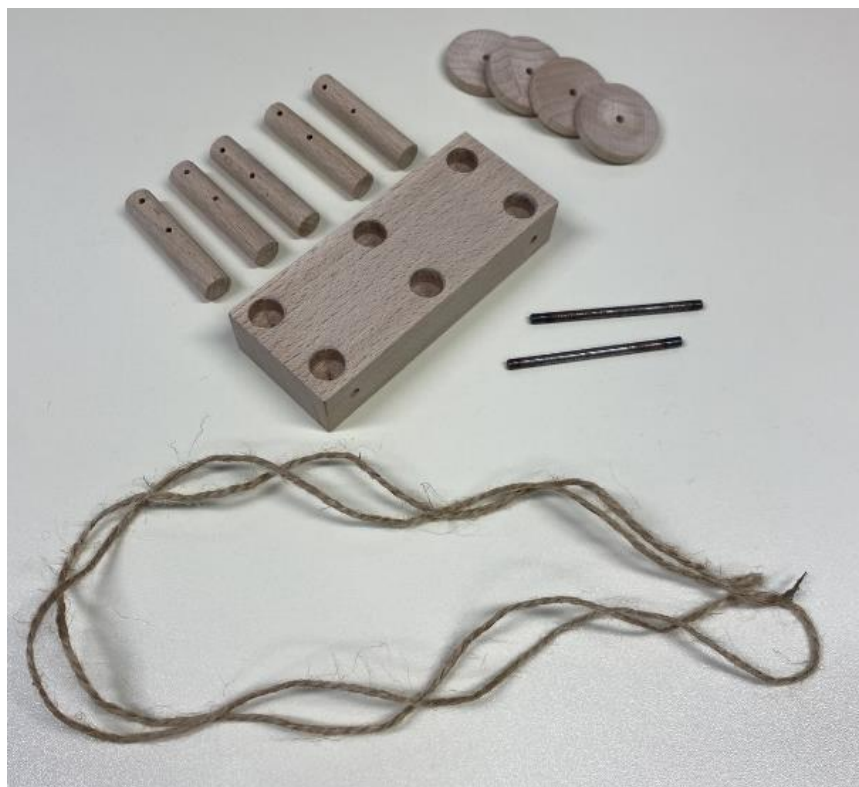
Tabulka 8: Technologický postup výroby podvozku ohrádkového vagónu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Název operace	Doba přípravy (min.)	Doba trvání (min.)	Použité nářadí
1.	Nařezání podvozku	2	5	Pokosová pila
2.	Vrtání děr do podvozku	-	2	Přípravek, Aku vrtačka
3.	Začištění a dobroušení	-	0,4	Brusný papír
4.	Vrtání děr pro osy koleček	2	10	Aku vrtačka, vrták velikosti 3 a vrták velikosti 4

Výroba podvozku začíná nařezáním hranolu na jednotlivé podvozky. Z metrového hranolu je po započtení prořezu nařezáno cca 9 podvozků. Následně jsou za pomoci aku vrtačky a přípravku pro děrování podvozků ohrádky vyvrtány díry pro zasunutí sloupků. Poté je podvozek začištěn a dobroušen. Následně se vyvrtaly díry pro osy koleček. Vrtání probíhá dvakrát vždy z každé strany zhruba vrtákem velikosti 3, a to do poloviny a poté ještě jednou s větším vrtákem velikosti 4.



Obrázek 21: Výkresová dokumentace ohrádkového vagónu (Zdroj: 50)



Obrázek 22: Ohrádka před barvením dle zákaznické konfigurace a před montáží (Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 23: Ohrádka vláčku po barvení dle zákaznické konfigurace (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.2.2 Výroba cisterny s ventily

Tabulka 9: Kusovník cisterny s ventily (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pozice ve výkresové dokumentaci	Množství (ks)	Popis dílce	Materiál
1	2	Osa	Ocel
2	4	Kolo 30x5	Dubové dřevo
3	1	Očko	Ocel
4	1	Háček	Ocel
5	1	Podvozek 40x20x100	Dubové dřevo
6	1	Cisterna 40x105	Dubové dřevo
7	3	Ventil cisterny 5x8	Dubové dřevo

Technologický postup

Technologický postup bude zahrnovat všechny vyráběné dílce tedy podvozek, cisternu a ventily cisterny. Kolečkům bude opět věnován prostor v kapitole Výroba koleček. Nakupovanými položkami pak budou Provázek, háček, očko a osa.

Ventily cisterny

Tabulka 10: Technologický postup výroby ventilů cisterny (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Název operace	Doba přípravy (min.)	Doba trvání (min.)	Použité nářadí
1.	Nařezání kulatiny	3	15	Pokosová pila
2.	Sražení hran	2	5	Brusný papír
3.	Začištění a dobroušení	-	0,5	Brusný papír

Ventily cisterny se nejdříve nařezou z metrové kulatiny, kdy je po započtení prořezu vytvořeno asi 120 kusů ventilů. Následně probíhá úprava hran brusným papírem, přičemž dochází vzhledem k velikosti ventilu i k dokončení začištění a dobroušení.

Tabulka 11: Technologický postup výroby cisterny (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Název operace	Doba přípravy (min.)	Doba trvání (min.)	Použité nářadí
1.	Nařezání kulatiny	3	7	Pokosová pila
2.	Sražení hran obou stran	2	5	Malý soustruh
3.	Zploštění dna	1	3	Bruska pásová
4.	Začištění a dobroušení	-	0,5	Brusný papír

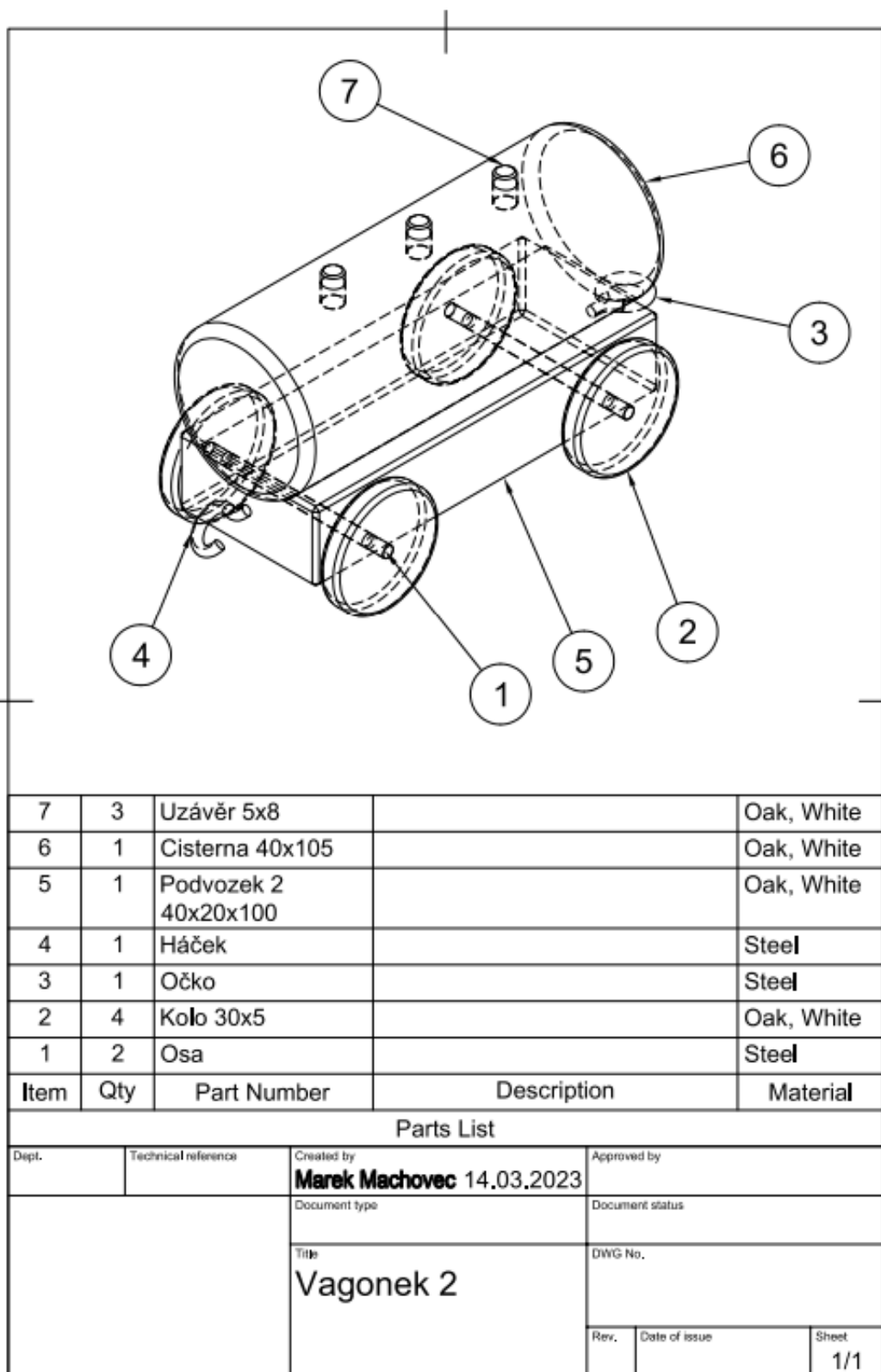
Výroba cisterny probíhá velice obdobně jako výroba válce lokomotivy, tedy začíná nařezáním metrové kulatiny na 65mm válce o průměru 3 mm, řezání probíhá pokosovou pilou s dorazem na délku, z metrové kulatiny je po započtení prořezu vytvořeno asi 9 cisteren. Následně se válec upne do soustruhu a probíhá sražení bočních hran za pomoci přípravku na zabroušení hran válce lokomotivy uvedeného v kapitole Přípravky pro výrobu, na soustruhu se zároveň nastaví požadovaný dojezd na rysky na stupnici soustruhu. Po upnutí se ještě musí vycentrovat házivost za pomoci indikátorových hodiněk soustruhu. Sražení dna pak probíhá pásovou bruskou do zploštění.

Podvozek

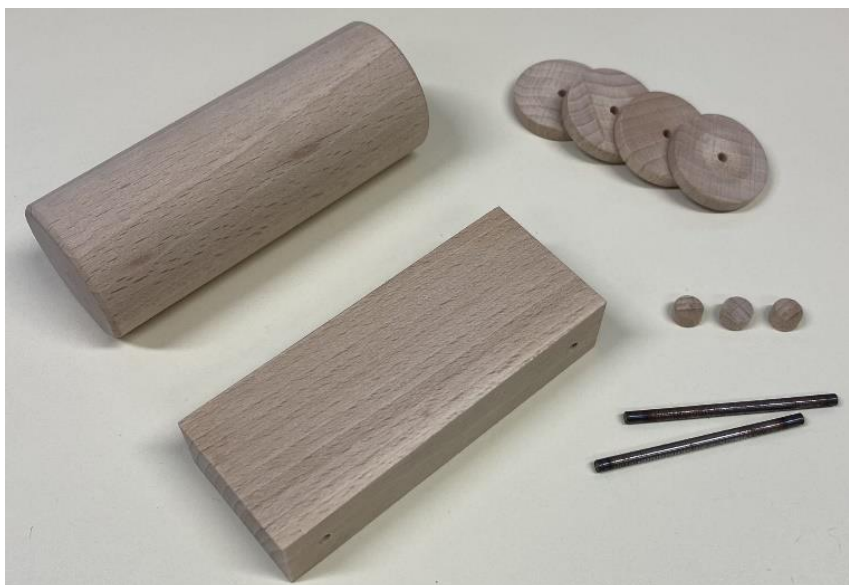
Tabulka 12: Technologický postup výroby podvozku cisterny (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Název operace	Doba přípravy (min.)	Doba trvání (min.)	Použité nářadí
1.	Nařezání podvozku	2	5	Pokosová pila
2.	Začištění a dobroušení	-	0,4	Brusný papír
3.	Vrtání děr pro osy koleček	2	10	Aku vrtačka, vrták velikosti 3 a vrták velikosti 4

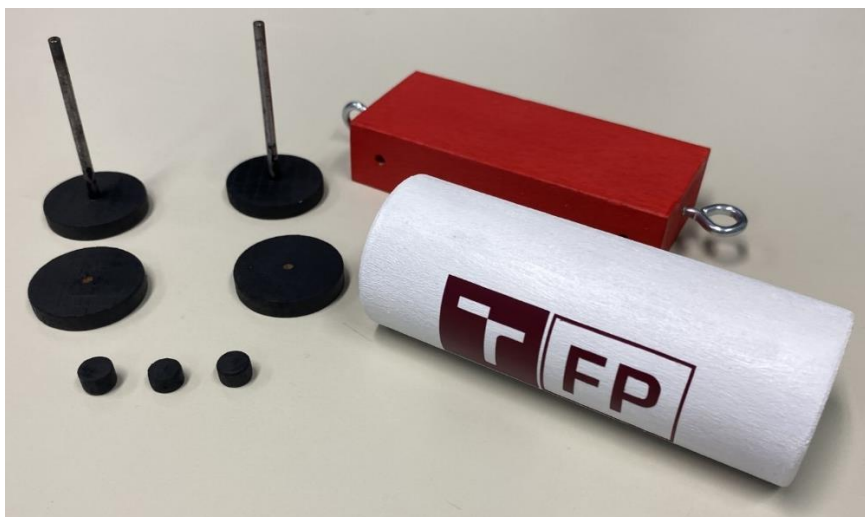
Výroba podvozku začíná, obdobně jako u sloupkového podvozku, nařezáním hranolu na jednotlivé podvozky. Z metrového hranolu je po započtení prořezu nařezáno cca 9 podvozků. Poté je podvozek začištěn a dobroušen. Následně se vyvrtají díry pro osy koleček. Vrtání probíhá dvakrát vždy z každé strany zhruba vrtákem velikosti 3, a to do poloviny a poté ještě jednou s větším vrtákem velikosti 4.



Obrázek 24: Výkresová dokumentace cisterny s ventily (Zdroj:50)



Obrázek 25: Cisterna před barvením a logem dle zákaznické konfigurace a před montáží (Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 26: Cisterna po barvení dle zákaznické konfigurace s logem (Zdroj: Vlastní zpracování)

Cisterna obsahuje také formu zákaznické konfigurace, jež spočívá v logu umístěném na válci cisterny. Zákaznická konfigurace je zadána v rámci objednávky, následně jsou díly požadovaných vagonků vyskladněny a nabarveny dle zákaznické konfigurace. V případě preferencí pak lze přidat v případě cisterny i vlastní polep logem nebo jiným potiskem.

3.2.3 Výroba koleček

Vzhledem k tomu, že kolečka jsou pro všechny vagónky vláčku stejné, je jejich výrobě věnována vlastní kapitola.

Tabulka 13: Technologický postup výroby koleček (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Název operace	Doba přípravy (min.)	Doba trvání (min.)	Použité nářadí
1.	Navrtání díry na podepření otočným hrotem	0,5	1	Aku vrtačka
2.	Částečné upíchnutí upichovacím nožem	5	30	Soustruh, Upichovací nůž
3.	Uříznutí na jednotlivá kolečka	0,5	1,5	Přímočará pila
4.	Přebroušení povrchu pilníkem + sražení hran	2	2	Pilník, Soustruh
5.	Začištění pomocí přípravku na zbroušení hran koleček – obě strany	0,5	2	Soustruh, přípravek, Brusný papír
6.	Vrtání děr na osu	1	0,5	Svěrák, Aku vrtačka

Výroba koleček začíná řezáním kulatiny při síle 5 mm. Vzhledem k tomuto rozměru jde o nejtěžší řezání, neprobíhá tedy napřímo. Nejdříve se do bočních stran kulatiny vyvrtají díry na podepření otočným hrotem. Takto se kulatina upne na soustruh, následně probíhá částečné upíchnutí upichovacím nožem. Na středu kulatiny je ponechán zůstatek 10 mm. Následně se takto nachystané na půl upíchnuté kulatiny nařezají na jednotlivá kolečka pomocí přípravku na oddělení koleček. Lze však použít i ruční pokosovou pilu. Následně se kolečka po jednom upínají do soustruhu, pilníkem se srazí hrany a může proběhnout začištění pomocí přípravku na zbroušení hran koleček. Nakonec se kolečka jednotlivě upínají do svěráku a vrtají se díry pro osy pomocí aku vrtačky.

3.2.4 Barvení dílců

Barvení dílců probíhá pomocí štětců a akrylových barev. Každá barvená komponenta je barvena dvěma vrstvami barvy. Technologické časy barvení jsou stanoveny na 1 vrstvu a mezi jednotlivými vrstvami je časové rozmezí alespoň 1 hodina.

Tabulka 14: Technologické časy nátěru (Zdroj: Vlastní zpracování)

Název komponenty	Technologický čas nátěru (v min.)
Kolečko	1,5
Lokomotiva	5
Střecha	2
Válec lokomotivy	3
Sloupek ohrádky	2
Podvozek ohrádky	4
Válec cisterny	4
Podvozek cisterny	3
Ventil cisterny	0,5

3.2.5 Kompletace

Ve chvíli, kdy jsou dílce vyrobeny, nabarveny a vyskladněny na zakázku dle zákaznické konfigurace, můžeme začít vlak kompletovat.. Kolečka jsou v ose velmi na těсно, není tedy třeba používat jiné spojovací prostředky jako lepidlo apod. Dále se lokomotiva osadí očkem, ostatní podvozky očkem i háčkem. Osky se z jedné strany osadí kolečkem a protáhnou uvnitř podvozků jednotlivých vagonků, poté se z druhé strany podvozku nasadí druhé kolečko. Takový postup se opakuje dvakrát pro každý vagóněk a celkem šestkrát pro celý vlak o 3 vagónech

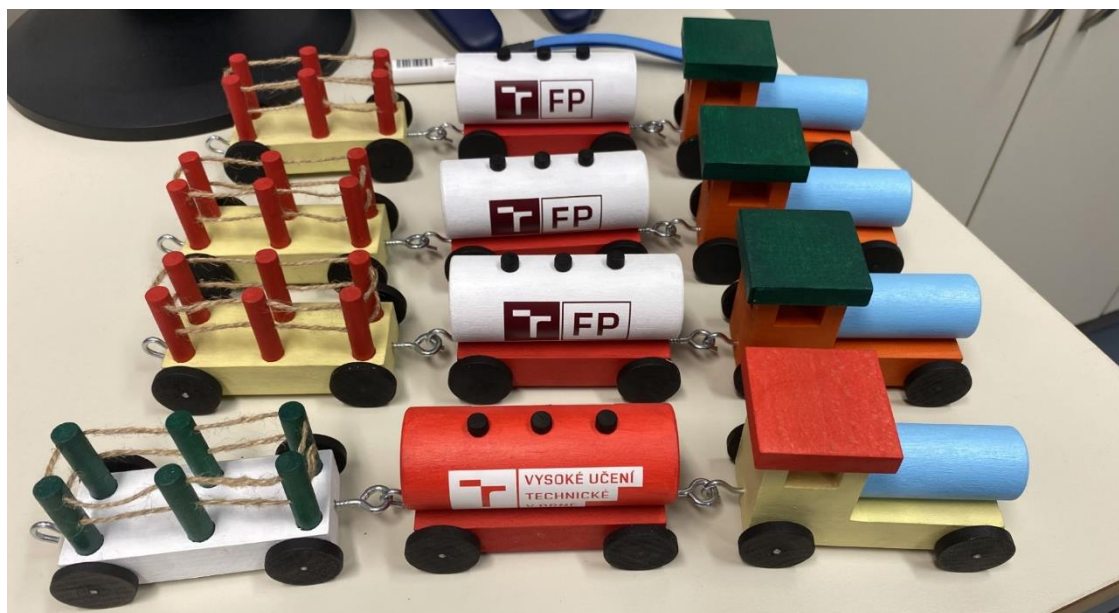
Na lokomotivu se nanese lepidlo na dřevo a přilepí válec, ten bude těsně nasunut pod oknem kabiny. Střecha se nalepí nanesením lepidla na sloupky lokomotivy.

Do děr pro sloupky ohrádky se nanese lepidlo, poté se do nich nasunou sloupky ohrádky a protáhnou se jednotlivými dírkami dvě řady provázku. Oba konce se pak spojí lepidlem v rohovém sloupku ohrádky.

Na podvozek cisterny se nanese lepidlo na dřevo, následně se do středu nalepí cisterna, na kterou se poté přilepí ventily cisterny. Na cisternu se nalepí logo, jež bylo zvoleno v zákaznické konfiguraci a následně se vagóny libovolně seřadí za sebe s tím, že první je vždy lokomotiva.



Obrázek 27: Mezikrok výroby před oddělením jednotlivých koleček přímočarou pilou (Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 28: Finální podoba prvních prototypů vláčků (Zdroj: Vlastní zpracování)

Celý vlak se poté zabalí do krabice s dřevitou vlnou, na digitální váze ještě probíhá kontrola kompletnosti balení a následně je výrobek připraven k expedici.

3.2.6 Přípravky pro výrobu

Přípravek pro vrtání děr do sloupků ohrádky

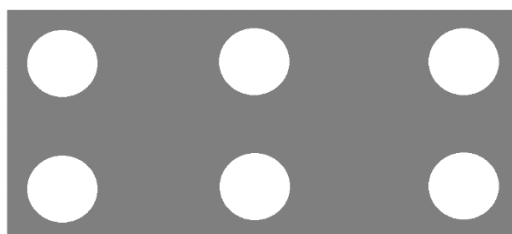
Vzhledem k tomu, že všechny sloupky jsou stejné velké, a tedy i jejich vrtané díry pro průchod provázku jsou na každém kusu sloupku ve stejné úrovni, nabízí se zhotovení přípravku pro vrtání těchto děr. Sloupek se zasune do přípravku níže a poté jsou pomocí připravených děr v přípravku vrtány díry pro provázek. Jediné, co si musí obsluha vrtačky hlídat, aby nedošlo mezi vrtáním 1. díry a 2. díry k nechtěnému posunu, který by znamenal špatné rozmístění děr. Tento přípravek zajišťuje obrovskou časovou úsporu na vyměřování polohy děr každého dílu.



Obrázek 29: Přípravek pro vrtání děr do sloupků ohrádky (Zdroj: Vlastní zpracování)

Přípravek pro děrování podvozků ohrádky

Pro děrování podvozku ohrádky byl využit plech s 6 otvory, jež byly mustrem pro vrtání děr pro sloupky ohrádky. Jeho přibližnou podobu lze vidět na obr. 30.



Obrázek 30: Podoba přípravku pro děrování podvozku ohrádky (Zdroj: Vlastní zpracování)

Přípravek pro vrtání děr pro osy koleček

Pro děrování podvozků byl využit plech se 2 otvory, jež byly mustrem pro vrtání děr pro osy koleček. Jeho přibližnou podobu lze vidět na obr. 31.



Obrázek 31: Přípravek pro vrtání děr pro osy koleček (Zdroj: Vlastní zpracování)

Přípravek pro vrtání děr pro háčky a očka

Pro děrování podvozků byl využit plech s otvorem, jež byl mustrem pro vrtání děr pro háčky a očka na zadní a přední straně vagónů. Jeho přibližnou podobu lze vidět na obr. 32.



Obrázek 32: Přípravek pro předvrtání děr pro háčky a očka (Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 33: Přípravek pro zbroušení hran válce lokomotivy a cisterny (Zdroj: Vlastní zpracování)

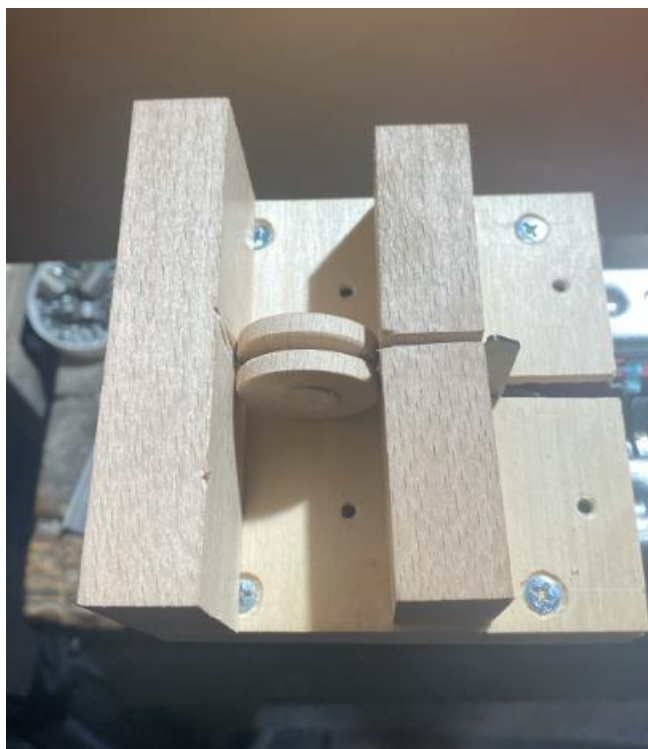


Obrázek 34: Přípravek pro zbrúšení hran koleček (Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 35: Přípravek pro zbrúšení hran sloupků ohrádkového vagonu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Výše zobrazené přípravky (Obrázek 31, 32 a 33) slouží pro zbrúšení hran kulatin, jednotlivé dílce se upnou do přípravku tak, aby byl umístěn na jejich konci zároveň hranou. Následně pak probíhá zbrúšení do rovné plochy za rovno s hranou přípravku.



Obrázek 36: Přípravek pro oddělení koleček přímočarou pilou (Zdroj: Vlastní zpracování)

Přípravek pro oddělení koleček funguje na principu umístění předřezané kulatiny do přípravku tak, že středem prochází mezera mezi kolečky. Přímočarou pilou se pak prořízne prostor mezi kolečky a ty se oddělí.

3.3 Závěry prvního prototypování

Z prvního prototypování vzniklo několik nedostatků, které bude třeba před zahájením druhého prototypování vyřešit.

Nejvýznamnějšími problémy, jež vzešly z prvního prototypování jsou:

1. Prvním z nich je problém s otáčením koleček v ose a celkové drhnutí koleček v rámci velké třecí plochy mezi podvozkem a kolečky.
2. Střecha byla problémová z toho důvodu, že vlak se nejčastěji užívá tak, že posun probíhá při držení právě střechy lokomotivy, tedy jen lepení střechy není dostačující při zátěži, jakou střecha zažívá.
3. Sloupky lokomotivy byly velmi problémové při prvním prototypování a docházelo k jejich lámání a vznikala tak velká zmetkovitost.
4. U cisterny a válce lokomotivy vzhledem k tvaru dílce docházelo k postupnému uvolňování plochy, je tedy při druhém prototypování potřeba vyřešit i tento aspekt.

Druhým důvodem pro změnu upevnění těchto dvou dílců je také požadavek na to, aby byly vláčky co možná nejvíce rozebíratelné pro účely výuky.

5. Spojení provázku při prvním prototypování probíhalo slepením obou konců provázku uvnitř rohového sloupku, což není stabilní řešení, které by zvládlo dlouhodobější provoz vláčky, a i výběr jutového provázku nebyl nejlepší varianta.

3.4 Řešení nedostatků prvního prototypování

Jak již bylo zmíněno v kapitole 3.3, na základě prvního prototypování bylo vytyčeno několik bodů, jež bylo potřeba vyřešit při druhém prototypování a následné výrobě série pro výuku. Při řešení každého z těchto problémů se volilo několik variant, jež by měly přispět ke zlepšení výroby a zkvalitnění produktu. Tyto body a jejich jednotlivá řešení jsou detailněji popsány dále v této kapitole.

3.4.1 Problém nedotáčivosti koleček

Sloupová vrtačka

Problém s nedotáčivostí osky je řešen zapůjčením sloupové vrtačky pro co možná nejrovnější vrtání jednotlivých děr pro osku s kolečky. Tím se oska bude snadněji otáčet uvnitř podvozku.

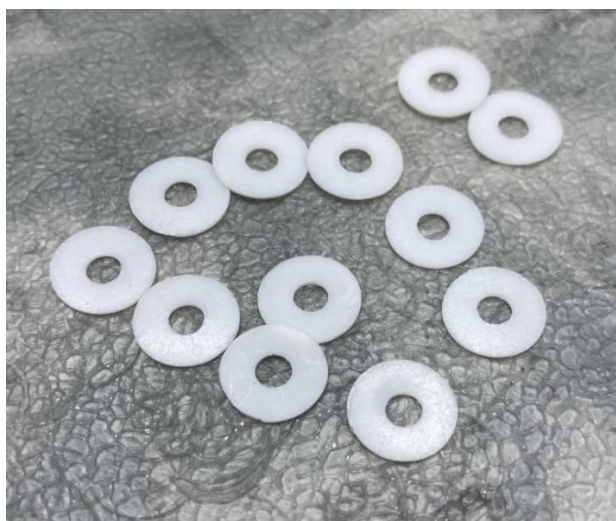
Teflonové podložky

Jako řešení problému nedotáčení koleček byla vyděrována teflonová podložka o vnitřním průměru 3 mm a vnějším 6 mm. Tato podložka sice problém zlepšila ale rozměr podložky nebyl dostačující pro komplexní vyřešení problému.



Obrázek 37: První verze podložky z teflonu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Druhý návrh podložky byl o vnitřním průměru 3 mm a vnějším 10 mm, tato varianta byla již úspěšnější a po testování lze problém s třením koleček o podvozek jednotlivých vagónů považovat za vyřešený.



Obrázek 38: Druhá verze podložky z teflonu (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.4.1.1 Přípravek pro děrování teflonu

Pro snadnou výrobu teflonových podložek v prostředí laboratoře byl vyvinut přípravek pro děrování teflonových plátů, ten se skládá ze samotného děrovače, vnitřní výsuvné části, jež slouží zároveň jako zásobník vyděrovaných podložek a tyčky pro vyjmutí výsuvné části děrovače.



Obrázek 39: Děrovací přípravek na teflon (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.4.1.2 Postup děrování teflonu

1. Prvním krokem je složení děrovacího přípravku, konkrétně děrovače s vnitřní výsuvnou částí.

2. Teflonový plát se umístí na gumovou podložku, na něj se postaví děrovací přípravek a pomocí dorazu kladivem dojde k proděrování a zajištění podložky dovnitř děrovacího přípravku.
3. Tento proces se opakuje, dokud není děrovací přípravek plný podložek (pro snadné vyjmutí výsuvné části se jedná o cca 15 ks podložek).



Obrázek 40: Postup děrování teflonu (Zdroj: Vlastní zpracování)

4. Poté je do vrchní části děrovacího přípravku zasunuta pomocná tyč, která vytlačí výsuvnou část i s nahromaděnými podložkami.



Obrázek 41: Vyjmutí hotových podložek z děrovacího přípravku (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.4.2 Střecha lokomotivy

Střecha lokomotivy byla problémová zejména z toho důvodu, že posun vlaku probíhá zejména potažením vlaku za střechu právě lokomotivy, proto nebyl to nejlepší řešení pouhé lepení střechy ke sloupkům. Návrh střechy pro druhé prototypování byl tedy opatřen malými prohlubněmi v místě, kde se střecha setkává s jednotlivými sloupky. To je patrné z obrázku níže.



Obrázek 42: Střecha vyrobená 3D tiskem v rámci druhého prototypování (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.4.3 Sloupky lokomotivy

Sloupky lokomotivy byly příliš úzké a při jejich opracování a samotné výrobě docházelo k tomu, že se sloupek lámal nebo se jeho části odštěpovaly. Proto byly jednoduchým řešením sloupky pro druhé prototypování rozšířeny. Porovnání je vidět na obrázku níže, kde horní lokomotiva je lokomotiva vyrobená v rámci prvního prototypování a lokomotiva na obrázku umístěná v dolní části byla vyrobená v rámci druhého prototypování.

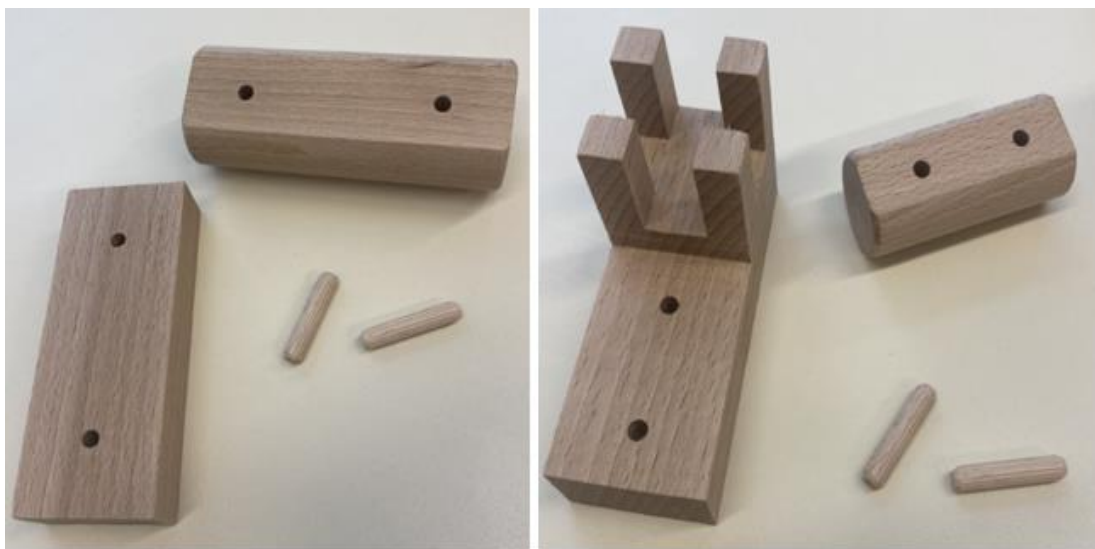


Obrázek 43: Porovnání vagónů lokomotivy prvního a druhého prototypování (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.4.4 Rozebíratelnost vláčku a uvolňování válců cisterny a lokomotivy

Dalším problémem, jež z prvního prototypování vyvstal, bylo postupné uvolňování válců cisterny a lokomotivy. Pouhé lepení ploch na sebe nebylo moc efektivní a dalším důvodem, proč tento problém řešit, byl požadavek vyučujících, aby byly vláčky snadno rozebíratelné, a tedy vhodné pro účely výuky.

Navržené řešení tedy spočívá ve vrtání děr velikosti 5, na každém z dílců a jejich následné napojení pomocí spojovacího kolíku. Tohle řešení efektivně vyřešilo jak problém rozebíratelnosti výrobku pro opětovné použití, tak i druhý popsáný problém.

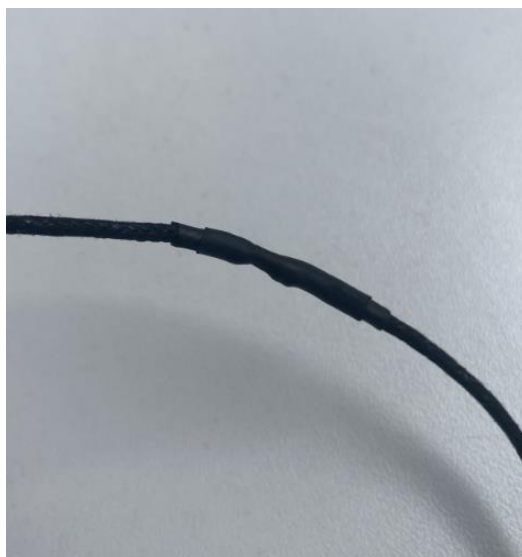


Obrázek 44: Řešení problému uvolňování válců (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.4.5 Spojení provázku

Spojení provázku při prvním prototypování probíhalo lepením obou konců k sobě uvnitř rohového sloupku. To nebylo efektivní a docházelo k rozpojování provázku. Navíc tento způsob byl velmi zdlouhavý a lepení probíhalo na několik pokusů, což je pro výrobu vyučovací série nepřijatelné.

Nově tedy bude spojení probíhat pomocí smršťovací bužírky. Do té se každým koncem nasune jeden konec provázku. Celá bužírka se nahřeje a dojde ke smrštění a následnému upnutí na povázek. Bužírka je navíc opatřena lepidlem ve vnitřní straně, který po nahřátí zaručuje vysokou kvalitu spoje. Navíc jde o velmi nenákladné řešení, pokud se bude odebírat z metrových kusů, jež vychází kolem 15 Kč.



Obrázek 45: Spojení provázku pomocí smršťovací bužírky (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.5 Druhé prototypování výrobku

Druhé prototypování bylo ve velké části již zhotoveno v prostředí laboratoře LAPROCO. Bylo tedy nutné využít v co možná nevyšší míře toho, co laboratoř nabízí.

Dílce tedy byly rozděleny na nakupované, jež zahrnují polotovary a dílce, jež byly buď nakoupeny nebo k jejich výrobě nedošlo v prostředí laboratoře. Další dílce byly vyráběné, zde řadíme dílce ze dřeva a dílce, jež byly vytvořeny pomocí 3D tisku.

Rozdělení dílců je patrné z tabulek 14 a 15.

Tabulka 15: Kategorizace unikátních dílů vláčku (Zdroj: Vlastní zpracování)

Název dílce	Kategorie	Materiál
Lokomotiva	Vyráběný dílec – dřevo	Bukové dřevo
Válec lokomotivy	Vyráběný dílec – dřevo	Bukové dřevo
Střecha lokomotivy	Vyráběný 3D dílec	PET G/PLA
Komín lokomotivy	Vyráběný 3D dílec	PET G/PLA
Podvozek ohrádky	Vyráběný dílec – dřevo	Bukové dřevo
Sloupky ohrádky	Vyráběný 3D dílec	PET G/PLA
Cisterna	Vyráběný dílec – dřevo	Bukové dřevo
Ventily cisterny	Vyráběný 3D dílec	PET G/PLA
Podvozek cisterny	Vyráběný dílec – dřevo	Bukové dřevo
Provázek	Nakupovaný dílec	Voskovaný provázek

Tabulka 16: Kategorizace dílců společných pro více vagónů (Zdroj: Vlastní zpracování)

Název dílce	Kategorie	Materiál
Osa	Nakupovaný dílec	Ocel
Kolo 30x5	Nakupovaný dílec	Bukové dřevo
Očko	Nakupovaný dílec	Ocel
Háček	Nakupovaný dílec	Ocel
Teflonová podložka	Vyráběný dílec	Teflon
Spojovací kolík	Nakupovaný dílec	Bukové dřevo

3.5.1 Výroba 3D dílců

Výše zmíněné dílce, jejichž výroba probíhá 3D tiskem budou vyrobeny z materiálu PET G nebo PLA. Více by ale mělo být tištěno z PET G vzhledem k tomu, že za určitých podmínek může být PLA náchylnější k praskání. Jejich tisk bude probíhat na 3D tiskárně Prusa i3 MK3S+, a to zejména z toho důvodu, že se tisk dílců na této tiskárně osvědčil. Jediný problém při tištění 3D dílců byl u sloupků ohrádky. První tisk probíhal tištěním naležato. Druhý pak stejně za užití podpor. Třetí pokus, již úspěšný, byl tisk na stojato bez podpor.

Tabulka 17: Časy 3D tisku jednotlivých tištěných komponent (Zdroj: Vlastní zpracování)

Název operace	Čistý čas tisku (v min)
Přípravné práce před tiskem	10
Tisk sloupku ohrádky	10
Tisk ventilu	3
Tisk střecha	41
Tisk komínu lokomotivy	7
Dokončovací práce po tisku	15

Při každém tisku je třeba také zohlednit čas na přípravu tisku, tedy například očištění podložky a odmaštění pro tisk, dále pak nastavení tiskárny (nastavení je důležité pro vzhled výsledného tisku), výběr programu a zavedení filamentu do tiskové hlavy v tomto případě jde o dávkový čas 10 minut. Po tisku je třeba 3D výtisk v některých případech opracovat nebo například odstranit podpory. Dále pak je potřeba odstranit zbytky zkušebního tisku filamentu z podložky a očištění po tisku. Tento proces vždy záleží od

konkrétního dílce a tisku. Počítáme s časem dávkovým dokončovacích operací po tisku 15 minut.



Obrázek 46: Sloupek ohrádkového vagónu vyrobený pomocí 3D tisku (Zdroj: Vlastní zpracování)



Obrázek 47: Ventil cisterny vyrobený pomocí 3D tisku (Zdroj: Vlastní zpracování)

3.5.2 Frézování dílců

Frézování dílců probíhá na frézovacím centru EMCO CONCEPT Mill 55 v prostorách laboratoře. Pro frézování dílců bylo nutné vytvoření modelů v programu SolidWorks, jež sloužilo jako podklad pro zhotovení programu pro samotné frézování. Jako vstupy sloužily dřevěné kulatiny a hranoly o maximálním rozměru 50x100 mm, a to z důvodu maximálního možného upnutí do dorazů frézky. Dalším limitujícím faktorem

pak byly maximální otáčky (3000/min.), tedy operace probíhaly pomaleji, než by probíhaly na jiném frézovacím zařízení.

Výkresy frézovaných dílců a programy pro frézku jsou přiloženy na konci této diplomové práce.

3.5.2.1 Frézování lokomotivy

Frézování lokomotivy probíhalo v rámci 2 operací. Z důvodu nízkého zdvihu kleštiny a dlouhého použitého vrtáku nebylo možné, aby se v rámci jedné operace nástroje vyměnily bez toho, aniž by do sebe nenarazily. Bylo tedy nutné po každé operaci nástroj fyzicky vyměnit v zásobníku, a to je i důvod rozdělení operace na dvě. U jiných frézovacích zařízení, jež by zvládla nástroje vyměnit, by operace mohla probíhat v jedné a došlo by ke zkrácení těchto časů. Technologické časy jsou uvedeny pro jeden kus frézovaného výrobku, pokud není uvedena informace, že se jedná o dávkový čas.

Materiálem pro frézování lokomotivy je dřevěný hranol z bukového dřeva 100x60x40 mm.



Obrázek 48: Frézování lokomotivy v laboratoři (Zdroj: Vlastní zpracování)

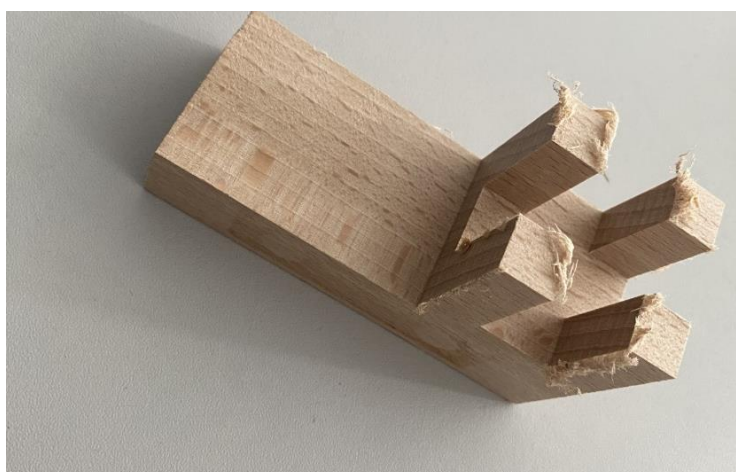
Tabulka 18: Technologický postup frézování lokomotivy (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Popis operace	Délka operace (v min)	Použitý nástroj
1.	Seřízení stroje – dávkový čas	30	-
2.	Příprava, upnutí – nastavení nulových bodů – dávkový čas	8	-
3.	Nastavení nástroje – dávkový čas	7	-
4.	Odebrání materiálu v místě pro válec lokomotivy, frézování sloupků pro střechu	11,5	Stopková fréza průměr 16
5.	Výměna frézovaného kusu a spuštění dalšího programu	1	-
6.	Dokončovací operace – broušení otřepů	2,5	Brusný papír
7.	Seřízení stroje – dávkový čas	30	-
8.	Příprava, upnutí – nastavení nulových bodů – dávkový čas	8	-
9.	Nastavení nástroje – dávkový čas	7	-
10.	Vrtání děr pro spojovací kolík	1	Vrták velikosti č. 5
11.	Výměna frézovaného kusu a spuštění dalšího programu	1	-
12.	Dokončovací operace – broušení otřepů	0,3	Brusný papír
13.	Vrtání děr pro osu s kolečky	2	Sloupová vrtačka – vrták č. 4, přípravek pro vrtání děr os
14.	Předvrtání děr pro háček ze zadní strany lokomotivy	1	Sloupová vrtačka – vrták č. 1, přípravek pro vrtání děr háčku a očka

Materiálem pro frézování válce lokomotivy je dřevěná kulatina z bukového dřeva 65x30 mm se sraženými hranami o 2 mm.

Tabulka 19: Technologický postup frézování válce lokomotivy (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Popis operace	Délka operace (v min)	Použitý nástroj
1.	Seřízení stroje – dávkový čas	30	-
2.	Příprava, upnutí – nastavení nulových bodů – dávkový čas	8	-
3.	Nastavení nástroje – dávkový čas	7	-
4.	Sražení spodní hrany válce lokomotivy	2	Stopková fréza průměr 16
5.	Výměna frézovaného kusu a opětovné spuštění programu	1	-
6.	Dokončovací operace – broušení otřepů	0,1	Brusný papír
7.	Seřízení stroje – dávkový čas	30	-
8.	Příprava, upnutí – nastavení nulových bodů – dávkový čas	8	-
9.	Nastavení nástroje – dávkový čas	7	-
10.	Vrtání děr pro spojovací kolík	1	Vrták velikosti č. 5
11.	Výměna frézovaného kusu a spuštění dalšího programu	1	-
12.	Dokončovací operace – broušení otřepů	0,3	Brusný papír



Obrázek 49: Dílec lokomotivy po první frézovací operaci (Zdroj: Vlastní zpracování)

Materiálem pro frézování ohrádkového vagónu je dřevěný hranol z bukového dřeva 100x40x20 mm.

Tabulka 20: Technologický postup frézování vagónu ohrádky (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Popis operace	Délka operace (v min)	Použitý nástroj
1.	Seřízení stroje – dávkový čas	30	-
2.	Příprava, upnutí – nastavení nulových bodů – dávkový čas	8	-
3.	Nastavení nástroje – dávkový čas	7	-
4.	Předvrtání děr	0,5	Vrták velikosti č. 5
5.	Vrtání děr	2	Fréza velikosti č. 5
6.	Výměna frézovaných kusů a spuštění programu	1	-
7.	Dokončovací operace – broušení otřepů	1,5	Brusný papír
8.	Vrtání děr pro osu s kolečky	2	Sloupová vrtačka – vrták č. 4, přípravek pro vrtání děr os
9.	Předvrtání děr pro háček ze zadní strany lokomotivy	1	Sloupová vrtačka – vrták č. 1, přípravek pro vrtání děr háčku a očka
10.	Předvrtání děr pro očko z přední strany lokomotivy	1	Sloupová vrtačka – vrták č. 1, přípravek pro vrtání děr háčku a očka

Materiálem pro frézování vagónu cisterny je dřevěný hranol z bukového dřeva 100x40x20 mm.

Tabulka 21: Technologický postup frézování vagónu cisterny (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Popis operace	Délka operace (v min)	Použitý nástroj
1.	Seřízení stroje – dávkový čas	30	-
2.	Příprava, upnutí – nastavení nulových bodů – dávkový čas	8	-
3.	Nastavení nástroje – dávkový čas	7	-
4.	Vrtání děr pro spojovací kolík	1	Vrták velikosti č. 5
5.	Výměna frézovaných kusů a spuštění programu	1	-
6.	Dokončovací operace – broušení otřepů	0,5	Brusný papír
7.	Vrtání děr pro osu s kolečky	2	Sloupová vrtačka – vrták č. 4, přípravek pro vrtání děr os
8.	Předvrtání děr pro háček ze zadní strany lokomotivy	1	Sloupová vrtačka – vrták č. 1, přípravek pro vrtání děr háčku a očka
9.	Předvrtání děr pro očko z přední strany lokomotivy	1	Sloupová vrtačka – vrták č. 1, přípravek pro vrtání děr háčku a očka

Materiálem pro frézování válce cisterny je dřevěná kulatina z bukového dřeva 100x40 mm se sraženými hranami o 2 mm.

Tabulka 22: Technologický postup frézování válce cisterny (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Popis operace	Délka operace (v min)	Použitý nástroj
1.	Seřízení stroje – dávkový čas	30	-
2.	Příprava, upnutí – nastavení nulových bodů – dávkový čas	8	-
3.	Nastavení nástroje – dávkový čas	7	-
4.	Sražení spodní hrany válce cisterny	2	Stopková fréza průměr 16
5.	Výměna frézovaných kusů a spuštění programu	1	-
6.	Dokončovací operace – broušení otřepů	1,5	Brusný papír
7.	Seřízení stroje na dávku	30	-
8.	Příprava, upnutí – nastavení nulových bodů	8	-
9.	Nastavení nástroje	7	-
10.	Vrtání děr pro spojovací kolík	1	Vrták velikosti č. 5
11.	Výměna frézovaných kusů a spuštění programu	1	-
12.	Dokončovací operace – broušení otřepů	0,5	Brusný papír

3.5.3 Barvení dílců

Barvení dílců je pak nezávisle na úpravách stejné jako při prvním prototypování. Barvení dílců probíhá pomocí štětců a akrylových barev. Každá barvená komponenta je barvena dvěma vrstvami barvy. Technologické časy barvení jsou stanoveny na 1 vrstvu a mezi jednotlivými vrstvami je časové rozmezí alespoň 1 hodina.

Tabulka 23: Technologické časy nátěru dílců druhého prototypování (Zdroj: Vlastní zpracování)

Název komponenty	Technologický čas nátěru (v min.)
Kolečko	1,5
Lokomotiva	5
Válec lokomotivy	3
Podvozek ohrádky	4
Válec cisterny	4
Podvozek cisterny	3

3.6 Aktualizované kusovníky

Tabulka 24: Aktualizovaný kusovník lokomotivy (Zdroj: Vlastní zpracování)

Množství (ks)	Popis dílce	Materiál
2	Osa	Ocel
1	Střecha 50x50x10	PET G
1	Válec lokomotivy 30x65	Bukové dřevo
1	Kabina 40x60x100	Bukové dřevo
4	Kolo 30x5	Bukové dřevo
1	Očko	Ocel
1	Komín	PET G
4	Podložka	Teflon
2	Spojovací kolík	Bukové dřevo

Tabulka 25: Aktualizovaný kusovník ohrádkového vagónu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Množství (ks)	Popis dílce	Materiál
1	Provázek	Lanko
1	Háček	Ocel
1	Očko	Ocel
4	Kolo 30x5	Bukové dřevo
2	Osa	Ocel
6	Sloupek 5x40	PET G
1	Podvozek 40x20x100	Dubové dřevo
4	Podložka	Teflon
2	Spojovací kolík	Bukové dřevo

Tabulka 26: Aktualizovaný kusovník vagónu cisterny (Zdroj: Vlastní zpracování)

Množství (ks)	Popis dílce	Materiál
2	Osa	Ocel
4	Kolo 30x5	Bukové dřevo
1	Očko	Ocel
1	Háček	Ocel
1	Podvozek 40x20x100	Bukové dřevo
1	Cisterna 40x105	Bukové dřevo
3	Ventil cisterny 5x8	PET G
4	Podložka	Teflon
2	Spojovací kolík	Bukové dřevo

3.8 Aktualizovaný postup kompletace

Lokomotiva

Do připravených děr se vloží spojovací kolíky, na které se nasadí válec lokomotivy. Na komín se nanese lepidlo a nalepí se na přední část válce. Na sloupky kabiny se nacvakne střecha kabiny.

Ohrádkový vagón

Do děr pro sloupky ohrádky se nanese lepidlo, poté se do nich nasunou sloupky ohrádky a protáhnou se jednotlivými dírkami dvě řady provázku. Oba konce se pak spojí v bužírci, ta se následně nahřeje a dochází ke smrštění kolem provázku a současně k uvolnění lepidla uvnitř bužírky.

Vagón cisterny

Do připravených děr v podvozku se vloží spojovací kolíky, na které se nasadí cisterna, na tu se poté přilepí ventily cisterny. Na cisternu se nalepí logo, jež bylo zvoleno v zákaznické konfiguraci a následně se vagóny libovolně seřadí za sebe s tím, že první je vždy lokomotiva.

Kolečka se osadí na osu spolu s teflonovou podložkou, poté se protáhne osa připraveným otvorem a následně se osadí podložkou a kolečkem i z druhé strany. Takto se osadí všechny vagóny po 2 osách, resp. 4 kolečkách a podložkách. Kolečka jsou v ose velmi na těсно, není tedy třeba používat jiné spojovací prostředky jako lepidlo apod. Následně se na podvozky umístí háčky, v případě ohrádkového vagónu a cisternového vagónu je pak vagón osazen i očkem.

Tabulka 27: Technologický postup kompletace lokomotivy (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Popis operace	Délka trvání (v min.)
1.	Nasazení střechy na podvozek lokomotivy	0,1
2.	Osazení podvozku spojovacími kolíky	0,25
3.	Nasazení válce lokomotivy na spojovací kolíky	0,5
4.	Nalepení komínku	0,5
5.	Osazení háčkem do předvrtané díry v zadní části lokomotivy	1
6.	Osazení osek kolečkem a podložkou z jedné strany	0,2
7.	Nasazení osek do otvoru pro osku v podvozku lokomotivy	0,1
8.	Osazení osek kolečkem a podložkou z druhé strany	0,2

Tabulka 28: Technologický postup kompletace ohrádkového vagónu (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Popis operace	Délka trvání (v min.)
1.	Nalepení 6 sloupků do předvrtaných děr podvozku ohrádky	3
2.	Protažení dvou řad provázku skrze díry ve sloupcích	5
3.	Navlečení konců dovnitř smršťovací bužírky	1
4.	Nahřátí smršťovací bužírky pomocí horkovzdušné pistole	2
5.	Osazení očkem do předvrtané díry v přední části lokomotivy	1
6.	Osazení háčkem do předvrtané díry v zadní části lokomotivy	1
7.	Osazení osek kolečkem a podložkou z jedné strany	0,2
8.	Nasazení osek do otvoru pro osku v podvozku lokomotivy	0,1
9.	Osazení osek kolečkem a podložkou z druhé strany	0,2

Tabulka 29: Technologický postup kompletace vagónu cisterny (Zdroj: Vlastní zpracování)

Pořadí operace	Popis operace	Délka trvání (v min.)
1.	Osazení podvozku cisterny spojovacími kolíky	0,5
2.	Nasazení válce cisterny na spojovací kolíky	0,5
3.	Nalepení ventilů cisterny	2
4.	Nalepení loga zákaznické konfigurace	1
5.	Osazení očkem do předvrtané díry v přední části lokomotivy	1
6.	Osazení háčkem do předvrtané díry v zadní části lokomotivy	1
7.	Osazení osek kolečkem a podložkou z jedné strany	0,2
8.	Nasazení osek do otvoru pro osku v podvozku lokomotivy	0,1
9.	Osazení osek kolečkem a podložkou z druhé strany	0,2

3.9 Vyhodnocení přínosů

Jako přínos této závěrečné práce lze považovat fakt, že v tuto dobu existuje navržený modelový podnik, který má navržené procesy, jež v něm probíhají a práce obsahuje důležitá výstupní data k výrobě navrženého produktu. Tato data mohou posloužit jako vstupy pro implementaci výrobního procesu do laboratoře LAPROCO, a to jak pro implementaci systémovou, tak i fyzickou. V rámci druhého prototypování bylo také vyrobeno několik set komponent, z nichž lze v rámci výuky sestavit více než 50 vlaků. Ty mohou pomoci studentům se seznámit s procesem výroby fyzicky, vše si na vlastní kůži vyzkoušet a zjistit, jak probíhá organizace práce, jak jsou sestaveny jednotlivé kroky výroby a jaký mají jednotlivé procesy dopad. Tyto kroky si pak po vyzkoušení mohou propojit s implementovanými systémy a zjistit, jak funguje prostředí výrobního podniku.

Jako další benefit předpokládám i to, že tato diplomová práce otevírá prostor dalším studentům, jež by chtěli v budování laboratoře pokračovat. Je zde spousta aspektů, ve kterých lze pokračovat, jsou tu ale i úplně nové oblasti, které jsou nepopsaným listem a mohou pomoci ve zlepšení výuky i jiných předmětů.

Vidím v ní ale i přínosy pro mě samotnou, pokud se zpětně podívám na to, jak celý proces vývoje TPV pro modelový podnik probíhal, neprobíhal pokrok jen v rámci aspektů výrobku modelového podniku. Sama jsem se naučila v rámci psaní této diplomové práce spoustu věcí, díky kterým mi vše lépe zapadlo.

ZÁVĚR

V analytické části byla analyzována laboratoř LAPROCO včetně vybavení a podmínek pro návrh modelového podniku. Dále pak studijní program Procesní management a vyučované předměty včetně implementace teorie do praxe pomocí případových studií. V návrhové části této práce byly představeny klíčové prvky modelového podniku v podmínkách laboratoře LAPROCO, včetně navrženého výrobku, kterým je malý reklamní vláček. Byla definována organizační struktura a procesy v podniku, zejména průběh zakázky podnikem a dále pak procesy výrobní. Byl popsán průběh prvního prototypování výrobku, který zahrnoval výrobu jednotlivých komponent lokomotivy, cisterny s ventily, koleček a jejich kompletaci. Následovaly závěry a řešení nedostatků prvního prototypování, které zahrnovaly identifikované problémy a navrhovaná řešení. Během prvního prototypování byly identifikovány některé problémy, včetně nedotáčení koleček v ose a jejich drhnutí na třecí ploše mezi podvozkem a kolečky, zde byly definovány jako vhodné řešení teflonové podložky umístěné mezi kolečko a podvozek. Střecha lokomotivy nedostatečně držela na sloupcích kabiny, zejména při manipulaci při posunu, což vedlo k nutnosti změně řešení na variantu s prohloubením na vnitřní straně střechy pro zasunutí sloupků kabiny. Konečně, spojení provázku bylo řešeno slepením uvnitř sloupku, což nebylo dostatečně stabilní řešení. Tyto nedostatky byly adresovány a řešeny v rámci druhého prototypování. Poté bylo popsáno druhé prototypování výrobku, včetně procesu výroby 3D dílců a frézování. Konečně byly prezentovány změněné kusovníky, nová výkresová dokumentace a aktualizovaný postup kompletace vlaku.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- 1) TOMEK a VÁVROVÁ. Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci. Expert (Grada). Praha: Grada, 2014. ISBN 978-80-247-4486-5.
- 2) KAVAN. Výrobní a provozní management. Expert (Grada). Praha: Grada, 2002. ISBN 80-247-0199-5.
- 3) ŘEPA. Procesně řízená organizace. Management v informační společnosti. Praha: Grada, 2012. ISBN 978-80-247-4128-4.
- 4) ŠVECOVÁ a VEBER. Produkční a provozní management. Expert (Grada). Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 978-80-271-1385-9.
- 5) JUROVÁ. Výrobní procesy řízené logistikou. Brno: BizBooks, 2013. ISBN 978-80-265-0059-9.
- 6) JUROVÁ. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Expert (Grada). Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.
- 7) ROSER, Christoph. Průmyslové inženýrství [online]. 2017 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z: <https://www.prumysloveinzenyrstvi.cz/2017/06/12/push-vs-pull-rozdil-vyrobnimi-systemy-push-a-pull/>
- 8) NOVOTNÁ. Laboratoř umožňuje studentům virtuálně projít výrobním procesem firmy. Události na VUT [online]. VUTIAM, 2019, 2018/2019(4), 25 [cit. 2024-04-02]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/vutium/archiv/udalosti-na-vut-04-2018-2019-p179922>
- 9) Studuj FP: Procesní management [online]. 2024 [cit. 2024-03-16]. Dostupné z: <https://www.studujfp.cz/cs/procesni-management>
- 10) Detail předmětu Konstruování s využitím IT. Vysoké učení technické v Brně [online]. Brno: VUT, c2024 [cit. 2024-04-03]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/predmety/detail/259844>
- 11) Detail předmětu Organizace přípravy výroby. Vysoké učení technické v Brně [online]. Brno: VUT, c2024 [cit. 2024-04-03]. Dostupné z: <https://www.vut.cz/studenti/predmety/detail/260046>

- 12) Detail předmětu Procesní management. Vysoké učení technické v Brně [online].
Brno: VUT, c2024 [cit. 2024-04-01]. Dostupné z:
<https://www.vut.cz/studenti/predmety/detail/260118>
- 13) Detail předmětu Operativní Management výroby. Vysoké učení technické v Brně
[online]. Brno: VUT, c2024 [cit. 2024-04-06]. Dostupné z:
<https://www.vut.cz/studenti/predmety/detail/260045>
- 14) Detail předmětu Marketing. Vysoké učení technické v Brně [online]. Brno: VUT,
c2024 [cit. 2024-04-03]. Dostupné z:
<https://www.vut.cz/studenti/predmety/detail/259914>
- 15) Detail předmětu Logistics. Vysoké učení technické v Brně [online]. Brno: VUT,
c2024 [cit. 2024-04-03]. Dostupné z:
<https://www.vut.cz/studenti/predmety/detail/259854>
- 16) Detail předmětu Podnikové systémy. Vysoké učení technické v Brně [online].
Brno: VUT, c2024 [cit. 2024-04-02]. Dostupné z:
<https://www.vut.cz/studenti/predmety/detail/260064>
- 17) Detail předmětu Obchod a podpora prodeje. Vysoké učení technické v Brně
[online]. Brno: VUT, c2024 [cit. 2024-04-02]. Dostupné z:
<https://www.vut.cz/studenti/predmety/detail/260004>
- 18) Detail předmětu Management zásob. Vysoké učení technické v Brně [online].
Brno: VUT, c2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z:
<https://www.vut.cz/studenti/predmety/detail/259887>
- 19) Detail předmětu Řízení kvality. Vysoké učení technické v Brně [online]. Brno:
20) VUT, c2024 [cit. 2024-03-29]. Dostupné z:
<https://www.vut.cz/studenti/predmety/detail/260187>
- 21) EMCO: Concept Mill 55 [online]. [cit. 2024-03-30]. Dostupné z:
<https://www.emcoworld.com/en/products/industrial-training/machines/milling/concept-mill/concept-mill55.html>
- 22) ATOS Core: 3D skener ATOS Core 300 Professional [online]. [cit. 2024-03-30].
Dostupné z:
[https://www.mcae.cz/wpcontent/uploads/2020/10/GOM_Brochure_ATOSCore_CZ_nahled .pdf](https://www.mcae.cz/wpcontent/uploads/2020/10/GOM_Brochure_ATOSCore_CZ_nahled.pdf)

- 23) Universal Robots UR3 [online]. [cit. 2024-03-30]. Dostupné z:
<https://www.universal-robots.com/cs/produkty/robot-ur3e/>
- 24) FC4500 SERIES. Graphtec America Inc [online]. Graphtec America, c2019
[cit. 2024-04-01]. Dostupné z: <https://www.graphtecamerica.com/fc4500>
- 25) Instrukce obsluhy Počítací váha. KERN CPB-N / CPB-DM Verze 2.3 01/2013
[online]. CZ. [cit. 2024-04-05]. Dostupné z:
<https://asset.conrad.com/media10/add/160267/c1/-/cs/000126193ML01/manual-126193-kern-cpb-6k01n-pocitaci-vaha-max-vazivost-6-kg-rozliseni-01-g-230-v-stribrna.pdf>
- 26) Posuvné měřidlo Twin-Cal digitální [online]. CZ. [cit. 2024-04-05]. Dostupné z:
<https://somet.cz/cz/digitalni-posuvne-meritko-tesa-twin-cal-ip67-0-150mm>
- 27) ATOS Core 300 [online]. CZ. [cit. 2024-04-05]. Dostupné z:
<https://www.aniwaa.com/product/3d-scanners/gom-atos-core-300/>
- 28) Kern CPB 6K0.1N počítací váha [online]. CZ. [cit. 2024-04-06]. Dostupné z:
<https://www.conrad.cz/cs/p/kern-cpb-6k0-1n-pocitaci-vaha-max-vazivost-6-kg-rozliseni-0-1-g-230-v-stribrna-126193.html>
- 29) ČERNOUŠKOVÁ, Klára. Konzultace návrhů modelového podniku pro závěrečnou práci: Návrh podpory specifikace produktu v informačním systému. Brno, 2023.
- 30) CNC frézovačky. CONCEPT MILL 55 [online]. CZ. [cit. 2024-04-06]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/cs/p/kern-cpb-6k0-1n-pocitaci-vaha-max-vazivost-6-kg-rozliseni-0-1-g-230-v-stribrna-126193.html> <https://www.didactic.sk/cnc-frezovacky.xhtml>
- 31) Stratasys F170 User Manual [online]. CZ. [cit. 2024-03-30]. Dostupné z:
<https://www.manualslib.com/manual/1359347/Stratasys-F170.html?page=3#manual>
- 32) F170 [online]. [cit. 2024-03-06]. Dostupné z: <https://www.stratasys.com/en/3d-printers/printer-catalog/fdm-printers/f170/>
- 33) 3D tiskárna Original Prusa i3 MK3S+ [online]. CZ. [cit. 2024-03-16]. Dostupné z: <https://www.prusa3d.com/cs/produkt/3d-tiskarna-original-prusa-i3-mk3s-3/>
- 34) Co je ERP? [online]. CZ. [cit. 2024-03-18]. Dostupné z:
<https://www.oracle.com/cz/erp/what-is-erp/>

- 35) OR-SYSTEM Open [online]. CZ. [cit. 2024-04-05]. Dostupné z:
<https://www.orcz.cz/or-system>
- 36) Popis řešení pro podnik STRÁNSKÝ A PETRŽÍK, PNEUMATICKÉ VÁLCE [online]. CZ. [cit. 2024-04-08]. Dostupné z: <https://www.orcz.cz/stransky-petrzik-pneumaticke-valce>
- 37) MES SYSTÉM PHARIS – INFORMAČNÍ SYSTÉM PRO ŘÍZENÍ VÝROBY [online]. [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://pharis.cz/cs/>
- 38) SPRÁVA ŽIVOTNÍHO CYKLU VÝROBKŮ. Systém PLM řešení Teamcenter [online]. [cit. 2024-03-30]. Dostupné z: <https://plm.sw.siemens.com/cs-CZ/teamcenter/>
- 39) Software Tecnomatix pro digitální výrobu [online]. [cit. 2024-03-28]. Dostupné z: <https://plm.sw.siemens.com/cs-CZ/tecnomatix/>
- 40) SOLIDWORKS PREMIUM [online]. [cit. 2024-03-29]. Dostupné z:
<https://www.solidvision.cz/solidworks-reseni/3d-cad-solidworks/solidworks-premium#blocks>
- 41) SOLIDWORKS Premium [online]. [cit. 2024-03-29]. Dostupné z:
<https://www.dps-software.cz/produkt/solidworks-premium/>
- 42) Enterprise Architect Ultimate EN [online]. [cit. 2024-03-29]. Dostupné z:
<https://sparxsystems.com/products/ea/ultimate.html>
- 43) VIDECKÁ. Návrh podpory výuky předmětů studijního programu „Procesní management“ v laboratoři řízení podnikových procesů (LAPROCO). 21.5.2020. Brno.
- 44) BASL. Podnikové informační systémy: podnik v informační společnosti. 2., výrazně přeprac. a rozš. vyd. Praha: Grada, 2008, 283 s. : il., portréty. ISBN 978-80-247-2279-5
- 45) KEŘKOVSKÝ a VALSA. Moderní přístupy k řízení výroby. 3. doplněné vydání. V Praze: C.H. Beck, 2012, 176 s. : il., grafy, tab. ISBN 978-80-7179 319-9.
- 46) GRASSEOVÁ, DUBEC a HORÁK. Procesní řízení ve veřejném sektoru: teoretická východiska a praktické příklady. Brno: Computer Press, 2008, v, 266 s. : il. ISBN 978-80-251-1987-7.

- 47) VRANA a RICHTA. Zásady a postupy zavádění podnikových informačních systémů: praktická příručka pro podnikové manažery. Praha: Grada, 2005, 187 s. ISBN 80-247-1103-6.
- 48) HAMMER a CHAMPY. Reengineering – radikální proměna firmy: manifest revoluce v podnikání. 3. vyd. Praha: Management Press, 2000. ISBN 80-726-1028-7.
- 49) ŘEPA. Podnikové procesy: procesní řízení a modelování. Praha: Grada, 2006. Management v informační společnosti. ISBN 80-247-1281-4.
- 50) MACHOVEC, Marek. Konzultace návrhů modelového podniku pro závěrečnou práci: Návrh podpory řízení zakázky v informačním systému. Brno, 2023.
- 51) Aptien – Co je to proces. Online. 2024. Dostupné z: <https://aptien.com/cs/kb/articles/what-is-a-process>. [cit. 2024-05-07].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1: CNC frézka EMCO Concept Mill55.....	27
Obrázek 2: 3D tiskárna – Stratasys Fortus F170	28
Obrázek 3: 3D tiskárna Original Prusa i3 MK3S+	29
Obrázek 4: Kolaborativní robot Universal robots UR3	30
Obrázek 5: Řezací plotr Graphtec FCX4500-50	30
Obrázek 6: Digitální váha Kern CPB 6K0.1N.....	31
Obrázek 7: 3D skener ATOS Core 300 Professional Line	32
Obrázek 8: Digitální posuvné měřítko TESA TWIN-CAL IP67	32
Obrázek 9: Logo OR-SYSTEM Open.....	34
Obrázek 10: Systém MES Pharis Logo	35
Obrázek 11: Logo Enterprise Architect.....	35
Obrázek 12: Propojení HW a SW vybavení	37
Obrázek 13: Navrhovaný výrobek modelového podniku	45
Obrázek 14: Organizační struktura modelového podniku	46
Obrázek 15: Procesní mapa průběhu zakázky podnikem	47
Obrázek 16: Proces výroby – výroba komponentů.....	49
Obrázek 17: Proces výroby – kompletace	50
Obrázek 18: Výkresová dokumentace lokomotivy vláčku.....	53
Obrázek 19: Lokomotiva vláčku před barvením dle zákaznické konfigurace a před montáží	54
Obrázek 20: Lokomotiva vláčku po barvení dle zákaznické konfigurace.....	54
Obrázek 21: Výkresová dokumentace ohrádkového vagónu	57
Obrázek 22: Ohrádka před barvením dle zákaznické konfigurace a před montáží .	58
Obrázek 23:Ohrádka vláčku po barvení dle zákaznické konfigurace	58
Obrázek 24: Výkresová dokumentace cisterny s ventily.....	61
Obrázek 25: Cisterna před barvením a logem dle zákaznické konfigurace a před montáží	62

Obrázek 26: Cisterna po barvení dle zákaznické konfigurace s logem	62
Obrázek 27: Mezikrok výroby před oddělením jednotlivých koleček přímočarou pilou	65
Obrázek 28: Finální podoba prvních prototypů vláčků	65
Obrázek 29: Přípravek pro vrtání děr do sloupků ohrádky.....	66
Obrázek 30: Podoba přípravku pro děrování podvozku ohrádky	66
Obrázek 31: Přípravek pro vrtání děr pro osy koleček	67
Obrázek 32: Přípravek pro předvrtání děr pro háčky a očka	67
Obrázek 33: Přípravek pro zbroušení hran válce lokomotivy a cisterny	67
Obrázek 34: Přípravek pro zbroušení hran koleček.....	68
Obrázek 35: Přípravek pro zbroušení hran sloupků ohrádkového vagonu.....	68
Obrázek 36: Přípravek pro oddělení koleček přímočarou pilou	69
Obrázek 37: První verze podložky z teflonu	70
Obrázek 38: Druhá verze podložky z teflonu	71
Obrázek 39: Děrovací přípravek na teflon.....	71
Obrázek 40: Postup děrování teflonu	72
Obrázek 41: Vyjmutí hotových podložek z děrovacího přípravku.....	72
Obrázek 42: Střecha vyrobena 3D tiskem v rámci druhého prototypování.....	73
Obrázek 43: Porovnání vagónů lokomotivy prvního a druhého prototypování	74
Obrázek 44: Řešení problému uvolňování válců.....	75
Obrázek 45: Spojení provázku pomocí smršťovací bužírky	76
Obrázek 46: Sloupek ohrádkového vagonu vyrobený pomocí 3D tisku	78
Obrázek 47: Ventil cisterny vyrobený pomocí 3D tisku	78
Obrázek 48: Frézování lokomotivy v laboratoři.. Error! Bookmark not defined.	79
Obrázek 49: Dílec lokomotivy po první frézovací operaci	81

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1: Přehled klíčových předmětů vyučovaných v rámci Procesního managementu	39
Tabulka 2: Rozdělení procesů do kategorií.....	46
Tabulka 3:Kusovník lokomotivy.....	51
Tabulka 4: Technologický postup výroby střechy	51
Tabulka 5: Technologický postup výroby kabiny lokomotivy	52
Tabulka 6: Technologický postup výroby válce lokomotivy	52
Tabulka 7: Technologický postup výroby sloupků ohrádkového vagónu	55
Tabulka 8: Technologický postup výroby podvozku ohrádkového vagónu	56
Tabulka 9: Kusovník cisterny s ventily.....	59
Tabulka 10: Technologický postup výroby ventilů cisterny	59
Tabulka 11: Technologický postup výroby cisterny	60
Tabulka 12: Technologický postup výroby podvozku cisterny	60
Tabulka 13: Technologický postup výroby koleček	63
Tabulka 14: Technologické časy nátěru.....	64
Tabulka 15: Kategorizace unikátních dílů vláčku.....	76
Tabulka 16: Kategorizace dílců společných pro více vagónů.....	77
Tabulka 17: Časy 3D tisku jednotlivých tištěných komponent.....	77
Tabulka 18: Technologický postup frézování lokomotivy	80
Tabulka 19: Technologický postup frézování válce lokomotivy	81
Tabulka 20: Technologický postup frézování vagónu ohrádky	82
Tabulka 21: Technologický postup frézování vagónu cisterny	83
Tabulka 22: Technologický postup frézování válce cisterny	84
Tabulka 23: Technologické časy nátěru dílců druhého prototypování	85
Tabulka 24: Aktualizovaný kusovník lokomotivy	85
Tabulka 25: Aktualizovaný kusovník ohrádkového vagónu.....	86
Tabulka 26: Aktualizovaný kusovník vagónu cisterny	86

Tabulka 27: Technologický postup kompletace lokomotivy	88
Tabulka 28: Technologický postup kompletace ohrádkového vagónu.....	88
Tabulka 29: Technologický postup kompletace vagónu cisterny	89

PŘÍLOHY

Výkresové dokumentace

Výkresová dokumentace lokomotivy

Výkresová dokumentace válce lokomotivy

Výkresová dokumentace podvozku ohrádkového vagónu

Výkresová dokumentace podvozku cisterny

Výkresová dokumentace válce cisterny

Programy pro výrobu

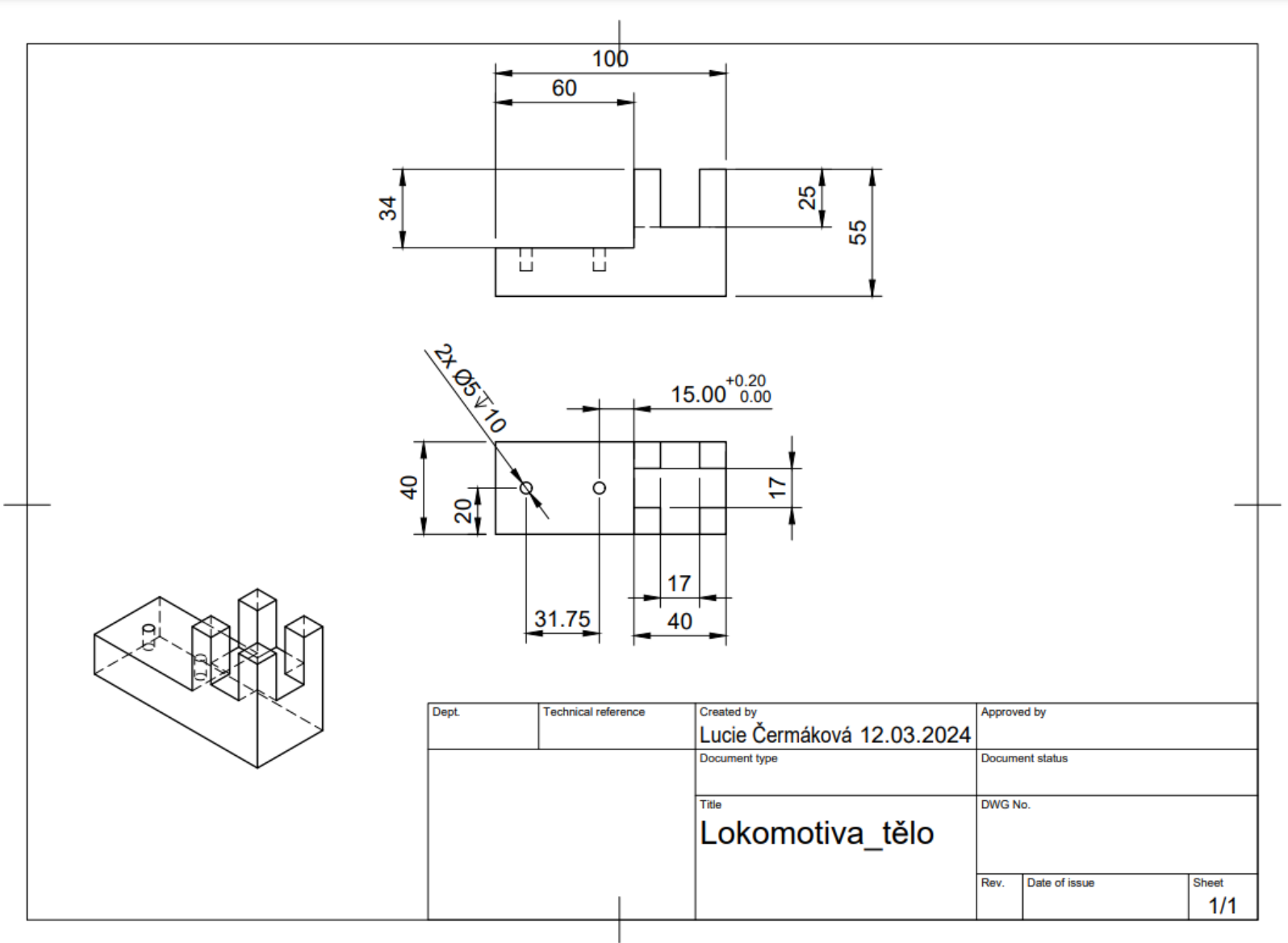
Program pro výrobu válce lokomotivy

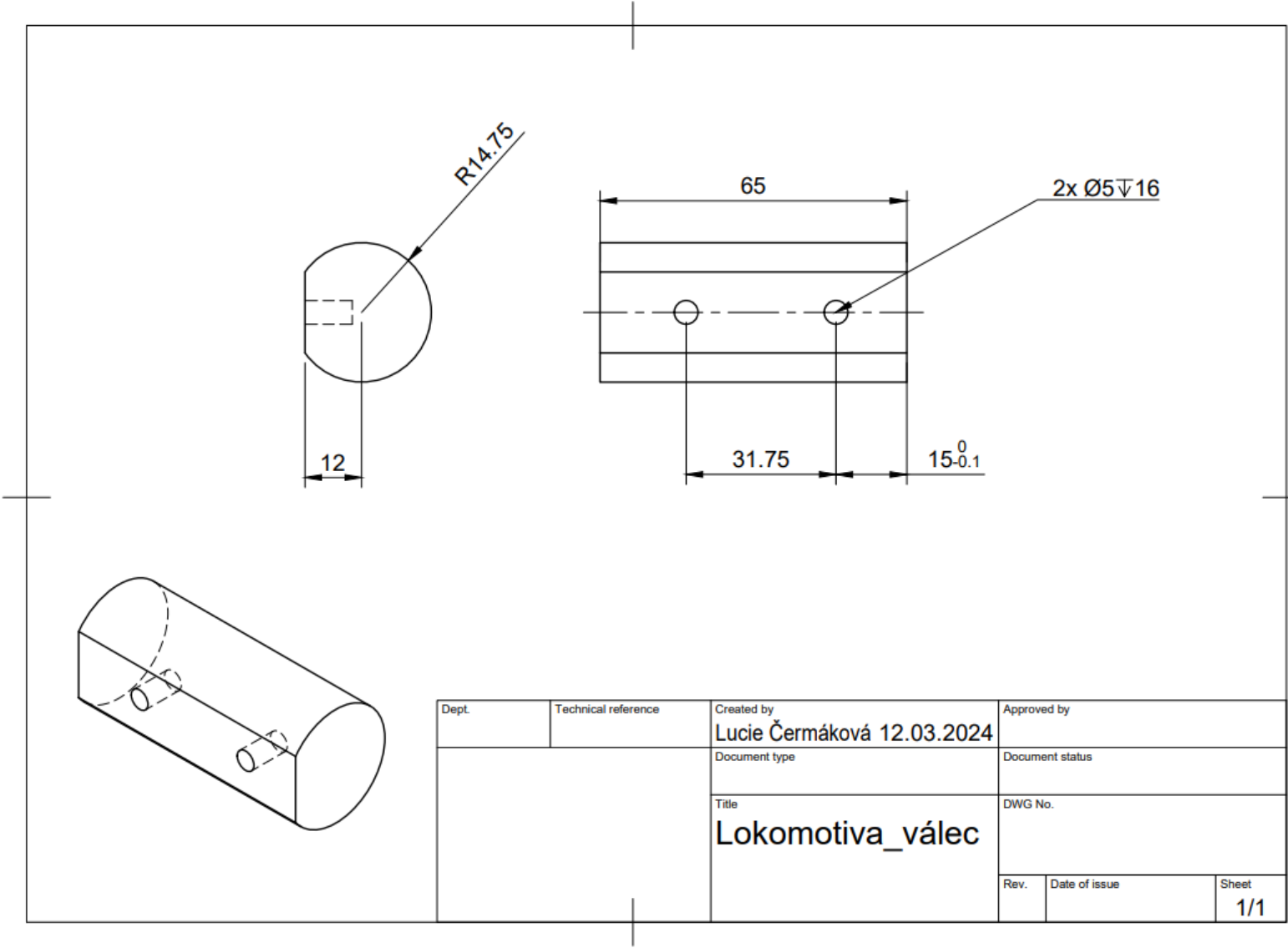
Program pro výrobu válce lokomotivy

Program pro výrobu podvozku ohrádkového vagónu

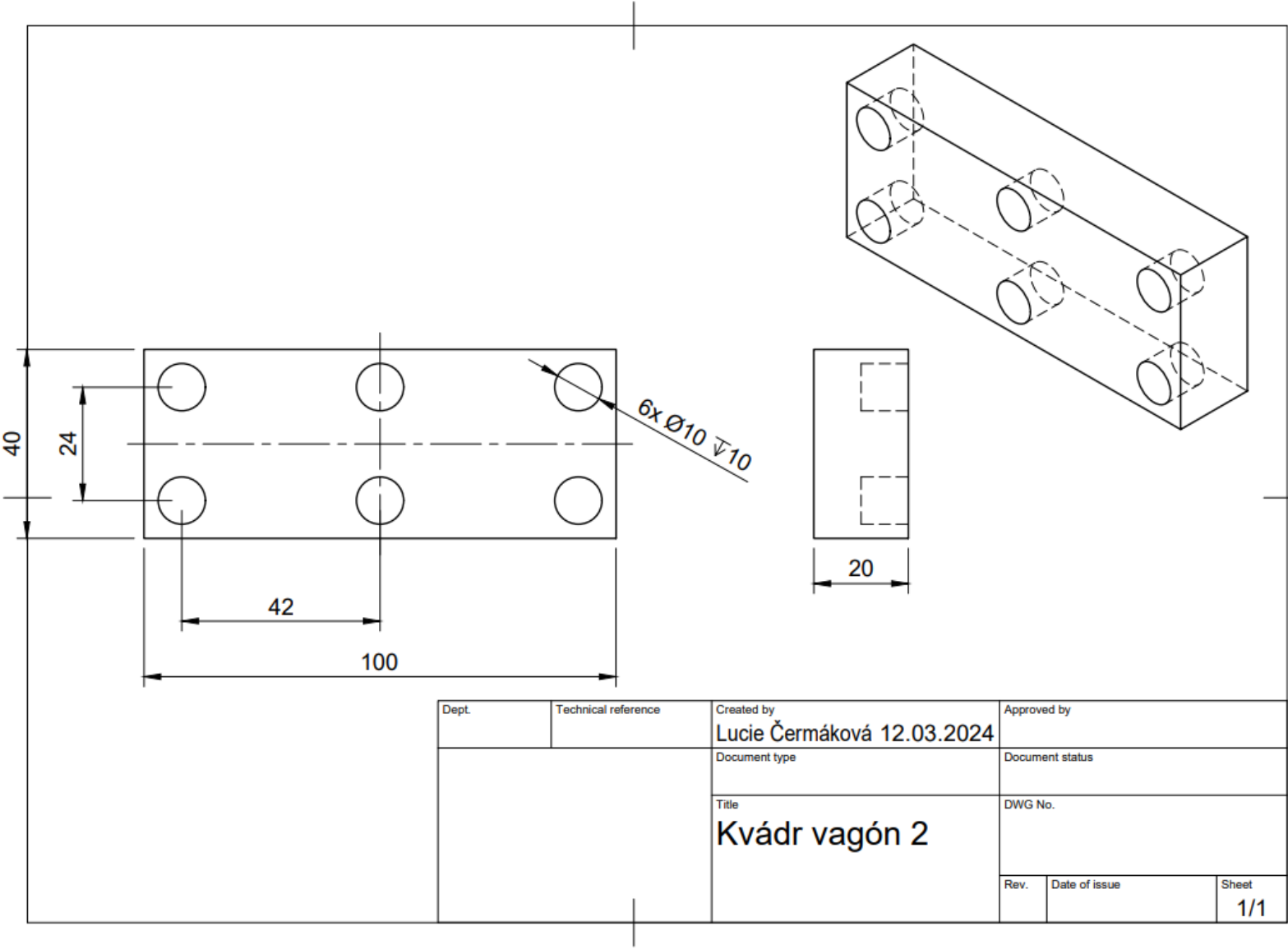
Program pro výrobu podvozku cisterny

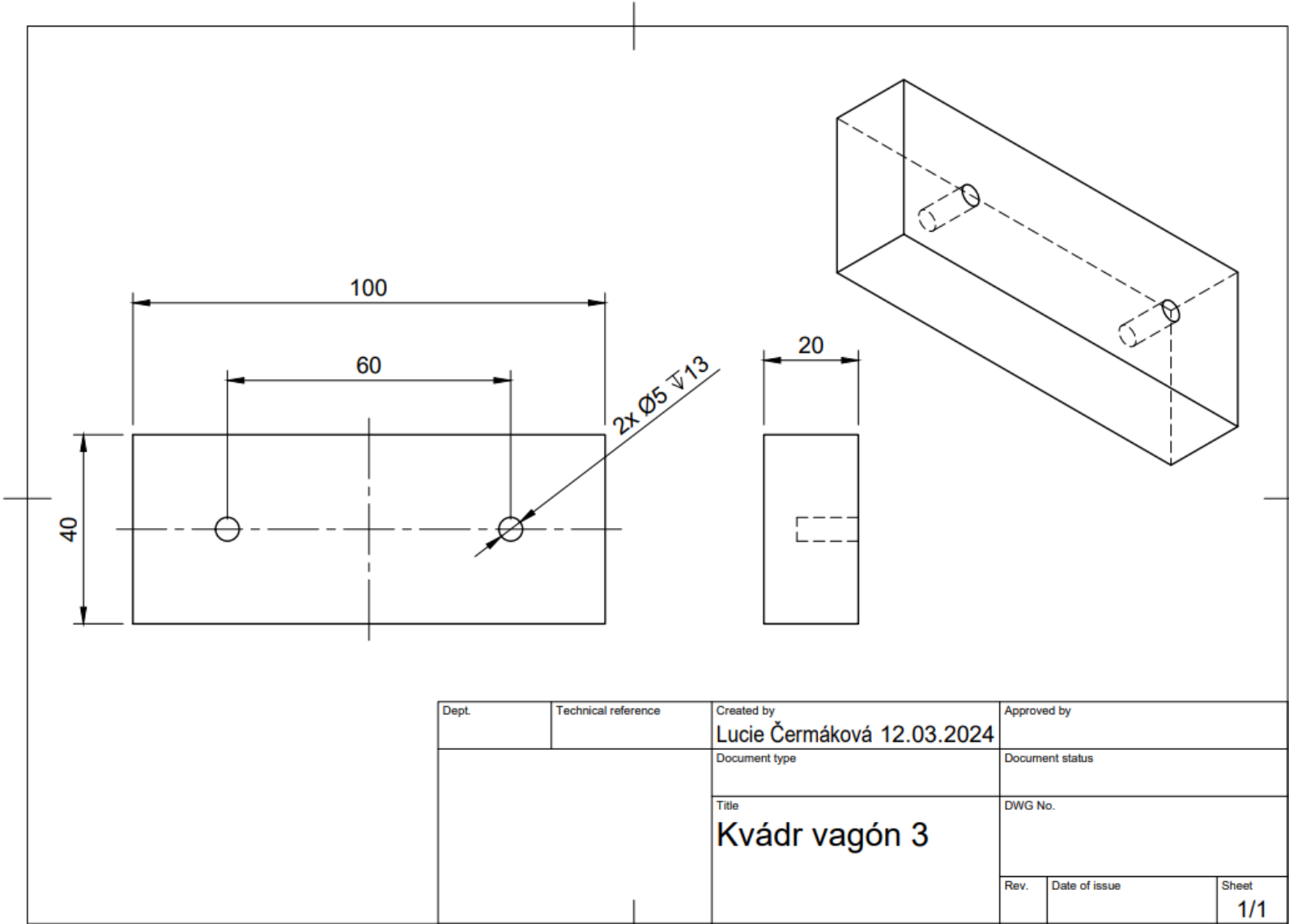
Program pro výrobu válce cisterny



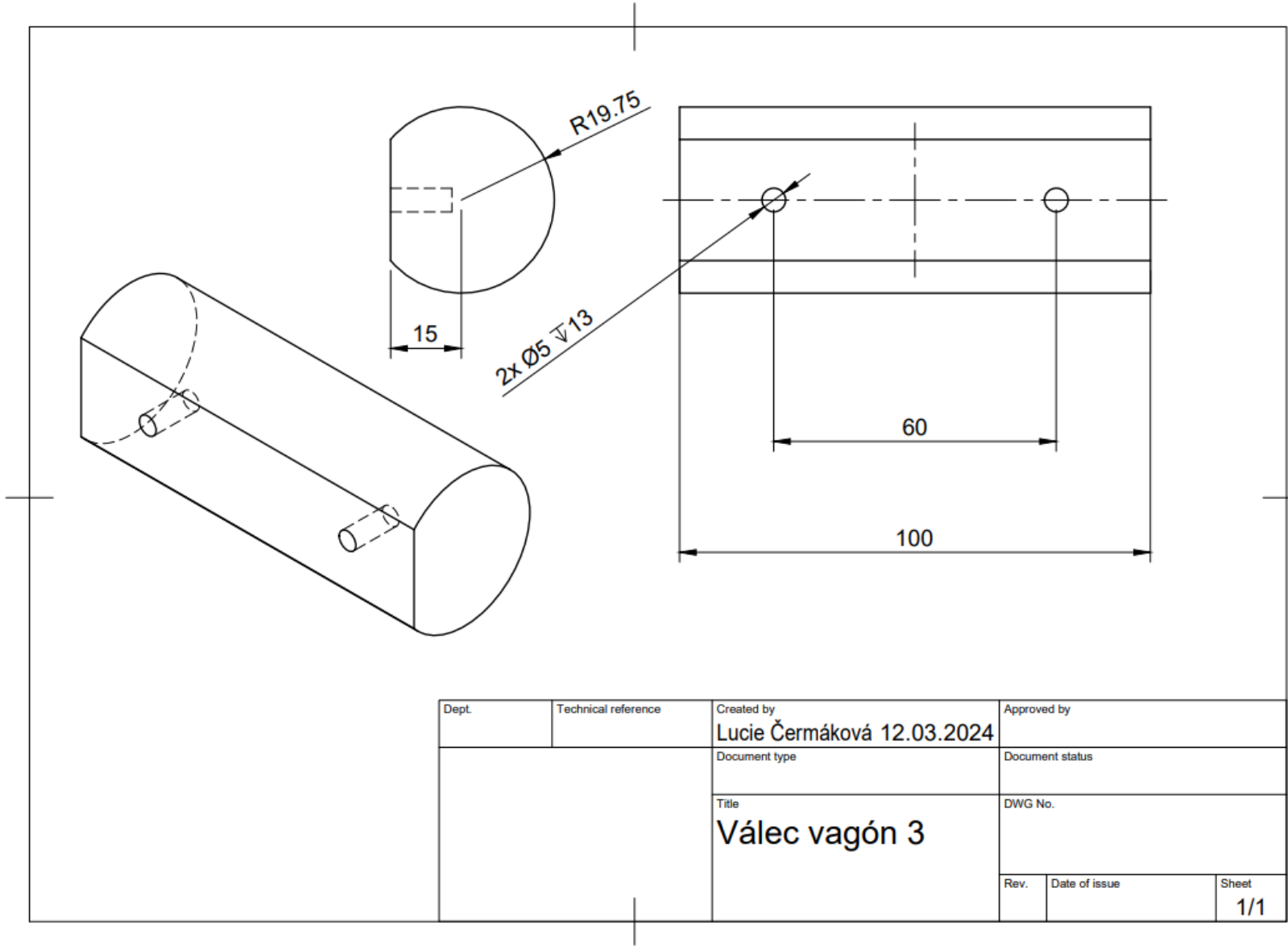


Výkresová dokumentace podvozku ohrádkového vagónu





Výkresová dokumentace válce cisterny



Program pro výrobu válce lokomotivy

WCS: #0

Stock:

DX: 65mm

DY: 29.5mm

DZ: 29.5mm

Part:

DX: 65mm

DY: 29.5mm

DZ: 26.75mm

Stock Lower in WCS #0:

X: -65mm

Y: -29.5mm

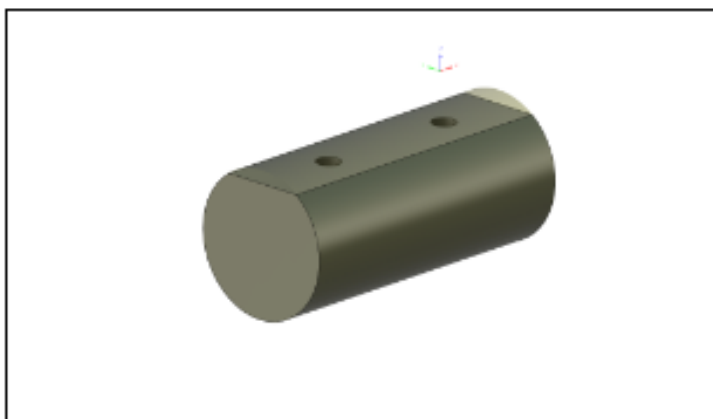
Z: -29.5mm

Stock Upper in WCS #0:

X: 0mm

Y: 0mm

Z: 0mm



Total

NUMBER OF OPERATIONS: 2

NUMBER OF TOOLS: 2

TOOLS: T3 T13

MAXIMUM Z: 25mm

MINIMUM Z: -19.75mm

MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm

CUTTING DISTANCE: 427.6mm

RAPID DISTANCE: 185.55mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:8s

Tools

T3 D3 L3

TYPE: drill

DIAMETER: 5mm

TIP ANGLE: 140°

LENGTH: 40mm

FLUTES: 2

DESCRIPTION: VRT-D5

COMMENT: VRTAK#5 WPC UNI

VENDOR: WNT

PRODUCT: WPCA UNI 11 606 05000

MINIMUM Z: -19.75mm

MAXIMUM FEED: 381.972mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1910rpm

CUTTING DISTANCE: 44mm

RAPID DISTANCE: 106.75mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 8s (12.1%)



T13 D13 L13

TYPE: flat end mill

DIAMETER: 16mm

LENGTH: 70mm

FLUTES: 3

DESCRIPTION: FR-D16

COMMENT: FR-D16-AL

VENDOR: PM-TECH

PRODUCT: 3ALE-160-650-120

MINIMUM Z: -2.75mm

MAXIMUM FEED: 800mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm

CUTTING DISTANCE: 383.6mm

RAPID DISTANCE: 78.8mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 30s (43.8%)



Operations

Operation 1/2

DESCRIPTION: Frézování plošky na válci

STRATEGY: Facing

WCS: #0

TOLERANCE: 0.01mm

MAXIMUM STEPDOWN: 1.5mm

MAXIMUM STEP OVER: 15mm

MAXIMUM Z: 25mm

MINIMUM Z: -2.75mm

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm

MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min

CUTTING DISTANCE: 383.6mm

RAPID DISTANCE: 78.8mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 30s (43.8%)

COOLANT: Flood

T13 D13 L13

TYPE: flat end mill

DIAMETER: 16mm

LENGTH: 70mm

FLUTES: 3

DESCRIPTION: FR-D16

COMMENT: FR-D16-AL

VENDOR: PM-TECH

PRODUCT: 3ALE-160-650-120



Operation 2/2

DESCRIPTION: Vrtání děr pro kolíky

STRATEGY: Drilling

WCS: #0

TOLERANCE: 0.01mm

MAXIMUM Z: 15mm

MINIMUM Z: -19.75mm

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1910rpm

MAXIMUM FEEDRATE: 381.972mm/min

CUTTING DISTANCE: 44mm

RAPID DISTANCE: 106.75mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 8s (12.1%)

COOLANT: Off

T3 D3 L3

TYPE: drill

DIAMETER: 5mm

TIP ANGLE: 140°

LENGTH: 40mm

FLUTES: 2

DESCRIPTION: VRT-D5

COMMENT: VRTAK#5 WPC UNI

VENDOR: WNT

PRODUCT: WPCA UNI 11 606 05000



Program pro výrobu lokomotivy

Tools		
T3 D3 L3 Type: drill Diameter: 5mm Tip Angle: 140° Length: 40mm Flutes: 2 Description: VRTAK#5 Comment: VRTAK#5 WPC UNI Vendor: WNT Product: WPCA UNI 11 606 05000	Minimum Z: -49.91mm Maximum Feed: 381.972mm/min Maximum Spindle Speed: 1910rpm Cutting Distance: 31.82mm Rapid Distance: 239.57mm Estimated Cycle Time: 8s (1.2%)	
T13 D13 L13 Type: flat end mill Diameter: 16mm Length: 70mm Flutes: 3 Description: FR-D16 Comment: FR-D16-AL Vendor: PM-TECH Product: 3ALE-160-650-120	Minimum Z: -39mm Maximum Feed: 750mm/min Maximum Spindle Speed: 3000rpm Cutting Distance: 7257.09mm Rapid Distance: 1062.25mm Estimated Cycle Time: 9m:53s (94%)	

Operations		
Operation 1/5 Description: Frézování síly Strategy: Facing WCS: #0 Tolerance: 0.01mm Maximum Stepdown: 3mm Maximum Stepper: 14mm	Maximum Z: 25mm Minimum Z: -5mm Maximum Spindle Speed: 3000rpm Maximum Feedrate: 750mm/min Cutting Distance: 790.49mm Rapid Distance: 93.75mm Estimated Cycle Time: 1m:4s (10.2%) Coolant: Off	T13 D13 L13 Type: flat end mill Diameter: 16mm Length: 70mm Flutes: 3 Description: FR-D16 Comment: FR-D16-AL Vendor: PM-TECH Product: 3ALE-160-650-120
Operation 2/5 Description: Frézování sloupků Strategy: Contour 2D WCS: #0 Tolerance: 0.01mm Stock to Leave: 0mm Maximum Stepdown: 3mm Maximum Stepper: 15.2mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -30mm Maximum Spindle Speed: 3000rpm Maximum Feedrate: 750mm/min Cutting Distance: 1993.39mm Rapid Distance: 60mm Estimated Cycle Time: 2m:40s (25.4%) Coolant: Off	T13 D13 L13 Type: flat end mill Diameter: 16mm Length: 70mm Flutes: 3 Description: FR-D16 Comment: FR-D16-AL Vendor: PM-TECH Product: 3ALE-160-650-120
Operation 3/5 Description: Frézování osazení na válec Strategy: Contour 2D WCS: #0 Tolerance: 0.01mm Stock to Leave: 0mm/3mm Maximum Stepdown: 3mm Maximum Stepper: 15.5mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -36mm Maximum Spindle Speed: 3000rpm Maximum Feedrate: 750mm/min Cutting Distance: 4010.4mm Rapid Distance: 839.5mm Estimated Cycle Time: 5m:31s (32.4%) Coolant: Off	T13 D13 L13 Type: flat end mill Diameter: 16mm Length: 70mm Flutes: 3 Description: FR-D16 Comment: FR-D16-AL Vendor: PM-TECH Product: 3ALE-160-650-120
Operation 4/5 Description: Dokončení osazení Strategy: Contour 2D WCS: #0 Tolerance: 0.01mm Stock to Leave: 0mm Maximum Stepper: 14mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -39mm Maximum Spindle Speed: 3000rpm Maximum Feedrate: 750mm/min Cutting Distance: 462.8mm Rapid Distance: 69mm Estimated Cycle Time: 38s (6%) Coolant: Off	T13 D13 L13 Type: flat end mill Diameter: 16mm Length: 70mm Flutes: 3 Description: FR-D16 Comment: FR-D16-AL Vendor: PM-TECH Product: 3ALE-160-650-120
Operation 5/5 Description: Vrtání děr na kolíky Strategy: Drilling WCS: #0 Tolerance: 0.01mm	Maximum Z: 15mm Minimum Z: -49.91mm Maximum Spindle Speed: 1910rpm Maximum Feedrate: 381.972mm/min Cutting Distance: 31.82mm Rapid Distance: 239.57mm Estimated Cycle Time: 8s (1.2%) Coolant: Off	T3 D3 L3 Type: drill Diameter: 5mm Tip Angle: 140° Length: 40mm Flutes: 2 Description: VRTAK#5 Comment: VRTAK#5 WPC UNI Vendor: WNT Product: WPCA UNI 11 606 05000

Program pro výrobu podvozku ohrádkového vagónu

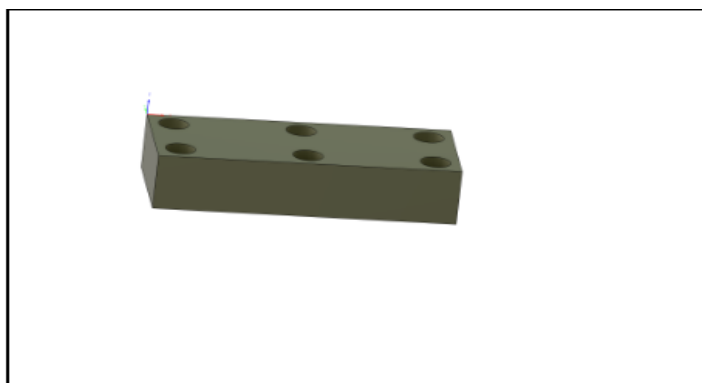
WCS: #0

STOCK:
DX: 100mm
DY: 40mm
DZ: 20mm

PART:
DX: 100mm
DY: 40mm
DZ: 20mm

STOCK LOWER IN WCS #0:
X: 0mm
Y: -40mm
Z: -20mm

STOCK UPPER IN WCS #0:
X: 100mm
Y: 0mm
Z: 0mm



Total

NUMBER OF OPERATIONS: 2
NUMBER OF TOOLS: 2
TOOLS: T3 T7
MAXIMUM Z: 15mm
MINIMUM Z: -10.91mm
MAXIMUM FEEDRATE: 509.296mm/min
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm
CUTTING DISTANCE: 881.84mm
RAPID DISTANCE: 579.28mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 2m:23s

Tools

T3 D3 L3

TYPE: drill
DIAMETER: 5mm
TIP ANGLE: 140°
LENGTH: 40mm
FLUTES: 2
DESCRIPTION: VRT-D5
COMMENT: VRTAK#5 WPC UNI
VENDOR: WNT
PRODUCT: WPCA UNI 11 606 05000

MINIMUM Z: -10.91mm
MAXIMUM FEED: 509.296mm/min
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2546rpm
CUTTING DISTANCE: 95.46mm
RAPID DISTANCE: 271.46mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 15s (10.2%)



T7 D7 L7

TYPE: flat end mill
DIAMETER: 5mm
LENGTH: 35mm
FLUTES: 3
DESCRIPTION: FR-D5
COMMENT: FR#5 AL PM-TECH DLB 20
VENDOR: PM-TECH

MINIMUM Z: -10mm
MAXIMUM FEED: 500mm/min
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm
CUTTING DISTANCE: 786.38mm
RAPID DISTANCE: 307.82mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:38s (88.8%)



Operations

Operation 1/2

DESCRIPTION: Předvrtání
STRATEGY: Drilling
WCS: #0
TOLERANCE: 0.01mm

MAXIMUM Z: 15mm
MINIMUM Z: -10.91mm
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 2546rpm
MAXIMUM FEEDRATE: 509.296mm/min
CUTTING DISTANCE: 95.46mm
RAPID DISTANCE: 271.46mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 15s (10.2%)
COOLANT: Off

T3 D3 L3

TYPE: drill
DIAMETER: 5mm
TIP ANGLE: 140°
LENGTH: 40mm
FLUTES: 2
DESCRIPTION: VRT-D5
COMMENT: VRTAK#5 WPC UNI
VENDOR: WNT
PRODUCT: WPCA UNI 11 606 05000



Operation 2/2

DESCRIPTION: Frézování děr
STRATEGY: Contour 2D
WCS: #0
TOLERANCE: 0.01mm
STOCK TO LEAVE: 0mm
MAXIMUM STEPDOWN: 2mm
MAXIMUM STEPOVER: 4.75mm
COMPENSATION: control (left)
SAFE TOOL DIAMETER: < 5.5mm

MAXIMUM Z: 15mm
MINIMUM Z: -10mm
MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm
MAXIMUM FEEDRATE: 500mm/min
CUTTING DISTANCE: 786.38mm
RAPID DISTANCE: 307.82mm
ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:38s (88.8%)
COOLANT: Off

T7 D7 L7

TYPE: flat end mill
DIAMETER: 5mm
LENGTH: 35mm
FLUTES: 3
DESCRIPTION: FR-D5
COMMENT: FR#5 AL PM-TECH DLB 20
VENDOR: PM-TECH



Program pro výrobu válce cisterny

WCS: #0

STOCK:

DX: 100mm

DY: 40mm

DZ: 40mm

PART:

DX: 100mm

DY: 39.5mm

DZ: 34.75mm

STOCK LOWER IN WCS #0:

X: 0mm

Y: -40mm

Z: -40mm

STOCK UPPER IN WCS #0:

X: 100mm

Y: 0mm

Z: 0mm

Total

NUMBER OF OPERATIONS: 2

NUMBER OF TOOLS: 2

TOOLS: T3 T13

MAXIMUM Z: 25mm

MINIMUM Z: -18.91mm

MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm

CUTTING DISTANCE: 1080.41mm

RAPID DISTANCE: 277.51mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:57s

Tools

T3 D3 L3

TYPE: drill

DIAMETER: 5mm

TIP ANGLE: 140°

LENGTH: 40mm

FLUTES: 2

DESCRIPTION: VRT-D5

COMMENT: VRTAK#5 WPC UNI

VENDOR: WNT

PRODUCT: WPCA UNI 11 606 05000

MINIMUM Z: -18.91mm

MAXIMUM FEED: 381.972mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1910rpm

CUTTING DISTANCE: 37.82mm

RAPID DISTANCE: 137.82mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 8s (8.5%)

T13 D13 L13

TYPE: flat end mill

DIAMETER: 16mm

LENGTH: 70mm

FLUTES: 3

DESCRIPTION: FR-D16

COMMENT: FR-D16-AL

VENDOR: PM-TECH

PRODUCT: 3AL F-160-650-120

MINIMUM Z: -5mm

MAXIMUM FEED: 800mm/min

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm

CUTTING DISTANCE: 1042.59mm

RAPID DISTANCE: 139.69mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:20s (88%)

Operations

Operation 1/2

DESCRIPTION: POLOŠKA

STRATEGY: Facing

WCS: #0

TOLERANCE: 0.01mm

MAXIMUM STEPDOWN: 1.5mm

MAXIMUM STEP OVER: 15mm

MAXIMUM Z: 25mm

MINIMUM Z: -5mm

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 3000rpm

MAXIMUM FEEDRATE: 800mm/min

CUTTING DISTANCE: 1042.59mm

RAPID DISTANCE: 139.69mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:20s (88%)

COOLANT: Flood

T13 D13 L13

TYPE: flat end mill

DIAMETER: 16mm

LENGTH: 70mm

FLUTES: 3

DESCRIPTION: FR-D16

COMMENT: FR-D16-AL

VENDOR: PM-TECH

PRODUCT: 3AL F-160-650-120

Operation 2/2

DESCRIPTION: VRTANI D5

STRATEGY: Drilling

WCS: #0

TOLERANCE: 0.01mm

MAXIMUM Z: 15mm

MINIMUM Z: -18.91mm

MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1910rpm

MAXIMUM FEEDRATE: 381.972mm/min

CUTTING DISTANCE: 37.82mm

RAPID DISTANCE: 137.82mm

ESTIMATED CYCLE TIME: 0s (0.0%)

COOLANT: Off

T3 D3 L3

TYPE: drill

DIAMETER: 5mm

TIP ANGLE: 140°

LENGTH: 40mm

FLUTES: 2

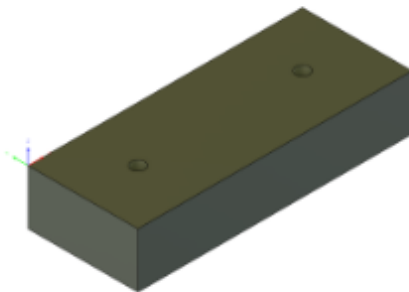
DESCRIPTION: VRT-D5

COMMENT: VRTAK#5 WPC UNI

VENDOR: WNT

PRODUCT: WPCA UNI 11 606 05000

Program pro výrobu podvozku cisterny

Setup	
WCS: #0 STOCK: DX: 100mm DY: 40mm DZ: 20mm PART: DX: 100mm DY: 40mm DZ: 20mm STOCK LOWER IN WCS #0: X: 0mm Y: -40mm Z: -20mm STOCK UPPER IN WCS #0: X: 100mm Y: 0mm Z: 0mm	

Total
NUMBER OF OPERATIONS: 1 NUMBER OF TOOLS: 1 TOOLS: T3 MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -13.91mm MAXIMUM FEEDRATE: 381.972mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1910rpm CUTTING DISTANCE: 37.82mm RAPID DISTANCE: 117.82mm ESTIMATED CYCLE TIME: 22s

Tools	
T3 D3 L3 TYPE: drill DIAMETER: 5mm TIP ANGLE: 140° LENGTH: 40mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: VRT-D5 COMMENT: VRTAK#5 WPC UNI VENDOR: WNT PRODUCT: WPCA UNI 11 606 05000	MINIMUM Z: -13.91mm MAXIMUM FEED: 381.972mm/min MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1910rpm CUTTING DISTANCE: 37.82mm RAPID DISTANCE: 117.82mm ESTIMATED CYCLE TIME: 7s 

Operations		
Operation 1/1 DESCRIPTION: VRTANI D5 STRATEGY: Drilling WCS: #0 TOLERANCE: 0.01mm	MAXIMUM Z: 15mm MINIMUM Z: -13.91mm MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1910rpm MAXIMUM FEEDRATE: 381.972mm/min CUTTING DISTANCE: 37.82mm RAPID DISTANCE: 117.82mm ESTIMATED CYCLE TIME: 7s COOLANT: Off	T3 D3 L3 TYPE: drill DIAMETER: 5mm TIP ANGLE: 140° LENGTH: 40mm FLUTES: 2 DESCRIPTION: VRT-D5 COMMENT: VRTAK#5 WPC UNI VENDOR: WNT PRODUCT: WPCA UNI 11 606 05000 