

Česká zemědělská univerzita v Praze

FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

Katedra základního zpracování dřeva a biomateriálů



Diplomová práce

**Projektování výroby nábytku
SMART CITY POINT**

Milan Šimek

© 2019 ČZU v Praze

ČESKÁ ZEMEDĚLSKÁ UNIVERZITA
FAKULTA LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ

**PROJEKTOVÁNÍ VÝROBY NÁBYTKU
SMART CITY POINT**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Studijní program:	Dřevařské inženýrství
Pracoviště (katedra/ústav):	Katedra základního zpracování dřeva a biomateriálů
Vedoucí diplomové práce:	doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Praha 2019

Bc. Milan Šimek

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Milan Šimek

Dřevařské inženýrství

Název práce

Projektování výroby nábytku – modernizace stávající výroby nábytku

Název anglicky

Designing of furniture manufacturing – modernization of existing furniture production

Cíle práce

Práce je zaměřena na návrh sériové výroby nábytku, která je orientovaná na tvorbu exkluzivních interiérů pro náročné zákazníky. Cílem práce je navrhnout strojní zařízení, výrobní tok s důrazem na pružnost systému, jeho produktivitu a kvalitu.

Metodika

1. Úvod
2. Cíle práce – zpracovat projekt připravované výroby nábytku, dle požadavků zadavatele.
3. Analýza problematiky s důrazem na projektování výrobních systémů.
4. Metodika práce
 - navrhnout strojní zařízení,
 - výrobní tok s důrazem na pružnost systému, jeho produktivitu a kvalitu.
5. Závěr

Doporučený rozsah práce

80 stran

Klíčová slova

projekt výroby, pružnost, výrobní tok

Doporučené zdroje informací

GAFF, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA, – GAŠPARÍK, M. Základy projektování výroby nábytku. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2015. ISBN 978-80-213-2577-7.

HAJABAČ, J. – GAFF, M. – ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE. LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA. Základy projektování výroby nábytku : návody na cvičení. V Praze: Česká zemědělská univerzita, 2015. ISBN 978-80-213-2578-4.

Předběžný termín obhajoby

2018/19 ZS – FLD

Vedoucí práce

Ing. et Ing. Štěpán Hýsek, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra zpracování dřeva a biomateriálů

Konzultant

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Elektronicky schváleno dne 23. 2. 2019

doc. Ing. Milan Gaff, PhD.

Vedoucí ústavu

Elektronicky schváleno dne 13. 3. 2019

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 19. 04. 2019

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci „Projektování výroby nábytku – SMART CITY POINT“ jsem vypracoval samostatně pod vedením Ing. Milana Gaffa, PhD. diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne _____

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval Ing. Milanovi Gaffovi, PhD. za vedení mé práce, rady, pomoc a poskytnuté materiály.

Projektování výroby nábytku SMART CITY POINT

Abstrakt

Tato práce se zabývá návrhem výrobního systému na výrobu chytré lavičky. Práce začíná analýzou literárních poznatků, kde se teoreticky řeší podklad pro metodickou a praktickou část, zejména z oblasti projektování a navrhování výrobních systémů a postupů uplatňovaných v nábytkářském průmyslu. Dále je popsána metoda výrobního systému v tomto odvětví. V metodické části jsou rozpracovány postupy sestavování technologických výpočtů, volba vhodného strojního zařízení a zpracování potřebných výrobních výkresů do výkresové dokumentace s možností využití k opakování výrobního procesu. V praktické části je zpracovaná kompletní dokumentace k výrobku, popsán výrobní postup, schéma strojního vybavení školní truhlářské dílny, kde se bude chytrá lavička vyrábět. Dalším aspektem práce je vícekritériální analýza variant rozhodování, kterou se zjišťuje neoptimálnější návrh.

Klíčová slova: projekt výroby, pružnost, výrobní tok, smart city point, výrobní dokumentace, vícekritériální analýza

Designing of furniture manufacturing SMART CITY POINT

Abstract

This work deals with the design of a production system for the production of a smart bench. The work begins with an analysis of literary knowledge, where the background for the methodological and practical part is theoretically solved, especially in the area of designing and designing production systems and procedures applied in the furniture industry. Next, the method of manufacturing system in this sector is described. In the methodological part there are elaborated procedures of compilation of technological calculations, selection of suitable machinery and processing of necessary production drawings into drawing documentation with the possibility of use for repetition of production process. where the smart bench will be produced. Another aspect of the work is a multi-criteria analysis of the decision-making options to determine the most optimal proposal.

Keywords: production project, flexibility, production flow, smart city point, production documentation, multi-criteria analysis

Obsah

Úvod	14
1 Cíl práce	15
2 Analýza literárních poznatků k předmětné problematice	16
2.1 Projekční činnost	16
2.2 Části projektové činnosti	16
2.2.1 Přípravná etapa	16
2.2.2 Řešení a zpracování projektu	16
2.2.3 Realizace	16
2.3 Projekt	16
2.4 Projektové řízení	18
2.5 Předvýrobní etapy výrobního systému	19
2.5.1 Základní výzkum	20
2.5.2 Aplikovaný výzkum	20
2.5.3 Vývojové práce	20
2.5.4 Projekční činnost	21
2.5.5 Výstavba	21
2.5.6 Osvojení nových výrob	21
2.5.7 Výroba	21
2.6 Způsoby projektování výrobních systémů	22
2.6.1 Top – down přístup	22
2.6.2 Variantní přístup	23
2.6.3 Makrologika	23
2.6.4 Všeobecný cyklus řešení problému	24
2.7 Technická příprava výroby	24
2.8 Technologická příprava výroby	26
2.9 Technologie	26
2.9.1 Strukturně-technologický organizační model výroby	27
2.10 Výrobní kapacita	28
2.11 Simulační metody jako nástroj pro analýzy a zlepšení výroby	29
2.12 Základní princip simulace	29
2.12.1 Experiment se skutečným systémem	29
2.12.2 Experiment s modelem systému	29
2.13 Výrobní systém v nábytkářském průmyslu	30
2.14 Rozdělení typů výroby	31
2.14.1 Kusová výroba	31
2.14.2 Sériová výroba	31
2.14.3 Hromadná výroba	31

2.15	Kapacitní výpočty	31
2.16	Vzájemné vazby	32
2.17	Rozmíst'ování pracoviště.....	33
2.18	Rozmíst'ování strojů.....	33
2.19	Technologické uspořádání	33
2.19.1	Předmětné uspořádání.....	34
2.19.2	Volné uspořádání	35
2.20	Smart city point	35
2.21	Požadované technické parametry	35
2.21.1	Chytré zastávky.....	36
2.21.2	Chytré lavičky.....	37
2.21.3	Smart projekt městských organizací	37
3	Metodika	40
3.1	Metodika experimentálních prací.....	40
3.1.1	Průvodní zpráva	40
3.2	Technická část.....	42
3.2.1	Blokové schéma.....	42
3.2.2	Normy času	42
3.2.3	Výpočet spotřeby materiálu	42
3.2.4	Pevný odpad.....	42
3.3	Metoda výsledného zhodnocení.....	43
3.3.1	Model vícekritériální analýzy variant	43
3.3.2	Kritéria, varianty a váhy	43
3.3.3	Metoda váženého součtu.....	45
	Praktická část.....	46
3.4	Součástky společné pro oba návrhy	46
3.5	Výběr strojního zařízení	52
3.6	Konstrukce chytré lavičky.....	53
3.6.1	Návrh číslo 1 WPC	53
3.6.2	Kusovník návrhu číslo 1	54
3.6.3	Výkres návrhu číslo 1	55
3.6.4	Blokové schéma návrhu číslo 1	56
3.6.5	Výkres rozmístění pracoviště s použitými stroji na výrobu návrhu č. 1... 57	
3.6.6	Normy spotřeby času na návrh č.1.....	58
3.7	Návrh číslo 2 z masivního dřeva.....	59
3.7.1	Kusovník návrhu číslo 2	60
3.7.2	Výkres návrhu číslo 2	61
3.7.3	Blokové schéma návrhu číslo 2	62
3.7.4	Výkres rozmístění pracoviště s použitými stroji na výrobu návrhu č. 2 63	
3.7.5	Normy spotřeby času na návrh č.2.....	64

4	Výsledky a vyhodnocení praktické části	65
4.1	Porovnání návrhů chytré lavičky	65
4.1.1	Finanční náročnost návrhů.....	67
4.1.2	Ekonomické zhodnocení na 100 kusů výroby návrh číslo 1	68
4.1.3	Ekonomické zhodnocení na 100 kusů výroby na návrh číslo 2.....	69
4.2	Bod zvratu	70
4.3	Metoda váženého součtu	72
5	Závěr.....	77
6	Bibliografie	78

Seznam obrázků

Obrázek 1 Životní cyklus projektu	18
Obrázek 2 Přístup shora dolů.....	22
Obrázek 3 Fázový přístup	23
Obrázek 4 Všeobecný cyklus řešení	24
Obrázek 5 Rámcové začlenění technické přípravy výroby do cyklu věda-výzkum.....	25
Obrázek 6 Schéma struktury výrobně montážního systému.....	27
Obrázek 7 Model procesu jako černá skříňka.....	28
Obrázek 8 Způsoby zkoumání systému	30
Obrázek 9 Technologické uspořádání pracoviště a strojů	33
Obrázek 10 Předmětné uspořádání pracoviště.....	34
Obrázek 11 Volné uspořádání pracovišť a strojů	35
Obrázek 12 Prototyp chytré zastávky	36
Obrázek 13 Zastřešená chytrá lavička	37
Obrázek 14 Nezastřešena chytrá lavička	39
Obrázek 15 Komponenty konceptu Smart cities	39
Obrázek 16 Kriteriační matice Y	44
Obrázek 17 Betonový základ pro návrh číslo 1	46
Obrázek 18 Výkres betonového základu pro návrh číslo 2	47
Obrázek 19 Solární panel a jeho specifikace	48
Obrázek 20 Regulator pro solární panel a jeho schéma zapojení.....	48
Obrázek 21 Pojezd solárního panelu	49
Obrázek 22 Baterie solárního panelu.....	49
Obrázek 23 Schéma zapojení propojovacích kabelů s baterií a solárním panelem.....	50
Obrázek 24 Wifi router pro venkovní použití.....	51
Obrázek 25 Vrut 5x50mm	51
Obrázek 26 Chytrá lavička z plných dílců WPC (dřevoplast).....	53
Obrázek 27 Výkres návrhu č. 1 z WPC	55
Obrázek 28 Blokové schéma chytré lavičky z WPC	56
Obrázek 29 Rozmístění strojů v truhlářské dílně.....	57
Obrázek 30 Návrh chytré lavičky číslo 2.....	59
Obrázek 31 Výkres návrhu chytré lavičky z masivního dřeva	61
Obrázek 32 Blokové schéma výroby chytré lavičky z masivního dřeva.....	62
Obrázek 33 Výkres rozmístění strojů pro návrh číslo 2	63

Obrázek 34 Vyrenderovaný pohled na oba návrhy	65
Obrázek 35 Renderovaný pohled na chytrou lavičku z WPC dílců (návrh číslo1)	65
Obrázek 36 Renderovaný pohled na chytrou lavičku z masivního modřínové dřeva	66

Seznam tabulek

Tabulka 1 Rozhodovací tabulka výběr formátovací pily	52
Tabulka 2 Rozhodovací tabulka výběr stojanové vrtačky	52
Tabulka 3 Kusovník chytré lavičky z WPC.....	54
Tabulka 4 Normy spotřeby času na lavičku z WPC	58
Tabulka 5 Kusovník návrhu číslo 2	60
Tabulka 6 Normy spotřeby času na lavičku z masivního modřínového dřeva.....	64
Tabulka 7 Kusovník a rozpočet pro 100 kusů výroby návrhu číslo 1	68
Tabulka 8 Kusovník a rozpočet pro 100 kusů výroby návrhu číslo 2	69
Tabulka 9 Ukazatele bodu zvratu návrhu číslo 1	71
Tabulka 10 Cena výrobku a náklady na návrh číslo 1	71
Tabulka 11 Graf bodu zvratu návrhu číslo 1	71
Tabulka 12 Ukazatele bodu zvratu návrhu číslo 2.....	71
Tabulka 13 Cena výrobku a náklady na návrh číslo 2	72
Tabulka 14 Graf bodu zvratu návrhu číslo 2	72
Tabulka 15 Výrobní čas	73
Tabulka 16 Hodinová sazba.....	73
Tabulka 17 Variabilní náklady na oba návrhy.....	73
Tabulka 18 Výpočet vektoru vah.....	75
Tabulka 19 Metoda váženého součtu.....	76
Tabulka 20 Rozdělení bodů před roznásobením vektorem vah.....	76
Tabulka 21 Výsledky metody váženého součtu	76

Úvod

V dnešní době velké konkurence musí být výrobce schopný oslovit zákazníky. Nabízí se několik možností: kromě reklamy svých výrobků, především nízkou cenou nebo vysokou přidanou hodnotou. Nízká cena tlačí výrobní náklady na samotnou cenu výroby produktu, naopak vysoká přidaná hodnota je důsledkem vhodné, progresivní použité technologie. Obě tyto možnosti: snižování výrobních nákladů a zvyšování přidané hodnoty lze vyřešit optimálním projektováním výrobního procesu. Správně navržený výrobní proces umožňuje výrobu realizovat při co nejnižších nákladech na jednotku výroby a s co nejvyšší přidanou hodnotou, kterou v konečném výsledku zaplatí samotný zákazník. Koncepce programu Smart city jako prostředku ke zvyšování kvality života občanů, nabývá stále většího významu v agendách tvůrců politiky tohoto oboru. Sdílená definice Smart city však stále není k dispozici a je velmi těžké definovat společné globální trendy v této oblasti. Ekonomický rozvoj měst vyspělých států ovlivňuje digitální cesta měst. Se zvyšující se hustotou obyvatelstva, rostou nároky na propojování jednotlivých informačních cest, jako je internet a co nejjednodušší cesta k informacím.

Práce se zabývá vytvořením reálného výrobního systému na výrobu chytré lavičky ve dvou návrzích, jednoho z WPC (dřevoplast) a druhé z masivního modřínového dřeva. Konstrukce chytré lavičky není jednoduchá a pro konkurenčně schopnou výrobu je potřeba velkých sérií, které v konečném důsledku sníží výrobní cenu. Z tohto důvodu je na konci praktické části hledán bod zvratu, kdy zisk převyší výrobní náklady.

Konečné vyhodnocení obou návrhů je prováděno vícekritériální analýzou variant, kdy se zvoleným kritériím přiřazuje odpovídající váha. Po vytvoření matic analýzy se dále posuzuje výběr vhodnějšího z návrhů.

1 Cíl práce

Cílem diplomové práce je navrhnout výrobu podle podmínek zadaných zadavatelem. A to na výrobu chytré lavičky a stanovit rozpočet pro 100 kusů. Navrhnutý výrobní systém by měl být co nejpružnější a schopný rychlé a jednoduché inovace. Výroba je vedena především sériově a je možné ji rozšířit i na hromadnou výrobu. Vzhledem ke stále zvyšujícím se nárokům na městský mobiliář je nutné přesně dodržovat výrobní postupy a montážní postupy zvolených podpůrných mechanismů, zvláště pohonu servo-motoru solárního panelu. Zvolený projekt by měl obsahovat kompletní řešení materiálového toku, výběr vhodného strojního zařízení, a to vše podložené výpočty pro optimalizaci řešení, včetně porovnání návrhů materiálních a režijních. Oba návrhy se mezi sebou porovnávají vícekritériální analýzou variant s následným hodnocením každého z návrhů.

2 Analýza literárních poznatků k předmětné problematice

2.1 Projekční činnost

Projekční činnost nebo jinak nazývané procesní inženýrství, je v současné praxi jedním ze základních a nejdůležitějších aspektů kvalitní výroby. Firmy v soukromém sektoru na tento aspekt velmi dbají s ohledem na kvalitní přípravnou část, neboť tou se může předejít pozdějším pracovním prostojeům a může se lépe využít výrobních kapacit s ohledem na peněžní prostředky použité při výrobě.

Nejzásadnějším aspektem, který se při vytváření projekční studie zohledňuje, je použitý druh výroby (technologie) a jeho vazba na časové, finanční a lidské zdroje. Z tohoto důvodu je nezbytné, aby zvolená technologie byla důkladně zmapovaná a projektant ji uměl modifikovat v závislosti na zdrojích a pracovním prostředí. Neméně důležité je i využívat ověřených pracovních postupů a případně je vytvářet efektivnější (Burke, et al., 2002).

2.2 Části projektové činnosti

Skládají se ze tří základních částí, které se liší svým cílem a druhem činností.

2.2.1 Přípravná etapa

Přípravná etapa řeší základní požadavky projektu a shromažďují se v ní potřebné informace. Správný projekt musí vést k našemu vytyčenému cíli a sběr informací musí být na tolik přesný, aby se předešlo jakýmkoli chybám, které by mohly negativně ovlivnit projekt.

2.2.2 Řešení a zpracování projektu

Projektant v této části práce řeší různé rozborů a analýzy možných problémů spojených s realizací projektu, dále řeší různé varianty a snaží se z nich vybrat nejvýhodnější na základě technologických a ekonomických ukazatelů.

2.2.3 Realizace

Jedná se o poslední část projektu, ve které se využívá nástrojů pro dosažení vytyčeného cíle. Výsledkem je prokázání schopností realizačního týmu a samotného projektanta.

2.3 Projekt

Projekt je řada na sobě navazujících činností zaměřených na dosažení určitého cíle s ohledem na daný rozpočet a daný čas, ve kterém má být vykonán.

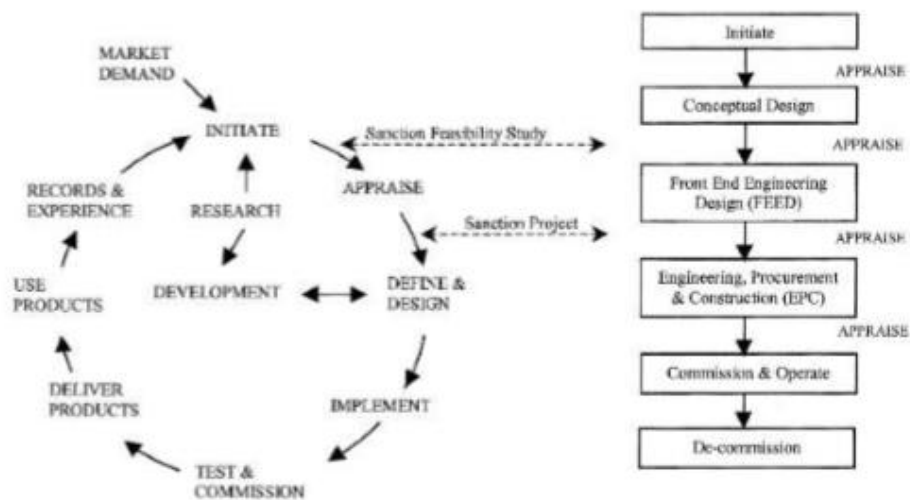
Výstupem projekční činnosti, projektování, je samotný projekt. Ve valné většině případů se projekt nadefinuje už v přípravné části výroby v časovém předstihu. Výjimkou jsou rekonstrukce, kdy se upravuje již existující projekt především změnou, přidáváním nebo ubráním výrobních jednotek. Výše uvedený projekt je několika stupňový proces, na který má vliv hodně faktorů (Vrána, 2009).

Při tvorbě projektu v přípravné fázi se projekt tvoří jako jedna z částí investičního plánu s časovou rezervou před plánovanou výstavbou výrobních jednotek, kdy projektant není omezen stávajícím stavem a může se zabývat co nejlepším umístěním výroby (Fialová, 2015).

V dnešní době se přechází k vypracování projektů, které modifikují stávající výrobu a uzpůsobují je tak, aby byly co nejlépe využity výrobní jednotky a také eliminovaly procesy, při kterých vznikají déle trávající výrobní toky beze změny – prostoje, hluchá místa, ztrátové časy (Bureš, 2012).

Projekt se dá dále charakterizovat tak, aby samotný projekt byl reálný a dal se v předem daném časovém horizontu uskutečnit. Není problém vytvořit projekt, který je na velmi vysoké technologické úrovni, ale jeho realizace bude natolik náročná jak z finančního hlediska, tak i z hlediska lidských zdrojů, že nebude efektivní ho uskutečnit. Proto by každý projekt měl mít:

1. Pevný začátek a konec – jinak řečeno, zdrojově a časově, se musí projekt vytvářet tak, aby jeho realizace byla možná v předem daném časovém rozmezí s rozumným využitím materiálu.
2. Systematický plán – je nezbytné znát posloupnost projektu, neboli znát jednotlivé kroky mezi zahájením a koncem projektu a tyto kroky za sebe seřadit tak, aby výroba byla co nejefektivnější.
3. Samostatné prostředky – realizování projektu by nemělo vyžadovat takové množství prostředků, které by bylo nad hranicí daného podnikatelského záměru, ať už časového, finančního, lidského a technologického limitu.
4. Určení cíle – je to charakteristický bod, který vyplývá z předem daného pevného konce. Projekt a jeho vliv na výrobu se projeví na produktivitě a kvalitě konečného výrobku. Tyto aspekty musí být ve shodě s určenými cíli, které jsou předem stanovené pro všechny subjekty spolupracující na projektu (Pechar, 2018).



Obrázek 1 Životní cyklus projektu (Smith, 2002)

2.4 Projektové řízení

Projektové řízení, *anglicky project management*, lze definovat jako kontrolu nad předem připravovaným procesem, který působí vnější změnu.

Projektové řízení je běžně nazýváno jako „řízení plánovaných změn“, které jsou zjišťovány mimo stávající systém, ale jsou předem naplánovány, takže nevznikají nenadále a v konečném slova smyslu způsobují, že změna vede k unikátnímu systému. Projektové řízení usměrňuje všechny prvky, které jsou nezbytné k dosažení vytyčeného cíle a také prvky, které by mohly negativně ovlivnit vývoj systému.

Projektové řízení by mělo předpokládat sled na sobě navazujících událostí a sledovat případná rizika a potřeby a podle toho měnit priority, předpokládat možné výrobní problémy (Alexa, 1982).

Každý projekt můžeme vyjádřit třemi stádii, a to je začátek, meziobdobí (životní cyklus) a konec. V každé z těchto částí se odehrává něco jiného a každá část má svůj typický charakter. Časová náročnost jednotlivých stádií se mění s náročností projektu a může se lišit i následné pořadí jednotlivých výrobních kroků. Ale s ohledem na plynulost výroby by se neměla lišit samotná návaznost jednotlivých částí s ohledem na dosažení cíle, protože je velice pravděpodobné, že další část cyklu potřebuje vstup z části předcházející a když je návaznost porušena, výsledkem je nesoulad operací (Smith, 2002), (Gaff, et al., 2015).

Příprava samotného projektu začíná v okamžiku, kdy se zástupce obchodní společnosti dozvědí, že trh není zcela nasycen a že je poptávka po daném druhu produktu nebo služby. Projektant v předvýrobních etapách výroby zjišťuje a aplikuje nové poznatky z oblasti vědy a výzkumu a podle těchto poznatků plánuje nové možnosti výroby. V této fázi se cesta k danému

výrobku nebo službě rozděluje a je na obchodních zástupcích, kteří rozhodnou, kterou cestou se daný projekt vydá. Kupříkladu se vybere potřebný materiál v závislosti na zjištěné poptávce, způsob technologie. Nejčastěji se na tuto fázi pohlíží jako na „studii proveditelnosti“, kterou si v první řadě nechá širší vedení spolu s obchodními zástupci vytvořit. V mimořádně naléhavých případech například při materiálové nebo časové tísni, se ke studii proveditelnosti nepřihlíží, popřípadě přihlíží, ale pouze v omezené míře (Smith, 2002), (Gaff, et al., 2015).

Když je už zcela hotová příprava projektu, začíná část výzkumu a implementace. Výrobek nebo služba určuje směr projektu. Rozhodnutí schválené ve stádiu tvoření projektu velkou měrou ovlivní celkové náklady na realizaci projektu a jeho následnou kvalitu. Samotný výzkum zahrnuje experimentální a také analytickou činnost v závislosti na cílech a jejich dosažení. Výzkum a vývoj mají totožné cíle a pomáhají myšlenku zrealizovat.

Po předvýrobních fázích projektu začíná implementace do stávajícího systému. To zahrnuje velké množství lidské práce, zejména výrobní a stavební. Většina dotčených subjektů těmto činnostem dává velkou váhu, protože ve výsledku snižují náklady na realizaci a kvalita konečného výrobku bude vyšší. Některé části implementace vzhledem ke svojí povaze mají rozdílné časové horizonty, proto je důležité tyto časy znát předem a naplánovat realizaci a implementaci tak, aby všechny operace a činnosti skončili v předem daném čase. Dle obr. 1 je patrné, že odlišné části projektu jsou logicky provázány mezi sebou, ať už zdrojově nebo informativně. Z tohoto vyplývá, že při implementaci jednoho projektu pracuje na sobě více nezávislých subjektů.

Projekty jsou finanční, materiálové, a časové investice s výskytem přírůstu v horizontu od plánování po implementaci projektu. Tato skutečnost se projeví především na zvýšení investičních nákladů. Toto riziko zvyšuje celkové investiční a rezervní náklady a roste se složitostí projektu a s celým životním cyklem projektu. Není totiž nikdy jistota, že i přesto, že projekt zrealizujeme, budeme v černých číslech. Je totiž možné, že projekt ztratí v průběhu své implementace význam a veškeré vynaložené prostředky nám propadnou do spotřeby nebo že jeho dokončení se negativně prodlouží vlivem vnějších okolností, od nečekané katastrofy, až po politickou situaci. Také se ovšem může stát, že výnos z implementace projektu bude nad očekávání vyšší, než se předpokládalo. Tyto informace není bohužel možné žádnými dostupnými způsoby předem predikovat (Smith, 2002), (Gaff, et al., 2015).

2.5 Předvýrobní etapy výrobního systému

Mezi základní stavební prvky projektu patří výrobní, popřípadě nevýrobní procesy, které lze popsat jako souhrn technologických, manipulačních, kontrolních a řídicích činností, jejich

účelem je změna tvaru, rozměrů, složení a jakost vstupních materiálů a polovýrobků z hlediska požadovaných technicko-ekonomických podmínek při výrobě (Vigner, et al., 1984).

Při tvorbě technologického procesu se musíme držet jeho základního účelu tzn. vytvořit ze vstupního materiálu polotovaru nebo už hotový výrobek s přidanou hodnotou našeho zpracování. Při vytváření projektu se uplatňuje cyklus „3V“ – vývoj, výzkum, výroba, který se člení na navzájem časově navazující operace (Gaff, et al., 2015).

Období cyklu „VVV“, které je časově velmi náročné (může trvat i několik let) vznikají propojené vazby, které je v ideálním případě vhodné harmonizovat a synchronizovat. Tyto vytvořené vazby se posléze promítají i při změně prvků v technických přípravách výroby. Při modernizaci nebo výměně stávajícího technologického procesu se vazby technologie na organizační stránku výroby razantně mění (Kühn, 2006).

2.5.1 Základní výzkum

V podstatě jde o využití nových poznatků, které nemusí s naší technologií souviset napřímo, ale s trochou změn a úprav je lze aplikovat do námi zvolené technologie. Jde o nové znalosti z oblasti výzkumu a vědy, výrobních postupů, objevů a vynálezů. Při výzkumu trhu chytrých laviček byly prozkoumány světové projekty v různých světových velkoměstech (Gaff, 2015).

2.5.2 Aplikovaný výzkum

Zde se uplatňují poznatky ze základního výzkumu a modifikujeme je tak, aby bylo co nejjednodušší je využít – nové postupy, výpočty a experimentální práce.

2.5.3 Vývojové práce

Po důkladném získávání poznatků a podkladů z aplikovaného výzkumu probíhá zdokonalování těchto poznatků a vědomostí, výroba prototypů, příprava výrobní dokumentace a jejich testování. Když nastane neúspěšné testování vracíme se opět na předchozí krok a snažíme se ho optimalizovat. Vývojové práce patří mezi nejdůležitější části cyklu z důvodu přinášení nových výrobků a procesů. Vývojové práce ukazují současné poznatky z výzkumů v dané oblasti v projektových řešeních (Kováč, 2011).

2.5.4 Projekční činnost

Charakterizuje konkrétní realizaci poznatků a projektování nových výrob – sestavení konstrukčních, plánovacích a technologických dokumentací potřebných k sestavení nových výrobních jednotek (Gaff, et al., 2015).

2.5.5 Výstavba

Realizování projektu v praxi se skládá z výstaveb nových dílen, provozů a včasných uvedení výrobních kapacit do stavu, kdy je možné s nimi provádět výrobu.

2.5.6 Osvojení nových výrob

Je možné, že při této fázi nalezneme lepší způsob řešení konkrétního problému, než je uvedeno v dokumentaci projektu. V tomto případě tedy samotnou výrobu, kterou se snažíme co nejvíce zlepšit.

2.5.7 Výroba

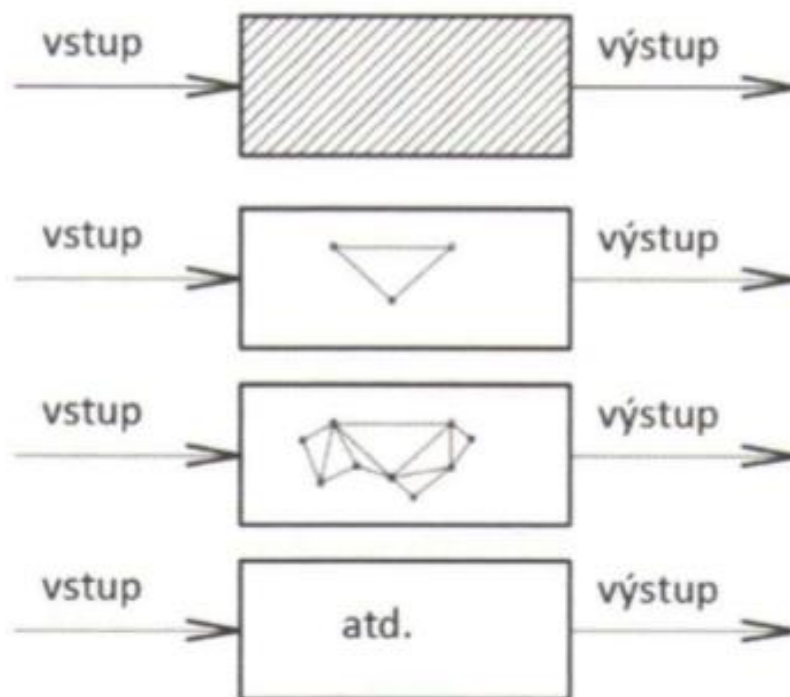
Jedná se o poslední krok, ve kterém se vybírá podle vytvořeného projektu v navrženém objemu a sortimentu - *práce v podmínkách zaběhnuté výroby*. Tyto předvýrobní procesy formují základní informace a podklady, které jsou využívány a upravovány v dalších částech přípravy výroby (Milo, 1983).

2.6 Způsoby projektování výrobních systémů

Tyto způsoby se dělí na čtyři rozdílná řešení:

2.6.1 Top – down přístup

Projekt je řešený jako logická posloupnost konkrétních úloh (operací), kdy se nejprve řeší úkol globálně a dále se upřesňuje, až po konečný krok, kdy dostaneme konkrétní řešení jedné části projektu. Jednou z komplikací je že detailní řešení problému se nepřístupuje v souladu s globálním problémem, a tím pádem detailní řešení je tvořeno velmi pracně, i když samotná myšlenka detailního řešení byla zvolena chybně (Košturiak, et al., 2000) (Gaff, et al., 2015).



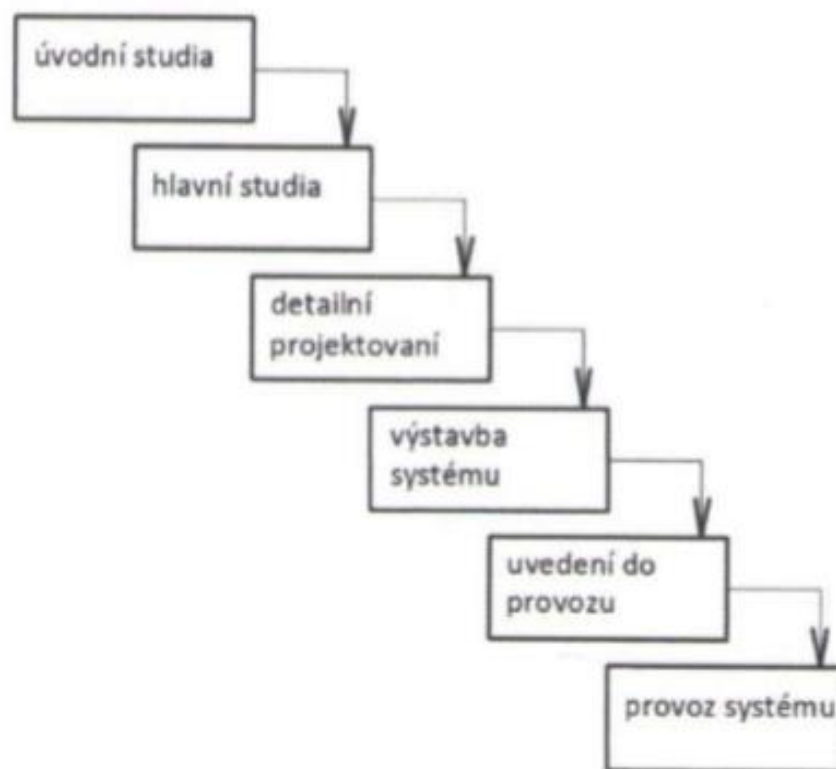
Obrázek 2 Přístup shora dolů (Gaff, 2015)

2.6.2 Variantní přístup

Tento výrobní systém se v praxi používá nejvíce s ohledem na to, že nikdy není správné řešení se spokojit pouze s jednou variantou. Protože je milné se domnívat, že je pouze jedna varianta správná. Principem je vytvoření více variant, které se mezi sebou mohou kombinovat i s jinými výrobními systémy (Košturiak, et al., 2000), (Gaff, et al., 2015).

2.6.3 Makro logika

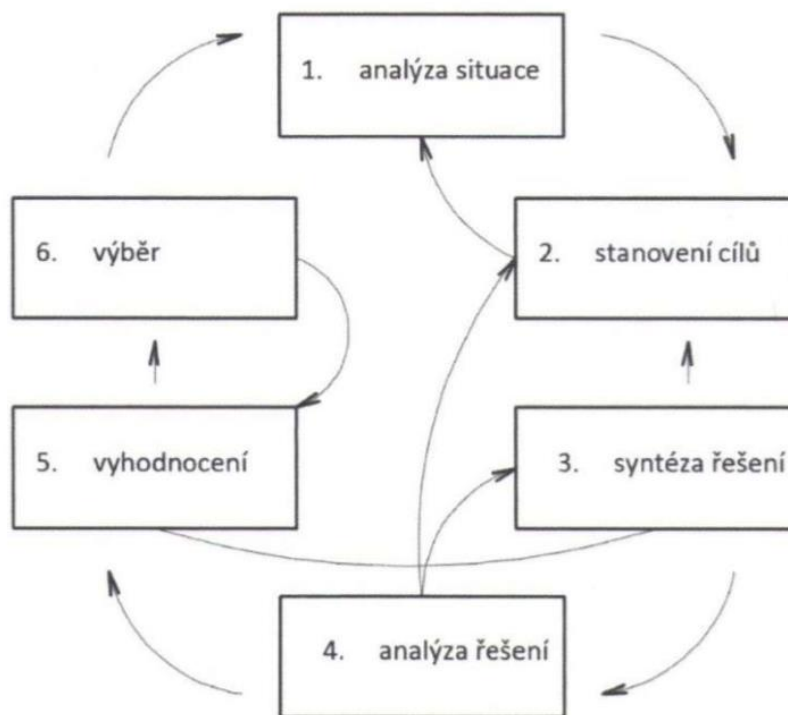
Jednotlivé fáze projektu jsou logicky i časově oddělené a na sobě časově závislé. Kombinují se zde způsoby předchozích dvou metod. Každý stupeň konkrétně popisuje předchozí stupeň a v každém stupni je více variant. Počet a rozsah fází v této metodě se odvíjí od komplexnosti projektu (Košturiak, et al., 2000), (Gaff, et al., 2015).



Obrázek 3 Fázový přístup (Gaff, 2015)

2.6.4 Všeobecný cyklus řešení problému

Základním impulzem této metody je analýza situace, ve které se řeší několik základních otázek. Charakteristické pro tuto metodu je provázanost a možnost ovlivňování jednotlivých částí cyklu mezi sebou a tato metoda je jako jediná sekvenční (Košturiak, et al., 2000), (Gaff, et al., 2015).



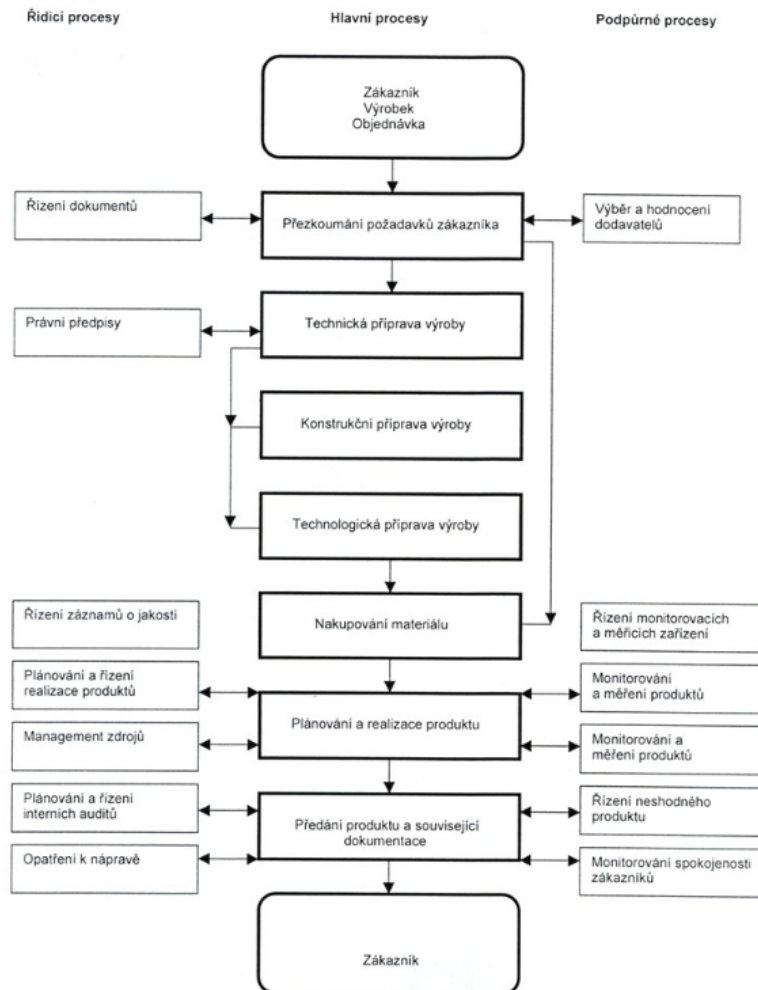
Obrázek 4 Všeobecný cyklus řešení (Gaff, 2015)

2.7 Technická příprava výroby

Tuto etapu výroby můžeme vyjádřit jako souhrn činností a opatření technickoorganizačního charakteru, které jsou zaměřeny především na zpracování technologické, konstrukční a projektové dokumentace a dokumentace pro materiálně technické vybavení výrobního procesu.

Technická příprava výroby by měla využívat takových technologických, konstrukčních a projektových řešení, která zajišťují maximálně dosažitelnou produktivitu práce a naplno využívá výrobních kapacit strojních zařízení s přihlédnutím k úsporám materiálu, energií a pracovních sil zaměstnanců. Dodržování těchto pravidel v praxi znamená respektovat vzájemně propojené vztahy jednotlivých prvků výrobního systému jak z hlediska kvantity, ale také samozřejmě kvality výrobku. U výroby chytré lavičky je nezbytné, aby se projektant zaměřil na objednání všech potřebných komponentů pro samotnou výrobu.

Zcela zásadní vztahy se objevují např. mezi konstrukcí, technologií, výrobním zařízením, organizací výroby atd. Objeví-li se u některého z faktorů elementární změna, nutně se odrazí, nikoli však stejnou měrou u všech zbylých faktorů výrobního systému.



Obrázek 5 Rámcové začlenění technické přípravy výroby do cyklu věda-výzkum (Vigner, et al., 1984)

Nutným předpokladem k provádění změn u jednotlivých prvků (např. inovace výrobní základny), která vychází ze vzájemných vztahů, je rychlé přizpůsobení konstrukčních, projektových a technologických podkladů a materiálně technického vybavení podle nejprogresivnější poznatků a ekonomicky nejvýhodnější varianty řešení.

Touto problematikou by se měla zabývat technická příprava výroby. Kvalita, rychlost, úplnost konstrukčních, technologických a projektových podkladů je přímo závislá na úrovni technické přípravy výroby, tj. především:

- a) Kvalitě a kvantitě informačních souborů a dat potřebných pro technickou přípravu výroby.

- b) Podmínkách obsahové a časové struktury jednotlivých činností
podmínkách materiálního vybavení.
- c) Složitosti výroby.
- d) Stupni mechanizace a automatizace výrobního procesu.

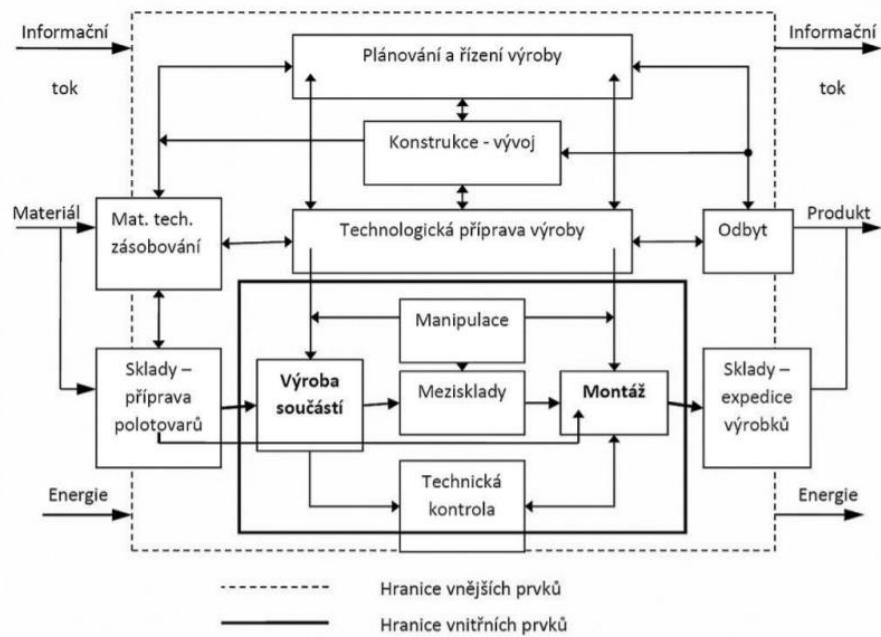
2.8 Technologická příprava výroby

Technologickou přípravu výroby můžeme definovat jako souhrn technicko-organizačních činností a opatření zaměřených na zpracování výrobní dokumentace a podkladů pro materiální vybavení výrobního procesu.

Do této kategorie patří také technologická část projektové přípravy. Ta řeší především otázky časové a prostorové z hlediska požadovaných cílů technologického projektu, tj. především vymezení proporciálních vztahů mezi jednotlivými prvky výrobního systému z hlediska prostorových a časových nároků pracovních, manipulačních, technologických a kontrolních činností nezbytných pro uskutečnění racionálního výrobního procesu (Hlavenka, 2005).

2.9 Technologie

Je základní složka tvořící výrobní systém. Je to jedna z hlavních činností projektanta technologie výroby. Lze ji definovat jako soubor postupů a metod, které působí prostřednictvím pracovních prostředků na pracovní předmět za účelem jeho přeměny na požadovaný produkt – výrobek. Dalšími dílčími procesy, které patří do technologie jsou: přípravná část, inovace, modernizace a rekonstrukce stávající výroby. Netecnologickými činnostmi ve výrobě jsou označovány jako manipulační, skladovací, řídicí, kontrolní a další činnosti, při kterých pracovní předmět není změněn. U výroby chytré lavičky je zvolená technologie zásadním aspektem, který mění celkový výrobní čas, protože použité stroje a následné technologické postupy nejvíce komplikují samotnou výrobu (Gaff, et al., 2015).



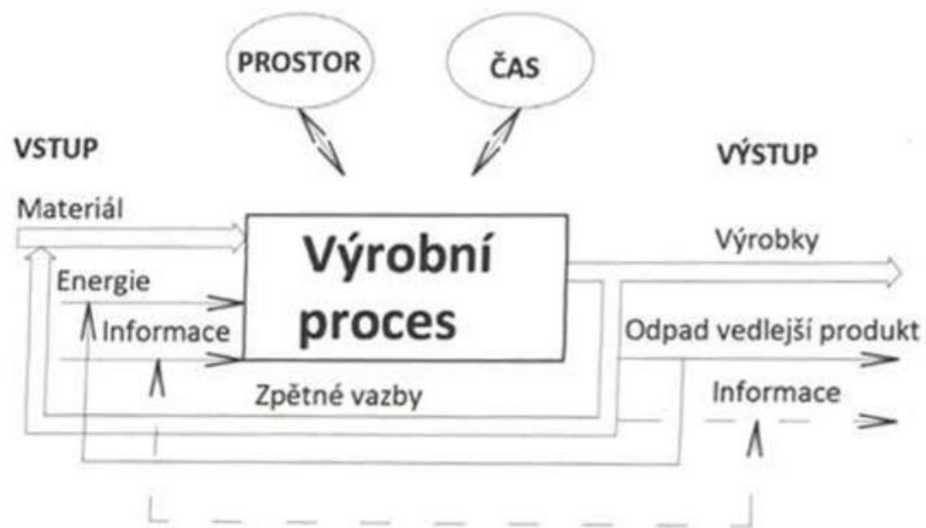
Obrázek 6 Schéma struktury výrobně montážního systému (Froněk, 2017)

2.9.1 Strukturně-technologický organizační model výroby

Jasně definovat systém a charakter prvků obsažených v systému je jednou z nejdůležitějších úloh při plánování výrobních procesů. Při správném navržení systému a jeho prvků v něm docílíme logicky navazujících a minimalizovat nespojitost výroby se spotřebou optimálního množství materiálních, finančních a lidských zdrojů. Model zobrazuje obecné pojetí výrobního systému jako transformaci vstupní suroviny, ať ve formě materiálové nebo ve formě polotovarů, na výstupní výrobky s požadovanými aspekty a vlastnostmi a tato transformace se řídí podle jasných a přesných pravidel, které jsou definovány uvnitř procesu a jsou ovlivněny spotřebou energie a informacemi na vstupu a jejich vzájemnou vazbu. Tento model všem nepopíše celkový obraz, jak na proces působí vnější prostředí a jak probíhají navzájem provázané vazby z výstupů. Rozdělení výrobních procesů je nejčastěji podle použitých strojních, popřípadě výrobních zařízení, náradí a používání těchto nástrojů člověkem na opracovaném výrobku (Gaff, et al., 2015).

Model procesu jako černé skříňky známe pouze vstupy a výstupy, ale není přesně definovaný děj uvnitř, jinak řečeno jako výstupní hodnoty vznikají. O vnitřním organizování daného systému se lze něco dozvědět pouze soustavným zkoumáním výstupů pro možné hodnoty vstupů a toto předmětné chování černé skříňky popsat např: pomocí tabulky.

Opakem černé skříňky je takzvaná bílá skříňka. V tomto typu systému je možné zkoumat vnitřní procesy a jak vznikají výstupy. Mnohdy se hovoří o šednutí černé skříňky. Jedná se o proces, kdy se doposud neznámé procesy stávají jasnějšími a původní černá skříňka postupně bledne, až se vyjasní do skříňky bílé.



Obrázek 7 Model procesu jako černá skříňka (Gaff, 2015)

2.10 Výrobní kapacita

S ohledem na to, že každý vyráběný výrobek je nejspíše jiný, hlavně co se týče rozměrů a tvaru, což má samozřejmě velký vliv na kapacitu výroby. To má za následek, že k vyrobení jednoho kusu nábytku, ať už podobných nebo stejných rozměrů, ale s jinými technologickými kroky (např: frézování) bude trvat delší dobu.

Při modelování a přípravě materiálového toku bylo nutné eliminovat kapacitně a časově náročné a také nejméně efektivní operace, manipulaci a dopravu materiálu. Když opomeneme neproduktivní operace, které zbytečnou manipulací a přepravou zvyšují náklady na výrobu daného výrobku, je při manipulaci a dopravě také ohrožena kvalita, protože při manipulování s výrobkem může dojít k poškození výrobku, což ve finále může způsobit zbytečné předražení výroby (Gaff, et al., 2015).

2.11 Simulační metody jako nástroj pro analýzy a zlepšení výroby

Analýzou návrhů se zjišťuje vhodnost inovačních změn zaměřených na výrobek, které se projeví změnami ve výrobním procesu. Změny se mohou realizovat přímo ve výrobě nebo prostřednictvím simulace reálného systému různými simulačními metodami (Kliment & Trebuňa, 2016).

2.12 Základní princip simulace

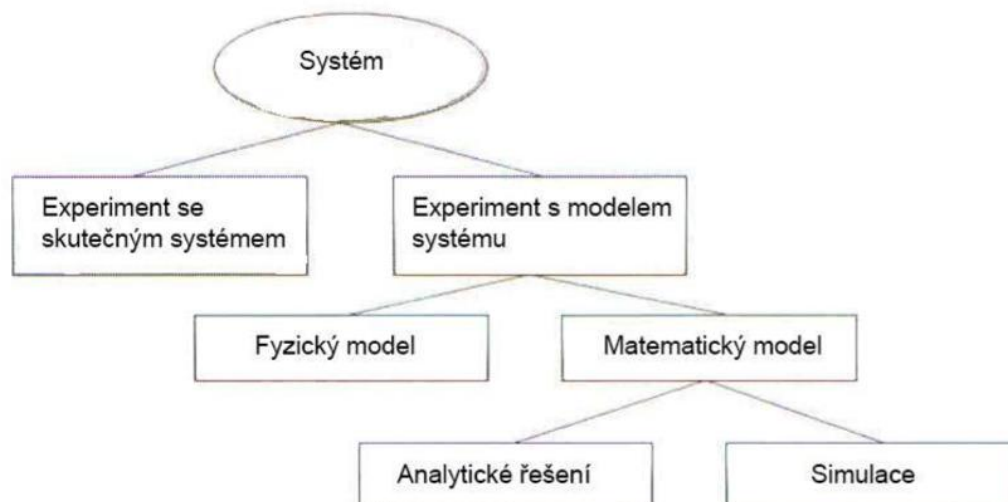
Simulace umožňuje virtuálně zrealizovat inovativní návrhové řešení stávajícího výrobního systému a následně zhodnotit a vybrat nejvhodnější změnu pro reálný výrobní proces. Simulací není možné získat jedinečné a optimální řešení. Simulací je možné přizpůsobit a okamžitě zapracovat změny do virtuálního výrobního procesu a zároveň analyzovat chování výrobního procesu po změnách v simulaci. Není možné zabezpečit 100% chování simulačního modelu, a proto je nutné přihlížet na možné odchylky od reálné výroby (Kikolski, 2017).

2.12.1 Experiment se skutečným systémem

Experimentovat se skutečným systémem je náročné na finance podniku. Finance jsou potřebné nejen na inovaci výroby, ale je nutné počítat také s finančními ztrátami, které vznikají prostoji původní výroby anebo poškozením fungující výroby (Bako & Božek, 2016).

2.12.2 Experiment s modelem systému

Experiment s modelem systému je možné analyzovat prostřednictvím **fyzického modelu**. Fyzický model je vlastně zmenšená kopie skutečného zkoumaného systému. V současné době je v praxi realizovaná 3P simulační metoda (Production Preparation Process), který má za úlohu imitovat v maximálně možné míře reálný výrobní anebo logistický proces. Cílem této metody je testování a definování kritických míst systému (Matúšová, 2015).



Obrázek 8 Způsoby zkoumání systému (Kutiš, 2010)

2.13 Výrobní systém v nábytkářském průmyslu

Výrobní systém se dá charakterizovat jako technologicky, časově, prostorově a organizačně jednotné uskupení hmotných zdrojů (materiálů, energií a pracovních prostředků) a pracovních sil určených na výrobu vybraného sortimentu daných typů výrobků.

Jednou ze základních vlastností výrobního systému je přeměna vstupů (materiál, energie a informace) na výstup v podobě primárního výstupu – výrobku, sekundárního – odpadní a zbytkový materiál, energie a informace, protože odpadový materiál a informace z výstupu se používají ve velké míře znovu u vstupu, protože zjištěné informace získané z výroby se využívají k optimalizaci našeho výrobního systému. Odpadní materiál se dá většinou použít jako zdroj k výrobě energie na vstupu.

Atributy výrobních systémů, stupeň mechanizace, automatizace případně robotizace jsou v závislosti na působení specifických faktorů v celkovém měřítku. Nejdůležitějšími faktory jsou:

- výrobek a jeho základní konstrukce, vyrobené množství kusů a postup výroby (typ stroje, náročnost na montáž, konečná povrchová úprava), náročnost na vstupní materiál a možnost opakovatelnosti výroby,
- výrobní jednotka – stroje, dopravní zařízení, pracovníci a jejich úroveň kvalifikace, vzdělání, výrobní prostředí a jeho vliv na podnikové klima,
- energie a její spotřeba a množství potřebné na chod podniku,
- organizace výroby (prostorová a časová struktura).

2.14 Rozdělení typů výroby

Výroba se dělí na několik typů, a to na kusovou, sériovou a hromadnou výrobu.

2.14.1 Kusová výroba

Jedná se o výrobu různých druhů výrobků v malém počtu. Opakovatelnost výrobních procesů je velmi malá nebo žádná. Tento typ výroby umožňuje v co největší míře uspokojit individuální požadavky zákazníka. Nedostatky tohoto typu výroby jsou vysoké výrobní náklady, ale i přesto má tento typ výroby při výrobě nábytku své nezaměnitelné místo s rostoucím zájmem zákazníků.

2.14.2 Sériová výroba

Tento typ výroby je charakteristický, že se současně vyrábějí větší počty výrobků stejného druhu, při výrobě označovaných jako série. Při výrobě nábytku jsou jednotlivé části (díly) zadávány do výroby jako dávky. Sériová výroba je hlavním typem výroby při výrobě nábytku.

2.14.3 Hromadná výroba

Vyznačuje se výrobou jednoho nebo malého počtu druhů výrobků s vysokou mírou četnosti. Velkou mírou opakovatelnosti jednoho výrobku. Vysoká početnost společně se specializovaným pracovištěm přispívá k efektivnosti výroby. Vzhledem ke zvětšujícím se požadavkům zákazníků na nábytek, co se týče individuálních potřeb, má tento typ výroby při výrobě nábytku omezené uplatnění (Gaff, et al., 2015).

2.15 Kapacitní výpočty

Prvním krokem při zabezpečení podmínek při plnění plánované výroby v jednotlivých dílnách, provozech a závodech je zpracování kapacitního výpočtu. Výsledkem kapacitního výpočtu je stanovení potřeby: (Horváth, 2010)

- a) Strojů.
- b) Pomocných zařízení.
- c) Pracovníků.
- d) Ploch.
- e) Energií.

Výsledky kapacitního výpočtu slouží na porovnání vzájemných relací mezi požadavky a současnými možnostmi. Vyplývají z nich potřebné opatření na zabezpečení výroby. Cílem kapacitního výpočtu je nejen zjistit nedostatek strojů a zařízení, ale také poukázat na nevyužívané stroje, aby mohli být přestavené do jiné dílny.

Podle podrobnosti zpracování dělíme kapacitní výpočty na:

1. Orientační.
2. Podrobné.

Orientační kapacitní výpočty

Ne vždy potřebuje projektant přesné údaje o počtu a druhu strojů potřebných na zabezpečení výrobních úloh. Na zpracování investičních záměrů, studií anebo projektových řešení výrobního seskupení stačí jako základní podklady:

- a) Potřeba ploch.
- b) Potřeba pracovníků.
- c) Informativní celková potřeba strojů.
- d) Orientační potřeba energií.

Výpočet podle přímých ukazatelů

Přímé ukazatele uvádějí potřebný údaj přímo na jednotku produkce. Jsou to nejčastěji:

- a) Jednotková pracnost, což je počet normohodin na jednotku množství ($Nh/ks, kg, m^3, \dots$).
- b) Roční objem produkce dosahovaný na jednotku plochy vyjádřený v tis. $Kč/m^2$ za rok nebo v Nh/m^2 za rok.
- c) Procentuální rozdělení jednotkové pracnosti na strojové normohodiny a na ruční normohodiny.
- d) Roční objem výroby v naturálních jednotkách připadajících na jednoho pracovníka – $ks/pracovníka$ za rok (Milo, 1983).

2.16 Vzájemné vazby

Před samotným rozmístováním pracoviště je nezbytné v souvislosti s nákupem surovin a polotovarů ve výrobním procesu a v prodeji výrobků jasně určit a identifikovat vzájemně propojené vazby mezi elementy výrobního systému. Tyto vazby slouží k zabezpečení správného rozmístění strojního zařízení ve výrobě. Je to jedním z hlavních atributů

vyhodnocující kvalitativní a kvantitativní aspekty materiálního toku, návaznosti technologických procesů a vztahů k manipulaci.

2.17 Rozmíst'ování pracoviště

Mezi základní pracovní náplň projektanta je vytvořit co možná nejvhodnější a racionální rozmístění pracoviště, strojů a pomocných zařízení ve výrobě v rámci projektu. Samotné uspořádání musí být zaměřeno na efektivnost výroby, minimalizovat přepravní vzdálenosti mezi jednotlivými stroji, jednoduchost obsluhy a dodržovat bezpečnostní předpisy, které odpovídají bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. (Moreno, et al., 2017)

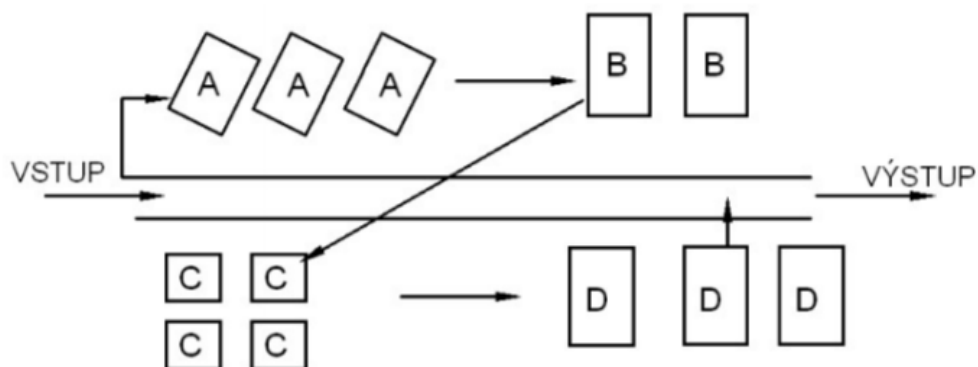
2.18 Rozmíst'ování strojů

Rozmíst'ování strojů jinak řečeno výkres detailních dispozic strojního zařízení je jedním z posledních kroků ve tvorbě technologických projektů. Jednoznačně určuje lokace rozmístění strojů, zařízení a pracoviště ve výrobě. Výkres detailních dispozic je statický model, není závislý na čase. Uspořádání strojů na pracovišti musí zabezpečovat:

- a) Efektivnost výroby.
- b) Jednoduchou obsluhu strojů.
- c) Minimální mezioperační přepravu.
- d) Šetření výrobní plochy pracoviště.
- e) Bezpečnostní pracovní předpisy.
- f) Hygienu a kulturu pracovního prostředí (Kratochvílová, 2017).

2.19 Technologické uspořádání

V tomto uspořádání jsou stroje stavěny podle návaznosti technologických operací s ohledem na následnou příbuznost podobných operací.



Obrázek 9 Technologické uspořádání pracoviště a strojů (Milo, 1983)

Výhody:

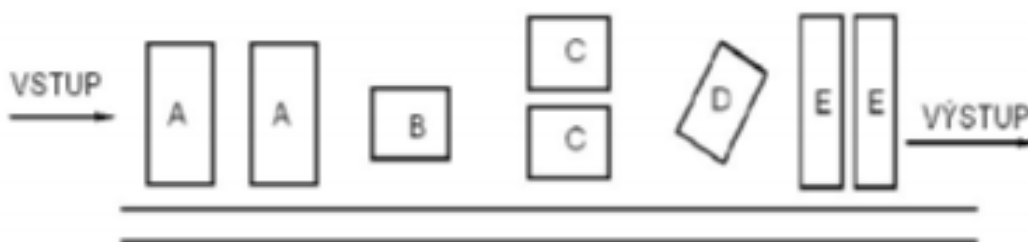
1. Jednoduché zavedení vícestrojové obsluhy.
2. Efektivní využití strojů.
3. Změna výrobního programu nenarušuje výrobu.
4. Nižší spotřeba nástrojového vybavení.
5. Snadnější údržba.

Nevýhody:

1. Zvýšené náklady na dopravu.
2. Vyšší nároky na plochu výrobního závodu.
3. Rostou nároky na meziskladové prostory.
4. Komplikovaný tok výroby.

2.19.1 Předmětné uspořádání

Hodí se především u sériové výroby nebo při výrobě kdy je vyšší četnost opakování stejných výrobků. Stroje jsou zařazena podle technologického postupu.



Obrázek 10 Předmětné uspořádání pracoviště

Výhody:

1. Zkrácení manipulačních cest.
2. Zkrácení průběžné doby výroby.
3. Snížování nákladů na skladování.
4. Snížená potřeba výrobní plochy.

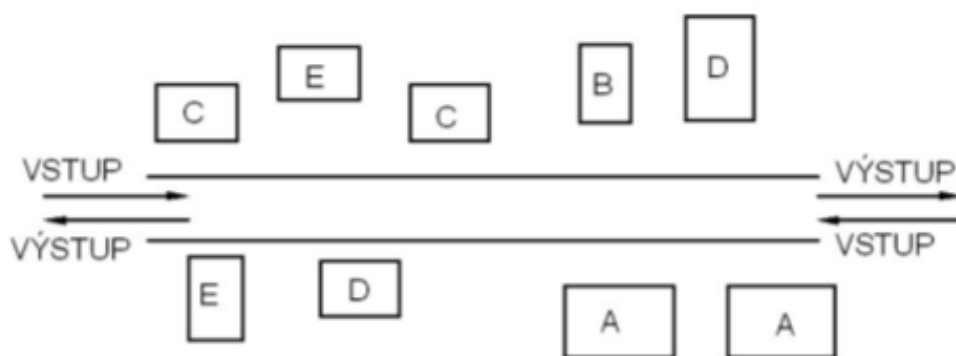
Nevýhody:

1. Snížením objemu výroby dochází k poklesu využití strojů.
2. Nutnost speciálních nákladných jednoúčelových strojů.

3. Změna výrobního programu představuje značné změny ve strojním zařízení a také u uspořádání strojů.

2.19.2 Volné uspořádání

U tohoto uspořádání jsou strojní zařízení v pracovišti seskupeny náhodně. Nachází se v pracovištích, kde se nedá předem určit jasný materiálový tok, návaznost operací, organizační a řídicí vztahy. Bývá častý u kusové výroby nebo také u výroby prototypů. Tento typ uspořádání byl vybrán s ohledem na to, že dostupné strojní zařízení je uzpůsobeno na velké množství vyráběných typů výroby a je na něm možné vyrobit takřka jakýkoli výrobek na bázi dřeva. Je vhodný i pro výrobu chytré lavičky.



Obrázek 11 Volné uspořádání pracovišť a strojů (Bořecký, 2012)

2.20 Smart city point

Chytré nebo inteligentní město (anglicky „Smart city“) je nový koncept, který by měl využívat informační, digitální a komunikační technologie pro zvýšení kvality života obyvatel ve městech. Je zaměřený na efektivnější využívání stávajících zdrojů, eliminování zátěže na životní prostředí, snížení spotřeby elektrické energie, zjednodušení dopravy a sdílení internetového připojení pro širokou veřejnost. Myšlenka Smart Cities je tlačena dopředu díky technologickému pokroku v rámci budoucího rozvoje prosperujících měst by měli inteligentní města nabízet inovativní služby založené na informačních a komunikačních technologiích (Kadlčík, 2018).

2.21 Požadované technické parametry

Mezi základní požadavky jsou energetická nezávislost (vyžití obnovitelných zdrojů-solární panel), poskytnou volné datové připojení pomocí sítě Wi-Fi a také možnost nabitě mobilních elektrických zařízení (Hájek, 2018).

2.21.1 Chytré zastávky

Při čím dál větším zahlcení měst osobními automobily se zvyšuje počet cestujících v MHD (městské hromadné dopravy). Dále se zvyšující zátěží na životní prostředí je potřeba realizovat projekty, které jsou zaměřeny na zpříjemnění jízdy cestujících veřejné dopravy zejména při dlouhých čekáních na spoje.

Chytrá zastávka je relativně nový pojem, kterým se označuje zastávka, která je vybavena technikou např. informační panel, Wifi připojení, možnost nabití mobilního telefonu. Dále tato zastávka disponuje fotovoltaickými panely, které zaručí soběstačnost elektrické energie.



Obrázek 12 Prototyp chytré zastávky (Bárta, 2017)

2.21.2 Chytré lavičky

Mezi nejrozšířenější projekty „Smart city pointu“ patří chytré lavičky. Jsou to jednoduché konstrukce laviček se zastřešením nebo nezastřešené, na nich je umístěn

Solární panel, který napájí ostatní elektrické zařízení lavičky, jako jsou USB dobíječky a WIFI signál (Alawadhi, et al., 2012).



Obrázek 13 Zastřešená chytrá lavička (Rokoský, 2017)

2.21.3 Smart projekt městských organizací

Vzniklé projekty vznikly ve spolupráci s městskými společnostmi a firmami. Na realizaci chytrých měst se podílí velké množství subjektů, které taktéž realizují a plánují Smart projekty.

Chytré budovy a energie

Dalo by se ve zkratce shrnout jako dimenzování budov s co největším využitím takzvané chytré energie. Klíčové jsou v tomto odvětví např: chytré lampy, nezávislé lokální sítě a inteligentní budovy, které svým provozem přispívají ke zdravému životnímu prostředí.

Mezi strategické projekty v projektování chytrých budov patří projekty pro Českou republiku. Kdy je už v této době jeden schválen a připraven k realizaci („Energetické úspory

s využitím metody EPC“). Metoda EPC (Energy Performance Contracting) znamená, má mnoho různých modifikací s použitím různých názvů. Jedná se o stavbu a projektování budov s co největší finanční úsporou při používání budovy a s co nemějším vlivem na životní prostředí (Pilná , 2016).

Bezodpadové město

Tato oblast by se dala definovat jako návaznost na udržitelné, inteligentní a odpovědné odpadové hospodářství. Základním cílem je dosáhnout téměř stoprocentního třídění komunálního odpadu a vytvořit co nejefektivnější trasy při svážení odpadu.

Projekt „**Kompresní koše**“ představuje koše na odpadky, které jsou propojeny přes internetovou síť. Předměty vhozené do koše se automaticky zmačkají a zabudované čidlo při dosažení svého limitu ohlásí dispečinku, že je připraven ke svozu. Provoz probíhá díky zabudovaným solárním panelům.

Ekologický systém využití odpadních vod

Projekt zavádí nové technologické opatření, které odpadní látky upravuje tak, aby bylo možné je znovu využít především v zemědělství. Při tomto procesu zároveň vzniká bioplyn, díky kterému se dále vytápí budovy.

Datová oblast

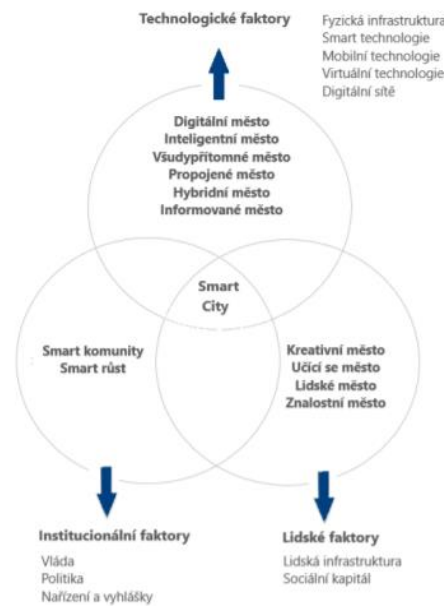
Poslední ze zmíněných oblastí je celkové propojení s daty. Datová oblast by měla být jednotná, transparentní, a hlavně by měla být zabezpečená pro komunikační síť. Také by měla sloužit jako platforma pro ukládání a ovládání online zařízení zavedených chytrých technologií (Washnurn & Sindhu, 2010).

Velkým úskalím chytrých zařízení ve veřejném prostředí je náchylnost na poškození vandaly. Např. na Obr. 14 Nezastřešená chytrá lavička je zachycena zcela nová lavička, která na tomto místě vydržela pouhý měsíc, než ji poškodili sprejeři a zcela ji znehodnotili tím, že pokreslili plochu solárního panelu. Proto ve zvolených návrzích je solární panel posuvný a dá se zasouvat a vysouvat.



Obrázek 14 Nezasřehena chytrá lavička (Bártová, 2018)

Dostupné dokumenty uvádí shodně se zahraničními autory, že v Evropě stále neexistuje jednotná metodika ani ustálené metody hodnotící měřitelné ukazatele inteligentních měst. Autoři metodiky se zaměřili popsání základních atributů, které jsou nezbytné pro tvorbu programu Smart Cities.



Zdroj: volně převzato z Nam & Pardo, 2011, s. 18

Obrázek 15 Komponenty konceptu Smart cities podle autorů Nam a Pardo

3 Metodika

Na základě cíle se dá metodika rozdělit do několika bodů. Výrobní systém je navržený tak, aby splnil tyto požadavky zadavatele:

- A. Chytrá lavička z WPC dílců.
- B. Chytrá lavička z masivního dřeva.

Projekt má tři hlavní části:

1. Průvodní zpráva
2. Souhrnná technická zpráva
3. Technologická část

Součástí výrobní dokumentace jsou:

- výrobek chytrá lavička (2 návrhy),
- výběr strojního zařízení,
- výrobní dokumentace,
- návrh technologie,
- výpočty norem času,
- stanovení bodu zvratu,
- porovnání návrhů pomocí vícekriteriální analýzy.

3.1 Metodika experimentálních prací

Experimentální práce se dělí na několik částí:

3.1.1 Průvodní zpráva

V prvním kroku byla vytvořena výrobní dokumentace, která obsahuje typovníkový list, technické podmínky, kusovník a výkresovou dokumentaci.

Technická podmínka

V tomto dokumentu je hodně stroze popsán výrobek, zejména použitý materiál, základní rozměry a další informace, které slouží k prezentaci výrobku zejména investorům, kteří mají zájem o výrobek.

Skládá se ze tří částí:

- Obecné informace – v tomto bodu se přesně popisuje co je bráno za technickou podmínku, jaké jsou její části, pro jaký typ výrobku je platná a popřípadě jaké normy/zákony musí výrobek splňovat,
- Základní údaje – v této části se popisuje tvar výrobku, rozměry, název výrobku, použití výrobku a samotná jeho výroba, dále se uvádí typ výroby,
- Technické parametry a požadavky – zde jsou uvedeny základní specifikace technických požadavků na výrobek, zejména pokud má nestandardní tvar, popisuje se tvar, rozměr, materiál a povrchová úprava v závislosti na bezpečnost lidí při jeho užívání. V případě většího počtu vyhotovení a v případě „sestavy“ jsou zde také uvedeny informační manuály, doporučené skladovací podmínky a také podmínky, které by zrušily záruku na výrobek.

Typovníkový list

Typovníkový list je dokument velice příbuzný technické podmínce, liší se především v množství udávaných údajů. Je vytvořen za předpokladu, že je výrobek správně popsán v technické podmínce a vyrábí se ve více variantách jako je jiný materiál, velikost a barva výrobku.

Materiálové vstupy (kusovník)

Kusovník je ucelený seznam použitých hlavních materiálů, spojovacích prostředků a pomocných materiálů použitých pro výrobu. V tomto konkrétním případě je množství a počet dílců závislí na velikosti a účelu Smart city pointu.

Pro každý typ výrobku se zpracovává zvlášť a následně se počítá matematickými metodami nejefektivnější využití materiálu při dlouhodobé výrobě, a to formou tabulek.

Výkresová dokumentace

Výkresová dokumentace obsahuje výkres výrobku, podle kterého se bude postupovat při výrobě a je také vodítkem pro volbu správné technologie výroby. Součástí výkresu by měl být řez výrobkem a detaily, které jsou důležité především pro zhotovení spojů a výběr spojovacích prostředků.

3.2 Technická část

Součástí technické části jsou:

3.2.1 Blokové schéma

K přehlednému popsání posloupnosti výrobních operací slouží blokové schéma. Vytváří se pro každý výrobek samostatně. Popisují se v něm výrobní postupy, společně s jejich vzájemnou provázaností. Veškeré informace v blokovém schématu vychází z použité technologie a použitého strojního zařízení. Je psané formou stupňového diagramu, kde se nejvýše nachází vstup materiálu a nejnižší expedice. V blokovém schématu platí, že i přes značnou složitost výroby se všechny větve na konci vždy setkají (Pechar, 2018).

3.2.2 Normy času

Normy času je možné definovat jako vyjádření času potřebného pro vytvoření výrobku. Zjišťují se několika způsoby, v této práci je zvolená rozborová metoda. Základem této metody je rozdělení samotné výroby celého výrobku na jednotlivé technologické a netechnologické procesy a tyto procesy jsou pečlivě zaznamenávány spolu s jejich časy.

Výsledné časy jednotlivých operací se zaznamenávají do tabulky, kde nejdůležitější výstup je sumární hodnota technologických a netechnologických operací, které v konečném součtu dají celkový potřebný čas na výrobu předem daného výrobku.

3.2.3 Výpočet spotřeby materiálu

Při počítání spotřeby materiálu vycházíme z rozměrů dílců, které jsou dány výkresovou dokumentací. Všechny výpočty jsou prováděny v programu Microsoft Excel a výsledky jsou uspořádány do tabulky.

3.2.4 Pevný odpad

Odsávání se využívá na odsávání pevného odpadu vzniklého při výrobě ve formě pipil a odřezků při opracování. Odsávání dále zajišťuje bezpečný pohyb na pracovišti. Je třeba mít na paměti, že v blízkosti stroje vyžadující odsávání musí být buďto přívod do odsávání nebo odsávací jednotka samotná.

3.3 Metoda výsledného zhodnocení

Tato kapitola slouží jako teoretický podklad pro závěrečné porovnání jednotlivých parametrů, které jsou součástí praktické části diplomové práce.

3.3.1 Model vícekriteriální analýzy variant

Vícekriteriální analýza variant (dále jen VAV) se používá k řešení problémů s výběrem jedné nebo více přípustných variant z předem stanovené množiny a vybranou variantu umožňuje zohlednit při realizaci výsledků. Ten, kdo rozhoduje o výběru „nejlepší“ varianty, musí být maximálně objektivní. Existuje mnoho postupů a metod VAV zajišťujících dodržení maximální nestrannosti výběru. V některých případech je na místě rozlišit osobu (zadavatele), která vymyslí a zadá úlohu od osoby (analytika), která úlohu má vyřešit. Výhodou této metody je, že ten, kdo analyzuje úlohu nemá žádný zájem na výsledku rozhodnutí, a proto je dodržena maximální objektivita.

Nevýhoda může spočívat v tom, že osoba analytika není vždy seznámena se všemi podrobnostmi úlohy, které při zadávání nemohly být modelově popsány. Výsledkem takové úlohy je sice doporučení objektivní „nejlepší“ varianty, ale v praxi by byla vhodnější a lepší úplně jiná varianta.

V modelu VAV je vždy stanovena konečná množina m variant, která je zhodnocena podle n kritérií. Cílem modelu VAV je najít takovou variantu, která má podle všech určených kritérií co nejlepší hodnocení nebo kompromisní variantu, popřípadě seřazení variant od nejlepší po nejhorší s vyloučením varianty, která není efektivní (Šubrt, 2015).

3.3.2 Kritéria, varianty a váhy

Varianty slouží jako určité možnosti rozhodování, musí být vybrány velmi zodpovědně, aby byly dostupné, logické a aby byly vhodné pro konečné řešení. Varianty jsou hodnoty ceny v závislosti na jednotlivých kritériích.

Kritérium je hledisko pro zhodnocení variant, může být kvalitativní nebo kvantitativní. Velmi důležitá je volba osobitých kritérií. Kritéria by neměla být závislá na ostatních, hlediska výběru by měla pokrývat všechna kritéria, a přitom kritérií by nemělo být zbytečně moc, aby výsledek nebyl příliš nepřehledný. Pokud je proces analýzy hodnocen podle kritérií hodnocení variant, mohou být údaje uspořádány do kriteriální matice Y , kde prvek y_{ij} vyjadřuje hodnocení i -té varianty podle j -tého kritéria (Hrbáčková, 2011),(Šubrt, 2015).

$$Y = \begin{matrix} a_1 \\ a_2 \\ \vdots \\ a_m \end{matrix} \begin{pmatrix} f_1 & f_2 & \dots & f_n \\ y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1n} \\ y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ y_{m1} & y_{m2} & \dots & y_{mn} \end{pmatrix}$$

Obrázek 16 Kriteriaální matice Y (Šubrt, 2015)

Maximalizační kritéria jsou typy kritérií, u kterých se vychází při rozhodování z faktu, že nejvyšší hodnoty kritéria jsou těmi nejlepšími variantami.

Minimalizační kritéria jsou opačné kritériu maximalizačnímu, přičemž nejnižší hodnoty kritéria jsou nejlepší varianty. Pořadí kritérií (jedná se o základních informacích o kritériích) zobrazuje kritéria v logické posloupnosti od nejdůležitější po nejméně důležité, informace o tom, kolikrát je jedno kritérium důležitější než následující, ale z toho pořadí není patrná. Informace o několikanásobné závislosti obsahující váhy kritérií.

Váhy kritéria (jedná se o nejzásadnější informace o kritériích) jsou všeobecně hodnoty čerpané v intervalu $\langle 0;1 \rangle$, které udávají možnou důležitost vybraných kritérií ve srovnání s ostatními kritérii. Součtem všech zvolených vah kritérií je číslo jedna (Šubrt, 2015).

Stanovení vah bodovací metody

Stanovení vah je prováděno pomocí experimentu na základě přiřazení hodnocení bodového ohodnocení jednotlivým kritériím na škále (0 až 10 bodů). Hodnocení 10 body je nejdůležitější, hodnocení 0 bodů je zcela bezvýznamné. Při výpočtu vah z bodového hodnocení se nejprve hodnoty váhového vektoru normalizují podle vztahu

$$v_j = \frac{b_j}{\sum_{j=1}^k b_j}$$

kde b_j , je hodnota bodového ohodnocení, která byla expertem přiřazena j -tému kritériu. Při bodování je výhodnější dodržovat přiřazení kritériu s největší důležitostí nejvyšší počet bodů a kritériu, které je nejméně důležité přiřadit nejnižší možný počet bodů. Všechna ostatní

kritéria je možné umístit na danou stupnici s přihlédnutím k hodnocení těchto dvou kritérií (Šubrt, 2015).

Normalizace kritériální matice

Pokud známe ideální a základní varianty, můžeme snadno znormalizovat kritériální matici. Všechny hodnoty v kritériální matici pak budou z intervalu $\langle 0,1 \rangle$, ideální hodnota bude prezentována číslem 1 a nevýrazná hodnota 0.

3.3.3 Metoda váženého součtu

Při výpočtu metodou váženého součtu je vyžadována nejdůležitější informace (jedná se o informace, která vyjadřuje, jak moc nebo o kolik, je jedno určité stanovení hodnocení lepší než druhé, u preferencí to jsou váhy, u hodnocení variant podle kritéria se jedná o číselné vyjádření hodnocení, které vlastně nezávisí na množině porovnávaných variant), kritériální matici Y viz Obr. 17 Kritériální matice Y a vektor vah jednotlivých kritérií v . Vektor v je označení pro každou variantu celkového hodnocení, a tak variantu je možné použít zároveň pro hledání jedné jediné nejvýhodnější varianty a také pro určení pořadí variant od nejlepší po nejhorší.

Metoda váženého součtu je specifickým případem metody funkce užitku. Jedním ze základních princip, ze kterého vychází je maximalizace užitku. Získá-li varianta a_i podle kritéria j určitou hodnotu y_{ij} , uživatel získá užitek, který je možné použít k vyjádření pomocí lineární funkce užitku. Váženým součtem všech hodnot dílčích funkcí užitku je poté vyjádřen celkový užitek varianty (Šubrt, 2015).

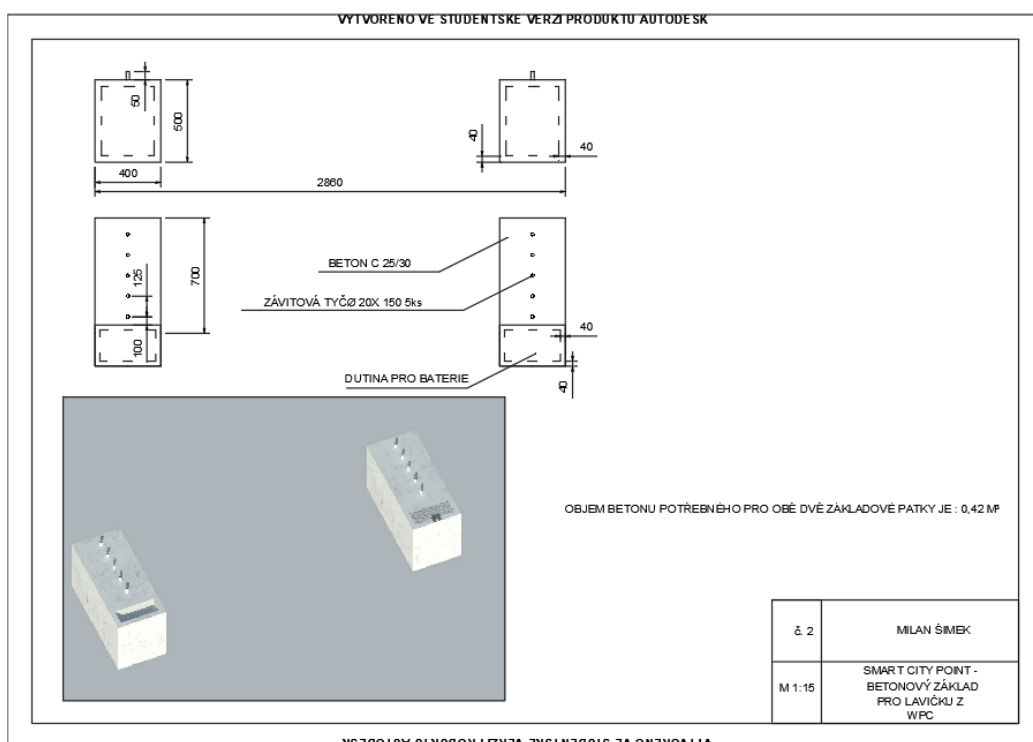
Praktická část

Součástí praktické části je projektování výrobního systému na výrobu Smart city pointu (chytré lavičky). Každý krok je v metodice popsán tak, aby z něj bylo jednoduché kontrolovat výrobní systém a jeho výstup. Součástí výrobní dokumentace je obrázek návrhu, kusovník, konstrukční výkres, blokové schéma výroby, normy spotřeby času na jednotlivé operace a výkres rozmístění strojů na pracovišti se zakreslením materiálního toku a pohybu pracovníků. Na konci praktické části jsou oba návrhy hodnoceny metodou vícekriteriální analýzy.

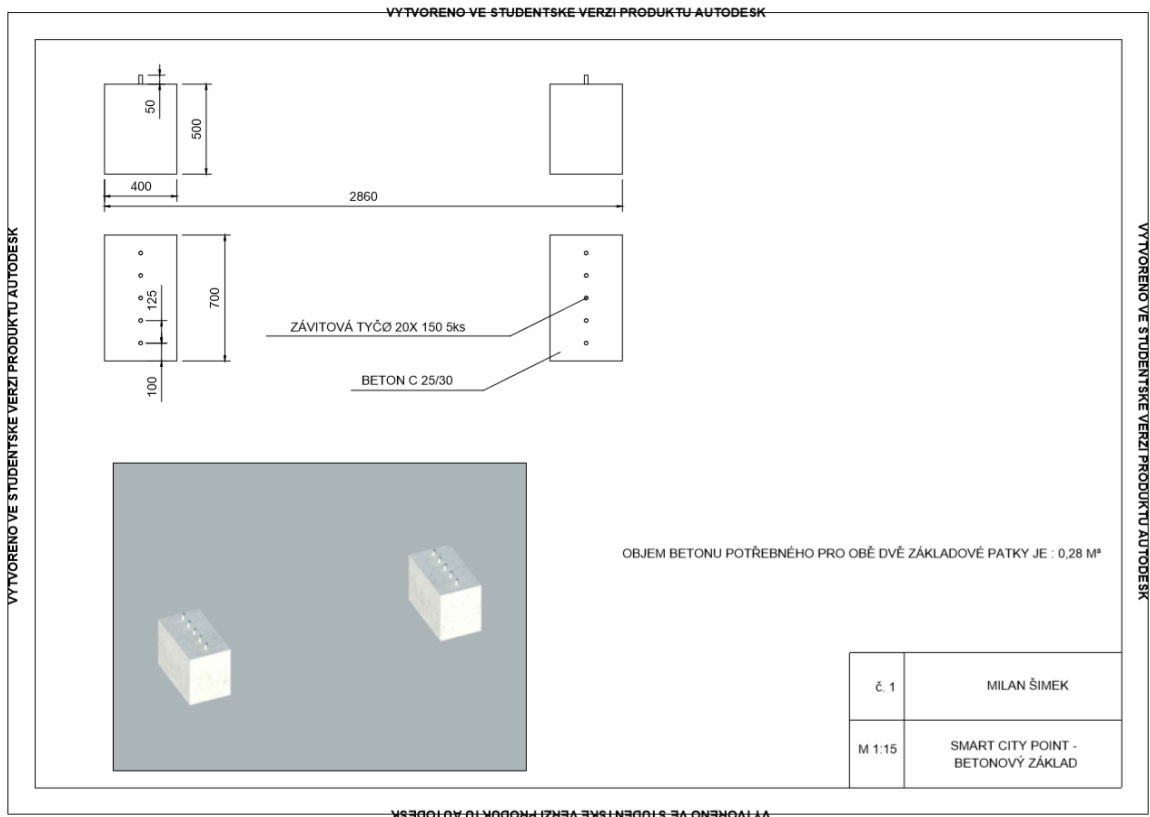
3.4 Součástky společné pro oba návrhy

Betonový základ – 700x400x500 Cena: 1000 Kč

Betonový základ se bude provádět až po zaměření umístění lavičky, volbě správné světové strany a také po zjištění, jestli vybraným místem nevedou žádné inženýrské sítě. Dále jsou v betonovém základu uloženy závitové tyče o rozměrech $\varnothing 20$ a délce 150 mm v množství 5 kusů na jeden betonový základ, kam se poté ukotví nohy chytré lavičky. Na obrázku 18 lze vidět zakótovanou dutinu pro uložení baterií.



Obrázek 17 Betonový základ pro návrh číslo 1



Obrázek 18 Výkres betonového základu pro návrh číslo 2

Betonový základ pro návrh číslo 2 bude o poznání jednodušší, kde odpadá výroba dutiny v základu. Předběžný odhad úspory času je v tomto případě 1 hodina práce a nebude potřeba vytvářet formu pro dutinu v betonové patce.

Konečná pevnost betonového základu nastává až 30 dnů po vylití směsi. Proto je nezbytné základy vytvářet v dostatečném předstihu, aby nedošlo k narušení základu a nebyla poškozená následná konstrukce chytré lavičky.

Solární panel - FV panel GCL 300W (1640 x 992 x 40mm) Cena 4198Kč

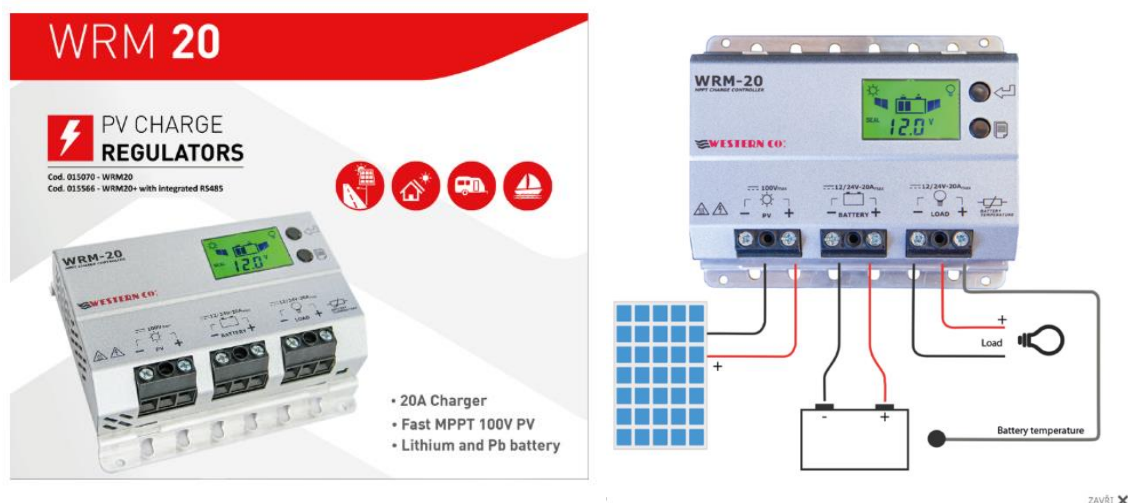
Solární panel byl vybrán s ohledem na rozměry a požadovaný výkon. Tento solární panel zajistí potřebný výkon pro nabíjení elektrického zařízení až o výkonu 130W, čemuž také pomáhá regulátor, který upravuje napětí na požadovanou hodnotu. (Marešová,2019)



Obrázek 19 Solární panel a jeho specifikace

Regulátor - MPPT profi regulátor nabíjení WRM-20 Cena 3157 Kč

Tento regulátor byl vybrán, protože se typově vhodný k solárnímu panelu a dosahuje potřebných vlastností např. bezpečné nabíjení elektrických zařízení nebo umožňuje bezpečné nabíjení záložních baterií. (Anon., 2019)



Obrázek 20 Regulátor pro solární panel a jeho schéma zapojení (Prokop, 2018)

Pojezd solárního panelu – Pojezd intelldrive lighttrail 4,0 Cena 8499 Kč

Tento automatický pohon splňuje podmínky pro použití ve venkovním prostředí a také vyhovuje nosností, která je až do 80 Kg. Dále je možné implementovat vyhřívání, tato funkce je potřebná zejména v zimním počasí, kvůli zamrznání pojezdu.



Obrázek 21 Pojezd solárního panelu

Baterie solárního panelu – Banner Energy Bull 60 Cena: 2609 Kč, pro každý návrh 2 ks, cena celkem 5218 Kč

Baterie jsou vybrány kvůli svým malým rozměrům (30x40x30 cm), jejich výhodou je snadné zapojení do série. Další výhodou tohoto typu baterií je vysoká kapacita a velká životnost i za velkých teplotních rozdílů.

Banner Energy Bull 60



Energy Bull 60 Ah

- Olověná solární baterie
- Vysoká odolnost vůči cyklickému namáhání
- Snadné nabíjení
- Vysoká provozní bezpečnost
- Vhodné pro solární panely
- Snadno přenosný zdroj energie
- Váha baterie: 17 Kg.

Obrázek 22 Baterie solárního panelu (Marešová, 2019)

Kabely k bateriím – Pylontech Cena: 1416 Kč

Kabely byly vybrány s ohledem na celou sestavu, protože jsou přímo určeny ostatním vybraným součástkám a tím pádem jsou kompatibilní s celou sestavou. Veškeré konektory jsou doporučeny výrobcem ostatních komponentů.



- Kabelový set pro připojení baterie PYLONTECH nebo sady baterií k měniči
- Kabely jsou opatřeny koncovkou Amphenol na jedné straně a na druhé straně kabelovými oky
- Sada obsahuje také UTP kabel vhodný po úpravě jedné koncovky k připojení CANbus sběrnice k měničům nebo řídicím systémům.

Obrázek 23 Schéma zapojení propojovacích kabelů s baterií, regulátorem a solárním panelem (Marešová, 2019)

Wifi router – Ubiquiti Nanobeam M5-16 Cena: 1577Kč

Tento wifi router je vyroben pro venkovní použití a vyniká velkou rychlostí až 300 Mb/s. Díky rychlému procesoru poskytuje maximální výkon při malých rozměrech. Velkou výhodou je směrový příjem, kvůli kterému dobře filtruje šum a má tak dobrou odolnost vůči rušení ostatními elektrickými zařízeními v oblastech kde se shromažďuje velké množství lidí.



Obrázek 24 Wifi router pro venkovní použití (Marešová, 2019)

Spojovací prostředky – Vrutky Fisher FSP - SZ 5x50mm 1,04Kč/ks

Jedná se o ocelový vrut se zápusťnou křížovou hlavou a polozávitím. Tento vrut disponuje dvojitým kuželem pro přechod hlavy do dříku vrutu zlepšuje otáčecí moment, který zabraňuje vrutu v protáčení. Tento vrut je vhodný pro použití ve venkovním prostředí



Obrázek 25 Vrut 5x50mm (<https://vruty-fischer.cz/>)

3.5 Výběr strojního zařízení

Strojní zařízení bude vybráno podle hodnocení v rozhodovací tabulce a stroj s nejlepším skóre bude vybrán.

Formátovací pila

Tabulka 1 Rozhodovací tabulka výběr formátovací pily

Formátovací pila	výška prac. Stolu	rozměry stola			rozměr vozíku			délka řezu	max. výška řezu s předřezem	max. šířka řezu	hl. řezný kotouč		předřez		výkon hlavního motoru	výkon motoru předřezu	cena				
		mm		mm	mm	mm	mm				mm	mm	ot./min	mm				ot./min	kW	kW	Kč
		mm	šířkaxdélka	šířkaxdélka	podpěrný rám	mm	mm				mm	mm	ot./min	mm				ot./min			
SCM SI 300 NOVA	890	360 x 1270	330 x 2600	1500 x 1000	3200	100	1500	300	4000	120	8000	7	0,5	162000							
PROMA PKS-300F	890	1400 x 1000	370x3200	1250 x 600	3000	100	1250	315	4600	100	8500	4	0,55	159000							
PK 320A new (Rojek)	890	955 x 400	360 x2600	1240 x 650	3200	100	1500	315	4400	100	10230	5,5	0,5	170000							
10	6	7	7	5	8	4	6	3	3	2	2	8	2	8	váha						
SCM SI 300 NOVA	7	3	6	7	7	5	7	4	5	6	5	8	5	8	445						
PROMA PKS-300F	7	8	8	6	7	5	5	5	7	5	5	5	4	8	458						
PK 320 A new (Rojek)	7	6	6	6	7	5	7	5	6	5	6	6	5	5	427						

Tabulka 1 popisuje výběr stroje na zkracování dílců. Dle uvedeného dosaženého výsledku vyšla nejlépe formátovací pila od firmy Proma PKS-300F. Rozdíl je patrný ovšem odlišnosti zmíněných pil jsou minimální, tato pila vede v ceně a v tom, že splňuje požadované vlastnosti pro výrobu chytré lavičky.

Stojanová vrtačka

Tabulka 2 Rozhodovací tabulka výběr stojanové vrtačky

Stojanová vrtačka	Rozměry stola			Maximální vrtaný průměr	Sklíčidlo	Maximální vztáleno st vřetene od stolu	otáčky	Výkon motoru	Cena								
	mm											mm	mm	mm	ot/min	kW	Kč
	šířka	výška	délka														
E-1720FVL/400	356	356	1810	25	20	300	2000	1,1	19000								
Proma BZ-25B/400	280	300	1127	25	20	367	2150	1,1	30160								
Optimum OPTIdrill DH 26 GT	380	380	1250	25	20	450	2950	1,5	57658								
10	3			9	5	7	3	7	8		váha						
E-1720FVL/400	6			8	5	7	6	8	6		286						
Proma BZ-25B/400	5			8	5	7	6	6	4		253						
Optimum OPTIdrill DH 26 GT	8			8	5	9	8	1	8		279						

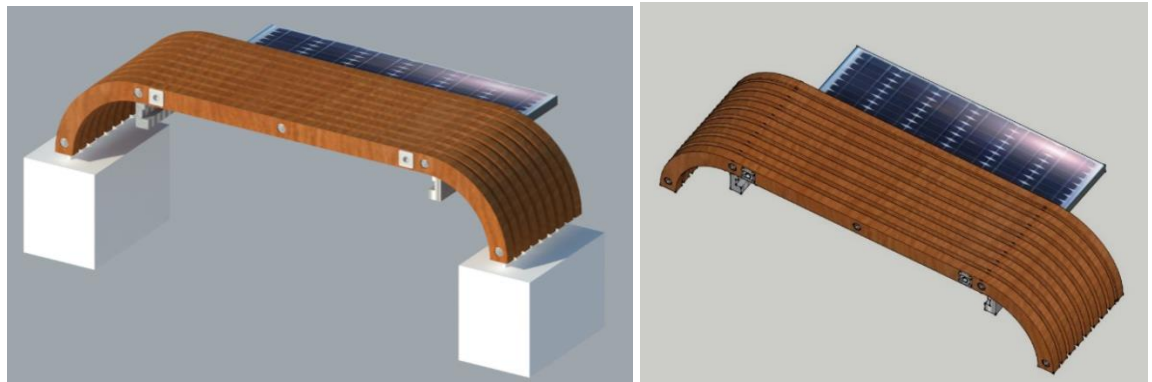
Tabulka 2 popisuje výběr stroje na vrtání otvorů. Dle uvedeného dosaženého výsledku vyšla nejlépe stojanová vrtačka od firmy Proma E-1720FVL/400. Rozdíl je patrný především u ceny, kde oproti zbylým dvou vrtačkám je u tohoto modelu nejnižší.

3.6 Konstrukce chytré lavičky

Navrhované konstrukce chytrých laviček, musí shodně splňovat požadavky zadavatele. Základním požadavkem je energetická soběstačnost (mít solární panel) a také bezpečnost při používání, což obě dvě konstrukce splňují, protože jsou vyrobeny z dostatečně masivních dílců. Výkresová dokumentace je uvedena níže, spolu s vizualizacemi a výrobními postupy.

3.6.1 Návrh číslo 1 z WPC dílců

Tato chytrá lavička je navržena s co nejindustriálnějším designem, který dává lavičce ladnost. Hlavní nosnou konstrukcí lavičky jsou dílce z WPC o rozměrech 60x100 a délkou 2560 mm. Lavička je osazena dvojicí zásuvek, kde si lidé mohou nabít své mobilní telefony nebo jiné elektronické zařízení. Lavička má ve své spodní části usazen fotovoltaický panel, který při nepoužívání lavičky vyjede ven na slunce kdy dochází k nabíjení akumulátoru, dále je zde umístěn senzor deště, který solární panel zasune, pokud začne pršet. Dále je na lavičce umístěn světlo citlivý senzor, který zasune a vysune panel při východu a západu slunce. Posuv solárního panelu je poháněn pomocí servomotoru. Baterie jsou umístěny v betonovém základu lavičky.



Obrázek 26 Chytrá lavička z plných dílců WPC (dřevoplast)

3.6.2 Kusovník návrhu číslo 1

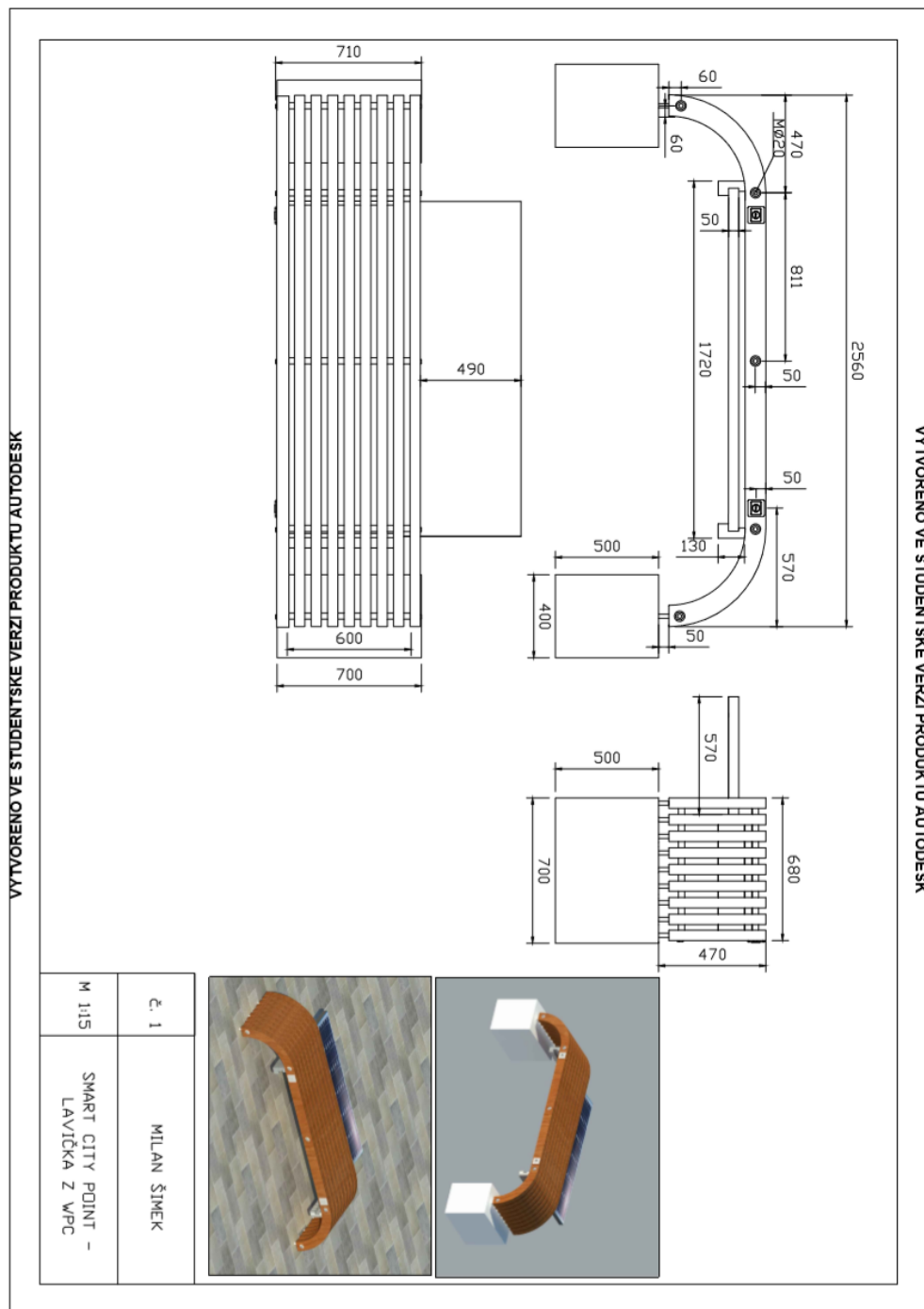
V kusovníku jsou popsány a rozpočítány všechny dílce a zařízení, které jsou potřeba pro výrobu chytré lavičky z WPC. Dále jsou zde napsány ceny jednotlivých komponentů a také celková cena celé sestavy zapsané do tabulky. Kusovník byl vytvořen v programu Microsoft Excel.

Tabulka 3 Kusovník chytré lavičky z WPC

KUSOVNÍK									
NÁZEV VÝROBKU: Chytrá lavička z WPC (dřevoplastu)									
P. č.	Název dílce	Materiál	Ks	Tloušťka	Šířka	Délka	Objem	Cena	Cena celkem
				(mm)	(mm)	(mm)	(m ³)	Kč	Kč
1.	WPC dílec	WPC	9	60	100	2560	0,13824	250	2250
2.	Závitová tyč	Nerez	5	20		710		92Kč/1m	330
3.	Spojovací plech	Nerez	2	2	600	300	0,00072	100	200
4.	Maticе + podložka	Ocel	10	20				15	150
5.	Rozpěrky	Ocel	40	5	22	30	0,00132	141Kč/1m	282
6.	Zásuvka ip44	Plast	2	30	80	80		200	400
7.	Posuv panel + servomotor	Ocel	1	80	80	992		8499	8499
8.	Solární panel 130W		1	40	992	1640		6534	4198
9.	Wifi router		1	54	140	140		1577	1577
10.	Regulátor		1	150	200	80		3157	3157
11.	Baterie 60Ah		2	100	200	300		2609	5218
12.	Vruty		60	5		50		1,04/ks	62,4
	Kabely k bateriím		1			3000		1416	1416
	CENA CELKEM								27677

3.6.3 Výkres návrhu číslo 1

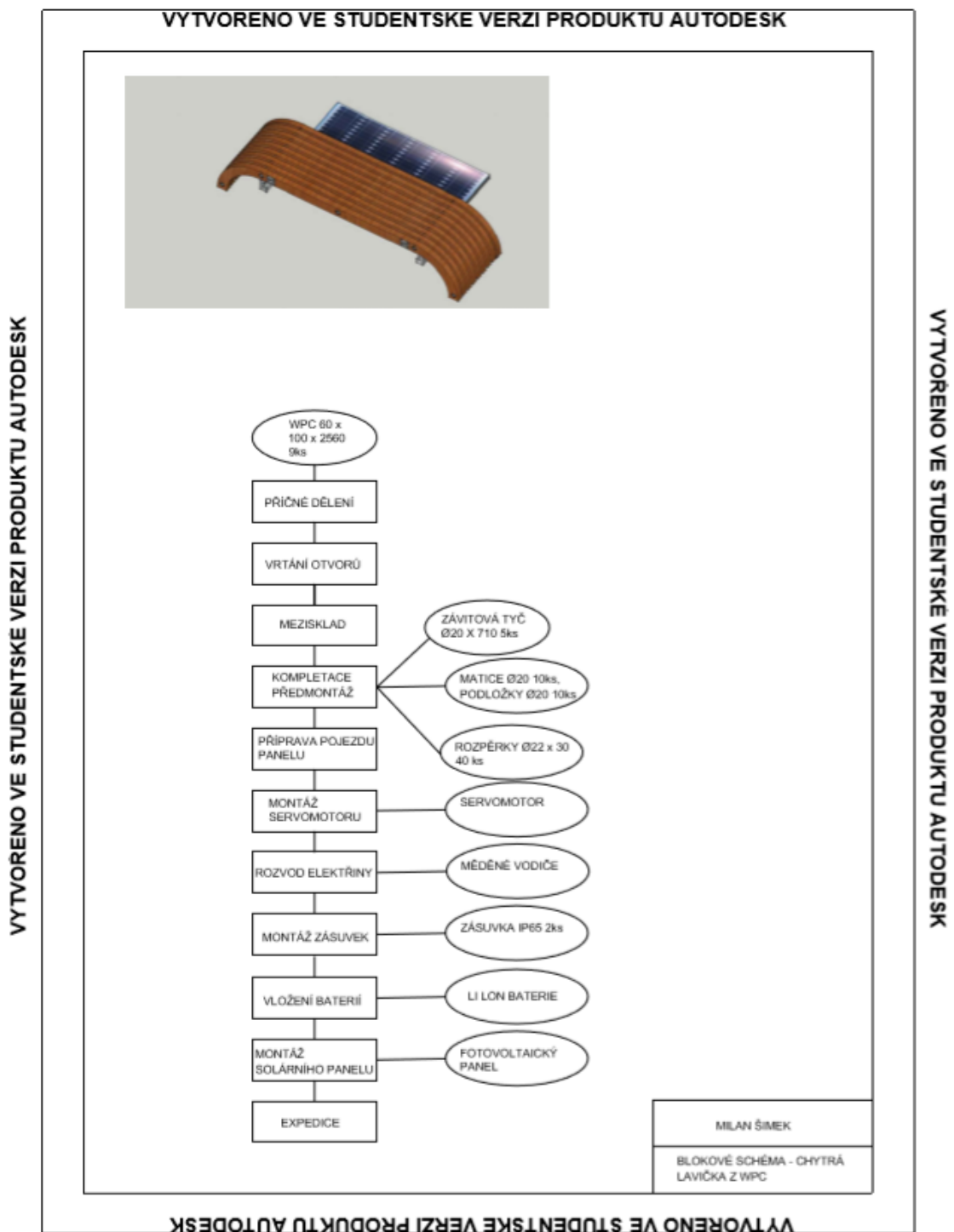
Výkres je součástí výrobní dokumentace, jsou zde zakótovány všechny potřebné informace pro výrobu. Podle tohoto výkresu se provádí i následná předmontáž i montáž celé sestavy. Jsou zde také 3D pohledy (renderování v programu SketchUp), které usnadní orientaci ve výkresu a ukáží konečný vzhled lavičky. Výkres byl vytvořen v programu AutoCad 2019.



Obrázek 27 Výkres návrhu č. 1 z WPC

3.6.4 Blokové schéma návrhu číslo 1

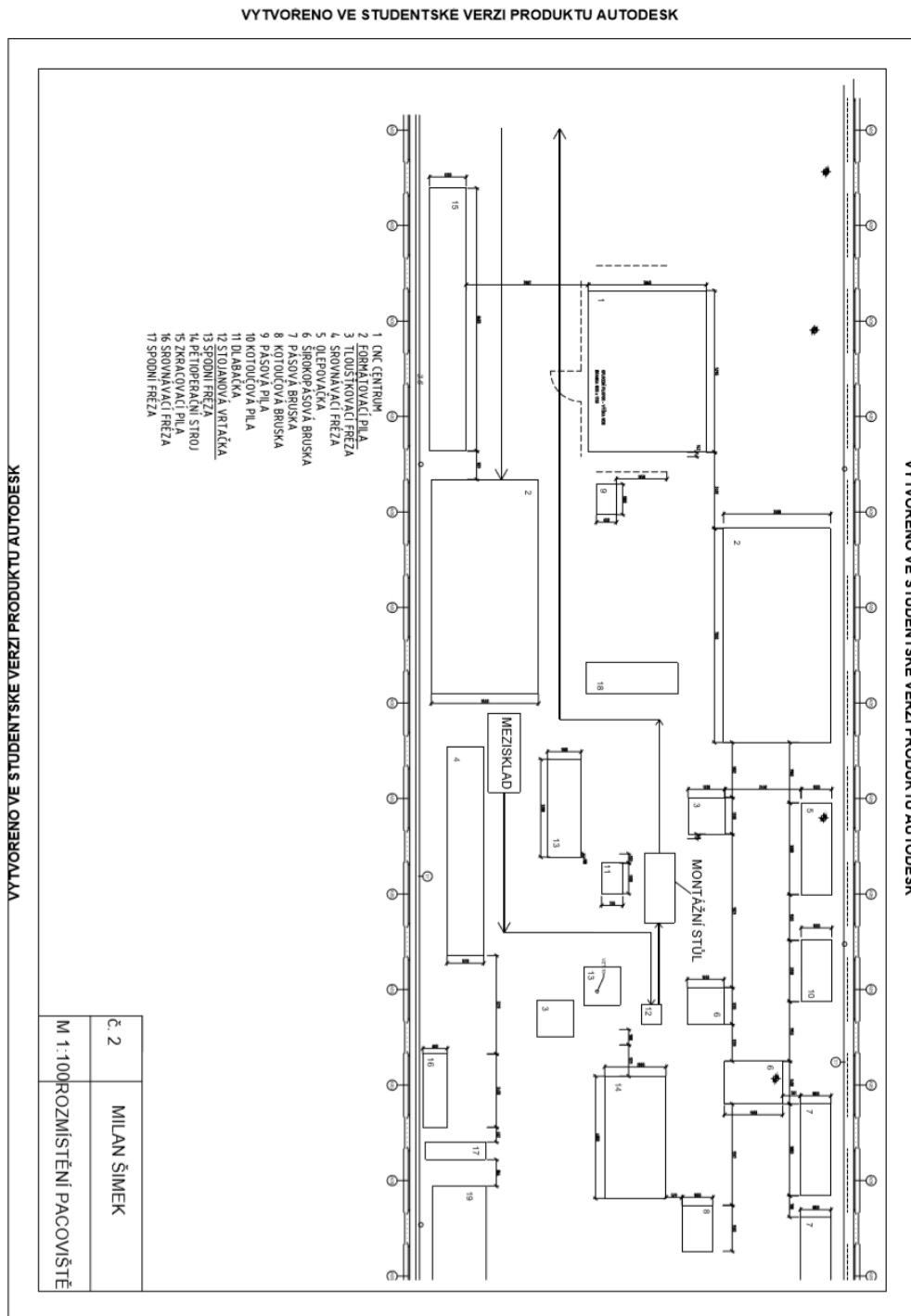
Blokové schéma je součástí výrobní dokumentace. Jsou zde uvedeny operace i s jejich logickou návazností na další. Také jsou zde vypsány materiální vstupy, které jsou nezbytné ke složení celé sestavy (chytré lavičky) a v jakých operacích, aby na sebe co nejefektivněji navazovaly. Blokové schéma bylo vytvořeno v programu AutoCad 2019.



Obrázek 28 Blokové schéma chytré lavičky z WPC

3.6.5 Výkres rozmístění pracoviště s jednotlivými použitými stroji na výrobu návrhu č. 1

Na výkresu rozmístění strojů na pracovišti je znázorněna školní dílna Dřevařského pavilonu na ČZU v Praze. Na tomto pracovišti by měla probíhat výroba a následná montáž chytré lavičky. Na výkresu je zakreslen výrobní tok, který musí pracovníci absolvovat při výrobě. Jsou zde zakresleny i mezisklady a montážní stůl kvůli sestavení komponentů.



Obrázek 29 Rozmístění strojů v truhlářské dílně

3.6.6 Normy spotřeby času na návrh č.1

Tyto výpočty normy času jsou provedeny v souladu s výrobní kapacitou školní truhlářské dílny. Jednotlivé operace mají svoje produktivní (pracovní) a neproduktivní času (manipulační) časy. Tyto časy jsou počítány i s rezervou, kvůli případným komplikacím, které se při výrobě mohou stát. Počítány jsou především časy produktivní, ale také i časy neproduktivní, které patří do celkového výrobního času chytré lavičky. Nejsou zde počítány časy potřebné k ukotvení a montování lavičky na místo určení. Tabulka byla vytvořena v programu Microsoft Excel.

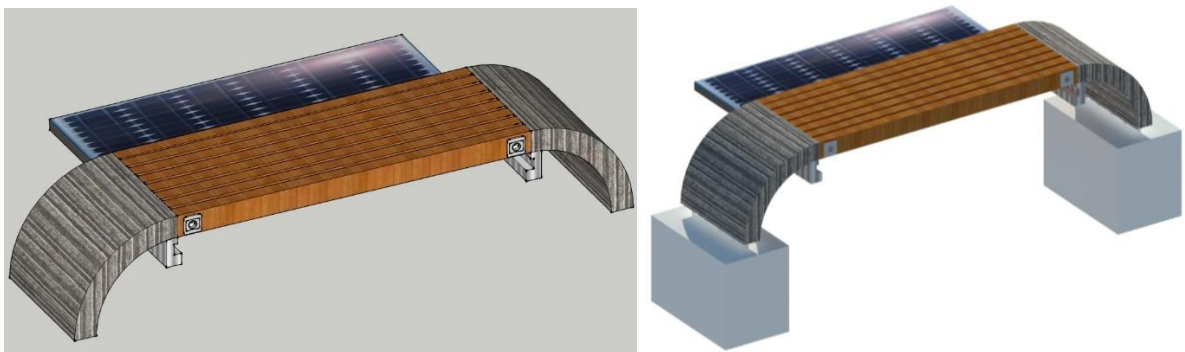
Tabulka 4 Normy spotřeby času na lavičku z WPC

Spotřeba času na jednotlivé operace	Tloušťka (mm)	Šířka (mm)	Délka (mm)	Počet kusů	Příčné dělení		Vrtání		Mezisklad		Předmontáž		Příprava povrchu panelu		Rozvod elektřiny		Montáž panelu		Vložení lamiel		Balení	
					Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)		
WPC dílec	60	100	2500	9	540	270	360	180														
Základní tyč/rozpešky	20		710	5								450	240									
Matice + podložky	20		20	10								360	60									
Příprava povrchu													600	120								
Rozvod vodičů														600	120							
Závazka				2											600	120						
Solární panel				1													300	120				
Baterie																				300		
Balení fólie																						300
					540		360					810	600		900		180	600		300		300
						270		180			90			120				120				
					Celkový produktivní čas (s)		360		90		810		600		900		600		300		300	
					Celkový neproduktivní čas (s)		180		90		300		120		180		120		120		60	
					Celkový produktivní čas (s)		4410s (1,2 h)															
					Celkový neproduktivní čas (s)		1440 (0,5h)															

3.7 Návrh číslo 2 z masivního dřeva

Oproti prvnímu návrhu zde byly implementovány duté nohy pro uložení baterií, Nohy jsou z nerezové oceli z důvodu trvanlivosti. Energetickou soběstačnost zajišťuje solární panel, který je uložen pod sedací plochou lavičky a je osazen mechanismem, který umožňuje vysouvání a zasouvání panelu. Dále je lavička osazena dvojicí zásuvek, kde si lidé mohou nabít svůj mobilní telefon, popřípadě jiné elektrické zařízení.

Sedací plocha lavičky je tvořena masivními hranoly z modřínového dřeva o rozměrech: 60x100 a délkou 1620 mm, tím je docíleno velké pevnosti a bytelnosti celé konstrukce. Samozřejmostí jsou zaoblené hrany kvůli pohodlnosti při sezení.



Obrázek 30 Návrh chytré lavičky číslo 2

3.7.1 Kusovník návrhu číslo 2

V kusovníku jsou napsány všechny komponenty, které jsou potřeba pro výrobu chytré lavičky z WPC. Jsou zde uvedeny potřebné rozměry, materiál a také ceny jednotlivých dílů.

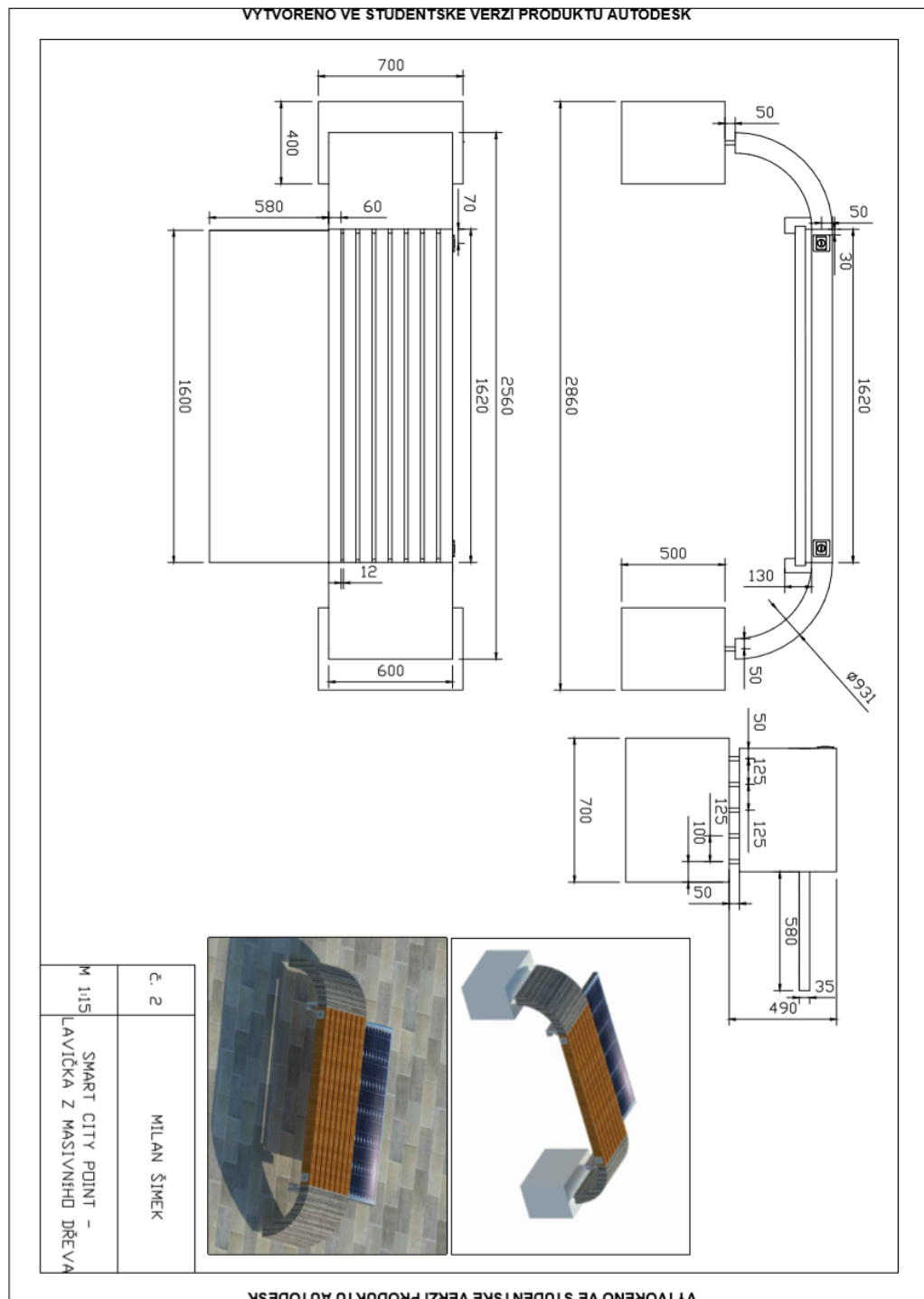
Kusovník byl vytvořen v programu Microsoft Excel.

Tabulka 5 Kusovník návrhu číslo 2

KUSOVNÍK									
NÁZEV VÝROBKU: Chytrá lavička z masivního dřeva									
P. č.	Název dílce	Materiál	Ks	Tloušťka	Šířka	Délka	Objem	Cena	Cena celkem
				(mm)	(mm)	(mm)	(m ³)	Kč	Kč
1.	Masivní hranol	Modřín	9	60	100	1620	0,08748	250	2250
2.	Dutý profil nohou	Nerez	2	100	600	470	0,0564	500	1000
3.	Spojovací plech	Nerez	2	2	600	300	0,00072	100	200
5.	Zásuvka ip44	Plast	2	30	80	80		200	400
6.	Posuv panel + servomotor	Ocel	1	80	80	992		8499	8499
7.	Solární panel 130W		1	40	992	1640		6534	4198
8.	Regulátor		1	100	200	100		3157	3157
9.	Wifi router		1	54	140	140		1577	1577
10.	Baterie 60Ah		2	100	200	300		2609	5218
11.	Kabely k bateriím		1			3000		1416	1416
12.	Vrutky		60	5		50		1,04/ks	62,4
	CENA CELKEM								27915

3.7.2 Výkres návrhu číslo 2

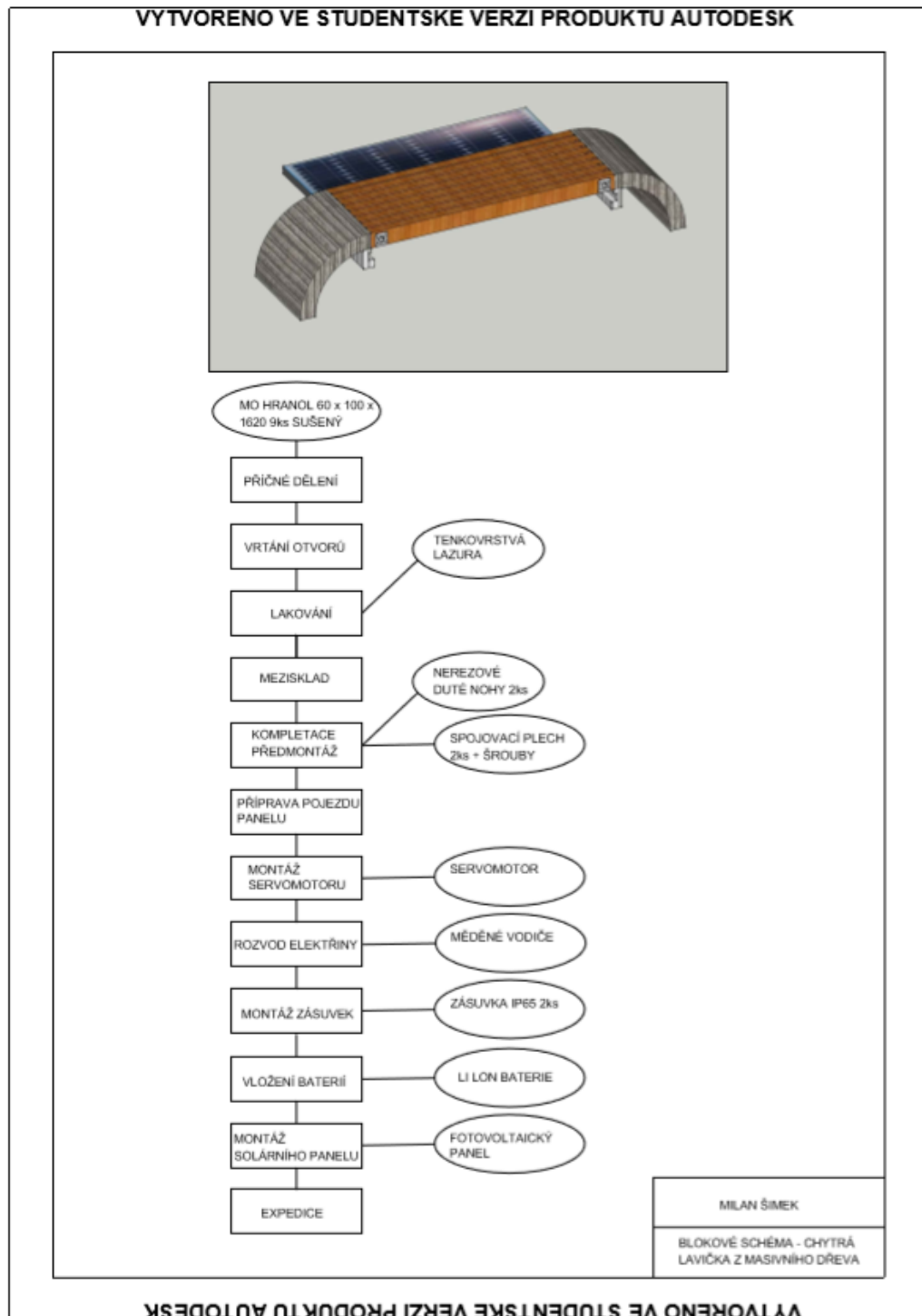
Na výkresu jsou zakótovány veškeré výrobní rozměry a také jsou u výkresu vyrenderované pohledy na chytrou lavičku, které usnadní orientaci a přiblíží finanční pohled na celý výrobek. Výkres je součástí výkresové dokumentace a byl vytvořen v programu AutoCad 2019 a renderování pohledy v programu SketchUp.



Obrázek 31 Výkres návrhu chytré lavičky z masivního dřeva

3.7.3 Blokové schéma návrhu číslo 2

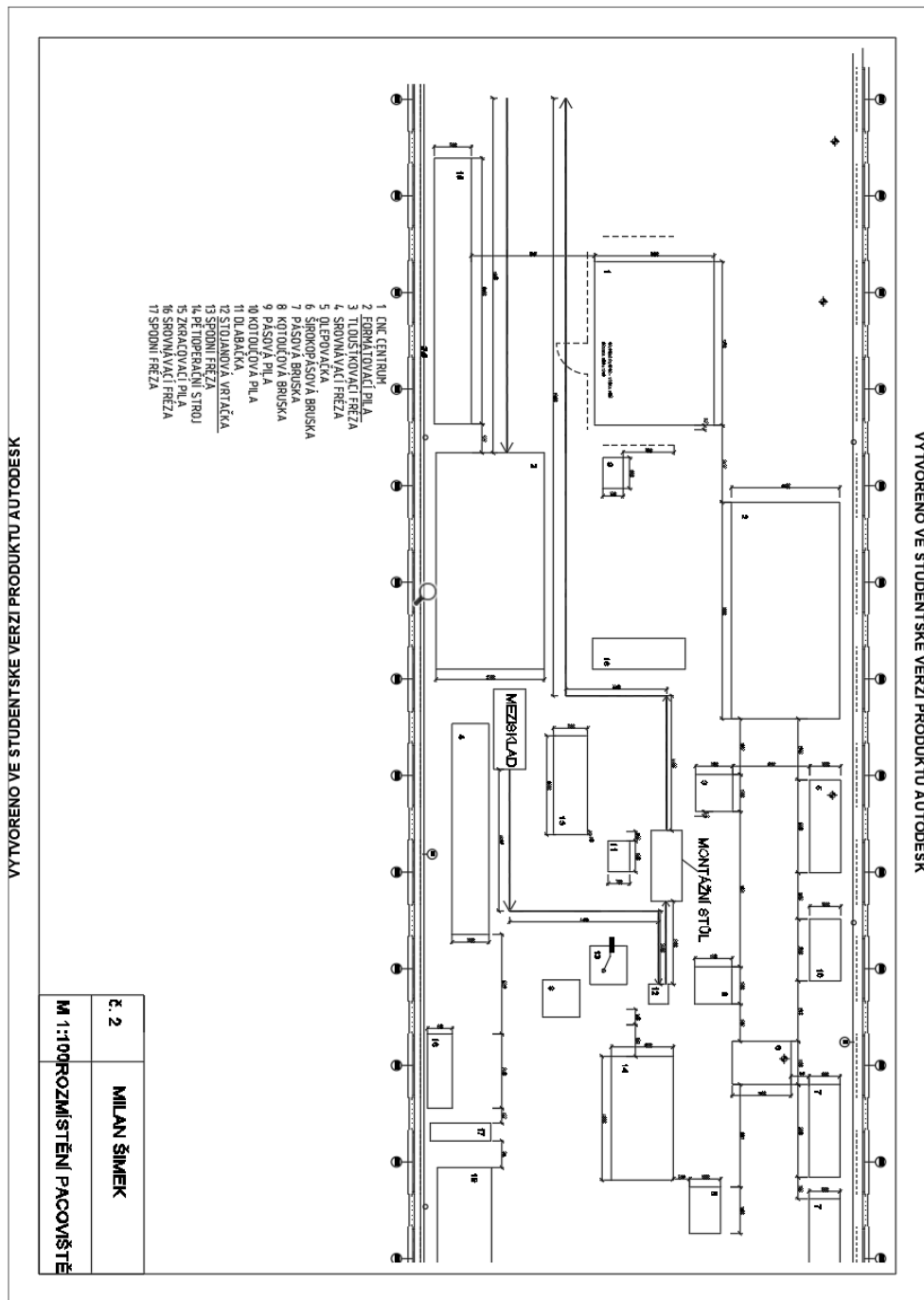
V blokovém schématu jsou uvedeny všechny výrobní i nevýrobní operace na výrobu chytré lavičky (návrh číslo 2). Jsou zde uvedeny operace i s jejich logickou návazností na další operace, také jsou uvedeny materiální vstupy pro jednotlivé operace i s jejich co nejefektivnější návazností. Blokové schéma bylo vytvořeno v programu AutoCad 2019.



Obrázek 32 Blokové schéma výroby chytré lavičky z masivního dřeva

3.7.4 Výkres rozmístění pracoviště s jednotlivými použitými stroji na výrobu návrhu č. 2

Na výkresu je vidět výrobní cesta od základního formátování na formátovací pile, za kterou je mezisklad zkrácených dílců s přesnými rozměry, poté se dílce uloží na paletu a převezou ke stojanové vrtačce. Na stojanové vrtačce se vyvrtají otvory a předvrtají se vruty. Důležité je dílce nalakovat, jelikož se jedná o masivní modřínové hranoly, pro tuto operaci byla zvolena tenkovrstvá lazura. Po uschnutí lazury se dílce přemístí na montážní stůl, kde se všechny dílce spojí v konečný výrobek.



Obrázek 33 Výkres rozmístění strojů pro návrh číslo 2

3.7.5 Normy spotřeby času na návrh č.2

Zjištěné časy jsou vypočítány s co největší přesností a s ohledem na dispozice strojního zařízení ve školní truhlářské dílně. Jsou zde uvedeny veškeré časy potřebné pro výrobu dílců a také pro sestavení dílců v konečný výrobek. Jednotlivé časy operací se skládají jak z času produktivního, tak i z času neproduktivního, který se taktéž započítává do celkového času potřebného pro výrobu.

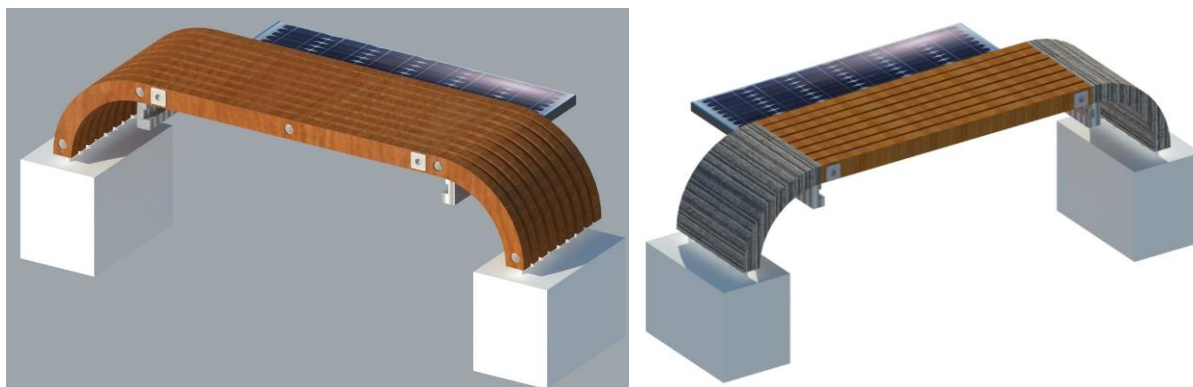
Tabulka 6 Normy spotřeby času na lavičku z masivního modřínového dřeva

Spotřeba času na jednotlivé operace				Práce dělení		Vrtání		Lakování		Měření		Přemontáž		Připrava pojedlů panelu		Rozvod elektriny		Montáž panelu		Vložení baterií		Balení		
Součástky/dílec	Tloušťka (mm)	Šířka (mm)	Délka (mm)	Počet kusů	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)	Produktivní (s)	Neproduktivní (s)		
Masivní hranol (modřín)	60	100	1620	9	600	270	360	180	600	120														
Důlňový profil (modřín)	20		710	5							600	300												
Měřiče + podložky	20		20	10							420	120												
Připrava pojedlů													600											
Rozvod vodičů														120										
Zásuvka														600										
Skladní panel														300										
Baterie														60										
Spojovací přechod																								
Balící fólie																								
Celkový produktivní čas (s)					600		360		600		90		1020		600		900		600		300		600	
Celkový neproduktivní čas (s)						270		180		120			420		120		120		180		120		120	
Celkový produktivní čas (s)					5580s (1,6 h)																			
Celkový neproduktivní čas (s)						1740s (0,5 h)																		

4 Výsledky a vyhodnocení praktické části

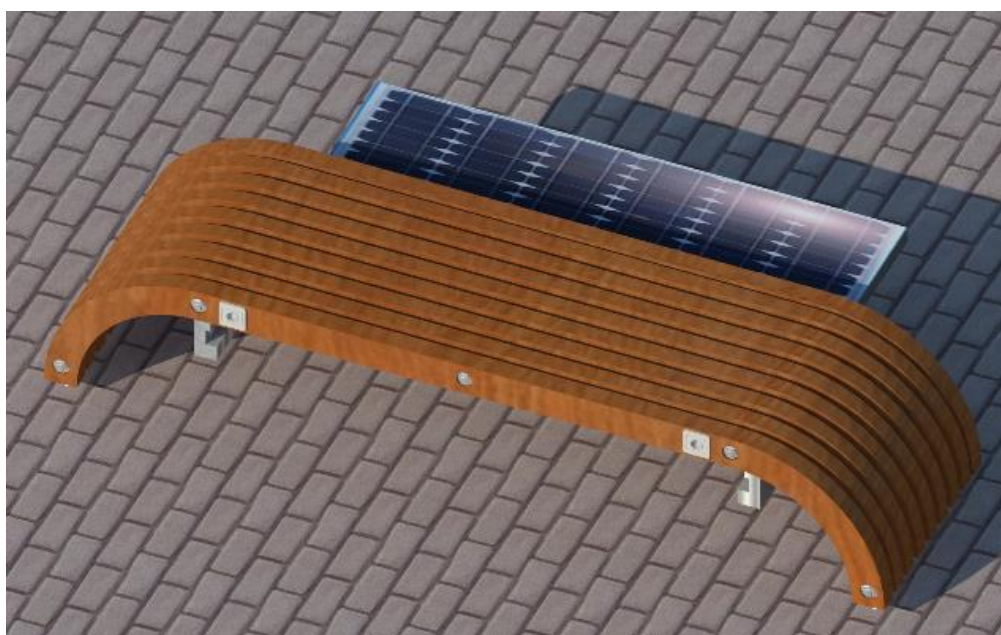
Vyhodnocení se provádělo pomocí ekonomického, konstrukčního a slovního porovnání obou návrhů. Na konci této kapitoly jsou oba návrhy porovnány číselně pomocí vícekritériální analýzy.

4.1 Porovnání návrhů chytré lavičky



Obrázek 34 Vyrenderovaný pohled na oba návrhy

Návrh číslo 1 (z WPC dílců)



Obrázek 35 Renderovaný pohled na chytrou lavičku z WPC dílců (návrh číslo1)

Tento návrh je z hlediska konstrukce jednodušší, protože jeho hlavními komponenty jsou dílce z WPC (dřevoplastu), které jsou vyráběny na míru a tím odpadá spousta operací kdy by se upravoval tvar a velikost těchto dílců. Jednoduchou konstrukci podtrhuje spojení dílců závitovými tyčemi. Mezi dílci jsou rozpěrky, které udrží mezi jednotlivými dílci vždy stejnou vzdálenost.

Nevýhodou této konstrukce je uložení baterií, které se musely vložit do dutiny v betonovém základu což znesnadňuje případnou opravu nebo výměnu baterií. Dutina je pro tyto případy otevíratelná.

Návrh číslo 2 (z masivního dřeva)



Obrázek 36 Renderovaný pohled na chytrou lavičku z masivního modřínové dřeva (návrh číslo2)

Tento návrh je oproti návrhu číslo 1 složitější z důvodu přítomnosti masivního dřeva, které komplikuje a prodlužuje jak montáž, tak i předmontáž celé sestavy. Přibývají operace jako lakování a následné broušení povrchu. Dále je zde komplikovanější spojení nerezových nohou a masivních modřínových hranolů, které jsou spolu spojeny přes spojovací plech.

Výhodou je uložení baterií, které jsou vloženy přímo do dutin nohou a dají se jednodušeji opravit, popřípadě vyměnit a také se velmi usnadní předmontáž v dílně, protože se dá na místo určení převést už smontovaná sestava a pouze se ukotví do základových betonových patek. Další výhodou je rozvedení kabelů kvůli bližšímu uložení baterií, které usnadní montáž na pracovišti a nevyžaduje použití tak dlouhých vodičů, oproti návrhu číslo 1.

4.1.1 Finanční náročnost návrhů

Návrh číslo 1

Materiální finanční náročnost je pro tento návrh vyčíslena na 27677 Kč.

Časová náročnost pro tento návrh je 1,7 h (započten je produktivní, ale také neproduktivní čas).

Při odhadu lidské práce, kdy bylo počítáno s 200Kč/h. Vychází 340Kč, ale je to pouze práce v dílně, kdy jsou už přítomné veškeré dílce a už se pracuje pouze na jejich přetvoření a smontování. Proto je důležité si uvědomit, že k výrobnímu času se musí přičíst i čas režijní.

Jako režijní čas se bere v úvahu čas na objednání a čas při sjednávání optimální ceny. Do ceny se také musí započítat 1200 Kč za výrobu betonového základu. Čas na objednání je odhadnut na další 4h (600Kč), z důvodu složitější komunikace s výrobcem WPC dílců. Tyto dílce musí být vyrobeny na zakázku, kvůli atypickému rozměru, a to komplikuje zadávání objednávky a prodlužuje čas doručení.

Celkový náklad na výrobu návrhu číslo 1: 30117 Kč.

Návrh číslo 2 z masivního dřeva

Materiální finanční náročnost je pro tento návrh 27915 Kč.

Pracovní náročnost pro tento návrh je 2,2 h (započten je produktivní, ale také neproduktivní čas).

Při odhadu lidské práce, kdy se počítá s 200Kč/h. Vychází 440Kč, ale je to pouze práce v dílně, kdy jsou už přítomné veškeré dílce a už se pracuje pouze na jejich přetvoření a smontování. Proto je důležité si uvědomit, že k výrobnímu času se musí přičíst i čas režijní.

Jako režijní čas se bere v úvahu čas na objednání a čas při sjednávání optimální ceny dodaných. Do ceny se také musí započítat 1000 Kč za výrobu betonového základu. Tento čas je odhadnut na další 3h (600Kč).

Celkový náklad na výrobu návrhu číslo 2: 29955 Kč.

Oba návrhy mají skoro stejnou cenu, rozdílné jsou ovšem v časech výroby, které se porovnávají v dalších kapitolách.

4.1.2 Ekonomické zhodnocení pro 100 kusů výroby návrh číslo 1

Při počítání spotřeby materiálu na 100 kusů výroby se brala v úvahu průměrná množstevní sleva, kterou dávají výrobci na své produkty. U základních levnějších materiálů jako jsou WPC dílce nebo spojovací materiály činila sleva 10 %, a u dražších součástek jako je solární panel, nebo baterie byla množstevní sleva vyčíslena na 5 %.

Další zlevnění nákladů se dosahuje levnější dopravou a časově méně náročnou přípravou objednávek, čímž se docílí menších režijních nákladů na jeden výrobek.

Tabulka 7 Kusovník a rozpočet pro 100 kusů výroby návrhu číslo 1

KUSOVNÍK												
NÁZEV VÝROBKU: Chytrá lavička z WPC (dřevoplastu)												
P. č.	Název dílce	Materiál	Ks	Tloušťka	Šířka	Délka	Objem	Cena	Cena celkem	Cena na 100ks bez slevy Kč	Cena s množstevní slevou 8% Kč	
				(mm)	(mm)	(mm)	(m ³)	Kč	Kč			
1.	WPC dílec	WPC	9	60	100	2560	0,13824	250	2250	225000	202500	
2.	Závitová tyč	Nerez	5	20		710		92Kč/1m	330	33000	29700	
3.	Spojovací plech	Nerez	2	2	600	300	0,00072	100	200	20000	18000	
4.	Matice + podložka	Ocel	10	20				15	150	15000	13500	
5.	Rozpěrky	Ocel	40	5	22	30	0,00132	141Kč/1 m	282	28200	25380	
6.	Zásuvka ip44	Plast	2	30	80	80		200	400	40000	36000	
7.	Posuv panel + servomotor	Ocel	1	80	80	992		8499	8499	849900	764910	
8.	Solární panel 130W		1	40	992	1640		6534	4198	419800	377820	
9.	Wifi router		1	54	140	140		1577	1577	157700	141930	
10.	Regulátor		1	150	200	80			3157	315700	284130	
11.	Baterie 60Ah		2	100	200	300		2609	5218	521800	469620	
	Kabely k bateriím		1			3000		1416	1416	141600	127440	
	CENA CELKEM								27677	2767700	2490930	

4.1.3 Ekonomické zhodnocení na 100 kusů výroby na návrh číslo 2

Při počítání spotřeby materiálu na 100 kusů výroby se brala v úvahu průměrná množstevní sleva, kterou dávají výrobci na své produkty. U základních levnějších materiálů jako jsou modřínové hranoly nebo spojovací materiály činila sleva 10%, a u dražších součástí jako je solární panel, nebo baterie byla množstevní sleva vyčíslena na 5%. Také by se dalo ušetřit na výrobě svých masivních hranolů, protože školní dílna disponuje skladem řeziva, kde by se daly hranoly vyrábět na sklad.

Další zlevnění nákladů se dosahuje levnější dopravou a časově méně náročnou přípravou objednávek, čímž se docílí menších režijních nákladů na jeden výrobek (Ranis, 1964).

Tabulka 8 Kusovník a rozpočet pro 100 kusů výroby návrhu číslo 2

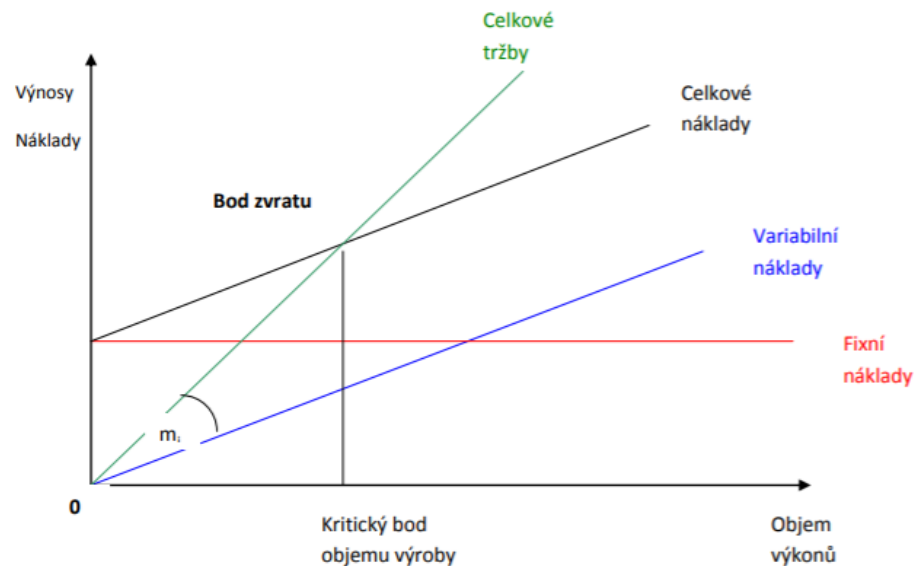
KUSOVNÍK											
NÁZEV VÝROBKU: Chytrá lavička z masivního dřeva											
P. č.	Název dílce	Materiál	Ks	Tloušťka	Šířka	Délka	Objem	Cena	Cena celkem	Cena na 100ks bez slevy Kč	Cena s množstevní slevou 8% Kč
				(mm)	(mm)	(mm)	(m ³)	Kč	Kč		
1.	Masivní hranol	Modřín	9	60	100	1620	0,08748	250	2250	225000	202500
2.	Dutý profil nohou	Nerez	2	100	600	470	0,0564	500	1000	100000	90000
3.	Spojovací plech	Nerez	2	2	600	300	0,00072	100	200	20000	18000
5.	Zásuvka ip44	Plast	2	30	80	80		200	400	40000	36000
6.	Posuv panel + servomotor	Ocel	1	80	80	992		8499	8499	849900	764910
7.	Solární panel 130W		1	40	992	1640		6534	4198	419800	377820
8.	Regulátor		1	100	200	100		3157	3157	315700	284130
9.	Wifi router		1	54	140	140		1577	1577	157700	141930
10.	Baterie 60Ah		2	100	200	300		2609	5218	521800	469620
11.	Kabely k bateriím		1			3000		1416	1416	141600	127440
	CENA CELKEM								27915	2791500	2512350

4.2 Bod zvratu

Bod zvratu patří mezi důležité ekonomické ukazatele. Jeho výpočet je jedním ze základních aspektů controllingu uvnitř podniku. Jedná se o klíčový ukazatel pro řízení a plánování výroby.

Při analýze bodu zvratu se vychází z rozdělení celkových nákladů na náklady fixní a variabilní.

Bod zvratu lze definovat jako minimální objem výroby, který při prodeji pokryje tržbami celkové náklady (variabilní a fixní). Jde o stav, kdy podnik již nevykazuje ztráty, ale ještě nevzniká žádný zisk. Nulový zisk (také nulová ztráta) vzniká za předpokladu, že se tržby rovnají nákladům (Ranis, 1964).



Pozn.: m_j = jednotková marže ($p - v_j$), při růstu objemu produkce se zvětšuje. Při dosažení bodu zvratu se marže za podnik rovná celkovým vynaloženým fixním nákladům.

TR = celkové tržby (total revenue)
TC = celkové náklady (total cost)

VC = celkové variabilní náklady (variable cost)
 v_j = variabilní náklady na jednotku

Cena se stanovuje: $(\text{fixní náklady}) / (\text{cena výrobku} - \text{variabilní náklady})$.

Bod zvratu pro návrh číslo 1

Bod zvratu slouží k porovnání celkových nákladů s tržbami získanými za prodej výrobků. Aby se dal bod zvratu počítat je nutné k ceně výrobku přičíst marži. V tomto případě je počítáno s marží 20 %, která je v dřevozpracujícím průmyslu obvyklá.

Tabulka 9 Ukazatele bodu zvrhu návrhu číslo 1

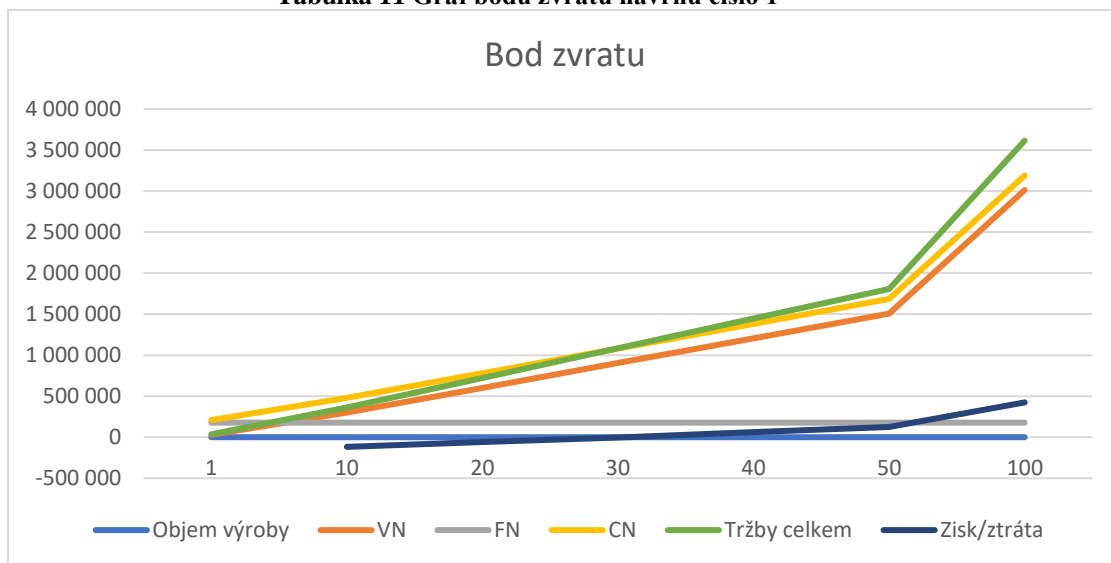
řádek č.	ukazatel	objem výroby (resp. tržeb), tis. CZK						
		1	10	20	30	40	50	100
1	Objem výroby							
2	VN	30 117	301 170	602340	903510	1204680	1 505 850	3 011 700
3	FN	178 000	178 000	178 000	178 000	178 000	178 000	178 000
4	CN	208 117	479 170	780340	1081510	1382680	1 683 850	3 189 700
5	Cena výrobku/objem výroby		47 917,00	39017	36050,33333	34567	33 677,00	31 897,00
6	Tržby celkem	36140	361400	722800	1084200	1445600	1807000	3614000
7	Zisk/ztráta		-117 770	-57540	-2690	62920	123 150	424 300

Tabulka 10 Cena výrobku a náklady na návrh číslo 1

Cena výrobku s 20% marží	36140
Fixní náklady (Kč)	178000
Variabilní náklady (Kč)	30117
Bod zvrhu (ks)	29,6

Výpočtem bodu zvrhu se zjistilo, že výroba přestává být ztrátová u 30. výrobku. Od tohoto kusu můžeme mluvit o ziskovosti provozu. Taktéž z Tabulky 9 vyplývá, že s rostoucím počtem výrobků klesá cena jednoho výrobku.

Tabulka 11 Graf bodu zvrhu návrhu číslo 1



Bod zvrhu pro návrh číslo 2

Tabulka 12 Ukazatele bodu zvrhu návrhu číslo 2

Propočty | Bod zvrhu na návrh číslo 2

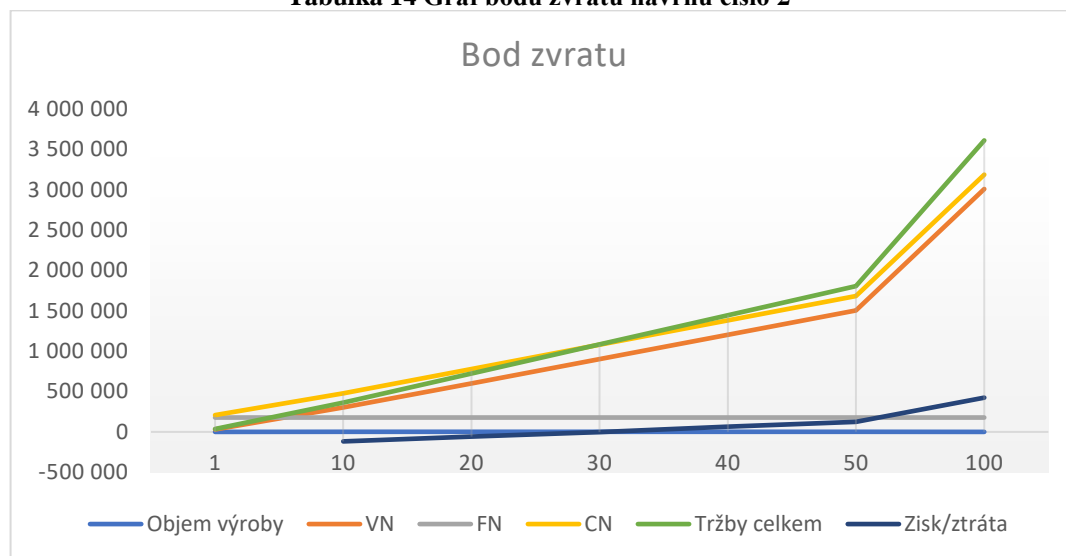
řádek č.	ukazatel	objem výroby (resp. tržeb), tis. CZK						
		1	10	20	30	40	50	100
1	Objem výroby							
2	VN	29 955	301 170	599100	898650	1198200	1 505 850	3 011 700
3	FN	178 000	178 000	178 000	178 000	178 000	178 000	178 000
4	CN	207 955	479 170	777100	1076650	1376200	1 683 850	3 189 700
5	Cena výrobku/objem výroby		47 917,00	38855	35888,33333	34405	33 677,00	31 897,00
6	Tržby celkem	35946	359460	718920	1078380	1437840	1797300	3594600
7	Zisk/ztráta		-119 710	-58180	-1730	61640	113 450	404 900

Tabulka 13 Cena výrobku a náklady na návrh číslo 2

Cena výrobku s 20% marží	35946
Fixní náklady (Kč)	178000
Variabilní náklady (Kč)	29955
Bod zvratu (ks)	29,7

Výpočtem bodu zvratu se zjistilo, že výroba přestává být ztrátová u 30. výrobku. Což je stejná hodnota jako u návrhu číslo 1. Tato skutečnost je důsledkem skoro stejné ceny. Taktéž z Tabulky 12 vyplývá, že s rostoucím počtem výrobků klesá cena jednoho výrobku.

Tabulka 14 Graf bodu zvratu návrhu číslo 2



4.3 Metoda váženého součtu

Vyhodnocení bylo provedeno pomocí vícekritériální analýzy variant. V následujících kapitolách budou popsány srovnávací kritéria a výpočet kompromisní varianty.

Kritéria

Pro zvolení kompromisní varianty byla použita metoda váženého součtu.

Čas

Kritérium čas bylo tvořeno třemi hodnotami viz tab. 15 Výrobní čas. První hodnota byla příprava výroby před samotnou výrobou. Příprava výroby chytré lavičky z masivního dřeva byla mnohem náročnější z důvodu pracnějšího opracování masivních dílců. Druhou hodnotou je byl čas strávený při výrobě. V tomto případě opět byla opět náročnější výroba chytré lavičky z masivního dřeva, kdy do výroby přibyla i úprava povrchu. Třetí hodnotou je montáž celé

sestavy, kdy je opět časově náročnější montáž chytré lavičky z masivního dřeva. Tento fakt je dán větším počtem spojovaných dílců a jejich časově náročnější smontování.

Tabulka 15 Výrobní čas

Výroba chytré lavičky z WPC	Příprava výroby	Výroba	Montáž
Počet hodin	2	2	1

Výroba chytré lavičky z masivního dřeva	Příprava výroby	Výroba	Montáž
Počet hodin	3	3	2

Variabilní náklady

Jedná se o náklady související přímo s procesem výroby a montáží dílců. Každý vyrobený kus tyto náklady bude obsahovat (s růstem objemu výroby, variabilní náklady rostou). Výpočet tohoto kritéria byl tvořen součtem hodinových sazeb zaměstnanců vynásobený počtem hodin. V tomto kritériu není zohledněna cena práce při tvorbě 3D modelu chytré lavičky.

Tabulka 16 Hodinová sazba

	Projektant	Zaměstnanec	Montážní dělník
Hodinová sazba Kč/h	250	200	200

Tabulka 17 Variabilní náklady na oba návrhy

Výroba chytré lavičky z WPC	Příprava výroby	Výroba	Montáž	Celkem
Počet hodin (h)	2	2	1	5
Cena (Kč)	500	400	200	1100

Výroba chytré lavičky z masivního dřeva	Příprava výroby	Výroba	Montáž	Celkem
Počet hodin (h)	3	3	2	8
Cena (Kč)	750	600	400	1750

Fixní náklady

Náklady, které s dalším objemem výroby se nemění a v tomto konkrétním případě jsou spojené přímo s danými přístupy ke zvolenému typu chytré lavičky. Tyto náklady vznikly v souvislosti s použitým strojním zařízením, zde se jedná o formátovací pilu, stojanovou vrtačku, montážní stůl a ostatní použité nářadí, kterými je vybavena truhlářská dílna Dřevařského pavilonu na ČZU v Praze. Dále jsou fixní náklady spojeny s použitým softwarem SketchUp, AutoCad a Microsoft Excel, v těchto programech byla vytvořena kompletní výrobní dokumentace a nejsou započteny do ceny výrobku. V rámci studia na Lesnické a dřevařské fakultě jsou tyto programy pro studenty zadarmo. Totéž platí u použití prostor školní truhlářské dílny.

Přesto jsou mezi fixní náklady započteny ceny strojů. Formátovací pila 159 000Kč a stojanová vrtačka 19 000 Kč.

Technická náročnost

V rámci kritéria technické náročnosti jsou popsány nároky na dovednosti a schopnosti projektanta a také zaměstnanců. Čím větší je technická náročnost na provedení, tím větší musí být kvalifikovanost projektanta a zaměstnanců. V tomto ohledu nejde vyjádřit kritérium číselnou hodnotou, ale pouze slovním ohodnocením. Z tohoto kritéria vyplývá, že náročnost na projektanta je mnohem vyšší výroby chytré lavičky z masivního dřeva než u výroby chytré lavičky z WPC. Na základě těchto vybraných faktů byla zvolena minimální povaha tohoto kritéria.

Použité programy

Tímto kritériem byly porovnány oba návrhy chytré lavičky z hlediska použitých programů. U obou chytrých laviček byly použity stejné tři programy (AutoCad 2019, SketchUp a Microsoft Excel) na tvorbu výrobní dokumentace. Toto kritérium souvisí s kritériem technická náročnost a v závislosti na vyšší specializaci projektanta a byla zde přiřazena minimální povaha. Ve finálním rozdělení vah mu přidělena nejnižší váha.

Závislost na pracovním prostředí

Kritérium závislosti na pracovním prostředí popisuje potřebu strojního zařízení, které je nezbytné při výrobě. Zároveň je nutné podotknout, že bez kompletní palety strojního zařízení není možné celou výrobu uskutečnit na jednom místě, ale musely by se podsestavy složitě převážet po jiných pracovištích což by negativně ovlivnilo cenu na jednotku výroby. Na základě těchto faktů je chytrá lavička z WPC méně závislá na pracovním prostředí, protože při výrobě této chytré lavičky není potřeba tolik strojů a není tak náročná na místo při předmontáži na pracovišti.

Vyhodnocení praktické části diplomové práce bylo provedeno pomocí metody váženého součtu. Nejprve byly zapsány oba analyzované výrobní toky výroby chytré lavičky. Každému z kritérií bylo přiřazeno jeho odpovídající bodové ohodnocení a povaha. Na závěr tohoto procesu byl přiřazen jednotlivým kritériím vektor vah, stanovený pomocí bodovací metody. Výsledný užitek je dán součtem roznásobených bodových ohodnocení s vektorem vah. Z důvodu hodnocení pomocí bodovací metody, nejlepší umístění bylo vždy vyšší bodové ohodnocení. Kompromisní variantou byla zvolena varianta s vyšší hodnotou užitku.

Tabulka 18 Výpočet vektoru vah

Kritéria	b_j	v_j
Čas	10	0,278
Variabilní náklady	6	0,167
Fixní náklady	3	0,083
Technická náročnost	7	0,194
Použité programy	2	0,056
Závislost na pracovním prostředí	8	0,222
Celkem	36	1

Tabulka 19 Metoda váženého součtu

	Čas (h)	Variabilní náklady (Kč)	Fixní náklady (Kč)	Technická náročnost	Použité programy	Závislost na pracovním prostředí
Chytrá lavička z WPC	5	1100	178000	Vysoká	2	Střední
Chytrá lavička z masivního dřeva	8	1750	178000	Vysoká	3	Vysoká
Povaha	min	min	min	min	min	min
Váhy	0,278	0,167	0,083	0,194	0,056	0,222

Tabulka 20 Rozdělení bodů před roznásobením vektorem vah

	Čas	Variabilní náklady	Fixní náklady	Technická náročnost	Použité programy	Závislost na pracovním prostředí
Chytrá lavička z WPC	10	6	3	8	2	8
Chytrá lavička z masivního dřeva	8	5	3	6	3	6
Váhy	0,278	0,167	0,083	0,194	0,056	0,222

Tabulka 21 Výsledky metody váženého součtu

	Čas	Variabilní náklady	Fixní náklady	Technická náročnost	Použité programy	Závislost na pracovním prostředí	Užitek
Chytrá lavička z WPC	2,78	1,002	0,249	1,552	0,112	1,776	7,471
Chytrá lavička z masivního dřeva	2,224	0,835	0,249	1,164	0,168	1,332	5,972

Z tab. 21 Výsledky metody váženého součtu vyplývá, že pro variantu výroby chytré lavičky z WPC byla vypočtena hodnota užitku 7,471 a pro variantu výroby chytré lavičky z masivního dřeva byla hodnota užitku 5,972. Protože hodnota 7,471 je vyšší než hodnota 5,972 kompromisní hodnota byla určena výroba chytré lavičky z WPC. Hlavním důvodem zvolení tohoto návrhu představovala menší časová náročnost spojené s nižší pracností. Na základě tohoto tvrzení je možné vyslovit závěr, že výroba chytré lavičky z WPC je levnější a jednodušší na výrobu. Zároveň výroba tohoto návrhu nevyžaduje takové nároky na strojní vybavení pracoviště a na samotné zaměstnance. Pro realizaci výroby je nutné vlastnit formátovací pilu, stojanovou vrtačku, základní truhlářské nářadí a mít minimálně jednoho zaměstnance a popřípadě projektanta.

5 Závěr

Cílem práce bylo navrhnout výrobu chytré lavičky ve dvou návrzích a následné vyhodnocení obou variant. Jediným úskalím bylo oba dva návrhy objektivně ohodnotit pomocí vícekritériální analýzy variant. Z výsledného porovnání variant vyšla lépe chytrá lavička z WPC dílců. Z porovnání zvolených kritérií vyplynulo, že výroba lavičky z těchto dílců je jednodušší a také díky její konstrukci je snadnější i její samotná montáž. Výrobní systém byl vybrán s ohledem na kapacitu a strojní vybavení školní truhlářské dílny Dřevařského pavilonu ČZU v Praze.

Požadavkem zadavatele bylo dodržení výrobní technologie s ohledem na nové trendy ve výrobě chytrých laviček. Oba návrhy spojuje podobný tvar konstrukce, kterou mají stejnou v principu vysouvání solárního panelu. Ten se vysouvá a zasouvá s ohledem na povětrnostní vlivy a rovněž se zasouvá kvůli ochraně před případným poničením drahého panelu.

Výběr strojního zařízení byl proveden na základě poskytnutých informací od výrobců tohoto zařízení. Do rozhodovacího procesu byly zařazeny pouze stroje potřebné k výrobě a nebyly zde uvedeny stroje podpůrné jako je základní nářadí, kterým školní truhlářská dílna disponuje. Nepodařilo se splnit automatizaci výrobního procesu, protože nasazení robotických paží ve srovnání s prací zaměstnanců by bylo příliš nákladné a celková výroba by se nevyplatila a došlo by ke snížení celkové produktivity.

V otázce materiálního toku je materiální tok nakreslen ve výrobní dokumentaci a jeho spotřeba je uvedena pro každý z návrhů samostatně. Kdy zase lépe vychází chytrá lavička z WPC dílců, protože obsahuje méně komponentů a tím je její výroba kratší a snadnější.

6 Bibliografie

1. ALAWADHI, S., ALDAMA-NALDA, A., CHOURABI, H. *Building understanding of Smart City initiatives*. Cham: Springer Nature, 2012. ISSN 2196-8713.
2. ALEXA, B. *Projektování výrobních systémů*. Brno, Ediční středisko Vysokého učení technického, 1982.
3. BAKO, B., BOŽEK, P. *Trends in Simulation and Planning of Manufacturing Companies*. Vol. 149, Slovensko: Procedia Engineering, 2016, s. 571-575. ISSN 1877-7058
4. BÁRTOVÁ, S. *Koncept SMART cities v České republice: východiska, dosavadní zkušenosti a aplikace*. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Ekonomická fakulta, 2018.
5. BOŘECKÝ, J. *Návrh uspořádání technologických pracovišť v malém strojírenském podniku*. Brno: Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství, 2012.
7. BURKE, J., BOTHE, T., OSTEN, W., HESS, C. *Reverse engineering by fringe projection*. Vol. 4778, United States: Proceedings, 2002.
8. BUREŠ, M., ŠRAJER V., GÖRNER T. *Projektování výrobních systémů a DP: kurzy*. Plzeň: SmartMotion, 2012. ISBN 978-80-87539-10-1.
9. FIALOVÁ, H. *Design interiérového nábytku*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. Fakulta multimediálních komunikací, 2015.
10. FRONĚK, M. *Sestavení kalkulátoru na výpočet časové náročnosti operací*. Plzeň, 2017.
11. GAFF, M., HAJABAČ, J., *Základy projektování výroby nábytku*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2015. ISBN 978-80-213-2577-7.
12. HÁJEK, K. *Chytrá lavička*. Praha: České vysoké učení technické, 2018.
13. HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty I*. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.
14. HORVÁTH, M. *Racionalizácia výroby plastových dielov - optimalizácia priestorového rozmiestnenia výroby*. Bratislava: Slovenská technická univerzita v Bratislavě. Diplomová práce. 2010.
15. HRBÁČKOVÁ, L. *Metody vícekritériálního hodnocení v řízení lidských zdrojů*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 2011.
16. KADLČÍK, D. *Koncepce Smart City vybraných měst v ČR*. Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2018.
17. KIKOLSKI, M. *Study of Production Scenarios with the Use of Simulation Models*. Vol. 182, Polsko: Procedia Engineering, 2017.

18. *Koncept Smart Grids & Metering, Smart City, NAPSG ČR - realizační proces a perspektivy: 26. září 2018: E 2018, 6.* Praha: EGÚ Praha Engineering, 2018. ISBN 978-80-87774-63-2.
19. KLIMENT, M., TREBUŇA, P. *Prínosy softvérového portfólia tecnomatix, jeho moduly a súčasti využívané pri modelovaní a simulovaní podnikových procesov a ich optimalizácia.* Košice: Ústav technológií a managementu Strojnickej fakulty univerzity v Košiciach, 2016.
20. KOŠTURIAK, J., GREGOR, M., MATUZSEK, J., MIČIETA, B. *Projektovanie výrobných systémov pre 21. storočie.* Slovensko: Žilinská univerzita, 2000.
21. KOVÁČ, M. *Inovačné projektovanie výrobných procesov a systémov.* Košice: Technická univerzita v Košiciach, Univerzita knižnica, 2011.
22. KRATOCHVÍLOVÁ, V. *Návrh nového usporiadání výrobních prostor.* Plzeň, 2017.
23. KÜHN, W. *Digital Factory - Simulation Enhancing the Product and Production Engineering Process.* United States: Proceedings of the 2006 Winter Simulation Conference, 2006.
24. KUTIŠ, V. *Základy modelovania a simulácie.* Slovensko: STU, 2010.
25. MATÚŠOVÁ, M. *Aplikácia simulačných metód pri projektovaní výrobného systému.* Slovensko: STU, 2015. ISBN 978-80-227-4487-4.
26. MILO, P. *Technologické projektovanie v praxi.* Bratislava: Alfa, 1983.
27. MORENO-GARCIA, I., MORENO-MUNOZ, A., PALLARES-LOPEZ, V., GONZALEZ-REDONDO, M., PALACIOS-GARCIA, E. J., MORENO-MORENO, C. D. *Development and application of a smart grid test bench.* Journal of cleaner production. Vol. 162, Španielsko: Edificio Leonardo Da Vinci, 2017, s. 45-60.
28. PECHAR, V. *Projektování výroby nábytku.* Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. Fakulta Lesnická a dřevařská, 2017.
29. FEI, J. C. H., RANIS, G. *Development of the labor surplus economy: theory and policy.* Homewood, Ill.: R. D. Irwin, 1964, s. 237-243.
30. SMITH, N. J. *Engineering project management.* Velká Británie: Blackwell Science, 2002. ISBN-0-632-05737-8.
31. ŠUBRT, T. a kol. *Ekonomicko - matematické metody.* Plzeň: Vykladatelství a nakladatelství Aleš Čeněk, 2015. ISBN 978-80-7380-563-0.
32. TOLNAY, M., SMRČEK, J., BACHRATÝ, M. *Prevádzka výrobných systémov.* Bratislava: STU, 2012.
33. VIGNER, M., ZELENKA, A., KRÁL, M. *Metodika projektování výrobních systémů.* Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1984.

34. VRANA, I. *Projecting of information systems with UML*. Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze. Provozně ekonomická fakulta, 2009. ISBN 978-80-213-1979-0.
35. WASHNURN, D., SINDHU, U. *Helping CIOs Understand „Smart City“ Initiatives*. Cambridge, 2010.

Internetové zdroje

1. *MPPT profi regulátor nabíjení WRM-20* [Online]. Home SOLAR [cit. 12 Březen 2019]. Dostupné z: <https://www.homesolar.cz/6/613/mppt-profi-regulator-nabijeni-wrm-20.html>
2. BÁRTA, D. *Chytrá zastávka* [Online]. City: One, 2017 [cit. 11 Únor 2019]. Dostupné z: <https://www.cityone.cz/chytra-zastavka/t6349.html>
3. *FV panel GCL 300Wp* [Online]. SVP Solar [cit. 10 Duben 2019]. Dostupné z: <https://www.solar-eshop.cz/p/fv-panel-gcl-300wp/>
4. PILNÁ , E. *Smart Cities jako významný koncept pro udržitelný rozvoj měst* [Online]. Urbact: Driving change for better cities, 2016 [cit. 10 Leden 2019]. Dostupné z: <https://urbact.eu/smart-cities-jako-vyznamny-koncept-pro-udrizitelny-rozvoj-mest>
5. *Pražský operátor ICT má „chytré“ projekty za 150 milionů. Šly na lavičky a koše.* [online]. EURO: Praha [cit. 10 Duben 2019]. Dostupné z: <https://www.euro.cz/praha/prazsky-operator-ict-ma-chytre-projekty-za-150-milionu-sly-na-lavicky-a-kose-1370733>
6. *Projektový management* [online]. Komora projektových manažerů [cit. 21. Leden 2019]. Dostupné z: <https://www.komorapm.cz/projektovy-management/>
7. *Vrut do dřeva 5x50 mm FISCHER FSP-SZ polozávit ZPP pozink, zápuštná hlava.* [online]. KP: Kovopolotovary.cz [cit. 19. Březen 2019]. Dostupné z: <https://www.kovopolotovary.cz/vrut-do-dreva-5x50-mm-fischer-fsp-sz-polozavit-zpp-pozink-zapustna-hlava-d6170.htm>
8. *Bezdrátové sítě* [online]. VanCo E-STORE [cit. 9 Únor 2019]. Dostupné z: https://www.wifi-shop.cz/bezdratove-site-venkovni-ap-routery_c13171515.html