

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Ekonomická efektivnost zavádění
technologií průmyslu 4.0**

(Diplomová práce)

Přerov 2022

Bc. Klára Myslivcová



Vysoká škola
logistiky
o.p.s.

Zadání diplomové práce

studentka **Bc. Klára Myslivcová**
studijní program Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Ekonomická efektivnost zavádění technologií průmyslu 4.0**

Cíl práce:

Popsat vývoj inovačních cyklů v historii, teorii produkční funkce, aktuální technologie průmyslu 4.0 pro zvolenou oblast. Ekonomicky vyhodnotit zavádění inovací průmyslu 4.0 ve vybrané společnosti.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

Úvod

1. Inovační cykly, teorie produkční funkce
2. Průmysl 4.0 - definice, trendy vývoje, charakteristika, příklady
3. Návrh automatizace a robotizace výroby ve vybrané společnosti
4. Ekonomické vyhodnocení

Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

DUCHOŇ, Bedřich. Inženýrská ekonomika. Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-763-0.

GROS, Ivan a kolektiv. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

MACUROVÁ, Pavla, KLABUSAYOVÁ, Naděžda a Leo TVRDOŇ. Logistika. 2. upravené a doplněné vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2018. ISBN 978-80-248-4158-8.

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.

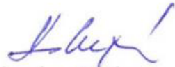
Datum zadání diplomové práce:

31. 10. 2021

Datum odevzdání diplomové práce:

12. 5. 2022

Přerov 31. 10. 2021


Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracovala samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušila autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb.; o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byla také seznámena s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat předtím o této skutečnosti prorektora pro vzdělávání Vysoké školy logistiky o.p.s.

Prohlašuji, že jsem byla poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 12. 05. 2022

.....

podpis

Poděkování

Ráda bych poděkovala doc. Ing. Zdeňku Říhovi, Ph.D. za to, že se ujal vedení mé práce a za jeho čas, pomoc a rady při jejím zpracování. Dále děkuji svému manželovi a rodině za jejich podporu po celou dobu mého studia.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá ekonomickou efektivností zavádění technologií Průmyslu 4.0. Nejprve je v práci obecně pojednáno o cyklech v ekonomice, o inovacích, které přináší, a způsobu jejich hodnocení. Dále je zde představen koncept Průmyslu 4.0. Jde o současný trend rozvoje automatizace výroby a digitalizace, který je v dnešní době často skloňován a zaznamenává velký růst. V další části je představen plán automatizace a robotizace na konkrétním úseku výroby ve vybrané společnosti, který je v závěru doplněn o jeho ekonomické vyhodnocení.

Klíčová slova

Průmysl 4.0, inovace, automatizace, robotizace, průmyslová revoluce, technologie

Annotation

This thesis deals with the economic efficiency of the introduction of Industry 4.0 technologies. First, the work generally discusses the cycles in the economy, the innovations it brings and the way they are evaluated. Furthermore, the concept of Industry 4.0 is presented here. This is the current trend in the development of production automation and digitization, which is often inflected today and is experiencing great growth. The next part presents the plan of automation and robotics in a specific section of production in a selected company, which is finally supplemented by its economic evaluation.

Keywords

Industry 4.0, innovation, automatization, robotization, industrial revolution, technology

Obsah

Úvod.....	10
1 Inovace	12
1.1 Typy inovací	13
1.2 Inovační cykly.....	13
1.2.1 Kondratieffovy inovační cykly	14
1.3 Teorie produkční funkce	15
1.4 Výrobní faktory.....	16
1.4.1 Náklady firmy	17
1.4.2 Zisk	17
1.5 Produkční funkce v krátkém období	18
1.5.1 Náklady v krátkém období.....	20
1.6 Produkční funkce v dlouhém období	21
1.6.1 Izokvanty	21
1.6.2 Mezní míra substituce	22
1.6.3 Náklady v dlouhém období.....	24
1.6.4 Cobb-Douglasova produkční funkce	26
1.7 Shrnutí.....	27
1.8 Metody hodnocení investic	27
1.8.1 Statické metody.....	28
1.8.2 Dynamické metody	28
1.8.3 Postup hodnocení investic	30
1.8.4 Efektivnost a výkonnost podniku	30
1.8.5 Produktivita práce	32
1.9 Logistika výroby	34
1.9.1 Makrologistika	35
1.9.2 Mikrologistika.....	35

1.9.3	Nanologistika	35
2	Průmysl 4.0.....	36
2.1	Charakteristika	37
2.2	Trendy vývoje	37
2.3	Výhody a nevýhody Průmyslu 4.0.....	38
2.4	Průmysl 4.0 v České republice	38
2.5	Dopady Průmyslu 4.0	39
3	Návrh automatizace a robotizace.....	43
3.1	Latécoère.....	43
3.1.1	Povrchové úpravy v Latécoère CZ	45
3.1.2	Lakovací boxy	48
3.1.3	Typy lakovaných dílů	49
3.1.4	Časový snímek pracoviště	50
3.2	Aktuální technologie pro zvolenou oblast	53
3.2.1	Lakovací robot	53
3.2.2	Náklady na údržbu a provoz	55
3.2.3	Zaměstnanecká struktura	55
3.2.4	Člověk vs. Robot – produktivita	56
3.2.5	Průběžná doba výroby na úseku lakovny	58
3.2.6	Vyhodnocení produktivity práce	62
3.2.7	Shrnutí.....	66
4	Ekonomické vyhodnocení	67
4.1	Výpočet ČSH	68
4.2	Diskontovaná doba návratnosti investice	70
4.3	Index ziskovosti	71
4.4	Relativní výnos	72
	Závěr	74

Seznam zdrojů.....	76
Seznam grafických objektů.....	80
Seznam zkratk	82
Seznam příloh	86

Úvod

Tato diplomová práce se zabývá ekonomickou efektivností zavádění technologií Průmyslu 4.0. Jde o současný trend rozvoje automatizace výroby a digitalizace, který je v dnešní době často skloňován a zaznamenává velký růst. Práce se tímto tématem zabývá nejprve obecně a následně ve vybrané společnosti.

Průmysl 4.0 je úzce spjat s pojmem automatizace a robotizace. Díky rozvoji technologií a sjednocování fyzických, informačních a datových komponentů nejen ve výrobním prostředí vznikají tzv. chytré továrny. Koncept Průmyslu 4.0 propojuje chytré stroje, logistické systémy a další technologická zařízení do jednoho celku. Ty spolu vzájemně komunikují během celého hodnototvorného procesu, sdílí data a tím upravují výrobu v reálném čase. Plně automatizovaný systém přináší zásadní zlepšení všech procesů během životního cyklu produktu.

To, proč se firmy uchylují k nahrazování stávajících technologií za inovované nebo k náhradě lidských zdrojů za roboty, může mít hned několik příčin. Může se jednat například o řešení nedostatku lidské pracovní síly, kterou firma tímto způsobem kompenzuje. Dále může jít o náhradu nespolehlivého lidského faktoru. U robota se zaměstnavatel nezabývá předpisy, jako je například omezení délky pracovní doby, a dalšími nařízeními a předpisy, které plynou ze Zákoníku práce nebo z Občanského zákona. Vždy by ale tato změna měla znamenat značné zvýšení produkce při menším zvýšení nákladů na provoz, a tedy celkové zvýšení zisku firmy.

Cílem této práce je popsat vývoj inovačních cyklů v historii, teorii produkční funkce, aktuální technologie Průmyslu 4.0 pro zvolenou oblast a ekonomicky vyhodnotit zavádění inovací Průmyslu 4.0 ve vybrané společnosti. Pro tyto účely je práce rozdělena na čtyři hlavní části.

V první části diplomové práce je nejprve pojednáno o inovačních cyklech v ekonomice a o inovacích, které přináší. Následně je představena teorie produkční funkce v dlouhém a krátkém období. Závěr první části je věnován popisu a charakteristice metod hodnocení investic.

Druhá část práce se zabývá charakteristikou Průmyslu 4.0., jeho definicí a trendem vývoje spolu s příklady.

Ve třetí části práce je představen konkrétní návrh automatizace a robotizace, a to zavedení lakovacího robota do jednoho ze dvou lakovacích boxů na úseku lakovny ve společnosti Latécoère Czech Republic. V této části práce je také tato společnost představena i s historickým kontextem a oblastí její působnosti.

Poslední čtvrtá část práce zahrnuje ekonomické vyhodnocení předešlého návrhu a plánu zavádění inovativních technologií spojených se zaváděním Průmyslu 4.0, a to metodou čisté současné hodnoty doplněnou o další hodnotící kritéria, jako je diskontovaná doba návratnosti investice, její ziskovost a relativní výnos.

1 Inovace

Slovo inovace pochází z latinského slova innovare, které v překladu znamená obnovovat. První, kdo použil slovo inovace jako zdroj ekonomické dynamiky, byl Joseph Alois Schumpeter. Ten měl za to, že inovace a podnikání hrají rozhodující roli pro hospodářský rozvoj a jejich provádění je jedinou funkcí, která je v historii zásadní. [1]

Ve své Teorii ekonomického rozvoje a dalších pracích popsal Schumpeter vývoj jako proces strukturálních změn, který je řízen inovací. Ta je v ekonomické teorii brána jako motor ekonomického růstu, který se odráží v implementaci nových nebo výrazně zlepšených produktů, služeb nebo metod. Schumpeter tvrdil, že každý, kdo hledá zisk, musí inovovat. Věřil také, že inovace jsou považovány za základní hnací sílu konkurenceschopnosti a ekonomické dynamiky. [1]

Inovace jsou středem ekonomických změn způsobujících tzv. tvůrčí nebo kreativní destrukci, což je termín vytvořený Schumpeterem, který znamená to, že inovace je proces, který neustále převrací ekonomickou strukturu zevnitř, ničí starou a vytváří novou. [1]

Způsob, jakým je inovace rozšířena a implementována, je tzv. inovační proces, který obsahuje tři hlavní kroky [2], [3]:

- 1) Invenční neboli ideu, základní myšlenku – spočívající v hledání a nacházení inovačního potenciálu a odvozování nápadů, které jsou následně vyhodnocovány.
- 2) Adopci – využití objevu, vývoj a testování (toto zabere nejvíce času). Vyvíjejí se řešení, staví prototypy a provádějí se testy. Kromě koncepčních a laboratorních testů jsou zahrnuty i tržní testy v reálných podmínkách s cílem získat komplexní zpětnou vazbu. Jakmile řešení dosáhne zralosti, bude uvolněno k implementaci a marketingu.
- 3) Difuzi – na základě průběžného hodnocení a analýzy produktu na trhu, např. zpětnou vazbou zákazníků nebo kvantitativními analýzami trhu, jsou přijímána opatření ke zvýšení prodeje, marží a spokojenosti zákazníků. Považovat inovaci za úspěšnou můžeme až tehdy, když ji přijme většina společnosti. Tato fáze je ovlivněna vnějšími vlivy, jako jsou například struktura trhu, konkurence, ale také vlivy demografické a sociologické.

1.1 Typy inovací

Definici inovace uvádí dokument OECD – Oslo Manual, který dělí inovace na dvě základní skupiny:

- 1) přírůstková inovace je obecně chápána jako zlepšení technologického výkonu nebo vylepšení vlastností produktu, zatímco
- 2) převratná inovace je definována jako inovace založená na technologiích, které byly dříve pro svět nové, v kombinaci s jejich účinky na trh. [4]

Schumpeter dělí inovace do pěti kategorií:

- 1) zavedení nového typu produktu,
- 2) nové výrobní metody,
- 3) otevření nového trhu,
- 4) objevení nového zdroje nebo suroviny,
- 5) změna v organizaci – vytvoření monopolu, trustu nebo kartelu nebo zánik jednoho z nich. [5]

1.2 Inovační cykly

Inovace nevznikají spontánně, musí být aktivně podporovány. Inovátorem je zde podnikatel, který je jejím hybatelem. Aby byl podnikatel/ inovátor úspěšný, musí znát:

- 1) technické parametry nových produktů a
- 2) měl by mít moc nad výrobními faktory, protože zde musí předpokládat, že vlivem nových prostředků vznikne odklon od stávajících výrobních kanálů. [2]

Schumpeter považuje obchodní cykly za plod ekonomického pokroku v kapitalistické společnosti. Cyklické výkyvy jsou vlastní ekonomickému procesu průmyslové výroby a zrcadí ekonomické výkyvy v aktivitách podniku nebo třeba země. [2], [6]

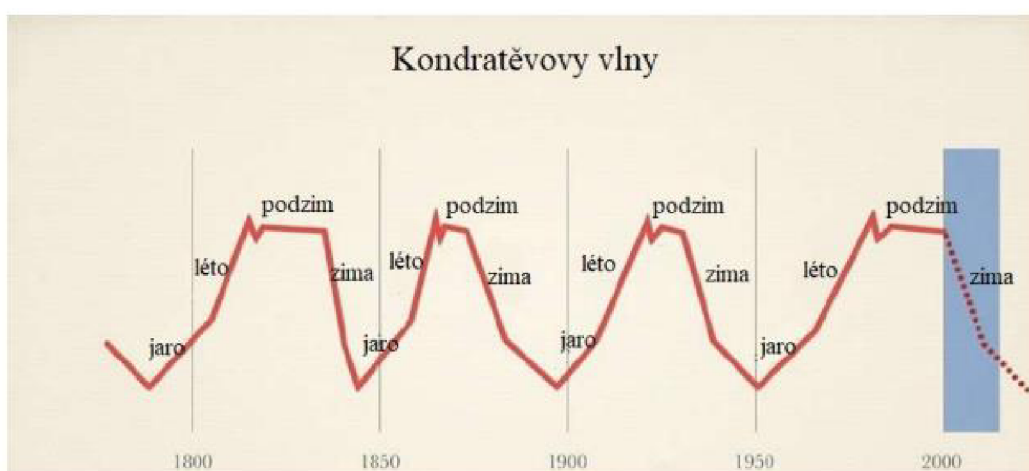
Cyklus je řada pravidelně opakujících se změn s určitou periodou a výkyvy. Tvoří jej čtyři fáze:

- 1) vrchol – také horní bod zvratu, zde je nejvyšší úroveň cyklu,
- 2) kontrakce – zde má cyklus klesající tendenci,
- 3) dno – v tomto bodě je na nejnižším možném bodě a

- 4) expanzi – cyklus zde má rostoucí tendenci a míra například inovace stoupá. [2], [6]

Každý cyklus může mít navíc čtyři dílčí cykly nebo fáze, které byly nazvány po sezónách:

- 1) jaro – zvýšení produktivity spolu s inflací znamená ekonomický boom,
- 2) léto – zvýšení úrovně obecného blahobytu vede ke změně postojů k práci, což má za následek zpomalení ekonomického růstu,
- 3) podzim – stagnující ekonomické podmínky vedou k deflační růstové spirále,
- 4) zima – ekonomika je v depresi. [7]



Obr. 1.1 Kondratieffovy vlny

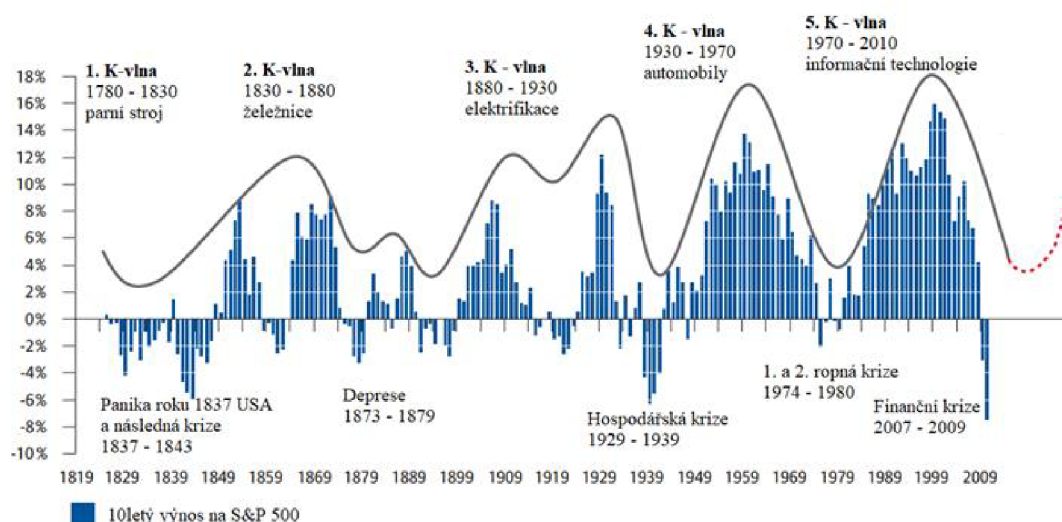
Zdroj: vlastní zpracování dle [8].

1.2.1 Kondratieffovy inovační cykly

Jedná se o dlouhodobé vlny, které pojmenoval ruský ekonom Nikolaj Kondratieff. Tyto vlny jsou také známy jako tzv. K – vlny nebo super – cykly. Kondratieffova vlna je dlouhodobý ekonomický cyklus, který je založen na technologických inovacích, které mají za následek dlouhé období prosperity. Tyto vlny zmapoval díky tomu, že sledoval ceny zemědělských komodit a mědi. Všiml si, že prošly dlouhodobými ekonomickými cykly, o nichž se domníval, že jsou výsledkem technologických inovací a období evoluce. V dlouhodobém měřítku si u nich všiml opakujících se období. [7]

Ekonomové odhadují, že vlny trvají 40 až 60 let, přičemž každý cyklus ukazuje střídavé intervaly vysokých a nízkých temp růstu. Od 18. století identifikovali ekonomové pět Kondratieffových vln, níže je také grafické vyjádření:

- 1) první vyplynula z revoluce páry a vynálezu parního stroje. Tato fáze je datována od roku 1780 do roku 1830,
- 2) druhá vlna odráží vznik a důsledky ocelářského průmyslu a šíření železnic. Cyklus trvá od roku 1830 dalších padesát let,
- 3) třetí cyklus spočívá s elektrifikací světa v letech 1880 až 1930,
- 4) čtvrtý cyklus zrcadlí éru automobilů a petrochemie a trval až do roku 1970
- 5) pátá vlna je založená na vývoji informačních technologií v posledních třiceti letech 20.století a první desítce let století 21.,
- 6) dle předních světových ekonomů a myslitelů se nyní svět nachází na počátku šesté K – vlny, která spočívá ve vzestupu zdravotní péče a biotechnologie. [7], [9]



Obr. 1.2 K-vlny v dlouhém období

Zdroj: vlastní zpracování dle [10].

1.3 Teorie produkční funkce

Jako první použili vztah produkční funkce na přelomu 19. a 20. století P. H. Douglas a C. W. Cobb. Douglas se začal zabývat tímto vztahem na základě toho, že si všiml vztahu mezi prací a kapitálem a rozdělením důchodu, který byl v čase konstantní. Když úměrně rostl počet pracovníků a množství kapitálu, ekonomika více prosperovala.

Teorie produkční funkce zahrnuje základní principy ekonomie. Patří mezi ně vztah mezi cenami zboží a cenami produktivních faktorů používaných k jejich výrobě, jako jsou například mzdy či renty. Dále vztahy mezi cenami zboží neboli produktivními faktory na jedné straně a množství těchto komodit na straně druhé, které se nazývají výrobními faktory. [11]

Teorie vysvětluje principy, podle kterých musí podnik přijímat rozhodnutí o tom, kolik každé komodity prodává a kolik vyrábí, a také kolik surovin, tj. fixního kapitálu a práce, poskytuje a kolik poskytne. [12]

Různá rozhodnutí, která podnik o svých činnostech provádí, lze rozdělit do tří částí s narůstající složitostí.

- 1) První část zahrnuje rozhodování o metodách výroby, množství výstupů a vybavení. Zahrnuje řešení krátkodobé minimalizace nákladů.
- 2) Druhá vrstva stanovuje nejziskovějších množství produktů pro výrobu, zabývá se krátkodobou maximalizací zisku.
- 3) Třetí vrstva, týkající se určení nejvýnosnější velikosti a vybavení, řeší dlouhodobou maximalizaci zisku. [11]

1.4 Výrobní faktory

Výroba je proces kombinování různých vstupů za účelem produkce výstupu pro spotřebu. Je to akt vytváření výstupu ve formě zboží nebo služby, který přispívá k užítku jednotlivců. [12]

Produkční funkce znamená vztah mezi vstupy a výstupy firmy pro daný stav technologie:

$$Q = f(a, b, c, \dots, z) \quad [12] \quad (1.1)$$

kde:

Q je úroveň výstupu,

a, b, c, z jsou různé vstupy, (jako je půda, práce nebo kapitál) (Kč).

Pokud jsou vstupními faktory práce L a kapitál K , množství produkce Q bude následující:

$$Q = f(L, K) \quad [12] \quad (1.2)$$

kde: jednotky kapitálu představují množství strojů nebo zařízení, jednotky práce odpovídají počtu pracovníků/ pracovních hodin. V tomto případě se jedná o dvoufaktorovou produkční funkci.

Variabilní vstupy

Vstupy variabilní se mění nebo jsou proměnlivé v krátkodobém nebo dlouhodobém horizontu. [12]

Pevné vstupy

Vstupy, které zůstávají krátkodobě konstantní, jsou pevné. [12]

1.4.1 Náklady firmy

- 1) Explicitní náklady jsou náklady, které musí firma vynaložit na nákup nebo pronájem výrobních faktorů. Jedná se zejména o mzdové náklady, náklady na materiál nebo suroviny, energie (osvětlení, vytápění, nájem prostor). [13]
- 2) Implicitní náklady, jedná se zejména o ušlý zisk z výrobních faktorů. Jedná se například o náklady na zdroje, které firma vlastní. Pokud například vlastní budovu firmy, neplatí sama sobě nájem – v tomto případě se jedná o ušlý zisk. Implicitní náklady nejdou zjistit, můžeme je pouze odhadnout. [13]

Viz podkapitola 1.5.1.

1.4.2 Zisk

To, jak se firma rozhoduje, nejvíce dopadá na objem produkce, její cenu nebo kombinaci výrobních faktorů. Klíčem je porovnávání použitých vstupů s výstupem. Cílem firmy je maximalizace zisku. To je rozdíl mezi celkovými příjmy, které firma utrží z prodeje, a celkovými náklady vynaloženými na výrobu:

$$P = TR - TC \quad [14] \quad (1.3)$$

kde:

TR celkové příjmy (Kč),

TC celkové náklady (Kč).

Dále rozlišujeme:

1) Účetní zisk definuje, jak je firma úspěšná:

$$\acute{u}P = TR - EC \quad [14] \quad (1.4)$$

kde:

TR celkové příjmy (Kč),

EC explicitní náklady (Kč).

2) Čistý zisk:

$$TP = \acute{u}P - IC \quad [14] \quad (1.5)$$

kde:

TP čistý zisk (Kč),

IC implicitní náklady (Kč).

1.5 Produkční funkce v krátkém období

U produkční funkce v krátkém období lze měnit pouze množství některých vstupů, jako je například objem produkce (pouze v aktuálním rozsahu, který dovoluje výrobní kapacita). Existuje tedy minimálně jeden fixní výrobní faktor. [13]

Maximální objem produkce, který je možné dosáhnout při kombinaci výrobních faktorů, je:

$$Q = f(F_1, F_2, \dots, F_n) \quad [13] \quad (1.6)$$

kde:

Q je objem produkce,

F_1, F_n je množství výrobních faktorů.

Výše nákladů je ovlivněna množstvím a cenou používaných vstupů. Pro krátké období budeme používat změnu jednoho výrobního faktoru F – práce. Ostatní vstupy budou konstantní. [13]

Celkový produkt TP je závislý na objemu vyrobené produkce a množstvím vstupů. Průměrný produkt AP znázorňuje objem produkce, odpovídá jednotce vstupu neboli jednomu výrobnímu faktoru:

$$AP = \frac{TP}{F} \quad [13] \quad (1.7)$$

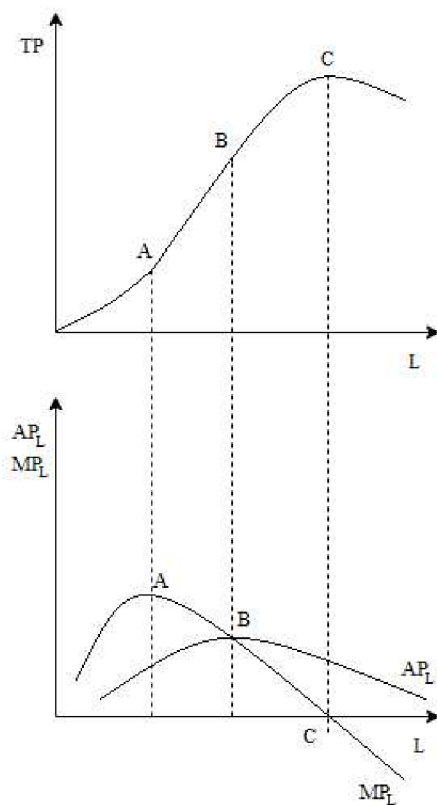
kde:

AP je podíl celkového produktu TP a množstvím výrobních faktorů F .

Dalším důležitým vztahem je mezní produkt MP , který definuje objem vyrobené produkce TP , která je vyvolaná změnou množství vstupů F o jednotku:

$$MP = \frac{\Delta TP}{\Delta F} \quad [13] \quad (1.8)$$

V grafu níže vidíme vztahy mezi uvedenými veličinami TP , AP , MP . Je zde znázorněn objem výroby závislý na použité práci. Křivky v grafu znázorňují průběh celkového, průměrného a mezního produktu.



Graf 1.1 Celkový mezní a průměrný produkt

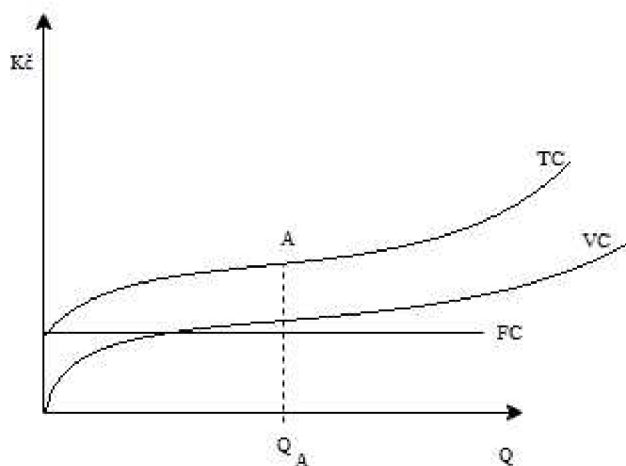
Zdroj: vlastní zpracování dle [13].

Jedná se o zákon klesajících mezních výnosů – celkový růst produktu se s množstvím vstupů zpomaluje. Z tohoto tedy plyne, že růst investované práce zvýší množství produktu, pokud ale všechny ostatní vstupy zůstanou stejné, přírůstek se bude od určitého bodu snižovat. [13]

1.5.1 Náklady v krátkém období

Celkové náklady mají dvě hlavní složky. Jsou to:

- 1) Variabilní náklady (implicitní) – tyto náklady rostou s objemem výroby. [13]
- 2) Fixní náklady (explicitní) – se s objemem výroby nemění, jedná se například o nájem nebo údržbu budovy. Tyto náklady musí firma platit i v případě, že je objem výroby nulový. [13]



Graf 1.2 Celkové náklady

Zdroj: vlastní zpracování dle [13], [15].

V Grafu 1.2 vidíme vztah mezi celkovými náklady TC a objemem výroby Q . Křivka celkových nákladů TC je rozdělená na dvě části. V první části roste pomaleji a za bodem A roste rychleji. Toto ovlivňují rostoucí variabilními náklady VC , které také od bodu A rostou rychleji – čili rostou rychleji než objem výroby (jedná se například o náklady na materiál). [13]

- 3) Průměrné náklady jsou definovány vztahem:

$$AC = \frac{TC}{Q} \quad [13] \quad (1.9)$$

kde:

AC průměrné náklady (Kč),

TC celkové náklady (Kč),

Q objem výroby (Kč).

Průměrné náklady lze stejně jako celkové náklady TC rozdělit na náklady průměrné fixní AFC a průměrné variabilní AVC . Platí, že součet AFC a AVC je roven AC .

- 4) Mezní náklady jsou náklady potřebné na jednotku objemu výroby:

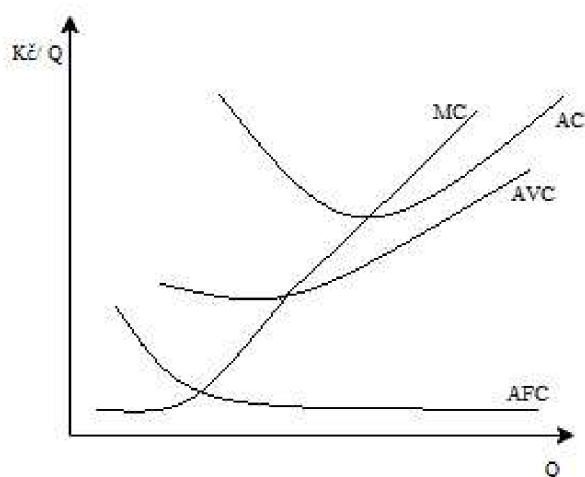
$$MC = \frac{\Delta TC}{\Delta Q} \quad [13] \quad (1.10)$$

kde:

MC mezní náklady (Kč),

ΔTC změna celkových nákladů (Kč),

ΔQ změna objemu.



Graf 1.3 Průměrné a mezní náklady

Zdroj: vlastní zpracování dle [13], [15].

Výše uvedený Graf 1.3 závislosti nákladů za objem produkce na objemu produkce udává, kdy jsou mezní náklady MC rovny průměrným nákladům AC . Ty jsou v bodě rovnosti minimální. [13]

1.6 Produkční funkce v dlouhém období

V tomto období jsou vstupy proměnlivé. Firma může měnit jak práci, tak i kapitál. Ke znázornění se používají tzv. izokvanty. [12]

1.6.1 Izokvanty

Izokvanty reprezentují produkční funkce. Jsou charakterizovány tím, že stejná úroveň výstupu může být produkována různými kombinacemi vstupů. Spojnice všech možných kombinací s jedním výstupem se nazývá izokvanta. [12]

Lineární izokvanta

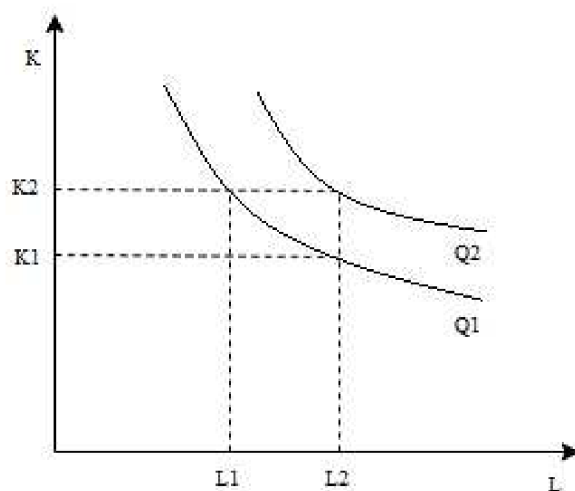
Tento typ předpokládá dokonalou zastupitelnost výrobních faktorů. Dané zboží lze vyrobit pouze s použitím kapitálu, nebo práce, nebo jejich kombinací. [12]

Izokvanta vstupu-výstupu

Tento vztah doplňkovosti, kterou popisuje izokvanta vstupu-výstupu, je založený na nulové zastupitelnosti výrobních faktorů. Pro každý druh zboží nebo výrobku existuje pouze jeden způsob výroby. Izokvanta má v tomto případě tvar pravého úhlu. Typ této izokvanty se nazývá Leontiefova. [12]

1.6.2 Mezní míra substituce

Poměr, který udává mezní míra substituce, je ukazatelem toho, jak je možné nahrazovat kapitál prací, aniž by se změnil objem vyrobené produkce. V Grafu 1.4 se tato změna projeví sklonem izokvanty. Dále je v Grafu 1.4 vidět vztah mezi kapitálem K a množstvím investované práce L . Jestliže zvýšíme množství práce L o jednotku z L_1 na L_2 umožní to buď: a) zvýšit objem výroby nebo b) snížit množství kapitálu K a vyrobit tak stejné množství Q . [13]

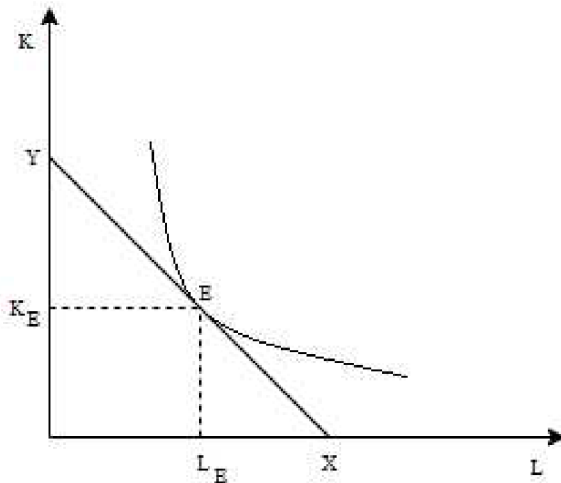


Graf 1.4 Mapa izokvant

Zdroj: vlastní zpracování dle [15].

Firma hledá takovou kombinaci výrobních faktorů, díky kterým může vyrobit požadovaný objem produkce Q s minimálními náklady. Pro tento případ a názorné vykreslení lze použít graf izokvant a spojit ho s přímkou rozpočtu, která znázorňuje

kombinaci faktorů (X jednotek práce na Y jednotek kapitálu), které jsou k dispozici při daném rozpočtovém omezení. Optimum E je v bodě doteku těchto dvou linií. Bod optima nám také udá hodnotu optimálního objemu kapitálu K_E a hodnotu práce L_E . [13]



Graf 1.5 Nákladové optimum firmy

Zdroj: vlastní zpracování dle [15].

V bodě E nákladového optima jsou poměry mezních produktů a výrobních faktorů shodné. Bod E je dotek linie izokvanty a izokosty – neboli rozpočtové linie. Mezní produkt firmy vynaložené na jednotku vstupu bude u obou výrobních faktorů L a K stejný. Toto můžeme popsat vztahem:

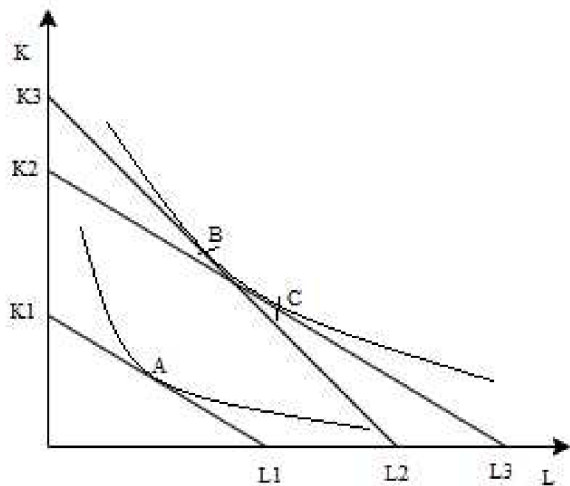
$$\frac{P_L}{P_K} = \frac{MP_L}{MP_K} \quad [13] \quad (1.11)$$

kde:

P_L cena práce (Kč),

P_K cena kapitálu (Kč). [13]

Pokud pozměníme cenu vstupů, změna se projeví v poloze a sklonu linie stejných nákladů. Změna ceny práce a kapitálu bude mít jiné nákladové optimum. Při zvýšení obou cen v Grafu 1.6 z bodu A do B dojde k tomu, že linie stejných nákladů se střetne s jinou vyšší izokvantou, objem produkce bude vyšší a firma si při stejných nákladech bude moci dovolit vyšší objem výrobních faktorů. Při dalším snížení K do bodu C dojde ke snížení ceny práce a stejnému zvýšení ceny za kapitál. Firma bude spotřebovávat stejné množství výrobních faktorů jako v případě B . [13]

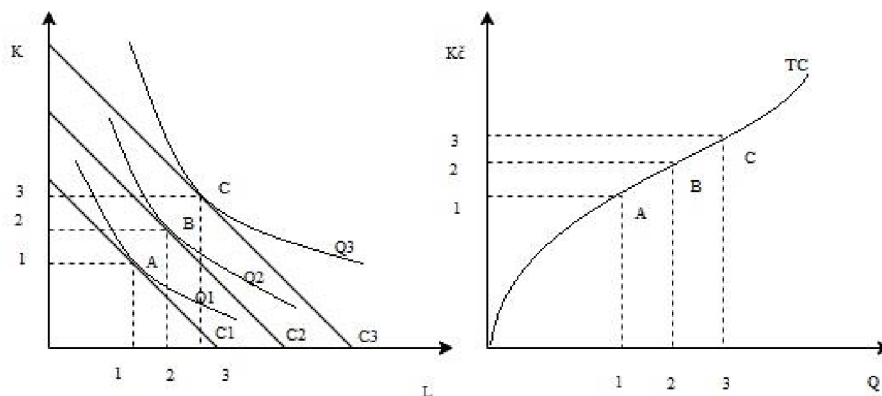


Graf 1.6 Vliv změn cen vstupů

Zdroj: vlastní zpracování dle [16].

1.6.3 Náklady v dlouhém období

Z mapy izokvant lze odvodit křivku celkových nákladů. A to tak, že každá linie celkových nákladů zobrazuje všechny možné kombinace, které může firma použít při daných nákladech. S rostoucími peněžními zdroji se linie bude posouvat dál od počátku. Tyto linie budou rovnoběžné a každá další, která bude dál od počátku, představuje vyšší náklady na výrobu. Linie celkových nákladů se postupně střetávají s různými izokvantami, které reprezentují jiný objem výroby při daných celkových nákladech. Dle Grafu 1.7 lze určit, jaké náklady musí firma vynaložit při jednotlivých Q_1, Q_2, Q_3 . [13], [17]

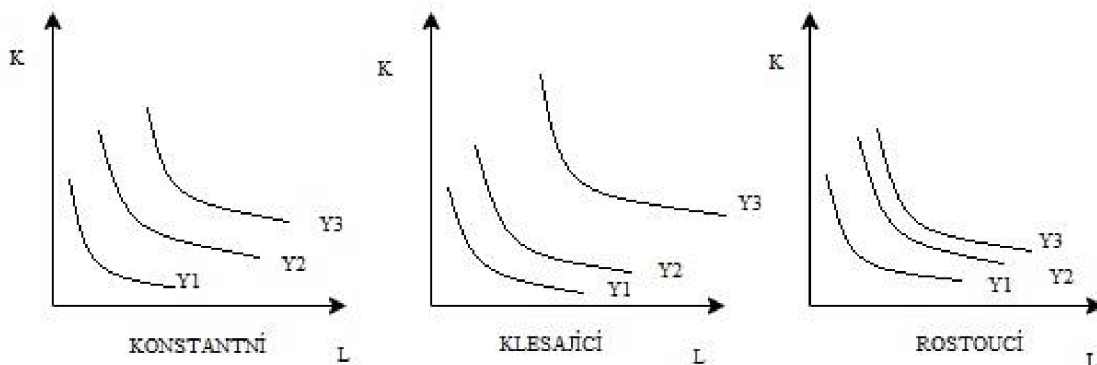


Graf 1.7 Celkové náklady

Zdroj: vlastní zpracování dle [13].

V Grafu 1.7 křivka TC znázorňuje průběh celkových nákladů, které firma má v dlouhém období. Tato křivka vychází z počátku systému souřadnic. Rozdíl oproti krátkému období je v tom, že firma může libovolně měnit rozsah obou výrobních faktorů, jak kapitálu K , tak práce L – tyto výrobní faktory jsou v tomto případě variabilní, nejsou zde žádné náklady fixní, jako v období krátkém. [13]

Křivky celkových nákladů jsou si v případě dlouhého i krátkého období podobné, viz Graf 1.2. V dlouhém období není však tvar této křivky jako v případě krátkého období určován vývojem variabilních nákladů, ale je určen výnosy z rozsahu. Výnosy z rozsahu při stejných přírůstcích nákladů na L a K , udávají jiné trendy vývoje křivky izokvant. Konkrétně jejich vzdálenosti od počátku souřadného systému. Jejich vzdálenosti se liší dle výnosu z rozsahu a jejich charakteru – klesající, konstantní a rostoucí. [13], [18]



Graf 1.8 Výnosy z rozsahu

Zdroj: vlastní zpracování dle [18].

- 1) Konstantní výnosy z rozsahu – vzdálenost jednotlivých izokvant se nemění. Výsledná TC bude rostoucí přímka. [13], [18]
- 2) Klesající výnosy z rozsahu – v tomto případě je výsledné $Q <$ přírůstek výrobních faktorů, vzdálenost jednotlivých izokvant se zvětšuje. Výsledné TC poroste rychleji. [13], [18]
- 3) Rostoucí výnosy z rozsahu – $Q >$ přírůstek výrobních faktorů, vzdálenost mezi jednotlivými izokvantami se zmenšuje. Výsledné TC neporoste tak strmě jako v případě klesajících výnosů. [13], [18]

1.6.4 Cobb-Douglasova produkční funkce

Tento typ produkční funkce je využíván k popisu, jak se práce a kapitál přeměňují na HDP. Vzorec produkční funkce doplníme o konstantu A , která reprezentuje úroveň technologií:

$$Y = \gamma K^\alpha L^\beta \quad [17] \quad (1.12)$$

po linearizaci pomocí logaritmování:

$$\ln Y = \gamma_1 + \alpha \ln K + \beta \ln L \quad [19] \quad (1.13)$$

přítom:

γ úroveň technologie výroby – konstanta,

K kapitál (Kč),

L práce (člověk/ hodina),

α elasticita kapitálu – nabývá hodnot 0-1,

β elasticita vstupu práce – nabývá hodnot 0-1,

γ_1 $\ln \gamma$.

Pokud:

$\alpha + \beta = 1$ jedná se o konstantní výnosy z rozsahu,

$\alpha + \beta > 1$ jedná se o rostoucí výnosy z rozsahu,

$\alpha + \beta < 1$ jedná se o klesající výnosy z rozsahu.

Mezní produkt práce a kapitálu při konstantních výnosech z rozsahu:

$$MP_L = (1 - \alpha)\gamma K^\alpha L^{-\alpha} \quad [17] \quad (1.14)$$

$$MP_K = \alpha\gamma K^{\alpha-1} L^{1-\alpha} \quad [17] \quad (1.15)$$

Při zvýšení konstanty A , která reprezentuje úroveň použité technologie (zvýší se tedy úroveň použité technologie), dojde k tomu, že při stejném množství vstupů se zvýší produkce. Toto povede k tomu, že se uplatní zákon klesajícího mezního produktu – jestliže zůstane množství kapitálu fixní, zvýší se jen množství práce a mezní produkt práce se sníží. Znamená to, že v tomto okamžiku již není možné efektivně využívat práci, kterou zastávají zaměstnanci. Pracovníků na tuto úroveň technologie je příliš mnoho a stejně tak na stávající kapitál, který je fixní (řeč je zejména o mzdách). [17], [19]

1.7 Shrnutí

S postupným vývojem technologií a nástupem nahrazování lidské pracovní síly roboty se firmy vystavují volbě mezi těmito dvěma možnostmi. Pokud zvolí změnu formou inovace stálých prostředků a vymění pracovní sílu člověka za robota, musí tato změna pro firmu znamenat zvýšení efektivity práce a současně by s sebou měla nést snížení nákladů, k tomu se využívá teorie produkční funkce.

Tato teorie se nejčastěji využívá v tzv. dlouhodobém období. Je to vztah mezi různými výrobními faktory za určitý časový interval. V našem případě jde především o kapitál K a práci L . Ekonomická teorie produkční funkce vyjadřuje tento vztah pomocí izokvant, což jsou křivky spojující kombinace K a L , při kterých je objem produkce stejný. V případě, kdy firma inovuje postupy výroby, se křivka posouvá směrem od počátku os souřadnicového systému.

Optimální kombinace vstupů K a L nalezneme pomocí rozpočtového omezení, které se graficky vyjadřuje pomocí izokost. Jedná se o znázornění takové kombinace kapitálu a práce, které může firma pořídit za celkové náklady TC , které má k dispozici. Optimální kombinace je pak v bodě dotyku izokvanty s izokostou (matematicky – kde se rovnají směrnice těchto dvou linií).

To, proč firmy nahrazují stávající technologie za inovované nebo k náhradě lidských zdrojů za roboty, může mít hned několik důvodů a záměrů. V první řadě se může jednat například o nedostatek lidské pracovní síly, kterou si firma tímto způsobem kompenzuje. Dále může jít o náhradu nespolehlivého lidského faktoru. U robota zaměstnavatel neřeší předpisy, jako je například omezení délky pracovní doby, a další nařízení a předpisy, které plynou ze Zákoníku práce nebo z Občanského zákona. Vždy by ale tato změna měla znamenat značné zvýšení produkce při menším zvýšení nákladů na provoz, a tedy celkové zvýšení zisku firmy.

1.8 Metody hodnocení investic

Investice je definována jako jednorázově vynaložený zdroj, který v dlouhodobém horizontu přinese firmě vyšší peněžní příjmy. Investice mohou být jak do hmotného, tak do nehmotného majetku nebo do oblasti finančního majetku. Efektivnost investice hodnotíme podle těchto kritérií:

- 1) výkonnost neboli rentabilita (pro tento případ je požadavek na to, aby byla co nejvyšší),
- 2) likvidita – schopnost firmy přeměňovat aktiva na peněžní prostředky (firma chce, aby se investice co nejdříve zaplatila),
- 3) rizikovitost (chceme co nejmenší rizika spojená s jejím zaváděním). [20]

1.8.1 Statické metody

Statické metody se nejčastěji využívají pro hodnocení investic, které nejsou tolik významné a mají krátkou dobu životnosti. Tyto metody neberou v úvahu faktor času a nezahrnují ani rizikovitost, protože se předpokládá, že stupeň rizika je nízký. Tyto metody zahrnují:

- 1) průměrný roční výnos,
- 2) průměrnou výnosnost,
- 3) dobu návratnosti (Payback Period):

$$\sum_{n=1}^{PP} CF_n = K \quad [20] \quad (1.16)$$

kde:

K kapitálové výdaje (Kč),

CF_n příjmy plynoucí z investice v jednotlivých letech (Kč). [20]

1.8.2 Dynamické metody

U dynamických metod hodnocení investic se bere v úvahu faktor času i faktor rizika investice. Ukazatele dynamické efektivnosti investic jsou:

- 1) čistá současná hodnota – je rozdíl mezi příjmy z investice a výdaji na kapitál:

$$\check{C}SH = \sum_{n=1}^N \frac{CF_n}{(1+i)^n} - K \quad [20] \quad (1.17)$$

přitom:

i diskontní sazba v desetinném vyjádření – požadovaná míra výnosovosti,

N doba životnosti (roky),

n jednotlivé roky životnosti,

K kapitálové výdaje (Kč).

Je-li:

$\check{C}SH > 0$ – investice se firmě vyplatí,

$\check{C}SH < 0$ – investice se nevyplatí,

$\check{C}SH = 0$ – v tomto případě investice nic nepřinese. [20]

- 2) Vnitřní výnosové procento (rentabilita) – je úroková míra, při níž se současná hodnota peněžních příjmů z investice rovná kapitálovým výdajům. Očekávaná míra výnosovosti neboli výnosové procento, které investice přináší během své doby živostnosti, je větší než diskontní sazba.

$$K = \sum_{n=1}^N \frac{CF_n}{(1+IRP)^n} \quad [20] \quad (1.18)$$

kde:

IRP vnitřní výnosové procento.

Čím vyšší je IRP , tím vyšší je relativní výnosnost neboli rentabilita.

- 3) Index ziskovosti je poměr hodnoty investic. Tento model lze také využít při porovnávání různých projektů:

$$PI = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{CF_n}{(1+i)^n}}{K} \quad [20] \quad (1.19)$$

kde:

PI index ziskovosti.

Je-li:

$PI > 1$, $\check{C}SH$ je kladná – investice se vyplatí,

$PI < 1$, $\check{C}SH$ je záporná – investice se nevyplatí. [20]

- 4) Diskontovaná doba návratnosti PP_d – za jak dlouho se splatí kapitálové výdaje z diskontovaných příjmů. Je to jedna z metod hodnocení investic, kdy se budoucí výnosy převádějí na hodnotu, kterou by měly dnes. A to:

$$K = \sum_{n=1}^{PP_d} \frac{CF_n}{(1+i)^n} \quad [20] \quad (1.20)$$

Efektivní bude ta investice, která bude mít dobu návratnosti kratší než dobu živostnosti investice. Pochopitelně platí, že čím je doba návratnosti nižší, tím lépe. Jedná se o doplňující metodu hodnocení investic. Tato metoda neudává příjmy, které z investice plynou po zaplacení kapitálových výdajů. [20], [21]

1.8.3 Postup hodnocení investic

- 1) Určení kapitálových výdajů.
- 2) Stanovení příjmu z investice.
- 3) Určení diskontní sazby.
- 4) Hodnocení zavedení investice. [20]

1.8.4 Efektivnost a výkonnost podniku

Pro zajištění úspěchu podniku na trhu je potřeba, aby byl konkurenceschopný a výkonný. Výkonnost z pohledu řízení je stabilní podíl na trhu, rentabilita a likvidita. Ze zákaznického pohledu je nejdůležitější to, aby podnik splnil jejich potřeby a nabízel jim za odpovídající cenu produkt, který bude kvalitní, bude splňovat jejich požadavky a bude dodán v požadované době, ve správný čas a na správném místě. Pro zákazníky je tedy měřítkem výkonnosti zejména kvalita, cena a dodací lhůta. Z pohledu podniku je výkonnost brána jako schopnost optimálně zhodnotit své vložené investice do svých aktivit. [22]

K určování výkonnosti podniku lze použít tradiční ukazatele, které jsou založené na ukazatelích ziskovosti, nebo ukazatele moderní. Tyto moderní přístupy se snaží o propojení všech jednotlivých činností v podniku a pracovníků účastnících se výrobních procesů. Ukazatel, který pokrývá zmíněné subjekty, se nazývá ekonomická přidaná hodnota EVA (Economic Value Added). EVA udává, zda podnik zvyšuje hodnotu vložených prostředků či nikoli. Ukazatel je také chápán jako čistý výnos z provozní činnosti podniku snížený o náklady kapitálu. Kladná hodnota EVA – zda má podnikání ekonomický smysl a podnik je výkonný a efektivně zhodnocuje vstupy. Provozní zisk je tedy po zdanění vyšší nebo minimálně stejně velký jako náklady vložené na kapitál. Ukazatel EVA se používá především pro měření výkonnosti podniku, plánování, řízení a odměňování a pro potřeby kontroly. [22], [23]

Vzorec EVA jako zisk po zdanění minus náklady na veškerý kapitál použitý k produkci tohoto zisku:

$$EVA = NOPAT - WACC \cdot K \quad [22] \quad (1.21)$$

kde:

NOPAT výsledek provozního hospodaření po zdanění (Kč),

WACC průměrné náklady na celkový dlouhodobě investovaný kapitál (v %),

K celkový dlouhodobě investovaný kapitál (Kč) = finanční zdroje investorů nebo také hodnota majetku vázaná v aktivech, který firma používá pro dosažení provozního zisku = NOA.

$EVA > 0$ – hodnota podniku se zvyšuje, provozní zisk je po zdanění vyšší než náklady vložené na kapitál.

$EVA < 0$ – zisk nepokrývá náklady na kapitál, dochází k poklesu investovaného kapitálu.

$EVA = 0$ – zisk je roven nákladům na vložený kapitál. [22]

Výsledek provozního hospodaření po zdanění:

$$NOPAT = EBIT (1 - l) \quad [22] \quad (1.22)$$

kde:

EBIT zisk před zdaněním (Kč),

l sazba daně ze zisku.

Průměrné náklady na celkový dlouhodobě investovaný kapitál:

$$WACC = r_d(1 - l) \frac{D}{K} + r_e \frac{E}{K} \quad [22] \quad (1.23)$$

kde:

r_d náklady na cizí kapitál před zdaněním zisku (v %),

r_e náklady na vlastní kapitál po zdanění zisku (v %),

K celkový kapitál (Kč),

E vlastní kapitál (Kč),

D cizí kapitál (Kč).

K tomu, aby firma vytvářela hodnotu, je orientace na hodnotové řízení a koncepci ukazatele EVA tou správnou volbou. Zvyšování EVA s sebou nese snahu o:

- 1) zvyšování výsledku hospodaření bez zvýšení objemu použitého dlouhodobého kapitálu,
- 2) investování volných prostředků do investičních projektů,
- 3) optimalizaci podnikového kapitálu,
- 4) zefektivnění výrobních faktorů,
- 5) zvýšení produktivity práce. [22], [23]

1.8.5 Produktivita práce

Produktivita práce je hodnota, kterou pracující člověk vytvoří na jednotku svého vstupu. Determinantem produktivity práce je lidský kapitál. Lidský kapitál jsou nashromážděné znalosti a dovednosti, které má průměrný pracovník. Čím vyšší je průměrná úroveň vzdělání, tím vyšší je lidský kapitál a tím vyšší je produktivita práce. Druhým faktorem, který určuje produktivitu práce, jsou technologické změny. Technologická změna je kombinace vynálezů, pokroku ve znalostech a inovacích. Třetím faktorem, který určuje produktivitu práce, jsou úspory z rozsahu, které reprezentují například výhody, které poskytuje výroba. Jsou to například lepší ceny dodavatelů pro konkrétní firmu, dále například snižování fixních nákladů, což může být způsobeno například tím, že firma využívá vícesměnný provoz. [16], [23]

Míra růstu produktivity ekonomiky je úzce spjata s tempem růstu jejího HDP. Z dlouhodobého hlediska může HDP neustále růst pouze tehdy, když se zvýší produktivita průměrného pracovníka nebo pokud dojde ke zvýšení vstupního kapitálu. Růst produktivity také úzce souvisí s průměrnou úrovní mezd. Částka, kterou jsou firmy ochotny platit pracovníkům, závisí na hodnotě výstupu, který pracovníci produkují. Pokud by několik zaměstnavatelů platilo svým pracovníkům méně, než si pracovníci zaslouží, vedlo by to k tomu, že by tyto pracovníci dostávali nabídky od jiných zaměstnavatelů spolu s nabídkou vyšší mzdy. Pokud by však několik zaměstnavatelů platilo svým zaměstnancům více, než si tyto zaměstnanci zaslouží, skončily by tyto firmy brzy se ztrátami. Z dlouhodobého hlediska je produktivita práce za hodinu nejdůležitějším determinantem úrovně průměrné mzdy v kterékoli ekonomice. [16], [21]

Produktivita práce je jedním z ukazatelů zvyšování výkonnosti a předpokladem pro úspěšnou realizaci cílů podniku. Nejčastěji jde o množství produkce vyhotovené jedním pracovníkem za jednotku času. Měření produktivity práce spočívá v tom, jak se vstupy přeměňují na výstupy. Je to poměr mezi objemem produkce a množstvím práce, na tento objem vynaložené za určitou dobu. [24]

$$PrP = \frac{Q}{t} \quad [25] \quad (1.24)$$

kde:

PrP produktivita práce,

Q objem produkce,

t počet pracovníků.

Faktory, které ovlivňují míru produktivity práce, jsou tedy objem produkce a počet pracovníků. Produktivita práce poroste, pokud poroste objem vyrobené produkce a zároveň se bude snižovat počet pracovníků neboli objem spotřeby práce. Dalšími faktory, které ovlivňují objem vyrobené produkce, jsou:

- 1) úroveň automatizace výrobního procesu,
- 2) zdokonalování výrobních procesů a postupů,
- 3) úroveň kvalifikace pracovníků. [24]

Změna produktivity práce vede také ke změně počtu pracovníků neboli ke spotřebě práce na daný objem výroby. Tento přepočtený počet pracovníků udává, kolik by jich firma potřebovala pro zajištění požadovaného objemu výroby Q_1 , pokud by produktivita práce zůstala na úrovni předchozího období Q_0 . [24]

$$t_{přep} = \frac{Q_1}{PrP_0} = t_0 \frac{Q_1}{Q_0} \quad [25] \quad (1.25)$$

kde:

$t_{přep}$ přepočtený počet pracovníků,

$Q_{0,1}$ objem produkce v období 0 a 1,

PrP_0 produktivita v období 0.

Relativní změnu počtu pracovníků a spotřebu práce určíme vztahem:

$$\Delta t_{rel} = t_1 - t_{přep} \quad [25] \quad (1.26)$$

kde:

$t_{přep}$ přepočtený počet pracovníků,

t_1 počet pracovníků v období 1.

Pokud je rozdíl pracovníků v období 1 a přepočtených pracovníků záporný, podnik zajistil produkci s menším počtem pracovníků, než očekával, a došlo k úspoře pracovníků

vlivem růstu produktivity práce mezi obdobími 0 a 1. Pokud je tento rozdíl kladný, podnik zajistil produkci s větším počtem pracovníků, než předpokládal, došlo tedy k překročení počtu pracovníků způsobeném poklesem produktivity práce. [24]

Pro výpočet produktivity tržeb, které připadají na jednoho pracovníka, bude vzorec následující:

$$PrP_t = \frac{TP}{t} \quad [22] \quad (1.27)$$

kde:

PrP_t produktivita práce z tržeb,

TP čistý zisk – tržby (Kč),

t počet pracovníků (34).

Z tohoto vztahu lze odvodit, jaký podíl tržeb připadá na jednoho pracovníka firmy.

Dalším z ukazatelů produktivity práce je průměrná mzda:

$$AE = \frac{TC_t}{t} \quad [22] \quad (1.28)$$

kde:

AE průměrná mzda (Kč),

TC_t osobní náklady – mzdové prostředky (Kč).

Jestliže rostou mzdové prostředky, měla by stejně růst přidaná hodnota a produktivita práce.

Dalším ukazatelem produktivity práce může být přidaná hodnota, což je hodnota, kterou firma přidá svým úsilím k hodnotě nakupovaných surovin nebo materiálů. Měří se jako rozdíl ceny vstupního a výstupního meziprojektu a výrobku. [24]

1.9 Logistika výroby

Výrobní logistika charakterizuje fázi mezi nákupem a prodejem. Logistiku výroby lze chápat jako plánování, řízení a realizaci dopravy, skladování surovin, pomocných a provozních materiálů, polotovarů a hotových výrobků a další podpůrné činnosti v rámci výrobního systému. Úkolem je řídit a sledovat veškeré zásoby a pohyby zboží v rámci výrobního procesu. Cílem je zajistit optimální kombinaci toku informací, materiálu

a hodnoty při neustálém zlepšování výrobního procesu k dosažení zlepšení, zjednodušení a úspor. [26]

Logistika výroby zajišťuje, aby každý stroj a pracoviště měly správné vstupy ve správném množství kvalitě a času. Obstarává výrobní a manipulační pomůcky, nářadí, stroje a přístroje. Organizuje materiálové toky na vstupu, výstupu i uvnitř jejího realizačního systému. Řídí operační i mezioperační manipulace. [27]

Výrobní logistiku můžeme dále dle její sféry působnosti rozdělit na následující podsystemy.

1.9.1 Makrologistika

Makrologistika se zabývá vazbami mezi jednotlivými podniky nebo firmami na hospodářském trhu. Zaměřuje se zejména na souhrn logistických řetězců, které jsou spojené s finálním produktem. [28]

1.9.2 Mikrologistika

Mikrologistika charakterizuje vazby v rámci jednoho podniku, proto se jí také říká podniková logistika. Zajišťuje vazby mezi jednotlivými útvary a úseky výroby. Činnosti mikrologistiky jsou vázány pouze na vnitřní část podniku, nikoli ke koncovému zákazníkovi. [28]

1.9.3 Nanologistika

Nanologistika řeší vazby mezi jednotlivými stroji ve výrobním systému. Jedná se o procesy a činnosti uvnitř každé části a úseku výroby podniku. Vazbami mezi těmito jednotlivými částmi neboli prvky systému jsou toky informací a materiálů. Praktická část této práce se zabývá právě nanologistikou a řeší efektivnost zavádění automatizačního zařízení do jednoho z výrobních úseků. [28]

2 Průmysl 4.0

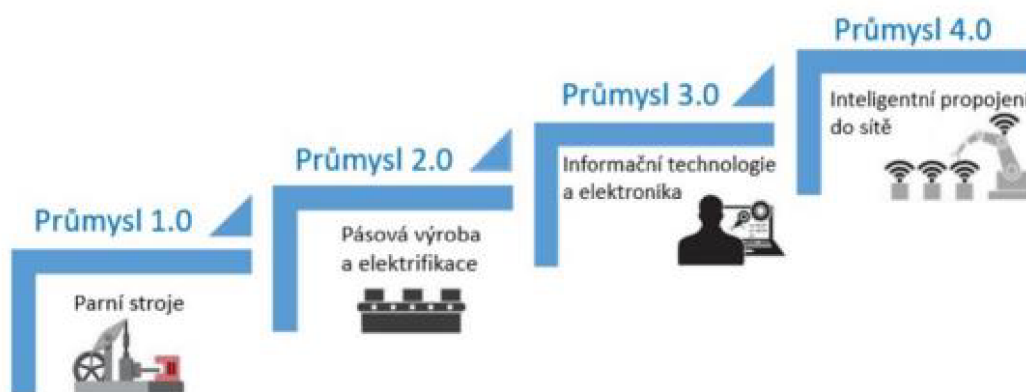
Průmysl 4.0 je definovaný název pro současný trend automatizace a výměny dat ve výrobních technologiích. Průmysl 4.0 klade důraz na digitální technologie a na zcela novou úroveň vzájemného propojení prostřednictvím internetu, přístupu k datům v reálném čase a zavedení kyberfyzikálních systémů. Tyto kyberneticko-fyzikální systémy zahrnují inteligentní stroje, úložné systémy a výrobní zařízení schopné autonomní výměny informací, spouštění akcí a vzájemné nezávislé kontroly. To umožňuje zásadní vylepšení průmyslových procesů zapojených do výroby, strojírenství, využívání materiálů a dodavatelského řetězce a řízení životního cyklu. Spojuje tak fyzické s digitálním a umožňuje lepší spolupráci a přístup napříč odděleními, partnery, prodejci, produkty a lidmi. [29]

Základní pojmy:

- 1) IoT: IoT znamená internet věcí, koncept, který odkazuje na spojení mezi fyzickými objekty, jako jsou senzory nebo stroje, a internetem.
- 2) IIoT: IIoT je zkratka pro průmyslový internet věcí, koncept, který odkazuje na spojení mezi lidmi, daty a stroji v souvislosti s výrobou.
- 3) Umělá inteligence (AI): Umělá inteligence je koncept, který odkazuje na schopnost počítače plnit úkoly a činit rozhodnutí, která by historicky vyžadovala určitou úroveň lidské inteligence.
- 4) M2M: Toto znamená stroj-stroj, a označuje komunikaci, která probíhá mezi dvěma samostatnými stroji prostřednictvím bezdrátových nebo kabelových sítí.
- 5) Digitalizace: Digitalizace se týká procesu sběru a převodu různých typů informací do digitálního formátu.
- 6) Strojové učení: Strojové učení označuje schopnost, kterou se počítače musí samy naučit a zdokonalit pomocí umělé inteligence, aniž by k tomu byly naprogramovány.
- 7) Cloudové výpočty: Cloudové výpočty označují praxi používání vzájemně propojených vzdálených serverů hostovaných na internetu k ukládání, správě a zpracování informací.
- 8) Zpracování dat v reálném čase: Zpracování dat v reálném čase se týká schopností počítačových systémů a strojů nepřetržitě a automaticky zpracovávat data a poskytovat výstupy a přehledy v reálném čase nebo v blízkém čase. [29]

2.1 Charakteristika

Označení Průmyslu 4.0 se poprvé objevilo v roce 2011 také jako čtvrtá průmyslová revoluce s myšlenkou vzniku tzv. chytrých továren, které by využívaly chytré a propojené systémy, které by v budoucnu mohly převzít některou práci, kterou doposud zastávali lidé. V pořadí historicky již čtvrtá průmyslová revoluce navazuje na řadu průmyslových revolucí, které byly vždy také typické něčím novým, ať už se jednalo o technologii nebo ideu. V pořadí první průmyslová revoluce přišla začátkem 18. století, století páry, kdy byl vynalezen parní stroj. Druhá průmyslová revoluce pak následovala v průběhu 19. století a odstartoval jí vynález žárovky Thomase Edisona, v toto století se také rozeběhla první pásová výroba. Třetí průmyslová revoluce odstartovala začátkem 70. let minulého století byla obohacena příchodem výpočetní techniky. A nakonec zmiňovaná čtvrtá průmyslová revoluce jako iniciátor chytrých technologií a systémů. [30]



Obr. 2.1 Vývoj, Průmysl 4.0

Zdroj: [30].

2.2 Trendy vývoje

Trendy vývoje a nástupu čtvrté průmyslové revoluce neboli Průmyslu 4.0 nesou snahu o nové úrovně technologií, které posunou zejména výrobní procesy tam, kde budou schopny samostatně fungovat nebo alespoň spolupracovat s lidmi, a tím jim ulehčovat práci nebo ji rovnou zastávat místo nich. Stroje by tak mohly samy shromažďovat, analyzovat data a nakládat s nimi dle vlastního rozhodnutí. [31]

2.3 Výhody a nevýhody Průmyslu 4.0

Klíčovou výhodou a předpokladem pro Průmysl 4.0 je optimalizace výroby. Podnik nebo jakákoliv výrobní linka obsahující několik inteligentních zařízení, které by byly schopny samostatně optimalizovat výrobu, by vedly k téměř nulové chybovosti, které by se mohl dopustit člověk. Průmysl 4.0 je také více schopen se přizpůsobit podmínkám trhu a flexibilně tak reagovat na poptávku zákazníka. [31]

Nevýhodami Průmyslu 4.0 jsou bezpochyby náročnost na kapitál a tlak vyvíjený na zaměstnanost. Od aplikace Průmyslu 4.0 se odvíjí velký požadavek na investici do nových technologií a s tím spojenými dalšími náklady, například náklady na provoz a údržbu. Aplikace Průmyslu 4.0 má dopad i na zaměstnanost. Pracovníci budou muset získat nové dovednosti, aby udrželi krok s novými technologiemi. Základním stavebním kamenem této čtvrté průmyslové revoluce je propojení člověka a stroje za pomoci internetu. S jeho nástupem se začaly vyvíjet nové technologie, které právě internet využívají. Jedná se o autonomní roboty, cloudové úložiště, 3D tiskárny a simulace. Myšlenkou Průmyslu 4.0 je transformace výroby ze samostatných částí na plně automatizovanou linku, která od člověka potřebuje jen nastavení a údržbu. [31]

2.4 Průmysl 4.0 v České republice

„Vláda ČR na svém zasedání dne 24. srpna 2016 schválila Iniciativu Průmysl 4.0, zpracovanou Ministerstvem průmyslu a obchodu, jejímž dlouhodobým cílem je udržet a posílit konkurenceschopnost České republiky v době nástupu tzv. čtvrté průmyslové revoluce.“ [32]

Podchytit impulsy, které s sebou přináší Průmysl 4.0, to je hlavní myšlenka této Iniciativy, kterou ve svém prohlášení uvedlo MPO ČR. Tento směr s sebou přináší integraci a propojování technologií. Úkolem je zajistit a připravit podmínky pro umožnění realizace této revoluce v sektorech výrobních i nevýrobních a ukázat nové směry, které by podpořily ekonomiku a průmysl země. Dalším úkolem je podpořit a posílit konkurenceschopnost ČR tím, že je potřeba nastítnit a zmapovat příležitosti a hrozby, které s sebou tento nástup technologií nese. Podporovat investování a investice do výzkumu a dále zpracovat otázky bezpečnosti, zejména v kybernetice a legislativních opatřeních. Dalším cíle Iniciativy Průmyslu 4.0 je mobilizace soukromého sektoru

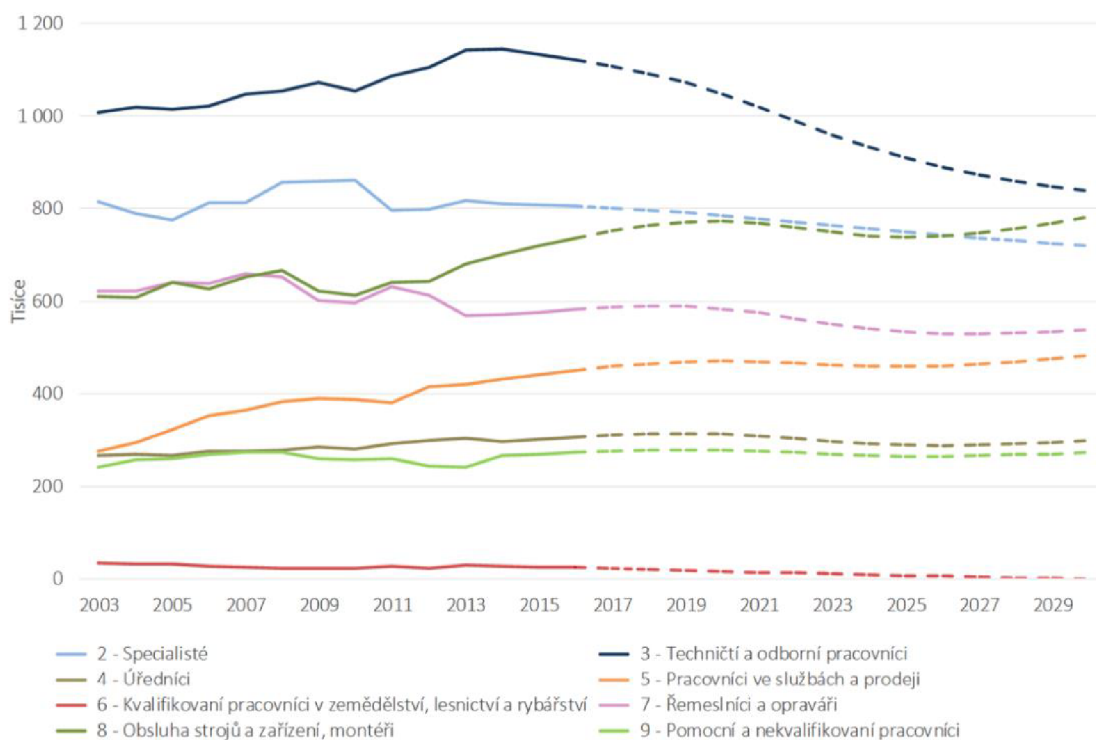
k podnikání a k aktivnímu zapojení podnikatelů a soukromých subjektů při průběhu této revoluce v podmínkách ČR. [32]

2.5 Dopady Průmyslu 4.0

Technologie a společnost, jak je známe, se neustále mění. Jedním z klíčových motorů této změny je digitální transformace. Digitální transformace je založena nejen na internetu, ale především na nejnovějších digitálních technologiích, které se staly nedílnou součástí našich životů. Ovlivňují nejen naši společnost a ekonomiku, ale také průmysl. Proces digitalizace a automatizace spojené s nástupem Průmyslu 4.0 vytvořil příležitosti pro nové produkty, technologie a procesy. Na druhou stranu s sebou přináší hrozby. Tyto hrozby mají, stejně jako v každé jiné průmyslové revoluci, podobu nových výzev pro zaměstnavatele a zaměstnance. Digitální technologie i digitální služby mění pravidla zaměstnávání a požadavky na kompetence, znalosti, dovednosti a postoje zaměstnanců. [33]

Tyto dopady se projeví zejména ve tvorbě a zánikání pracovních míst. Nástup Průmyslu 4.0 a s ní spojených technologií bude mít za příčinu až třetinu zaniklých míst a osminu nově vzniklých pracovních pozic. Jedná se o tzv. kreativně destrukční charakter. [33]

Kreativní destrukcí dochází k zániku některých pracovních pozic, které buďto úplně vymizí, nebo se přemění jejich pracovní náplň. V grafu pod textem, který znázorňuje vývoj počtu profesí, je zřejmé, že se tyto změny týkají a budou týkat těch odborných profesí, které jsou snadno nahraditelné automatizovanou verzí. Na druhou stranu také vznikají a budou vznikat profese a pracovní pozice, které jsou spojené s obsluhou robotů a strojů, které tuto práci nahradily [33]. V Grafu 2.1 je také vidět pokles pracovních míst způsobený finanční krizí v roce 2008 a následným propouštěním.

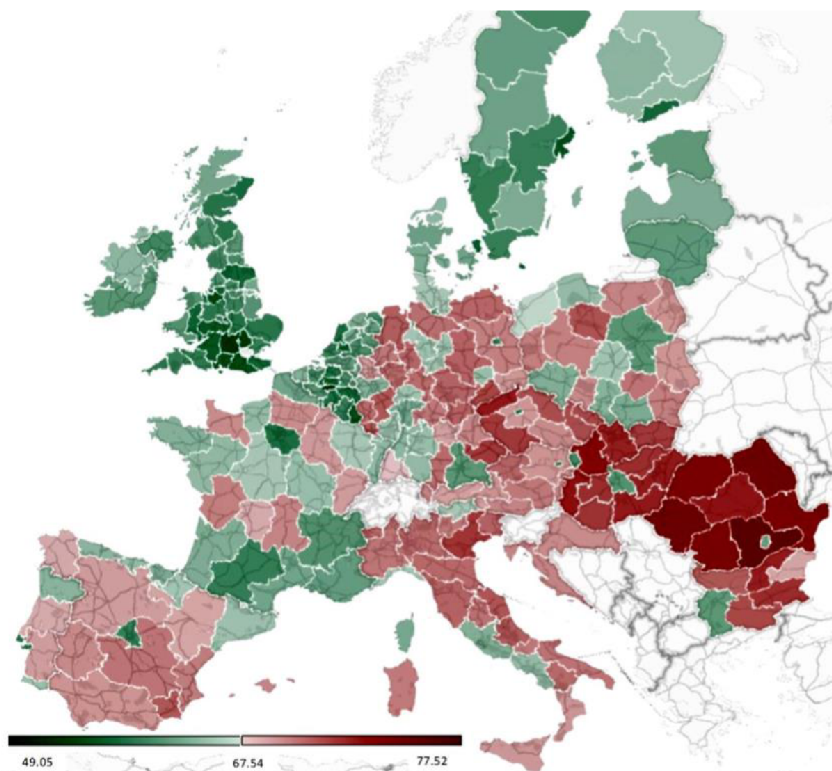


Graf 2.1 Vývoj počtu profesí dle CZ-ISCO-1, vývoj do roku 2030

Zdroj: [33].

Dalším omezením, které vyplývá z výše uvedeného, je dopad na vzdělávání a vzdělání jednotlivých pracovníků. Tato změna také určí nové nároky kladené na pracovní kvalifikaci, kterou tyto nové technologie vytvoří. Uplatňování technologií Průmyslu 4.0 ve společnosti vytváří potřebu nových znalostí, které se nástupem automatizace a robotizace projeví postupně ve všech sférách společnosti. Bude tak potřeba postupná změna ve vzdělávacím systému, aby byl zajištěn komplexnější základ znalostí ve strategických odvětvích. [33]

Aspektem, který také ovlivňuje proces automatizace a digitalizace, je ekonomická a kapitálová struktura podniku nebo země. Dále také míra hospodářského vývoje a urbanizace. Podle obrázku níže je Česká republika v rozložení tohoto rizika napříč zeměmi Evropské unie mírně nadprůměrná. Riziko pro trh práce klesá při postupu z východu na západ. Země Skandinávie a ostrovní země jsou v porovnání s kontinentem lépe připravené a vybavené. [33]



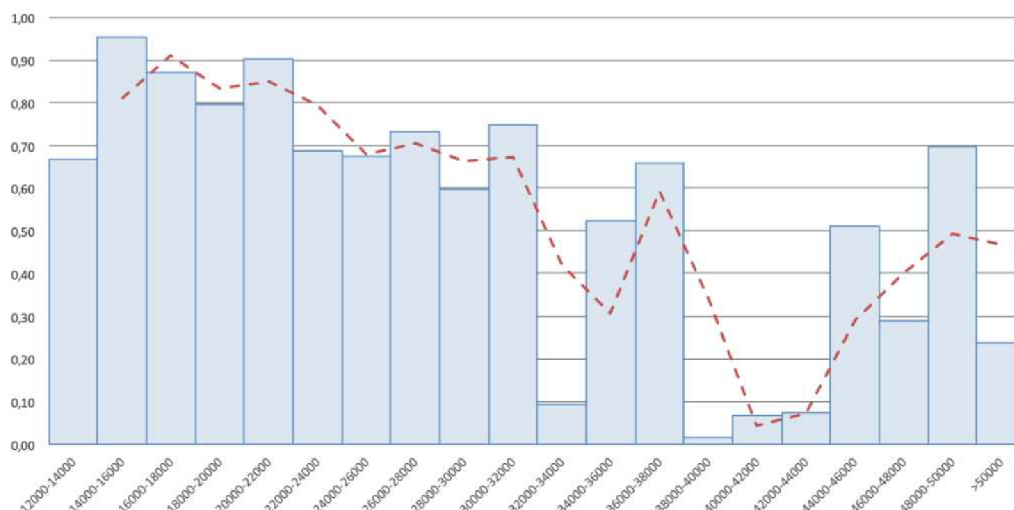
Obr. 2.2 Mapa EU zbarvená dle indexu nejvíce ohrožených profesí

Zdroj: [33].

Z obrázku také vyplývá, že postupná digitalizace nebo nástup nových technologií Průmyslu 4.0 bude mít pozitivní dopad spíše na hospodářsky vyspělé regiony a rizika zavádění se budou projevovat spíše v chudších částech regionu.

Je důležité také zmínit, že výše uvedená rizika se projeví i bez našeho přičinění, je však důležité aktivně podporovat tvorbu nových pracovních míst nebo k nim alespoň vytvářet podmínky a předpoklady. [33]

Postupné vytváření a zánikání pracovních pozic vlivem nástupu technologií je substituce práce za kapitál za účelem zvýšení provozního přebytku. Důvod, proč firmy volí roboty nebo automatizovanou výrobu, je ten, že objem kapitálu, který vynaloží na proces automatizace, je nižší než objem mezd na pozice, které zanikly. V opačném případě by se firmám nevyplatilo do inovací investovat a tuto substituci provádět neboli by nebyl dodržen mezní užitek. Toto také znamená například to, že objem mezd na zaniklých pozicích bude kompenzován na pozicích nových. Vytvoří se méně nových pracovních pozic, ale s vyššími platy. Tento trend je vidět v grafu níže, kde je vyobrazeno riziko zániku pracovních pozic dle příjmových skupin. Nejrizikovější jsou ty pozice, které jsou levné na pracovní sílu a jsou snadno nahraditelné.



Graf 2.2 Rozložení rizika u profesí dle příjmových skupin

Zdroj: [33].

V tabulce pod textem je výčet několika profesí, které mají nejvyšší a nejnižší index ohrožení při nástupu nových technologií a inovací.

Tab. 2.1 Nejvíce ohrožené profese

ISCO-3 Kód	Název profese
431	Úředníci pro zpracování číselných údajů
411	Administrativní pracovníci
523	Pokladníci a prodavači vstupenek a jízdenek
722	Kováři, nástrojáři a příbuzné profese
821	Montážní dělníci
831	Strojvedoucí

Zdroj: vlastní zpracování dle [33].

Tab. 2.2 Nejméně ohrožené profese

ISCO-3 Kód	Název profese
221	Lékaři
222	Všeobecné sestry
231	Učitelé na vysokých a vyšších odborných školách
312	Mistři v oblasti těžby, výroby, stavebnictví
111	Zákonodárci, úředníci, politici
264	Spisovatelé, novináři, jazykovědci

Zdroj: vlastní zpracování dle [33].

3 Návrh automatizace a robotizace

Automatizace, digitalizace a robotizace zažívají svůj největší rozmach. Mění fungování nejen průmyslu a výroby, ale i celé společnosti. Doposud byly stroje nesamostatné. Potřebovaly člověka, který je kontroloval, obsluhoval, pracoval s nimi. Dnes jsou však stroje schopny dle zadaných parametrů samostatně vyrobit požadovaný produkt, poznají, když potřebují opravit, zastaví svou činnost, když hrozí nebezpečí, a dokážou komunikovat nejen s člověkem, ale i mezi sebou navzájem. Tyto změny představují začátek čtvrté průmyslové revoluce neboli Průmyslu 4.0.

3.1 Latécoère

Společnost Latécoère Group byla založena během první světové války za účelem výroby vojenského materiálu, později i letadel. Jejím zakladatelem byl Francouz Pierre-Georges Latécoère, po kterém je společnost pojmenována. Společnost nejvíce proslavila výroba hydroplánů. V současné době působí Latécoère Group jako hlavní dodavatel aerostuktur, jako jsou části trupu, dveří a kabelových svazků. [34]

Sídlo společnosti je v Toulouse, skupina Latécoère má další pobočky v těsné blízkosti svých zákazníků po celém světě, včetně závodů v Evropě, Africe a Střední Americe. Výrobu Latécoère Group můžeme rozdělit do dvou skupin, a to aerostuktury a propojovací systémy, kde se jedná hlavně o avionické regály, rozvaděče a ovládací panely kokpitu. Výroba dveří a trupů letadel patří do skupiny aerostuktur. Řadí se sem jejich vývoj, výroba i certifikace. [35]

Pražský závod se k francouzské skupině Latécoère připojil v roce 2000, když skupina odkoupila jednu z částí tehdy rozděleného závodu Letov, který během 90. let po pádu východního bloku prošel několika změnami. Letov vznikl roku 1918 pod jménem Československá vojenská továrna na letadla. Nejprve sídlil na Pražském výstavišti, poté se přestěhoval do Kbel a začátkem 20. let se továrna přemístila do nově vzniklého závodu v Letňanech. Po druhé světové válce začal Letov s výrobou vojenských letadel a také výrobou křídel ruských stíhacích letounů MiG-19 a MiG-21. [36], [37]

Závod LCZ se zaměřuje zejména na výrobu kovových dílů, výrobu dílů z kompozitních materiálů, povrchovou úpravu a montáž. Výrobní i kontrolní procesy jsou certifikovány

výrobci dopravních letadel, jako jsou Airbus, Boeing nebo Embraer. Díly vyrobené v LCZ procházejí řadou výrobních operací – dělení materiálů, obrábění, tváření, povrchová úprava, montáž a finální kontrola hotových výrobků. Důležitou součástí výrobního procesu jsou funkční zkoušky všech vyrobených dveří. S rostoucím objemem objednávek český závod automatizuje výrobu. V roce 2016 byl závod vybaven dvěma nýtovacími roboty na nýtování potahů dveří. Současně také zavedl dvě plně automatizované linky na povrchovou úpravu. [36]

Závod společnosti Latécoère v Praze se zabývá výhradně výrobou dílů a montáží palubních dveří letadel pro přední světové výrobce, jako jsou Boeing, Airbus, Dassault nebo Embraer. Každý díl, ze kterého je sestavený finální produkt, projde několika výrobními středisky. Nejprve je vstupní surový materiál doručen na příjem, odkud je distribuován do skladu, z něj pak putuje na obrobnu, povrchové úpravy, lakovnu a na finální montáže. Mezi jednotlivými středisky jsou díly podrobeny kontrole. Všechna tato pracoviště jsou maximálně specializovaná.

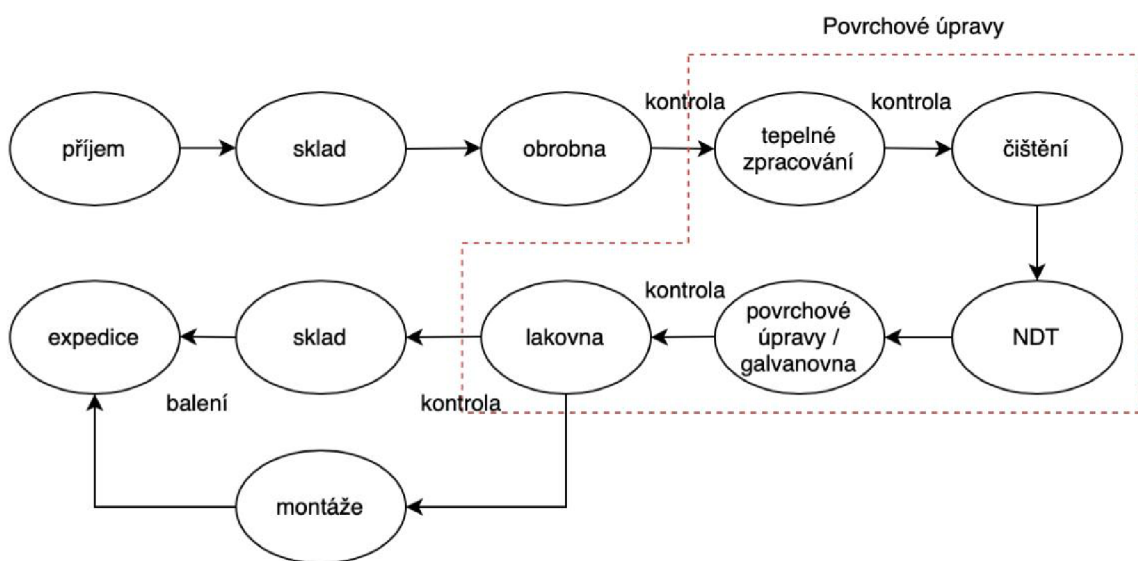


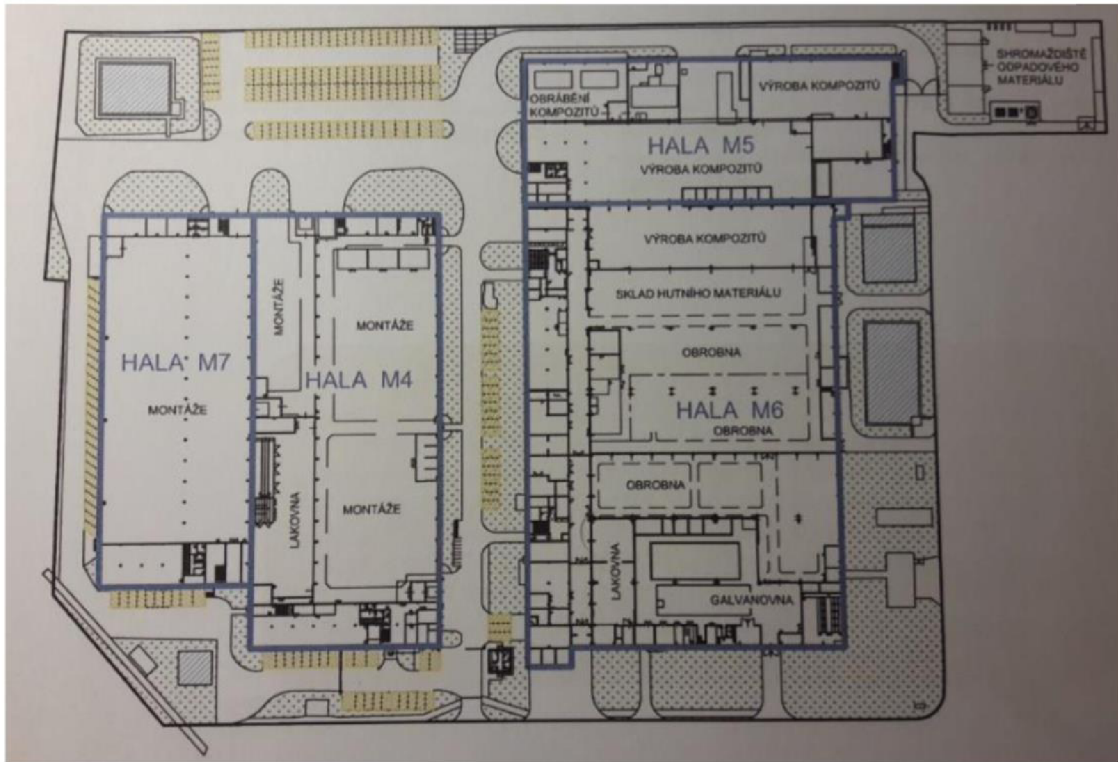
Schéma 3.1 Výroba Latécoère CZ

Zdroj: vlastní zpracování dle [38].

Latécoère CZ má čtyři úseky s různou technologií výroby:

- 1) Výroba kovových dílů se zaměřuje na obrábění a dělení ocelových, titanových, hliníkových materiálů nebo slitin mědi, a to pomocí CNC strojů, fréz nebo vodního paprsku.
- 2) Výroba dílů z kompozitních materiálů.

- 3) Povrchové úpravy, které zahrnují jak chemickou úpravu povrchu, tak finální lakování.
- 4) Montáž – zde probíhá finalizace výrobku (palubních dveří), které jsou pak odeslány přímo k zákazníkovi nebo do dalších poboček skupiny Latécoère.



Obr. 3.1 Layout – haly společnosti

Zdroj: [38].

Výroba v LCZ splňuje podmínky programu NADCAP (National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program), což je letecká akreditace zaručující úplnou kvalifikaci výrobního procesu. Management kvality má certifikaci dle normy EN 9100:2009, rozšířenou o normu ISO 9001, která obsahuje požadavky pro letecký průmysl. [38]

3.1.1 Povrchové úpravy v Latécoère CZ

V následujícím schématu je znázorněna část výroby v LCZ, a to úsek povrchových úprav. Ten zahrnuje na vstupu tepelné zpracování obráběného materiálu, které po předchozích procesech sníží pnutí uvnitř dílů a celkově jej stabilizuje. Poté následuje fáze NDT (nedestruktivní testování), která se skládá z testů MPI (magnetické testy) a FPI

(penetrační testy). Výstupem je kontrola jakosti obrobků, které jsou následně posílány na galvanovnu, kde probíhá chemická úprava povrchu. Pokud je potřeba upravit jen část povrchu dílu, zajistí se tento postup tzv. maskováním. Část povrchu se zamaskuje silikonem nebo podobným materiálem, čímž se daná plocha na díle před chemickou úpravou ochrání. Úprava povrchu polotovarů je prováděna na několika linkách, které jsou vybaveny chemickými lázněmi (vanami), v nich probíhá například odmaštění, moření, kadmiování nebo anodická oxidace. Po výstupní kontrole jsou tyto díly posílány na úsek lakovny. Ta bude detailněji popsána na dalším schématu.

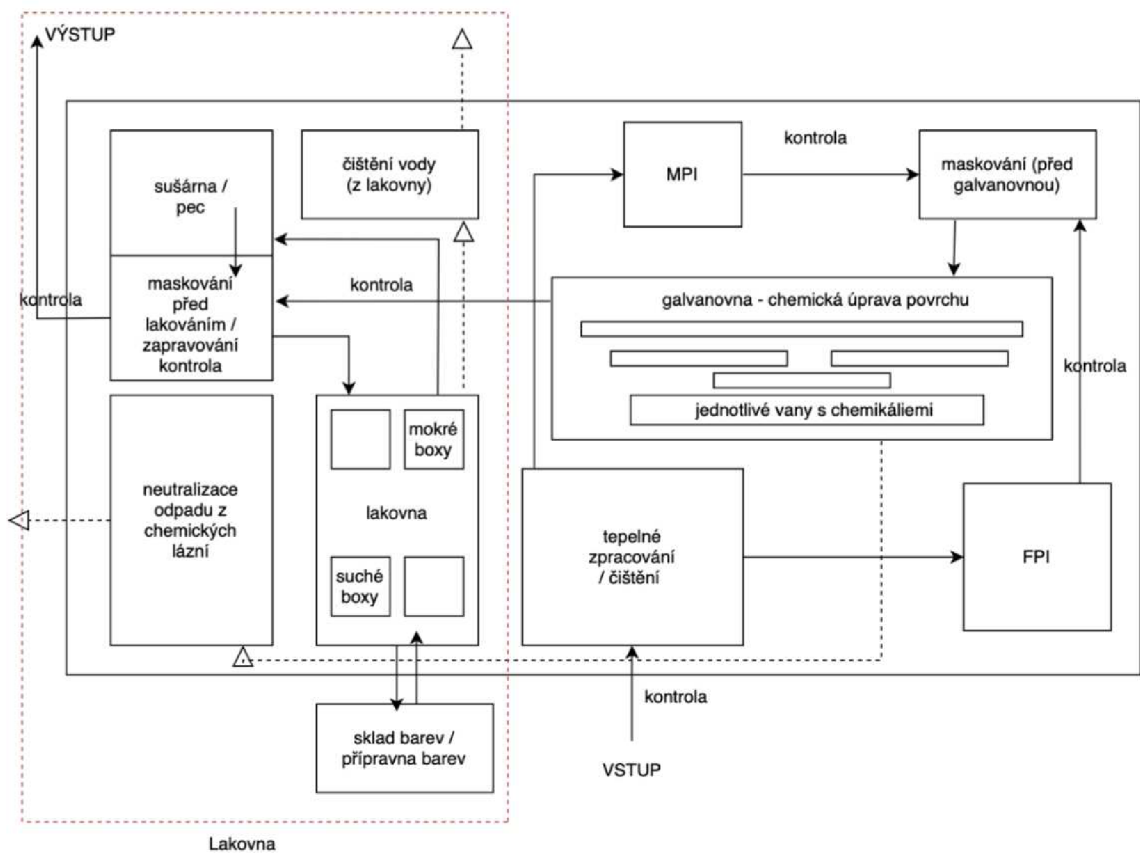


Schéma 3.2 Povrchové úpravy v LCZ

Zdroj: vlastní zpracování dle [38].

Hlavní částí, kterou se v této práci budu zabývat, je úsek lakovny. Zvolila jsem ho hned z několika důvodů. Jedná se o doposud nejméně automatizované středisko v celé pobočce závodu Latécoère Czech Republic. Zároveň si myslím, že jde o jeden z úseků hned po galvanovně, kde operátoři pracují s vysoce nebezpečnými látkami, a měl by zde být kladen největší důraz na bezpečnost zdraví a ochranu při práci. Současně je ale patrné, že například při lakování v lakovacích boxech dochází i při vysoké ochraně a používání

ochranných pomůcek k nepatrnému vdechování zplodin z barev, které obsahují například šestimocný chrom, jenž je vysoce karcinogenní. Zautomatizování části linky lakovny by nejen mohlo ušetřit náklady a zvýšit produkci, ale zároveň by tato inovace mohla napomoci k udržení zdraví pracovníků.

Následující schéma lakovny popisuje tok materiálu skrze tuto část úseku povrchových úprav. Díly, které předtím prošly tepelným zpracováním, kontrolou nedestruktivním testováním a galvanickou úpravou, putují na vozících do další části. Zde jsou připravovány na lakování. Obdobně jako na galvanovně se některé části polotovaru maskují. Jde o plochy, na které nechceme nanášet lak.

Lak se nanáší v několika krocích a vrstvách (základní lak a vrchní lak). Samotné nátěrové hmoty jsou připravovány zvlášť a na díl se nanášejí v tzv. lakovacích boxech, ty jsou dvojího typu. Mokrý box obsahuje vodní filtr, pracovník se postaví při lakování proti stěně stékající vody, ta zachytává jemné kapénky nátěrových hmot a odnáší je do filtračního zařízení. V suchých boxech je filtrace vzduchu zabezpečena sáním, které odvádí kapénky pryč do suchého filtru. Po nalakování se díly posouvají dle potřeby buď do pece, nebo do sušárny, kde schnou.

Z každé dávky dílů se odebírají vzorky lakovaných plechů, které jsou následně dle zákaznických požadavků pečlivě testovány v mechanické laboratoři. Dochází zde k testům přilnavosti laku jak za sucha, tak za mokra. Usušené díly jsou dále posunuty na stanoviště zapravování, kde dochází k manuálním drobným opravám dílů. Jsou zde například čištěny závity nebo se štětečkem zatírají drobné nedokonalosti. Po kontrole jsou díly buď posílány dál na sklad či přímo na montáže, nebo jsou opět zamaskovány a nalakovány druhou vrstvou, případně dalším odstínem laku.

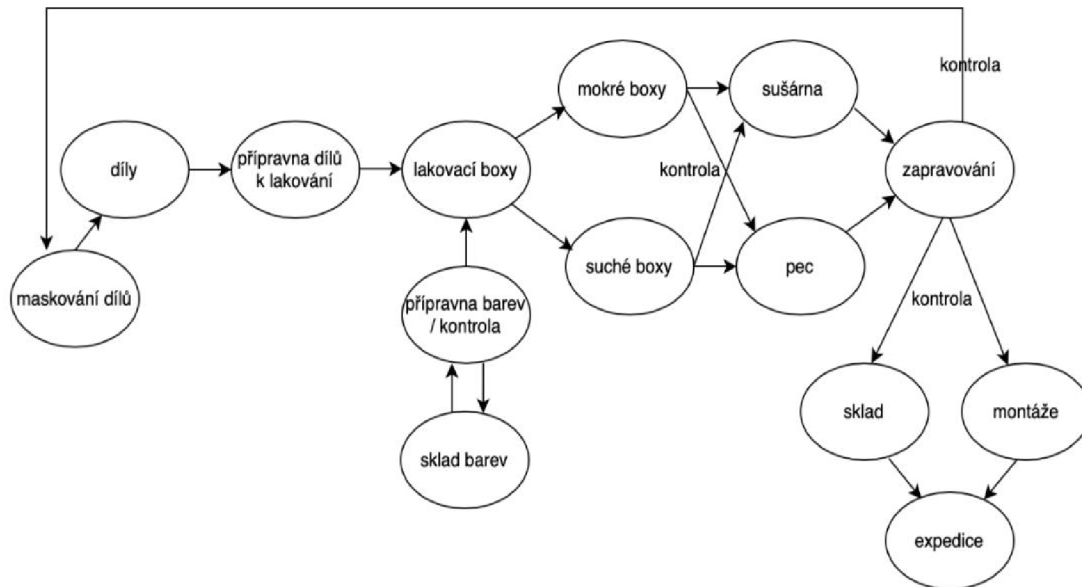
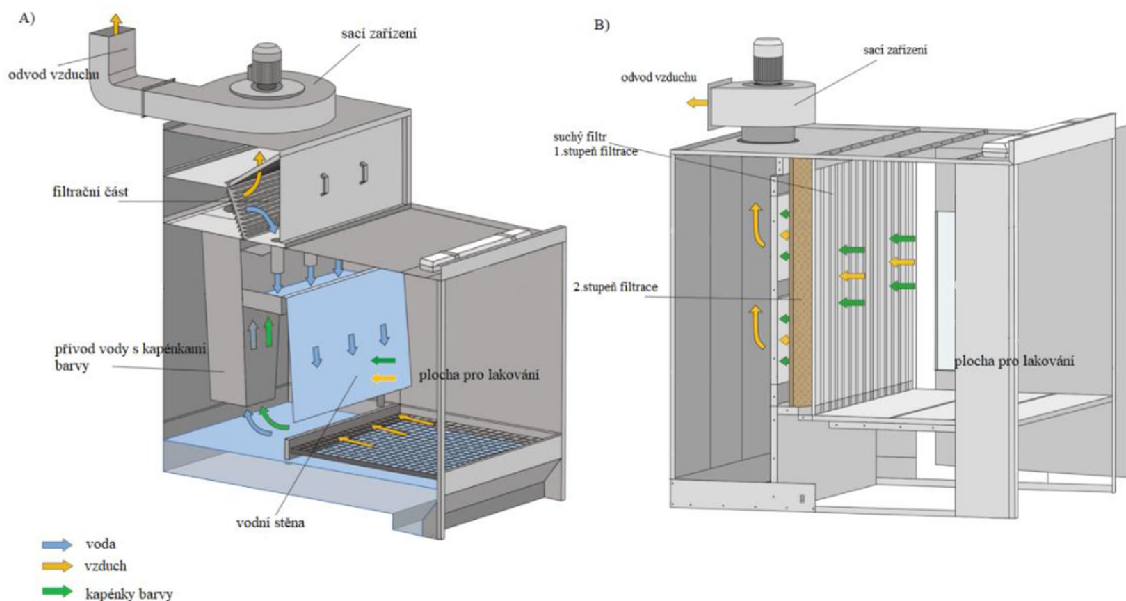


Schéma 3.3 Schéma lakovny

Zdroj: vlastní zpracování dle [38].

3.1.2 Lakovací boxy

V úseku lakovny jsou používány dva typy lakovacích boxů, které se liší použitou technologií filtrování vzduchu. Jsou to tzv. mokré a suché boxy. Kabiny obou typů umožňují lakování malých předmětů, vzhledem k velikosti pracovního prostoru (3 × 4 metry) jsou určeny pro jednoho pracovníka. Mokré boxy A obsahují vodní filtr, pracovník se postaví při lakování proti stěně stékající vody, ta zachytává jemné kapénky nátěrové hmoty a odnáší je do filtračního zařízení. Tento typ lakovacího boxu je určený k jednostrannému lakování vždy tak, aby pracovník nanášel nátěrovou hmotu proti vodní stěně. V suchých boxech B je filtrace vzduchu zabezpečena sáním, které odvádí kapénky pryč do suchého filtru. Je proto možné díly lakovat ze všech stran. V současné době je LCZ vybavena třemi lakovacími boxy, dvěma s vodním filtrem a jedním se suchým.



Obr. 3.2 Lakovací boxy

Zdroj: vlastní zpracování dle [38].

3.1.3 Typy lakovaných dílů

V lakovacích boxech jsou lakovány součástky do palubních dveří letadel. Jedná se bezmála o pět tisíc typů dílů, které jsou vyrobeny buď z plechu, nebo jsou opracovány pomocí obrábění. Pod textem je výčet několika nejčastějších dílů.

Tab. 3.1 Lakované díly (plechové, obráběné)

Plechové díly				
Označení	Přibližné rozměry	Lakovaná plocha	Počet dílů v lakovací dávce (ks) pro:	
			Lakovací box A	Lakovací box B
P1	20 x 15 cm	600 cm ²	10	11
P2	27 x 22 cm	505 cm ²	16	16
P3	28 x 20 cm	453 cm ²	12	12
P4	27 x 19 cm	308 cm ²	8	10
Obráběné díly				
Označení	Přibližné rozměry	Lakovaná plocha	Počet dílů v lakovací dávce (ks) pro:	
			Lakovací box A	Lakovací box B
O1	14 x 23 x 5 cm	350 cm ²	8	8
O2	20 x 15 x 6 cm	156 cm ²	4	6
O3	8 x 16 x 10 cm	260 cm ²	12	12
O4	8 x 10 x 5	100 cm ²	10	10

Zdroj: vlastní zpracování dle [38].

Pro řešenou problematiku zavedení lakovacího robota byl uvažován lakovací box A i B se suchým i mokřým filtrem. Počet dílů v lakovací dávce pro jednotlivé lakovací boxy je rozdílný z důvodu technologie a postupu při lakování.

3.1.4 Časový snímek pracoviště

Při současném způsobu výrobního procesu lakování je zaměstnáno šest pracovníků, kteří pracují ve třech osmihodinových směnách při nepřetržitém provozu od pondělí do pátku, přičemž páteční poslední směnou je směna odpolední a první směnou v novém týdnu je směna noční od nedělního večera. V součtu se jedná o patnáct osmihodinových cyklů za týden, což je 120 pracovních hodin za týden. Výpočet časového ročního fondu pro pracoviště je následující:

$$T = s \cdot t_h \cdot (t_{kd} - t_{nd} - t_{do} - t_{np}) \quad [27] \quad (3.1)$$

kde:

T roční časový fond pracoviště (hodiny/ rok),

s průměrný počet směn v pracovním dni,

- t_h průměrný počet hodin v jedné směně (hod),
- t_{kd} počet kalendářních dnů v roce (dny/ rok),
- t_{nd} počet nepracovních dnů v roce, zejména víkendy a neplacené svátky (dny/ rok),
- t_{do} počet pracovních dnů ve kterých bude prováděna odstávka nebo nutné opravy (dny/ rok),
- t_{np} průměrný počet dnů jiných nutných odstávek, například nařízená celozávodní dovolená (dny/ rok).

Výpočet pro rok 2022:

$$t_{kd} = 365 \text{ dnů}$$

$$t_{nd} = 113 \text{ dnů}$$

$$s = 3 \text{ směny} \times 2 \text{ pracovníci na každé směně} = 6$$

$$t_h = 8 \text{ hodin} - 0,5 \text{ hodiny přestávka} = 7,5 \text{ hodin}$$

$$t_{do} = 4 \text{ dny}$$

$$t_{np} = 10 \text{ dnů (letní celozávodní dovolená)} + 5 \text{ dnů (zimní celozávodní dovolená)} = 15 \text{ dnů}$$

$$T = 10\,710 \text{ pracovních hodin pracoviště}$$

V současné době je roční plat zaměstnanců lakovny přibližně 456 000 Kč.

Pracovní úkony zaměstnanců při současném stavu jsou následující:

- 1) Zaměstnanci přebírají očištěné a zkontrolované díly z předchozího úseku galvanovny na vozících. Tyto díly jsou již také namaskované.
- 2) Příprava nátěrových hmot do lakovací pistole.
- 3) Díly po jednom umisťují na lakovací vozíky. Díly jsou dle potřeby buď zavěšovány pomocí pružin, nebo pokládány na lakovací síta.
- 4) Pomocí vozíku jsou díly přepraveny přímo do lakovacího boxu.
- 5) Pracovník se vybaví ochrannými pomůckami, které ho chrání před kapénkami nátěrových hmot.
- 6) Následuje samotné lakování dílů v lakovacím boxu.
- 7) Po dokončení zaměstnanec odloží ochranné pomůcky a opět za pomoci vozíku přepraví nalakované díly do sušárny.

- 8) Ze sušárny jsou díly předány na zapravovací práce a k případné přípravě na další lakování.

Časový snímek pracoviště udává průměrné naměřené časové hodnoty, jak dlouho trvají zaměstnanci (v lakovacím boxu suchého typu A, lakovací box mokrého typu B) nebo robotovi (suchý box A_R , mokrý box B_R) jednotlivé úkony při práci. Časové údaje jsou uvedeny v tabulce pod textem. Jedná se o průměrné údaje k jednomu lakovacímu cyklu.

Tab. 3.2 Průměrné naměřené časy

Úkony	Časová dotace přípravy (min)			
	A	B	A_R	B_R
Příprava nátěrových hmot	10,00	10,00	6,00	6,00
Manipulační čas – příprava dílů k lakování	5,00	5,00	4,00	4,00
Manipulační čas – přeprava dílů mezi stanovišti	2,00	2,00	1,00	1,00
Příprava ochranných pomůcek	1,50	1,50	0,00	0,00
Celkový čas přípravy:	18,50	18,50	11,00	11,00

Zdroj: vlastní zpracování.

Přípravu dílu pro A_R i B_R vykonává stále člověk. Časy jsou kratší z toho důvodu, že některé činnosti jsou omezeny nebo úplně vyloučeny, viz následující kapitola.

Průměrné naměřené časy samotného lakování člověkem v lakovacím boxu suchého a mokrého typu A, B a čas, který potřebuje robot k samotnému lakování těch samých dávek a typů dílů v suchém a mokré lakovacím boxu A_R a B_R , najdeme v Tab. 3.3.

Tab. 3.3 Průměrné naměřené časy lakování jednotlivých dávek dílů

Časy lakování dávek dílů (min)				
Označení	A	B	A _R	B _R
P1	4,00	4,50	3,50	3,75
P2	3,50	4,00	3,00	3,00
P3	4,00	4,00	3,50	3,50
P4	3,00	3,50	2,75	2,75
O1	5,50	6,00	4,00	4,10
O2	3,50	3,50	3,00	3,00
O3	4,50	5,00	3,00	3,00
O4	3,75	4,00	2,50	3,00

Zdroj: vlastní zpracování.

3.2 Aktuální technologie pro zvolenou oblast

Pro projekt zautomatizování části linky lakovny byl sestaven projekt, který nahradí pracovníka lakujícího nátěrovými hmotami v lakovacím boxu programovatelným robotem. Ten by v současném stavu nahradil minimálně jednoho pracovníka v každé směně, který nyní nanáší nátěrové hmoty pomocí stříkací pistole v suchém lakovacím boxu.

Tato varianta je řešena jako automatizované pracoviště s přístupem člověka pouze při programování lakovacího procesu. Obsluha lakovacího boxu by dále přivážela a odvážela díly k lakování nebo je odvážela do sušárny. Robot by byl naprogramovaný tak, aby dle zadaných parametrů nalakoval díl nátěrovou hmotou. Pracovníci lakovny by dále obsluhovali robota tím, že by nadále připravovali nátěrové hmoty dle požadavků.

3.2.1 Lakovací robot

Pro možnosti robotického lakování v suchém lakovacím boxu připadá v úvahu řešení od nejmenované společnosti, které by dodalo lakovacího robota spolu s jeho instalací

a následnou údržbou. Cenová nabídka je v tabulce níže. Stejně tak pro robota do lakovacího boxu typu B.



Obr. 3.3 Lakovací robot, ilustrační foto

Zdroj: [39].

Tab. 3.4 Cenová nabídka

Cenová nabídka		
Položka	Robot do lakovacího boxu typu A	Robot do lakovacího boxu typu B
	Cena bez DPH	Cena bez DPH
Robot	1 865 300 Kč	1 928 000 Kč
Příslušenství	256 000 Kč	260 000 Kč
Instalace robota	80 000 Kč	85 000 Kč
Elektroinstalace	45 000 Kč	45 000 Kč
Další potřebné úpravy	20 000 Kč	20 000 Kč
Počáteční naprogramování	120 000 Kč	118 000 Kč
Celkem:	2 386 300 Kč	2 456 000 Kč

Zdroj: vlastní zpracování.

Celková živostnost obou robotů se odhaduje dle možností oprav a prostředí na 25 let u robota do lakovacího boxu typu A a pro lakovací box typu B 24 let. Živostnost druhého

robota do mokrého lakovacího boxu je kratší z důvodu vlhčího prostředí a možné korozi robota a jeho součástí.

3.2.2 Náklady na údržbu a provoz

Tab. 3.5 Roční náklady na údržbu a provoz

Roční náklady na údržbu a provoz		
Položka	Robot v lakovacím boxu typu A	Robot v lakovacím boxu typu B
	Cena bez DPH	Cena bez DPH
Údržba stroje	75 000 Kč	80 000 Kč
Údržba softwaru	120 000 Kč	120 000 Kč
Elektrická energie	12 600 Kč	12 800 Kč
Náklady na obsluhu	620 000 Kč	620 000 Kč
Celkem:	827 600 Kč	832 800 Kč

Zdroj: vlastní zpracování.

3.2.3 Zaměstnanecká struktura

Ze zavedení lakovacího robota plyne možná úspora, která vznikne při nahrazení lidské pracovní síly robotem. Současná situace na úseku lakovny ve firmě Latécoère je šest zaměstnanců, kteří se střídají ve třech osmihodinových směnách, na každé směně dva pracovníci.

Zavedení lakovacího robota do jednoho ze tří lakovacích boxů by ušetřilo dle předpokladů čas dvou z šesti pracovníků tohoto úseku.

Tab. 3.6 Roční náklady zaměstnavatele na zaměstnance

Zaměstnanec	Povinné odvody zaměstnavatele na pojištění		Roční náklady zaměstnavatele na zaměstnance
Hrubý roční plat (Kč)	Sociální 24,8 % (Kč)	Zdravotní 9 % (Kč)	Celkem (Kč/ rok)
456 000	113 088	41 040	610 128

Zdroj: vlastní zpracování

Z toho plyne roční úspora na mzdách pracovníků:

Tab. 3.7 Roční úspora na zaměstnancích

Původní počet zaměstnanců	Roční náklady celkem (Kč)
6	3 660 768
Nový počet zaměstnanců	Roční náklady celkem (Kč)
4	2 440 512
Roční úspora (Kč)	
1 220 256	

Zdroj: vlastní zpracování

3.2.4 Člověk vs. Robot – produktivita

V tabulkách pod textem je časové a výkonnostní srovnání pracoviště mezi tím, když je obsluhované pouze člověkem a když je část tohoto pracoviště automatizována pomocí výše zmíněného robota, viz kapitola 3.2.1 Lakovací robot.

Srovnání je zde uvedeno také mezi lakovacími boxy A (suchý lakovací box) a B (mokvý lakovací box).

Úkony:

Pro odlišení časů následujících úkonů je vždy u varianty, kdy část práce zastává robot, použit index R. Tedy například A značí suchý box bez robota a B_R mokvý box s robotem.

Příprava nátěrových hmot – jedná se o přípravu nátěrových hmot pro účely lakování pomocí lakovací pistole. Časová dotace tohoto úkonu je u obou lakovacích boxů stejná. Rozdíl doby přípravy nátěrových hmot u původního a částečně automatizovaného pracoviště je ten, že pracovník musí rozmíchat a připravit přesné množství nátěrové hmoty, zatímco u přípravy nátěrové hmoty do robota může toto množství nalít do zásobovacího zařízení a robot si sám odměří potřebné množství barvy.

Manipulační čas – příprava dílů k lakování a přeprava dílů mezi stanovišti – tento čas je opět u obou typů lakovacích boxů stejný. Kratší u varianty A_R a B_R je z toho důvodu, že součástí automatizace části pracoviště by kromě vybavení linky lakovacím robotem, bylo i vybavení podavačem, do kterého by byly díly vkládány pracovníkem a následně by k lakování byly posouvány již automaticky. Zamezilo by se tak možným odchylkám při umístění dílů k lakování a zjednodušilo by to práci a naprogramování robota.

Příprava ochranných pomůcek – tento úkon je třeba vykonat, jen pokud pracoviště plně obsluhuje pouze člověk. Jedná se o použití nezbytných ochranných pomůcek pro účel

lakování a pohybu v lakovacím boxu v průběhu procesu. Tento úkon je vypuštěn, pokud je v lakovacím boxu místo člověka robot.

Tab. 3.8 Srovnání jednotlivých činností

Úkony	Časová dotace (min)			
	A	B	A _R	B _R
Příprava nátěrových hmot	10,00	10,00	6,00	6,00
Manipulační čas – příprava dílů k lakování	5,00	5,00	4,00	4,00
Manipulační čas – přeprava dílů mezi stanovišti po lakování	2,00	2,00	1,00	1,00
Příprava ochranných pomůcek před a po lakování	1,50	1,50	0,00	0,00
Suma časů manipulace a přípravy [min]	18,50	18,50	11,00	11,00

Zdroj: vlastní zpracování.

Tab. 3.9 Porovnání doby lakování člověkem a robotem v jednotlivých lakovacích boxech

Lakování jednotlivých dávek dílů (min)				
Označení	A	B	A _R	B _R
P1	4,00	4,50	3,50	3,75
P2	3,50	4,00	3,00	3,00
P3	4,00	4,00	3,50	3,50
P4	3,00	3,50	2,75	2,75
O1	5,50	6,00	4,00	4,10
O2	3,50	3,50	3,00	3,00
O3	4,50	5,00	3,00	3,00
O4	3,75	4,00	2,50	3,00

Zdroj: vlastní zpracování.

Doba lakování jednotlivých dávek dílů v lakovacích boxech suchého a mokrého typu člověkem (A, B) a robotem (A_R, B_R) je uvedena v Tab. 3.9.

3.2.5 Průběžná doba výroby na úseku lakovny

Časové dotace pro jednotlivé sady nebo dávky dílů na lakovacích boxech typu A a B a také pracoviště s lakovacím robotem pro lakovací boxy A_R a B_R . U varianty A_R a B_R jsou časy o něco rychlejší, a to z důvodu přesnějšího lakování robotem.

Suma časů pro přípravu – jedná se o čas potřebný pro přípravu jedné lakovací dávky složené z jednoho typu dílů. Časy pro všechny typy dílů jsou stejné. Rozdíl mezi časem potřebným k přípravě dílů pro pracoviště A, B a A_R , B_R je z výše uvedeného důvodu, kdy pracovníci ušetří čas potřebný k přípravě díky úkonům, které už dělat nemusí nebo je dělají jen částečně.

Celkový čas potřebný na jednu dávku pro A a B je pak součtem času přípravy a času potřebného k lakování jednotlivých dávek dílů. V případě varianty A a B, kdy pracovník musí obsáhnout všechny úkony sám, se jedná o postupný způsob výroby. V tomto modelu je na následující pracoviště nebo operaci předávána celá dávka a následná operace se započítá až po skončení operace předchozí. Výhodou tohoto způsobu je, že je jednoduchý na organizaci, má nízké náklady na přepravu, ale má zároveň nejdelší PDV. [27]

Rovnice pro výpočet průběžné doby výroby postupné na úseku lakovny bude dle [27] následující:

$$PDVL_{post} = \sum t_m + \sum t_p + Q \sum t_l \quad (3.2)$$

kde:

$PDVL_{post}$ průběžná doba výroby lakovny, postupná (min),

t_m celkový manipulační čas (min),

t_p celkový přípravný čas (příprava nátěrových hmot a ochranných pomůcek) (min),

Q lakovaná dávka (ks),

t_l celkový čas, doba samotného lakování (min).

Jako ukázkou výpočtu použijeme dávku dílů P_1 v lakovacím boxu suchého typu A:

$$PDVL_{post}^{P1A} = \sum t_m + \sum t_p + P1A \sum t_l = 7 + 11,5 + 4 = 22,5 \text{ min}$$

Pro představu budeme počítat s nepřetržitým lakování deseti dávek lakovaných dílů. Výsledný čas bude tedy:

$$PDVL_{post}P1(10)A = 10 \cdot 22,5 = 225 \text{ min}$$

Tento postup opakujeme u dílů P1 až P4 a O1 až O4 u varianty A a B.

U výpočtu časů průběžné doby výroby u varianty A_R a B_R, kdy samotné lakování zastává robot a člověk mu připravuje bude PVDL následující.

Pokud by výroba pokračovala postupným způsobem výroby, bude celkový čas:

$$PDVL_{post} = \sum \check{c}t_m + \sum \check{c}t_p + Q \sum Rt_l \quad [27] \quad (3.3)$$

kde:

$\check{c}t_m$ celkový manipulační čas člověka (min),

$\check{c}t_p$ celkový přípravný čas člověka (příprava nátěrových) (min),

Q lakovaná dávka,

Rt_l celkový čas robota, doba samotného lakování (min).

Pro dosažení do vzorce jako ukázkou výpočtu použijeme dávku dílů P1 v lakovacím boxu suchého typu A_R:

$$PDVL_{post}P1A_R = \sum \check{c}t_m + \sum \check{c}t_p + P1A_R \sum Rt_l = 5 + 6 + 3,5 = 14,5 \text{ min}$$

Stejně jako u předchozí varianty budeme počítat s deseti dávkami nepřetržitého lakování.

Výsledný čas bude tedy:

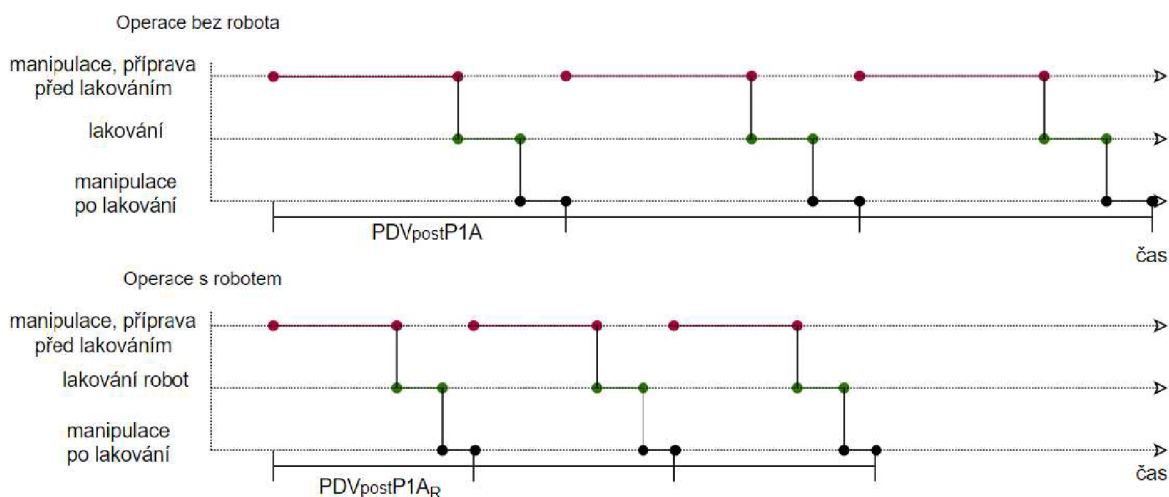
$$PDVL_{post}P1(10)A_R = 10 \cdot 14,5 = 145 \text{ min}$$

Pokud by tedy po zavedení robota do lakovacího boxu pokračoval způsob výroby postupným způsobem, ušetřil by se čas pro díly P1:

$$PDV_{post}P1A - PDV_{post}P1A_R = 8 \text{ min}$$

$$PDVL_{post}P1(10)A - PDVL_{post}P1(10)A_R = 80 \text{ min}$$

Srovnání PDVL mezi pracovištěm, kde je k dispozici suchý lakovací box A, který obsluhuje pouze člověk a box, který je vybavený lakovacím robotem A_R pro sadu dílů P1 při postupném způsobu výroby je vidět v Grafu 3.1.



Graf 3.1 Srovnání PDVL postupného způsobu výroby

Zdroj: vlastní zpracování.

Výhodou zavedení robota do jednoho ze dvou typů lakovacího boxu je to, že pracovník může během doby, kdy robot lakuje, provádět jiné činnosti nebo další přípravu a ušetří tím čas. Tento způsob výroby se nazývá souběžným způsobem výroby a vyznačuje se tím, že je náročnější na organizaci, ale má nejkratší průběžnou dobu výroby. [27]

Pro názorné vykreslení opět použijeme lakované díly P1 v lakovacím boxu suchého typu A_R , kde se bude lakovat deset dávek tohoto typu dílu nepřetržitě pomocí robota $PDV_{soubP1(10)AR}$:

Q lakovaná dávka ($P1A_R$) = 10,

$\check{C}t_{mpřl}$ celkový manipulační čas člověka před lakováním (4 min),

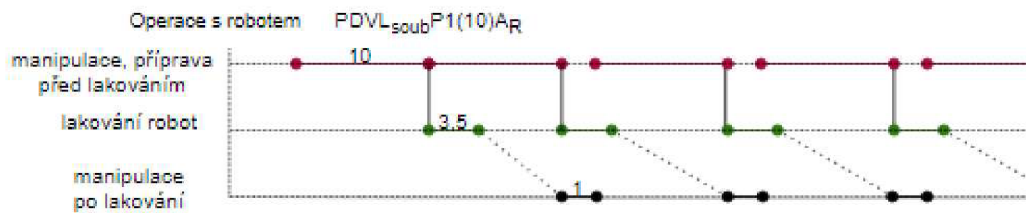
$\check{C}t_{ppřl}$ celkový přípravný čas člověka před lakováním (příprava nátěrových) (6 min),

$\check{C}t_{mpřl} + \check{C}t_{ppřl} = \check{C}t_p$ celkový přípravný čas k lakování (10 min),

$\check{C}t_{mpol} = \check{C}t_z$ celkový manipulační čas člověka po lakování, čas na zakončení (1 min),

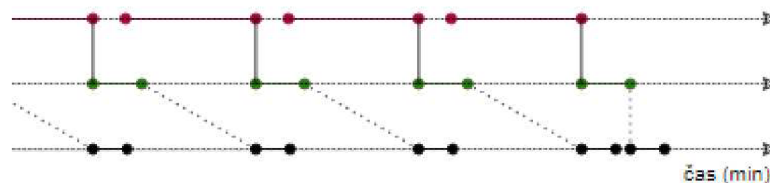
$RtP1$ celkový čas robota, doba samotného lakování dávek dílů P1 (3,5 min).

$$\begin{aligned}
 PDVL_{soubP1(10)A_R} &= \\
 &= 2(\check{C}t_{mpřl} + \check{C}t_{ppřl}) + \check{C}t_z + 8(\check{C}t_{mpřl} + \check{C}t_{ppřl}) + \check{C}t_z + RtP1 - \check{C}t_z = \\
 &= PDVL_{soubP1(10)A_R} = 112,5min
 \end{aligned}$$



Graf 3.2 PDVL při souběžném způsobu výroby – začátek

Zdroj: vlastní zpracování.



Graf 3.3 PDVL při souběžném způsobu výroby – konec

Zdroj: vlastní zpracování.

Grafické porovnání těchto tří variant $PDVL_{post}P1(10)A$, $PDVL_{post}P1(10) AR$ a $PDVL_{soub}P1(10) AR$ je v Příloze A – Průběžná doba výroby na úseku lakovny (pro deset dávek).

Dle výpočtů a výše uvedeného se jedná o typ, který bude trvat nejkratší dobu, a to díky tomu, že pracovník využívá svůj volný čas, kdy by čekal na nalakování dílů robotem k plnění dalších činností. Časová výhoda $PDVL_{soub}P1(10) AR$ oproti $PDVL_{post}P1(10) AR$ bude:

$$PDVL_{soub}P1(10)A_R - PDVL_{post}P1(10)A_R = 32,5 \text{ min}$$

Tab. 3.10 PDV jednotlivých dávek dílů

Průběžná doba výroby lakování na 10 jednotlivých dávek dílů (min)						
Označení	A	B	postAR	postBR	soubAR	soubBR
P1	225,00	230,00	145,00	147,50	112,50	112,75
P2	220,00	225,00	140,00	140,00	112,00	112,00
P3	225,00	225,00	145,00	145,00	112,50	112,50
P4	215,00	220,00	137,50	137,50	111,75	111,75
O1	240,00	245,00	150,00	151,00	113,00	113,10
O2	220,00	220,00	140,00	140,00	112,00	112,00
O3	230,00	235,00	140,00	140,00	112,00	112,00
O4	222,50	225,00	135,00	140,00	111,50	112,00

Zdroj: vlastní zpracování.

3.2.6 Vyhodnocení produktivity práce

Vyhodnocení produktivity práce pro pracoviště obsluhované pouze člověkem, anebo člověkem a robotem:

Časová úspora pracoviště – pro A_R i B_R je vypočítána jako celkový čas potřebný pro lakování celé dávky člověkem mínus celkový čas potřebný k procesu, který potřebuje člověk s robotem. Jsou zde počítány varianty postupného způsobu výroby a souběžného způsobu výroby. Z tabulky je patrné, že při porovnání nejhorší a nejlepší varianty bude při použití robota v lakovacím boxu ušetřeno průměrně 115 minut na deset lakovacích dávek lakovaných za sebou souběžným postupem.

Tab. 3.11 Časová úspora pracoviště, spolupráce robota a člověka

Časová úspora pracoviště, spolupráce robota a člověka				
(min/ 10 lakovacích dávek)				
Označení	A vs postAR	B vs post BR	A vs soubAR	B vs soubBR
P1	80,00	85,00	112,50	117,25
P2	80,00	85,00	108,00	113,00
P3	80,00	80,00	112,50	112,50
P4	77,50	82,50	103,25	108,25
O1	90,00	95,00	127,00	131,90
O2	80,00	80,00	108,00	108,00
O3	90,00	95,00	118,00	123,00
O4	87,50	90,00	111,00	113,00

Zdroj: vlastní zpracování.

Tab. 3.12 Kolik cyklů udělá člověk sám

Kolik cyklů od jednotlivých typů udělá člověk sám (dávky/ rok)		
Označení	A	B
P1	476	466
P2	487	476
P3	476	476
P4	498	487
O1	446	437
O2	487	487
O3	466	456
O4	481	476

Zdroj: vlastní zpracování.

Pro výpočet v Tab. 3.12 byl použit vzorec: kolik dávek od jednotlivých typů udělá člověk sám – celková časová roční dotace pracoviště na jednoho pracovníka/ celkový čas potřebný k dokončení jedné dávky od určitého dílu, který potřebuje pouze člověk.

Tab. 3.13 Kolik cyklů udělá robot ve spolupráci s člověkem

Kolik cyklů udělá robot ve spolupráci s člověkem (dávky/ rok)				
Označení	postAR	postBR	soubAR	soubBR
P1	739	726	952	950
P2	765	765	956	956
P3	739	739	952	952
P4	779	779	958	958
O1	714	709	948	947
O2	765	765	956	956
O3	765	765	956	956
O4	793	765	961	956

Zdroj: vlastní zpracování.

Pro výpočet v Tab. 3.13 byl použit vzorec: kolik dávek udělá robot ve spolupráci s člověkem – celková časová roční dotace pracoviště na jednotku/ celkový čas potřebný k dokončení jedné dávky od určitého dílu při spolupráci člověka a robota.

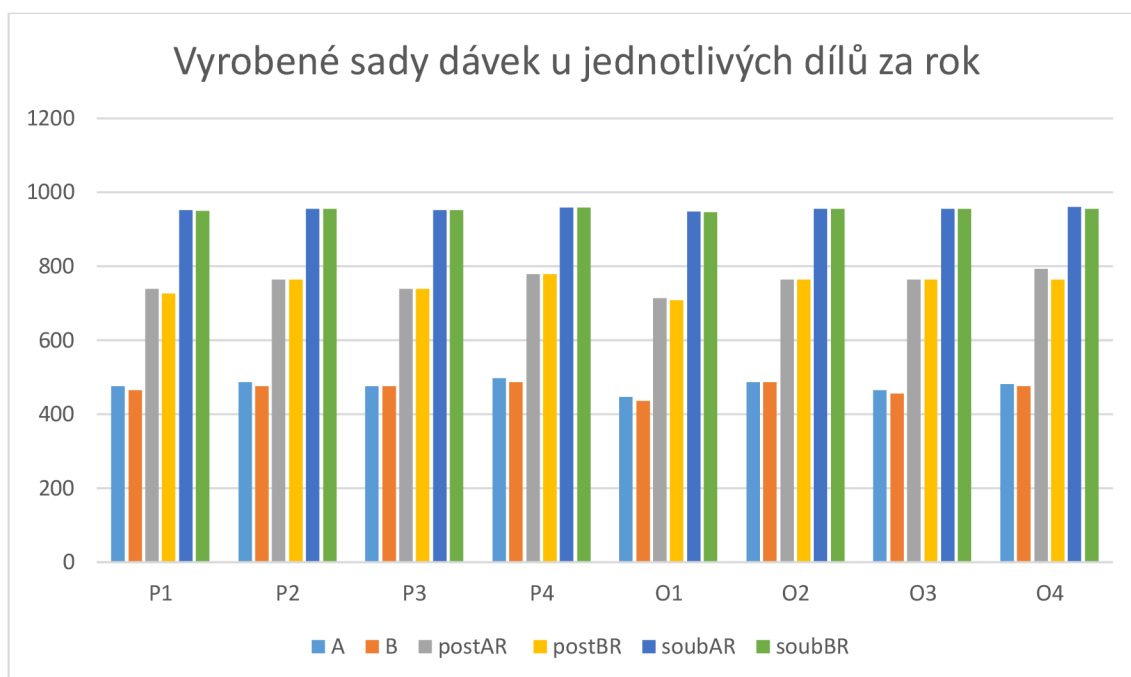
Tab. 3.14 Kolik toho udělají společně navíc (dávky/ rok)

O kolik toho udělají společně navíc (dávky/ rok)		
Označení	soubAR – A	soubBR – B
P1	476	484
P2	469	480
P3	476	476
P4	460	472
O1	502	510

O2	469	469
O3	491	501
O4	479	480

Zdroj: vlastní zpracování.

Pro výpočet v Tab. 3.14 byl použit vzorec: kolik toho udělají navíc, dávky – kolik dávek od jednotlivých typů udělá člověk sám minus kolik dávek udělá robot ve spolupráci s člověkem v nejlepší variantě.



Graf 3.4 Vyrobené sady dávek u jednotlivých dílů za rok

Zdroj: vlastní zpracování.

Z výše uvedeného Grafu 3.4 vyplývá stoupající tendence produkce u jednotlivých typů výroby, kdy je nejprve využita varianta, že všechny činnosti dělá člověk sám, prostřední dva sloupce znázorňují situaci, kdy je již do lakovacího boxu přidán lakovací robot a člověk mu připravuje díly. Tato varianta je tou, kdy člověk čeká na robota. Poslední dva sloupce vykreslují variantu, kdy spolupracuje člověk s robotem, člověk ale během činnosti robota nečeká, ale připravuje další dávku dílů k lakování.

Kolik toho udělají navíc, kusy – produkce násobená počtem kusů dílů v jednotlivé dávce, krát počet cyklů pro jednotlivé typy dílů.

Tab. 3.15 Kolik toho udělají společně navíc (ks/ rok)

O kolik toho udělají společně navíc (kusy/ rok)		
Označení	(soub_{AR} – A). ks	(soub_{BR} – B). ks
P1	47 600	53 266
P2	75 109	76 840
P3	57 120	57 120
P4	36 820	47 157
O1	40 123	40 785
O2	18 777	28 166
O3	58 872	60 061
O4	47 919	48 025
Celkem (ks/ rok)	382 340	411 419

Zdroj: vlastní zpracování.

3.2.7 Shrnutí

Zavedením robota do jednoho ze dvou lakovacích boxů bude vždy znamenat časovou úsporu a s tím spojenou vyšší produkci. Pokud mezi sebou porovnáváme robota v suchém lakovacím boxu a robota v lakovacím boxu mokrého typu, z hlediska vyšší produktivity práce bude výhodnější varianta zavedení robota do lakovacího boxu mokrého typu. Je to dané zejména většími rozdíly ve výkonnosti samotného pracovníka, pokud celý proces dělá sám a variantou, kdy člověk připravuje díly robotovi, který za něj lakuje. Je ale nutné podotknout, že rozdíl není tak velký a je dán také o něco málo větší kapacitou lakovaných kusů v lakovacím boxu.

4 Ekonomické vyhodnocení

K vyhodnocení zavádění technologií průmyslu 4.0 bude pro účely této práce využita metoda čisté současné hodnoty.

Čistá současná hodnota je rozdíl mezi současnou hodnotou peněžních příjmů a současnou hodnotou peněžních odtoků za určité časové období. Používá se k investičnímu plánování, k analýze ziskovosti předpokládané investice nebo projektu – v našem případě zavádění robota do jednoho z lakovacích boxů. Čistá současná hodnota se používá k výpočtu aktuální celkové hodnoty budoucího toku plateb, jak bylo popsáno v kapitole 1.8.2 Dynamické metody hodnocení investic.

ČSH představuje časovou hodnotu peněz a lze ji použít k porovnání podobných investičních alternativ. ČSH se opírá o diskontní sazbu, která může být odvozena z nákladů na kapitál potřebný k investování. ČSH se snaží vyhodnotit ziskovost dané investice na základě toho, že koruna v budoucnu nebude mít stejnou hodnotu jako koruna dnes. Ale korunu dnes lze investovat a získat výnos, takže její budoucí hodnota může být vyšší než koruna přijatá ve stejném okamžiku v budoucnu.

ČSH se snaží určit současnou hodnotu budoucích peněžních toků investice nad počáteční náklady investice. Pro výpočet ČSH je třeba odhadnout budoucí peněžní toky pro každé období a určit správnou diskontní sazbu. Prvek diskontní sazby ČSH diskontuje budoucí peněžní toky na současnou hodnotu (peníze v průběhu času ztrácejí hodnotu v důsledku inflace).

Pokud je odečtení počátečních nákladů investice od součtu peněžních toků v současnosti kladné, pak se investice vyplatí. Neboli pokud je ČSH investice kladná, znamená to, že diskontovaná současná hodnota všech budoucích peněžních toků souvisejících s tímto projektem nebo investicí bude kladná.

4.1 Výpočet ČSH

Výpočet ČSH dle vzorce (1.17):

$$\check{C}SH = \sum_{n=1}^N \frac{CF_n}{(1+i)^n} - K$$

kde:

CF_n Cash Flow – příjmy plynoucí z investice v jednotlivých letech = peněžní úspora na mzdách zaměstnanců – náklady na provoz a údržbu (Kč),

i diskontní sazba v desetinném vyjádření – požadovaná míra výnosovost = 10 %,

N doba životnosti (roky) – A1= 25 let, B1 = 24 let,

n jednotlivé roky životnosti,

K kapitálové výdaje = pořizovací cena robota (Kč),

SH současná hodnota (Kč).

Tab. 4.1 Výpočet ČSH pro robota určeného do suchého lakovacího boxu

Lakovací robot do suchého boxu AR					
n (rok)	Úspora (Kč/rok)	Náklady (Kč/rok)	CF	odúročitel	SH (Kč)
1	1 220 256	827 600	392 656	0,91	356 960
2	1 220 256	827 600	392 656	0,83	324 509
3	1 220 256	827 600	392 656	0,75	295 008
4	1 220 256	827 600	392 656	0,68	268 189
5	1 220 256	827 600	392 656	0,62	243 808
6	1 220 256	827 600	392 656	0,56	221 644
7	1 220 256	827 600	392 656	0,51	201 495
8	1 220 256	827 600	392 656	0,47	183 177
9	1 220 256	827 600	392 656	0,42	166 524
10	1 220 256	827 600	392 656	0,39	151 386
11	1 220 256	827 600	392 656	0,35	137 624
12	1 220 256	827 600	392 656	0,32	125 112
13	1 220 256	827 600	392 656	0,29	113 738
14	1 220 256	827 600	392 656	0,26	103 399
15	1 220 256	827 600	392 656	0,24	93 999
16	1 220 256	827 600	392 656	0,22	85 453

17	1 220 256	827 600	392 656	0,20	77 685
18	1 220 256	827 600	392 656	0,18	70 623
19	1 220 256	827 600	392 656	0,16	64 202
20	1 220 256	827 600	392 656	0,15	58 366
21	1 220 256	827 600	392 656	0,14	53 060
22	1 220 256	827 600	392 656	0,12	48 236
23	1 220 256	827 600	392 656	0,11	43 851
24	1 220 256	827 600	392 656	0,10	39 865
25	1 220 256	827 600	392 656	0,09	36 241
suma SH					3 564 154
ČSH					1 177 854

Zdroj: vlastní zpracování.

Náklady – jedná se o Roční náklady na provoz a údržbu viz Tab. 3.5.

Tab. 4.2 Výpočet ČSH pro robota určeného do lakovacího boxu mokrého typu

Lakovací robot do mokrého boxu Br					
n (rok)	Úspora (Kč/rok)	Náklady (Kč/rok)	CF	odúročitel	SH (Kč)
1	1 220 256	832 800	387 456	0,91	352 233
2	1 220 256	832 800	387 456	0,83	320 212
3	1 220 256	832 800	387 456	0,75	291 101
4	1 220 256	832 800	387 456	0,68	264 638
5	1 220 256	832 800	387 456	0,62	240 580
6	1 220 256	832 800	387 456	0,56	218 709
7	1 220 256	832 800	387 456	0,51	198 826
8	1 220 256	832 800	387 456	0,47	180 751
9	1 220 256	832 800	387 456	0,42	164 319
10	1 220 256	832 800	387 456	0,39	149 381
11	1 220 256	832 800	387 456	0,35	135 801
12	1 220 256	832 800	387 456	0,32	123 455
13	1 220 256	832 800	387 456	0,29	112 232
14	1 220 256	832 800	387 456	0,26	102 029
15	1 220 256	832 800	387 456	0,24	92 754
16	1 220 256	832 800	387 456	0,22	84 322
17	1 220 256	832 800	387 456	0,20	76 656
18	1 220 256	832 800	387 456	0,18	69 687
19	1 220 256	832 800	387 456	0,16	63 352

20	1 220 256	832 800	387 456	0,15	57 593
21	1 220 256	832 800	387 456	0,14	52 357
22	1 220 256	832 800	387 456	0,12	47 597
23	1 220 256	832 800	387 456	0,11	43 270
24	1 220 256	832 800	387 456	0,10	39 337
suma SH					3 481 193
ČSH					1 025 193

Zdroj: vlastní zpracování.

Z výpočtu pro oba typy lakovacích robotů je patrné, že v obou případech vyšla ČSH kladná. Z toho plyne, že obě investice se do budoucna firmě vyplatí.

Investice do robota, který by se umíšťoval do lakovacího boxu suchého typu, vychází trochu lépe. Další porovnání obou investic je v následujících podkapitolách.

4.2 Diskontovaná doba návratnosti investice

Diskontovaná doba návratnosti investice udává, za jak dlouho budou z peněžních příjmů uhrazeny kapitálové výdaje spojené s investicí. Výpočet provedeme pomocí vzorce (1.20):

$$K = \sum_{n=1}^{PP_d} \frac{CF_n}{(1+i)^n}$$

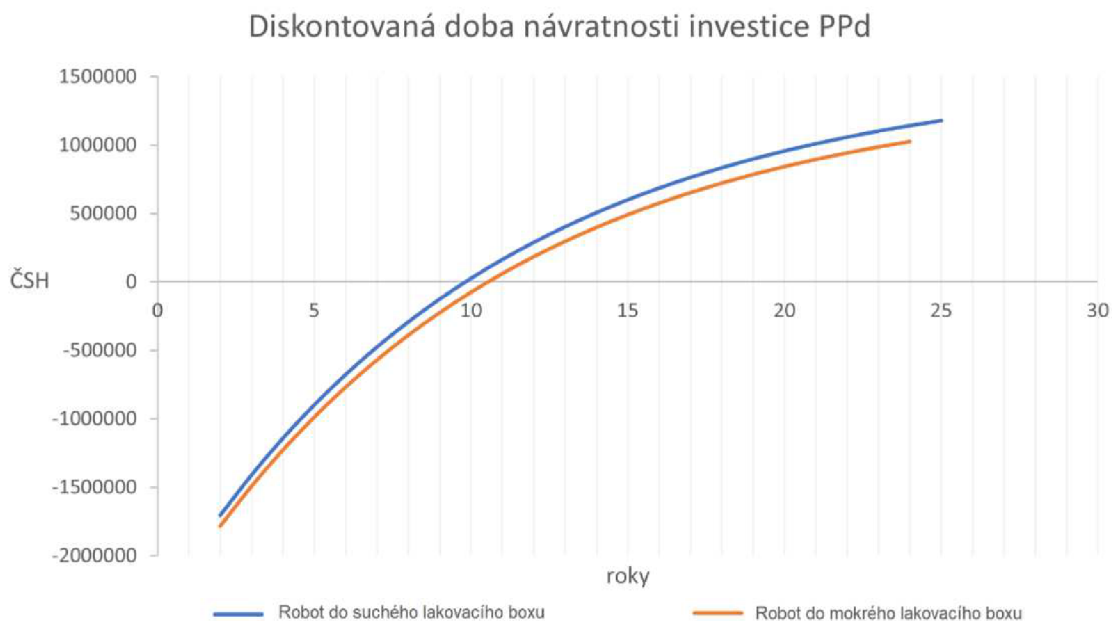
kde:

K kapitálové výdaje = pořizovací cena robota (Kč),

CF_n Cash Flow – příjmy plynoucí z investice v jednotlivých letech = peněžní úspora na mzdách zaměstnanců – náklady na provoz a údržbu (Kč),

i diskontní sazba v desetinném vyjádření – požadovaná míra výnosovost = 10 %,

n jednotlivé roky životnosti.



Graf 4.1 Diskontovaná doba návratnosti investice

Zdroj: vlastní zpracování.

Z výpočtu a grafu vyplývá, že obě investice se zaplatí tak, jaký je obecný požadavek při rozhodování o investici, po méně než polovině jejich živostnosti. Nicméně, čím je doba návratnosti nižší, tím lépe. Opět vychází trochu lépe varianta robota do suchého lakovacího boxu, který se zaplatí bez mála do deseti let, než investice spojená se zavedením robota do lakovacího boxu mokrého typu, jehož zaplacení potrvá o necelý rok déle než předchozí varianta.

4.3 Index ziskovosti

Index ziskovosti PI vyjadřuje poměr přínosů k počátečním kapitálovým výdajům. Výpočet provedeme ze vzorce (1.19):

$$PI = \frac{\sum_{n=1}^N \frac{CF_n}{(1+i)^n}}{K}$$

neboli:

$$PI = \frac{SH}{K}$$

kde:

PI index ziskovosti,

CF_n Cash Flow – příjmy plynoucí z investice v jednotlivých letech = peněžní úspora na mzdách zaměstnanců – náklady na provoz a údržbu (Kč),

i diskontní sazba v desetinném vyjádření – požadovaná míra výnosovost = 10 %,

n jednotlivé roky životnosti,

K kapitálové výdaje = pořizovací cena robota (Kč),

SH současná hodnota.

Tab. 4.3 Výpočet PI

Typ robota	SH (Kč)	K (Kč)	PI
do suchého boxu A_R	3 564 154	2 386 300	1,49
do mokrého boxu B_R	3 481 193	2 456 000	1,42

Zdroj: vlastní zpracování.

Pro oba případy platí, že $PI > 1$ -> ČSH je kladná – investice se vyplatí.

Ekonomicky výhodnější investice je opět ta, která má vyšší PI . Zde opět lépe vychází investice spojená s robotem v suchém lakovacím boxu, jejíž index je o 0,07 bodů výhodnější.

4.4 Relativní výnos

Relativní výnos neboli vnitřní výnosové procento může být chápáno také jako rentabilita neboli návratnost investice. Investici lze považovat za výhodnou, pokud má IRR vyšší, než je požadovaná minimální výnosnost investice.

Úroková míra, při níž se současná hodnota peněžních příjmů z investice rovná kapitálovým výdajům. Relativní výnos bude dle vzorce (1.18) následující:

$$K = \sum_{n=1}^N \frac{CF_n}{(1 + IRP)^n}$$

kde:

IRP vnitřní výnosové procento,

CF_n Cash Flow – příjmy plynoucí z investice v jednotlivých letech = peněžní úspora na mzdách zaměstnanců – náklady na provoz a údržbu (Kč),

i diskontní sazba v desetinném vyjádření – požadovaná míra výnosovost = 10 %,

n jednotlivé roky životnosti,

K kapitálové výdaje = pořizovací cena robota (Kč).

Tab. 4.4 Výpočet IRP

Typ robota	K (Kč)	<i>IRP (%)</i>
do suchého boxu A_R	2 386 300	16,05
do mokrého boxu B_R	2 456 000	15,48

Zdroj: vlastní zpracování.

Očekávaná míra výnosovosti neboli výnosové procento, které investice přináší během své doby životnosti, je větší než diskontní sazba. Čím vyšší je IRP, tím vyšší je relativní výnosnost neboli rentabilita.

Investici lze dále považovat za výhodnou, pokud má IRP vyšší, než je požadovaná míra výnosovosti. V našem případě toto splňují oba případy. Vyšší IRP má opět první varianta robota v lakovacím boxu suchého typu, která má o 0,57 procentních bodů lepší výsledek.

Závěr

S vývojem technologií a postupným uplatňováním iniciativy Průmyslu 4.0, který s sebou nese mnohdy nahrazování části lidské pracovní síly roboty nebo automatizovanými zařízeními, se firmy vystavují volbě mezi těmito dvěma směry. Pokud zvolí změnu formou inovace a vymění lidskou pracovní sílu za robota, musí tato změna přinést zvýšení produktivity práce při menším zvýšení nákladů na provoz, a tedy celkové zvýšení zisku firmy. Kreativně destruktivní charakter, který s sebou nese nástup nových technologií, kdy dochází k úplnému zániku některých pracovních míst nebo přeměnění jejich pracovní náplně, s sebou přináší také příležitosti a výzvy, kterým musí zaměstnanci a zaměstnavatelé čelit. Tato změna tedy něco sebere, ale zároveň vytvoří místo pro nové věci, pracovní pozice a myšlenky.

Cílem této práce bylo popsat vývoj inovačních cyklů v ekonomice, teorii produkční funkce a charakterizovat Průmysl 4.0. Tomuto se věnovaly první dvě části této práce.

Poslední dvě části práce se věnovaly ekonomickému zhodnocení efektivnosti zavádění technologií Průmyslu 4.0 ve vybrané společnosti, k tomuto účelu posloužila společnost Latécoère Czech Republic, která se zabývá výrobou a montáží palubních dveří letadel pro přední světové výrobce, jako je například Boeing nebo Airbus. Ekonomické vyhodnocení automatizace pak proběhlo na úseku povrchových úprav, konkrétně úseku lakovny, kde byl hodnocen návrh zavedení lakovacího robota do jednoho ze dvou typů lakovacího boxu.

K účelům ekonomického efektivnosti zavádění inovativních technologií byla využita zejména metoda čisté současné hodnoty, jež se používá k investičnímu plánování a analýze návratnosti předpokládané investice. Tato metoda udává současné celkové hodnoty budoucího peněžního toku. Při výpočtu ČSH byly do vzorce dosazeny obě varianty robota, jak do suchého lakovacího boxu, tak do toho mokrého. Jako Cash Flow reprezentující příjmy plynoucí z investice byl brán rozdíl peněžních úspor na mzdách a náklady spojené s provozem a údržbou jednotlivých robotů v lakovacích boxech. Obě varianty výpočtu ČSH vyšly kladně, investice se tedy v obou případech vyplatí.

K dalšímu porovnání investic byl použit výpočet diskontované doby návratnosti. Obecným předpokladem pro dobrou investici je, že se doba její návratnosti bude menší nebo rovna polovině její životnosti. Toto kritérium obě investice také splnily. S náskokem

jednoho roku vyšla lépe investice spojená s nákupem robota do suchého lakovacího boxu. Stejně lépe vyšla také tato první varianta investice lakovacího robota do lakovacího boxu suchého typu při porovnání ziskovosti, což je ukazatel přínosu k počátečním kapitálovým výdajům a výnosnosti neboli rentabilitě, která udává návratnost investice.

Rozhodnutí firmy, zda uvedené inovativní technologie zavést, by v tomto případě bylo kladné. Firma by s odkazem na výpočty provedené v kapitole čtyři, mohla obě investice spojené se zavedením lakovacího robota do jednoho z lakovacích boxů prohlásit za proveditelné. Pro volbu, která z variant investice je optimálnější, se lze rozhodnout podle výše ČSH, diskontované doby návratnosti, výnosnosti nebo rentability investice. Dalším rozhodovacím parametrem může být ukazatel produktivity práce, který byl podrobně popsán v kapitole 3.2.4 a 3.2.6. V obou případech investice do lakovacího robota buď pro suchý nebo mokrý lakovací box produktivita práce vzrostla.

V tomto konkrétním případě, kdy firma zvažuje zavedení lakovacího robota na linku, jde nejen o ušetření nákladů za předpokladu vyšší produkce nebo úspory času, ale také o zlepšení pracovních podmínek, kterým jsou zaměstnanci lakovny vystavováni. Společnost do svého rozhodovacího procesu může tedy také zahrnout další benefity, které by tato investice přinesla.

Seznam zdrojů

- [1] ŚLEDZIK, Karol. Schumpeter's View on Innovation and Entrepreneurship. *SSRN Electronic Journal* [online]. Gdansk: University of Gdansk, 2013, 8 [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: doi:10.2139/ssrn.2257783
- [2] HOLMAN, Robert. Joseph Alois Schumpeter – teorie podnikatele a hospodářského cyklu. *www.cepin.cz* [online]. © Centrum pro ekonomiku a politiku, 12. 05. 2002 [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <http://www.cepin.cz/cze/prednaska.php?ID=143>
- [3] Lead Innovation. *Lead-innovation.com* [online]. München – Germany: LEAD INNOVATION MANAGEMENT, © 2021 [cit. 2021-12-20]. Dostupné z: <https://www.lead-innovation.com/english-blog/the-4-phases-of-innovation>
- [4] Oslo manual 2018: guidelines for collecting, reporting and using data on innovation. 4th edition. Paris: OECD, [2018], ©2018. 254 stran. The measurement of scientific and technological activities. ISBN 978-92-64-30455-0. Dostupné také z: <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>.
- [5] HACKLIN, RAURICH a MARXT. How incremental innovation becomes disruptive: the case of technology convergence. *IEEE International Engineering Management Conference (IEEE Cat. No.04CH37574)* [online]. Singapore, 2004, 04 April 2005, 2004(vol. 1), str 32–36 [cit. 2022-01-17]. Dostupné z: doi:10.1109/IEMC.2004.1407070
- [6] Ekonomický růst a teorie hospodářského cyklu: Teorie hospodářského cyklu. *Vovcr.cz: Portál inovace vyššího odborného vzdělávání* [online]. Praha: ČVUT v Praze, Fakulta elektrotechnická Katedra telekomunikační techniky, 2021 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://www.vovcr.cz/odz/ekon/436/page08.html>
- [7] GANTI, AKHILESH a MICHAEL BOYLE. Kondratieff Wave: What Is a Kondratieff Wave? *Investopedia.com* [online]. New York: Dotdash meredit, 2021, February 23, 2021 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: <https://www.investopedia.com/terms/k/kondratieff-wave.asp>
- [8] ISKYAN, Kim. This is what a long economic winter feels like. *Businessinsider.com* [online]. New York: © Insider, 2022, Oct29, 2016 [cit. 2022-01-10]. Dostupné z: <https://www.businessinsider.com/what-a-long-economic-winter-feels-like-2016-10>

- [9] Kondratieff Wave: Economic cycles that alternate between periods of high and low growth rates. *Corporatefinanceinstitute.com* [online]. Vancouver, Canada: CFI Education, © 2015 to 2022 [cit. 2022-01-07]. Dostupné z: <https://corporatefinanceinstitute.com/resources/knowledge/economics/kondratieff-f-wave/>
- [10] The sixth Kondratieff – long waves of prosperity: Kondratieff cycles – long waves of prosperity. *Allianz.com* [online]. Frankfurt am Main: Allianz Global Investors, 2010, January 2010 [cit. 2022-01-01]. Dostupné z: https://www.allianz.com/content/dam/onemarketing/azcom/Allianz_com/migration/media/press/document/other/kondratieff_en.pdf
- [11] DORFMAN, Robert. Theory of production. *Britannica* [online]. London: Encyclopædia Britannica, ©2022, 2016 [cit. 2022-01-26]. Dostupné z: <https://www.britannica.com/topic/theory-of-production>
- [12] Theory of Production. *Tutorialspoint: simply easy learning* [online]. Hyderabad, India: tutorialspoint.com, 2021 [cit. 2022-01-26]. Dostupné z: https://www.tutorialspoint.com/managerial_economics/theory_of_production.htm
- [13] MACÁKOVÁ, Libuše a kolektiv. *Mikroekonomie: Základní kurs*. 8. aktualizované vydání. Slaný: Malandrium, 2003. ISBN 80-96175-38-3.
- [14] Příjmy, náklady, zisk, bod zvratu. *JČU ČB, ekonomická fakulta* [online]. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, 2021 [cit. 2022-02-01]. Dostupné z: <http://www2.ef.jcu.cz/~jalina/sim/rev.pdf>
- [15] Fuchs, K., Tuleja, P. *Základy ekonomie*. Praha: Ekopress, 2005. ISBN 80-86119-94-7
- [16] *Principles of Economics: Chapter 20 Economic Growth* [online]. Houston, Texas: Rice University, 2017 [cit. 2022-03-10]. ISBN ISBN 978-1-947172-48-7. Dostupné z: <https://opentextbc.ca/principlesofeconomics/chapter/20-2-labor-productivity-and-economic-growth/>
- [17] HOLMAN, R. *Ekonomie*. 3. aktualizované vydání. Praha: C.H. Beck. Beckovy ekonomické učebnice, 2002. ISBN 80-7179-681-6.
- [18] HOŘEJŠÍ, B., L. MACÁKOVÁ a kol. *Mikroekonomie*. 2. aktualizované vydání. Praha: Management Press, 2010. ISBN 978-80-7261-218-5.

- [19] MANKIWI, N.G. *Macroeconomics* [online]. 7th Edition. Harvard University, Boston USA: Worth Publishers, 2010 [cit. 2022-02-01]. ISBN 978-1305081659. Dostupné z: <https://scholar.harvard.edu/mankiw/publications/macroeconomics-7th-edition>
- [20] TOMÁŠ, Jiří. *Ekonomika podniku II. Vsem.cz* [online]. Praha: VŠEM, 2022, 19.3.2012 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: https://www.vsem.cz/data/data/sis-texty/studijni-texty-bc/st_ep_epII_tomas2.pdf
- [21] DUCHOŇ, Bedřich. *Inženýrská ekonomika*. Praha: C. H. Beck, 2007. ISBN 978-80-7179-763-0.
- [22] KOVAŘÍK, Pavel. *Manažerská ekonomika* [online]. Praha: Vysoká škola ekonomie a management, 2015 [cit. 2022-03-25]. ISBN 978-80-87839-56-0.
- [23] HOLEČKOVÁ, Lenka a Jaroslava HYRŠOVÁ. *Ekonomika podniku*. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu. ISBN 978-80-87839-90-4.
- [24] *Acta academica karviniensia* [online]. 2011. Slezské univerzita v Opavě, 2011 [cit. 2022-03-10]. ISSN 2533-7610. Dostupné z: <https://aak.slu.cz/pdfs/aak/2011/03/04.pdf>
- [25] Produktivita práce. *Štefan Czadró* [online]. Brno: Webnode, 2008 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: http://czadro1.szm.com/produktivita_prace.htm
- [26] MACUROVÁ, Pavla, Naděžda KLABUSAYOVÁ a Leo TVRDOŇ. *Logistika*. 2. upravené a doplněné vydání. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2018. Series of economics textbooks, Faculty of Economics, VŠB-TU Ostrava, 2018, vol. 16. ISBN 978-80-248-4158-8.
- [27] GROS, Ivan a kolektiv. *Velká kniha logistiky*. Praha: Vysoká škola chemicko technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [28] KAVKA, L. *Systémová analýza logistických procesů*. In: *Acta Logistica*, 1/2012. s. 70-80. ISSN 1339-5629
- [29] What is Industry 4.0: The Industrial Internet of Things. Epicor.com [online]. ©Epicor Software Corporation, 2020 [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.epicor.com/en-us/resource-center/articles/what-is-industry-4-0/>
- [30] SZYDLOWSKÁ, Alena. *Nová průmyslová revoluce: Průmysl 4.0*. In: *Datamix.eu* [online]. Olomouc: © Datamix Solutions, 2020, 28.4.2017 [cit. 2020-12-10]. Dostupné z: <https://www.datamix.eu/blog/nova-prumyslova-revoluceprumysl-4-0>

- [31] LUENENDONK, Martin. Industry 4.0: Definition, Design Principles, Challenges, and the Future of Employment. Cleverism.com [online]. © Cleverism, 2020, 23.9.2019 [cit. 2020-12-03]. Dostupné z: <https://www.cleverism.com/industry-4-0/>
- [32] Průmysl 4.0 má v Česku své místo. Mpo.cz: Ministerstvo průmyslu a obchodu ČR [online]. Praha: © Copyright MPO, 2005–2020, 2.9.2016 [cit. 2020-12-05]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/prumysl4-0-ma-v-cesku-sve-misto--176055/>
- [33] Dopady digitalizace na trh práce v ČR a EU: Příspěvek k vývoji hospodářského modelu ČR. *Vláda České republiky* [online]. Praha: Úřad vlády České republiky, OST EU, ©2015 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.vlada.cz/assets/evropske-zalezitosti/analyzy-EU/Dopady-digitalizace-na-trh-prace-CR-a-EU.pdf>
- [34] Latécoère History: A Century of Boldness. Latecoere.aero [online]. Toulouse: Latécoère, 2017, 16.11.2020 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.latecoere.aero/en/the-group/history>
- [35] Global Presence: Latécoère. Latecoere.aero [online]. Toulouse: Latécoère, 2017, 16.11.2020 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.latecoere.aero/en/thegroup/global-presence>
- [36] Latecoere: Latecoere Czech Republic. Latecoere.aero [online]. Toulouse: Latecoere, 2017 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.latecoere.aero/en/latecoere-ceska-republika>
- [37] PRONĚK, Tomáš. Letňanské listy: Letov aneb Smutný úděl naší nejstarší letecké továrny. Letnanskelisty.cz: Měsíčník městské části Praha 18 [online]. Městská část Praha 18: MČ Praha 18, 2017, 3.7.2016 [cit. 2020-12-01]. Dostupné z: <https://www.letnanskelisty.cz/letov-aneb-smutny-udel-nasi-nejstarsi-letecketovarny/d-114>
- [38] *Interní dokumentace Latécoère Czech Republic*. Praha, 2022.
- [39] Robotizace lakovny. In: *Surfin-tech.cz* [online]. Brno: SURFIN Technology s.r.o, 2022 [cit. 2022-03-10]. Dostupné z: <https://www.surfin-tech.cz/reference/roboticke-lakovani/robotizace-lakovny-rozvadecu>

Seznam grafických objektů

Seznam grafů

Graf 1.1 Celkový mezní a průměrný produkt	19
Graf 1.2 Celkové náklady	20
Graf 1.3 Průměrné a mezní náklady	21
Graf 1.4 Mapa izokvant	22
Graf 1.5 Nákladové optimum firmy	23
Graf 1.6 Vliv změn cen vstupů	24
Graf 1.7 Celkové náklady	24
Graf 1.8 Výnosy z rozsahu	25
Graf 2.1 Vývoj počtu profesí dle CZ-ISCO-1, vývoj do roku 2030	40
Graf 2.2 Rozložení rizika u profesí dle příjmových skupin	42
Graf 3.1 Srovnání PDVL postupného způsobu výroby	60
Graf 3.2 PDVL při souběžném způsobu výroby – začátek	61
Graf 3.3 PDVL při souběžném způsobu výroby – konec	61
Graf 3.4 Vyrobené sady dávek u jednotlivých dílů za rok	65
Graf 4.1 Diskontovaná doba návratnosti investice	71

Seznam obrázků

Obr. 1.1 Kondratieffovy vlny	14
Obr. 1.2 K-vlny v dlouhém období	15
Obr. 2.1 Vývoj, Průmysl 4.0	37
Obr. 2.2 Mapa EU zbarvená dle indexu nejvíce ohrožených profesí	41
Obr. 3.1 Layout – haly společnosti	45
Obr. 3.2 Lakovací boxy	49
Obr. 3.3 Lakovací robot, ilustrační foto	54

Seznam schémat

Schéma 3.1 Výroba Latécoère CZ	44
Schéma 3.2 Povrchové úpravy v LCZ	46
Schéma 3.3 Schéma lakovny	48

Seznam tabulek

Tab. 2.1 Nejvíce ohrožené profese	42
Tab. 2.2 Nejméně ohrožené profese	42
Tab. 3.1 Lakované díly (plechové, obráběné)	50
Tab. 3.2 Průměrné naměřené časy	52
Tab. 3.3 Průměrné naměřené časy lakování jednotlivých dávek dílů	53
Tab. 3.4 Cenová nabídka	54
Tab. 3.5 Roční náklady na údržbu a provoz	55
Tab. 3.6 Roční náklady zaměstnavatele na zaměstnance	55
Tab. 3.7 Roční úspora na zaměstnancích	56
Tab. 3.8 Srovnání jednotlivých činností	57
Tab. 3.9 Porovnání doby lakování člověkem a robotem v jednotlivých lakovacích boxech	57
Tab. 3.10 PDV jednotlivých dávek dílů	62
Tab. 3.11 Časová úspora pracoviště, spolupráce robota a člověka	63
Tab. 3.12 Kolik cyklů udělá člověk sám	63
Tab. 3.13 Kolik cyklů udělá robot ve spolupráci s člověkem	64
Tab. 3.14 Kolik toho udělají společně navíc (dávky/ rok)	64
Tab. 3.15 Kolik toho udělají společně navíc (ks/ rok)	66
Tab. 4.1 Výpočet ČSH pro robota určeného do suchého lakovacího boxu	68
Tab. 4.2 Výpočet ČSH pro robota určeného do lakovacího boxu mokrého typu	69
Tab. 4.3 Výpočet PI	72
Tab. 4.4 Výpočet IRP	73

Seznam zkratek

α	elasticita kapitálu
β	elasticita práce
γ	úroveň technologie
A	varianta se suchým lakovacím boxem
A _R	lakovací robot v suchém lakovacím boxu
AC	průměrné náklady
AE	průměrná mzda
AFC	průměrné fixní náklady
AI	umělá inteligence
AP	průměrný produkt
AVC	průměrné variabilní náklady
B	varianta s mokrým lakovacím boxem
B _R	lakovací robot v mokrém lakovacím boxu
CF	Cash Flow
CNC	číslicově řízené stroje
CZ	Česká republika
ČSH	čistá současná hodnota
ČR	Česká republika
D	cizí kapitál
DPH	daň z přidané hodnoty
E	vlastní kapitál
EBIT	zisk před zdaněním
EC	=explicitní náklady

EVA Economic Value Added – zisk po zdanění snižený o náklady na veškerý kapitál použitý k produkci tohoto zisku

F množství výrobních faktorů

FC fixní náklady

FPI penetrační testování

i diskontní sazba

IC implicitní náklady

IoT internet věcí

IIoT průmyslový internet věcí

IRP vnitřní výnosové procento

ISCO mezinárodní standardní klasifikace zaměstnání

K kapitál

Kč Koruna česká

L práce

l sazba daně ze zisku

LCZ Latécoère Czech Republic

M2M komunikace stroj – stroj

MC mezní náklady

MP mezní produkt

MPI magnetické testování

MPK mezní produkt kapitálu

MPL mezní produkt práce

MPO Ministerstvo průmyslu a obchodu

n roky životnosti

N doba životnosti

NADCAP National Aerospace and Defense Contractors Accreditation Program

NDT	nedestruktivní testování
NOPAT	výsledek provozního hospodaření po zdanění
P	zisk
PDVL	průběžná doba výroby na úseku lakovny
PI	index ziskovosti
P_K	cena kapitálu
P_L	cena práce
post	postupný způsob výroby
PP	doba návratnosti
PP_d	diskontovaná doba návratnosti
PrP	produktivita práce
Q	objem produkce
r_d	náklady na cizí kapitál před zdaněním zisku
r_e	náklady na vlastní kapitál po zdanění zisku
s	průměrný počet směn v pracovním dni
SH	současná hodnota
soub	souběžný způsob výroby
t	počet pracovníků
T	roční časový fond
TC	celkové náklady
TCl	osobní náklady – mzdové prostředky
t_{do}	počet pracovních dnů ve kterých bude prováděna odstávka nebo nutné opravy
t_h	průměrný počet hodin v jedné směně
t_{kd}	počet kalendářních dnů v roce
t_{nd}	počet nepracovních dnů v roce
t_{np}	průměrný počet dnů jiných nutných odstávek

TP čistý zisk

TR celkové příjmy

úP účetní zisk

VC variabilní náklady

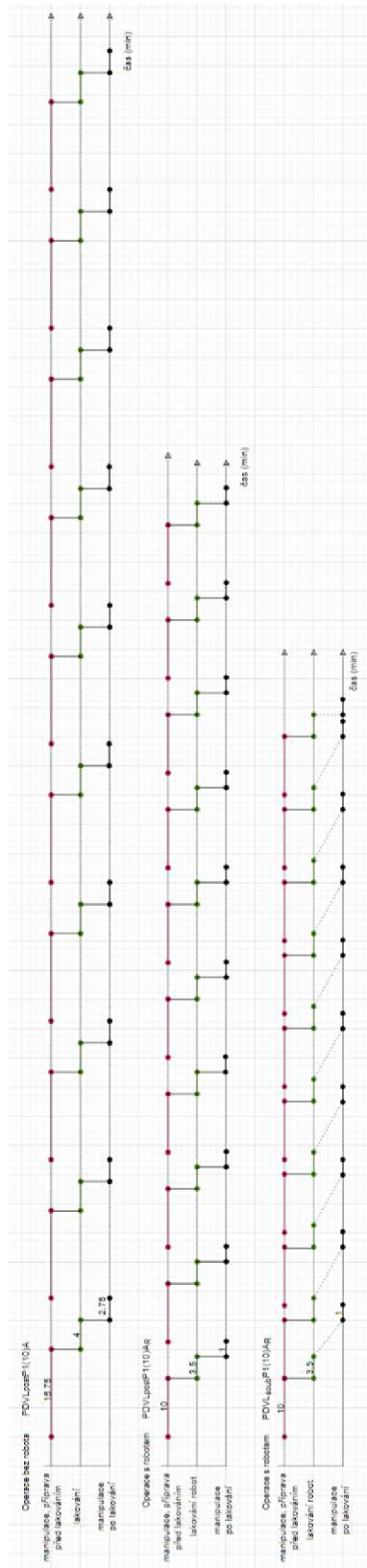
WACC průměrné náklady na celkový dlouhodobě investovaný kapitál

Y produkční funkce

Seznam příloh

Příloha A Průběžná doba výroby na úseku lakovny (pro deset dávek)

Průběžná doba výroby na úseku lakovny (pro deset dávek)



Autorka	Bc. Klára Myslivcová
Název DP	Ekonomická efektivnost zavádění technologií průmyslu 4.0
Studijní obor	LOG
Rok obhajoby DP	2022
Počet stran	66
Počet příloh	1
Vedoucí DP	doc. Ing. Zdeněk Říha, Ph.D.
Anotace	Tato diplomová práce se zabývá ekonomickou efektivností zavádění technologií Průmyslu 4.0. Nejprve je v práci obecně pojednáno o cyklech v ekonomice, o inovacích, které přináší, a způsobu jejich hodnocení. Dále je zde představen koncept Průmyslu 4.0. Jde o současný trend rozvoje automatizace výroby a digitalizace, který je v dnešní době často skloňován a zaznamenává velký růst. V další části je představen plán automatizace a robotizace na konkrétním úseku výroby ve vybrané společnosti, který je v závěru doplněn o jeho ekonomické vyhodnocení.
Klíčová slova	Průmysl 4.0, inovace, automatizace, robotizace, průmyslová revoluce, technologie
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	