

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
FAKULTA STROJNÍ**

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

2022

Ing. Konstantin Novikov, MBA

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: P2301 Strojní inženýrství

Studijní obor: 2301V007 Průmyslové inženýrství a management

**DISERTAČNÍ PRÁCE**

Zefektivnění provádění výrobních procesů v rámci organizační přípravy  
výroby

Autor: **Ing. Konstantin Novikov, MBA**

Školitel: **doc. Ing. Jana Kleinová, CSc.**

Akademický rok 2022/2023

## **PROHLÁŠENÍ O AUTORSTVÍ**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě písemnou práci:

*Název práce*

*Zefektivnění provádění výrobních procesů v rámci organizační přípravy výroby*

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně, dle Studijního a zkušebního řádu Západočeské univerzity v Plzni, pod odborným dohledem školitele a s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této práce.

V Plzni dne:.....

.....

Podpis autora

## **PODĚKOVÁNÍ**

Rád bych poděkoval všem členům katedry průmyslového inženýrství a managementu Západočeské univerzity v Plzni, kteří mi poskytli odborné vedení při vypracování disertační práce, zejména pak své školitelce doc. Ing. Janě Kleinové, CSc., za její důležité podněty, rady a připomínky, které mi velmi pomohly a za čas, jež mi věnovala.

## ANOTAČNÍ LIST DISERTAČNÍ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Novikov	Jméno Konstantin
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	Průmyslové inženýrství a management	
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) doc. Ing. Kleinová CSc.	Jméno Jana
<b>PRACOVISŤĚ VEDOUcíHO</b>	ZČU – FST – KPV	
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>disertační</b>	
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Zefektivnění provádění výrobních procesů v rámci organizační přípravy výroby	

Fakulta:           Strojní  
Katedra:           Průmyslové inženýrství a management  
Rok odevzdání:   2022

### Počet stránek (A4 a ekvivalentů A4)

Celkem	123	Textová část	95	Grafická část	28
<b>STRUČNÝ POPIS ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b>	<p>Disertační práce se zabývá tématem „Zefektivnění provádění výrobních procesů v rámci organizační přípravy výroby“ vychází z rámcového tématu „Ekonomická analýza a hodnocení procesů ve výrobním systému průmyslových podniků“. Práce je koncipována tak, že z počátku obsahuje rešerši současného stavu poznání ve zkoumané oblasti. Na základě rešeršní části je definována užší oblast výzkumu a jsou stanoveny cíle a hypotézy práce. V další části je definován postup výzkumu, který vede k návrhu metodiky pro zefektivnění provádění výrobních procesů v rámci organizační přípravy výroby. Práce končí ověřením navržené metodiky a definováním přínosů, které tato práce přináší jak v teoretické rovině, tak i v oblasti praktického uplatnění metodiky v průmyslových podnicích.</p>				
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	TPV, výrobní proces, efektivita, vizualizační nástroj, metodika				

## SUMMARY OF DISSERTATION SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname (including of Degrees) Ing. Novikov	Name Konstantin
<b>FIELD OF STUDY</b>	Industrial Engineering and Management	
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (including of Degrees) doc. Ing. Kleinová CSc.	Name Jana
<b>INSTITUTION</b>	ZČU – FST – KPV	
<b>TYPE OF WORK</b>	<b>dissertation</b>	
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Increasing the efficiency of production processes execution within the organizational preparation of production	

Faculty: Mechanical Engineering  
 Department: Industrial Engineering and Management  
 Submitted in: 2022

### Number of pages (A4 a eq. A4)

<b>Totally</b>	123	<b>Text part</b>	95	<b>Graphical part</b>	28
<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	<p>The dissertation deals with the topic "Improving the execution of production processes within the organizational preparation of production" based on the framework topic "Economic analysis and evaluation of processes in the production system of industrial enterprises". The work is designed in such a way that it initially contains a survey of the current state of knowledge in the researched area. On the basis of the research part, a narrower area of research is defined and the goals and hypotheses of the work are determined. In the next part, the research procedure is defined, which leads to the design of a methodology for making production processes more efficient as part of the organizational preparation of production. The work ends by verifying the proposed methodology and defining the benefits that this work brings both on a theoretical level and in the field of practical application of the methodology in industrial enterprises.</p>				
<b>KEY WORDS</b>	<p>Technical preparation of production, production process, efficiency, visualization tool, methodology</p>				

## KURZFASSUNG

<b>AUTOR</b>	Nachname Ing. Novikov	Name Konstantin
<b>STUDIENFACH</b>	Industrial Engineering and Management	
<b>BETREUER</b>	Nachname doc. Ing. Kleinová CSc.	Name Jana
<b>INSTITUTION</b>	ZČU – FST – KPV	
<b>ART DER ARBEIT</b>	<b>dissertation</b>	
<b>TITEL</b>	Rationalisierung der Ausführung von Produktionsprozessen im Rahmen der organisatorischen Produktionsvorbereitung	

Fakultät: Maschinenbau  
 Katheder: Industrial Engineering and Management  
 Abgeben: 2022

### ANZAHL VON SEITEN (A4 a eq. A4)

Total	123	Text teile	95	Grafik	28
<b>KURZBESCHREIBUNG</b>	<p>Die Dissertation behandelt das Thema „Verbesserung der Durchführung von Produktionsprozessen innerhalb der organisatorischen Vorbereitung der Produktion“ ausgehend vom Rahmenthema „Betriebswirtschaftliche Analyse und Bewertung von Prozessen im Produktionssystem von Industrieunternehmen“. Die Arbeit ist so angelegt, dass sie zunächst einen Überblick über den aktuellen Wissensstand im bearbeiteten Gebiet enthält. Anhand des Forschungsteils wird ein engeres Forschungsgebiet definiert und die Ziele und Hypothesen der Arbeit festgelegt. Im nächsten Teil wird das Forschungsvorgehen definiert, das zur Gestaltung einer Methodik zur effizienteren Gestaltung von Produktionsprozessen im Rahmen der organisatorischen Produktionsvorbereitung führt. Die Arbeit endet mit der Überprüfung der vorgeschlagenen Methodik und der Definition der Vorteile, die diese Arbeit sowohl auf theoretischer Ebene als auch im Bereich der praktischen Anwendung der Methodik in Industrieunternehmen bringt.</p>				
<b>SCHLÜSSELWÖRTER</b>	<p>Technische Vorbereitung der Produktion, Produktionsprozess, Effizienz, Visualisierungstool, Methodik</p>				

## Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ .....	10
SEZNAM TABULEK .....	12
SEZNAM ZKRATEK.....	13
GLOSÁŘ.....	14
ÚVOD.....	15
1 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE.....	16
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE .....	17
2.1 Životní cyklus produktu .....	17
2.1.1 Produkt.....	17
2.1.2 Product Lifecycle Management .....	18
2.1.3 Pohledy na životní cyklus produktu .....	19
2.1.4 Softwarová podpora pro PLM.....	22
2.1.5 Shrnutí.....	23
2.2 Technická příprava výroby .....	24
2.2.1 Charakteristika technické přípravy výroby .....	24
2.2.2 Standardizace v rámci technické přípravy výroby .....	25
2.2.3 Členění technické přípravy výroby.....	27
2.2.4 Konstrukční příprava výroby .....	27
2.2.5 Technologická příprava výroby .....	28
2.2.6 Organizační příprava výroby .....	29
2.2.7 Vývoj TPV .....	30
2.2.8 Příprava realizace výroby .....	31
2.2.9 Shrnutí.....	33
2.3 Moderní vizualizační nástroje .....	34
2.3.1 Virtuální realita .....	34
2.3.2 Rozšířená realita.....	36
2.3.3 Využití VR a AR v TPV .....	37
2.3.4 Návodky .....	40
2.3.5 Výsledky výzkumu v oblasti použití návodek.....	43
2.3.6 Charakteristika návodek .....	45
2.3.7 Shrnutí.....	46
2.4 Charakteristika výrobních procesů.....	46
2.4.1 Výrobní proces .....	46
2.4.2 Věcná struktura výrobního procesu.....	46



2.4.3	Členění z pohledu časové struktury výrobního procesu.....	49
2.4.4	Členění z pohledu prostorové struktury výrobního procesu.....	49
2.4.5	Vliv technologické vybavenosti a automatizace .....	50
2.4.6	Shrnutí.....	51
2.5	Shrnutí teoretických východisek a téze práce.....	53
3	CÍLE, HYPOTÉZY A POUŽITÉ VĚDECKÉ METODY.....	55
3.1	Cíle práce .....	55
3.2	Hypotézy.....	55
3.3	Použité vědecké metody .....	56
3.3.1	Empirické vědecké metody .....	56
3.3.2	Logické vědecké metody.....	56
3.3.3	Specifické vědecké metody.....	57
4	METODIKA PRO ZEFEKTIVNĚNÍ PROVÁDĚNÍ VÝROBNÍCH PROCESŮ V RÁMCI ORGANIZAČNÍ PŘÍPRAVY VÝROBY.....	59
4.1	Fáze přípravná .....	60
4.1.1	Sjednocení pojmů .....	61
4.1.2	Dotazníkové šetření .....	61
4.1.3	Vyhodnocení získaných poznatků .....	66
4.2	Fáze rozhodovací.....	67
4.2.1	Nalezení vztahu mezi výrobním procesem a moderními vizualizačními nástroji.....	67
4.2.2	Modifikovaná Likertova škála .....	68
4.2.3	Identifikace klíčových charakteristik výrobních procesů .....	69
4.2.4	Posouzení typu a síly vazby.....	72
4.3	Fáze hodnotící .....	74
4.3.1	Návrh multikriteriální funkce .....	75
4.3.2	Definování doporučených zón .....	76
4.3.3	Vyhodnocení a nastavení zón .....	77
4.4	Fáze realizační .....	78
4.4.1	Parametry ovlivňující způsob použití vizualizačních nástrojů.....	78
4.4.2	Nastavení logiky typu a způsobu použití .....	79
4.4.3	Matice kombinací charakteristik procesů a způsobu použití .....	83
5	OVĚŘENÍ NAVRŽENÉ METODIKY V PRAXI .....	85
5.1	Tvorba softwarové podpory .....	85
5.2	Ověření kombinace P11P42P71P82 .....	86
5.3	Ověření kombinace P11P42P72P81 .....	87

---

5.4	Ověření kombinace P11P43P71P82 .....	89
5.5	Ověření kombinace P12P42P71P81 .....	90
5.6	Ověření kombinace P12P42P71P82 .....	91
5.7	Ověření kombinace P12P42P72P81 .....	93
5.8	Ověření kombinace P12P42P72P82 .....	94
5.9	Ověření kombinace P12P43P71P82 .....	96
5.10	Ověření kombinace P12P43P72P81 .....	97
5.11	Ověření kombinace P12P43P72P82 .....	98
5.12	Výsledky ověření a souhrn .....	100
6	PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE .....	102
6.1	Ověření hypotéz .....	102
6.2	Přínos pro teorii.....	104
6.3	Přínos pro praxi .....	105
6.4	Doporučení pro další zkoumání dané problematiky .....	106
	ZÁVĚR .....	108
	CITOVANÁ LITERATURA.....	109
	PUBLIKAČNÍ ČINNOST DOKTORANDA .....	115
	SEZNAM PŘÍLOH .....	117
	Příloha A – dotazníkové šetření .....	118
	Příloha B - Modifikovaná Likertova škála .....	119
	Příloha C - Manuál použití softwarové podpory .....	120

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 2-1 – Životní cyklus produktu [48] .....	17
Obrázek 2-2 – Product Lifecycle Management – vlastní zpracování dle [6] .....	18
Obrázek 2-3 – Pohledy na životní cyklus produktu – vlastní zpracování dle [7] .....	20
Obrázek 2-4 – Výběr oblasti životního cyklu produktu – vlastní zpracování dle [9] .....	21
Obrázek 2-5 – Softwarová podpora pro PLM [83] .....	22
Obrázek 2-6 – Průběh přípravy výroby – vlastní zpracování dle [21] .....	24
Obrázek 2-7 – Způsoby členění technické přípravy výroby [Zdroj: Autor] .....	27
Obrázek 2-8 – Úkoly organizační přípravy výroby [82] .....	29
Obrázek 2-9 – Klasické pojetí TPV [Zdroj: Autor] .....	30
Obrázek 2-10 – Důsledek rostoucích nároků na trvání TPV [Zdroj: Autor] .....	30
Obrázek 2-11 – Paralelizace činností TPV [Zdroj: Autor] .....	31
Obrázek 2-12 – Vliv digitalizace na náklady v rámci TPV [82] .....	32
Obrázek 2-13 – Sladění virtuálního a skutečného provádění procesu [87] .....	33
Obrázek 2-14 – Ukázka z prostředí VR za použití HTC Vive [Zdroj: Autor] .....	35
Obrázek 2-15 - Ukázka z prostředí AR za použití Microsoft Hololens [Zdroj: Autor] .....	36
Obrázek 2-16 – Využitelnost VR a AR v průmyslu [42] .....	37
Obrázek 2-17 – Papírová návodka [42] .....	41
Obrázek 2-18 – Videonávodka [42] .....	41
Obrázek 2-19 – Virtuální návodka [42] .....	42
Obrázek 2-20 – Návodka v rozšířené realitě [42] .....	42
Obrázek 2-21 – Grafické výstupy měření [42] .....	44
Obrázek 4-1 – Fáze a kroky [Zdroj: Autor] .....	60
Obrázek 4-2 - Rozložení respondentů [Zdroj: Autor] .....	62
Obrázek 4-3 - Otázka č. 1 dotazníku [Zdroj: Autor] .....	63
Obrázek 4-4 - Otázka č. 2 dotazníku [Zdroj: Autor] .....	63
Obrázek 4-5 - Otázka č. 3 dotazníku [Zdroj: Autor] .....	64
Obrázek 4-6 - Otázka č. 4 dotazníku [Zdroj: Autor] .....	64
Obrázek 4-7 - Otázka č. 5 dotazníku [Zdroj: Autor] .....	65
Obrázek 4-8 - Otázka č. 6 dotazníku [Zdroj: Autor] .....	65
Obrázek 4-9 - Kroky rozhodovací fáze [Zdroj: Autor] .....	67
Obrázek 4-10 - Grafické vyhodnocení vazeb [Zdroj: Autor] .....	71
Obrázek 4-11 - Výběr klíčových charakteristik výrobních procesů [Zdroj: Autor] .....	72
Obrázek 4-12 - Test spolehlivosti simulace [Zdroj: Autor] .....	77
Obrázek 4-13 - Zóny dle modifikovaného Z skóre [Zdroj: Autor] .....	77
Obrázek 5-1 - Ukázka softwarové podpory [Zdroj: Autor] .....	85
Obrázek 5-2 - Kombinace P11P42P71P82 [Zdroj: Autor] .....	86
Obrázek 5-3 - Ukázka realizace kombinace P11P42P71P82 [Zdroj: Autor] .....	87
Obrázek 5-4 - Ukázka realizace kombinace P11P42P72P81 [Zdroj: Autor] .....	88
Obrázek 5-5 - Ukázka realizace kombinace P11P43P71P82 [Zdroj: Autor] .....	89
Obrázek 5-6 - Ukázka VR prostředí kombinace P11P43P71P82 [Zdroj: Autor] .....	90
Obrázek 5-7 - Ukázka realizace kombinace P12P42P71P81 [Zdroj: Autor] .....	91
Obrázek 5-8 - Ukázka realizace kombinace P12P42P71P82 [Zdroj: Autor] .....	92
Obrázek 5-9 - Ukázka realizace kombinace P12P42P72P81 [Zdroj: Autor] .....	93
Obrázek 5-10 - Ukázka vizualizačního nástroje v AR [Zdroj: Autor] .....	95
Obrázek 5-11 - Ukázka realizace kombinace P12P42P72P82 [Zdroj: Autor] .....	95
Obrázek 5-12 - Ukázka realizace kombinace P12P43P71P82 [Zdroj: Autor] .....	96

Obrázek 5-13 - Ukázka kombinace P12P43P72P81 [Zdroj: Autor] .....	97
Obrázek 5-14 - Prostředí VR 2D [Zdroj: Autor] .....	98
Obrázek 5-15 - Prostředí VR 2D [Zdroj: Autor] .....	99
Obrázek 5-16 - Ukázka realizace kombinace P12P43P72P82 [Zdroj: Autor] .....	100
Obrázek 6-1 – Funkcionalita softwarové podpory navržené metodiky [Zdroj: Autor] ...	106

## SEZNAM TABULEK

Tabulka 2-1 – Využitelnost VR a AR v technické přípravě výroby [Zdroj: Autor].....	39
Tabulka 2-2 – Výsledky měření [42] .....	44
Tabulka 2-3 – Vliv charakteru výrobních procesů na výběr typu návodky [Zdroj: Autor]	52
Tabulka 4-1 - Výsledek dotazníkového šetření [Zdroj: Autor] .....	66
Tabulka 4-2 - Modifikovaná Likertova škála [Zdroj: Autor].....	68
Tabulka 4-3 - Statistické vyhodnocení vazeb [Zdroj: Autor] .....	70
Tabulka 4-4 - Třídění vybraných charakteristik výrobních procesů do skupin [Zdroj: Autor] .....	73
Tabulka 4-5 - Hodnoty parametrů charakteristik výrobních procesů [Zdroj: Autor].....	76
Tabulka 4-6 - Vyhodnocení kombinací P11 [Zdroj: Autor] .....	80
Tabulka 4-7 - Vyhodnocení kombinací P12 [Zdroj: Autor] .....	82
Tabulka 5-1 - Konkrétní případ P11P42P71P82 [Zdroj: Autor] .....	86
Tabulka 5-2 - Konkrétní případ P11P42P72P81 [Zdroj: Autor] .....	87
Tabulka 5-3 - Konkrétní případ P11P43P71P82 [Zdroj: Autor] .....	89
Tabulka 5-4 - Konkrétní případ P12P42P71P81 [Zdroj: Autor] .....	90
Tabulka 5-5 - Konkrétní případ P12P42P71P82 [Zdroj: Autor] .....	92
Tabulka 5-6 - Konkrétní případ P12P42P72P81 [Zdroj: Autor] .....	93
Tabulka 5-7 - Konkrétní případ P12P42P72P82 [Zdroj: Autor] .....	94
Tabulka 5-8 - Konkrétní případ P12P43P71P82 [Zdroj: Autor] .....	96
Tabulka 5-9 - Konkrétní případ P12P43P72P81 [Zdroj: Autor] .....	97
Tabulka 5-10 - Konkrétní případ P12P43P72P82 [Zdroj: Autor] .....	99

## SEZNAM ZKRATEK

3D – Virtuální návodka na monitoru

3DI – Virtuální návodka na monitoru, In-Situ projekce

3DIO – Virtuální návodka na monitoru, In-Situ projekce a speciální ovladač

AR - Augmented Reality (Rozšířená realita)

CAD – Computed Aided Design (Počítačem podporované projektování)

CAE - Computed Aided Engineering (Počítačová podpora inženýrské analýzy)

CAM – Computer Aided Manufacturing (Počítačem podporovaná výroba)

CRM - Customer Relationship Management (Řízení vztahů se zákazníky)

ERP – Enterprise Resource Planning (Plánování podnikových zdrojů)

HW – Hardware

HMD – Náhlavní display

IT – Informační technologie

MR – Mixed Reality (Smíšená realita)

PAP – papírová návodka

PDM – Product Data Management (Řízení produktových dat)

PLC – Programovatelný logický automat (jednotka)

PLM – Product Lifecycle Management (Řízení životního cyklu produktu)

TPV – Technická příprava výroby

VID – Video návodka

VP – Výrobní proces

VR – Virtual Reality (Virtuální realita)

SW - Software

ZČU – Západočeská univerzita

## GLOSÁŘ

<b>Slovo</b>	<b>Význam</b>
<b>Altmanův model</b>	Model pro oceňování krize podniku
<b>Brownfield</b>	Ve vztahu k výrobním procesům se jedná o již existující výrobní vybavení, které už ztratilo svou dosavadní funkci a může tak být využito pro výrobu jiného produktu.
<b>Greenfield</b>	Ve vztahu k výrobnímu procesu se jedná o vznik či pořízení zcela nového výrobního vybavení, které se dá kompletně přizpůsobit potřebám výroby nového produktu.
<b>In-Situ projekce</b>	Označení polohy či místa pomocí projektoru
<b>Imerzní technologie</b>	Technologie zprostředkávající rozhraní člověk-počítač
<b>Head Mounted Display</b>	Náhlavní displej
<b>Likertova škála</b>	Technika pro měření postojů a jiných proměnných v dotaznících nebo psychologických testech
<b>Product Lifecycle Management</b>	Řízení životního cyklu produktu
<b>Technická příprava výroby</b>	Soubor všech procesů, činností a vztahů, jejichž úkolem je vypracovat technicky a ekonomicky účelná řešení technologie a procesu výroby budoucích výrobků.
<b>Vizualizační nástroje</b>	Umožňují reprezentaci procesních aspektů jednoduše pochopitelnou a srozumitelnou formou.

## ÚVOD

Vlivem zvyšujících se požadavků na vývoj a inovace nových produktů na trzích se veškeré průmyslové podniky musí zabývat otázkou technické přípravy výroby. Produkt je základním stavebním kamenem všech výrobních podniků a měl by být středem pozornosti všech pracovníků. Produkt významně ovlivňuje dosahování základních podnikatelských cílů. O úspěchu a neúspěchu společnosti již nerozhoduje pouze cena a kvalita výrobků či náklady, ale i rychlost reakce podniků na požadavky zákazníků. Pokud jsme u přípravy výroby schopni pružnější a rychlejší reakce a zároveň dosahovat stejné kvality výroby s nižšími náklady než naše konkurence, předpokládáme tak možnost vyšších zisků a lepší postavení společnosti v tržním prostředí.

Technická příprava výroby je velice důležitou součástí životního cyklu produktu, která významně ovlivňuje funkce výrobních procesů a má zásadní vliv na výrobek z hlediska kvality, času a nákladů. V oblasti technické přípravy výroby ale dochází ke zvyšování náročnosti jednotlivých etap a současně je kladen důraz na rychlé provádění této předvýrobní fáze. To je také důvodem, proč je vhodné využít moderních vizualizačních nástrojů, které by dokázaly pracovat s virtuálními (fyzicky neexistujícími) objekty. Tento přístup by umožnil paralelní provádění jednotlivých etap technické přípravy výroby, což by výrazně zkrátilo čas potřebný pro přípravu.

Přestože máme k dispozici více druhů moderních vizualizačních nástrojů, tak není vždy jednoznačné, kdy se u konkrétních výrobních procesů dají tyto nástroje použít tak, aby došlo ke zefektivnění organizační přípravy výroby. Zároveň není zodpovězena otázka, který typ vizualizačních nástrojů je vhodné za předem daných podmínek zvolit.

V praxi to pak vypadá tak, že podniky jsou tlačeny do neustálého zefektivňování jejich výrobních procesů a nasazování moderních metod, techniky a nástrojů, které by dle jejich očekávání měli pomoci. Často se ale setkáváme s opačným efektem. Podniky nasazení některý z moderních vizualizačních nástrojů, aniž by věděli, jaká je hlavní přidaná hodnota a omezení tohoto nástroje. Dochází pak k situacím, v nichž nejsou moderní nástroje využívány efektivně a naopak komplikují chod výroby a práci s personálními zdroji.

Autor se proto v této práci zabývá hledáním důležitých vazeb mezi výrobními procesy a charakteristikou moderních vizualizačních nástrojů. To vše za účelem návrhu metodiky, která by poskytla průmyslovým podnikům jednoduchou pomůcku pro pomoc při rozhodování o nasazení moderních vizualizačních nástrojů v rámci technické přípravy výroby.



# 1 CÍL DISERTAČNÍ PRÁCE

Hlavním cílem práce je **návrh metodiky pro zefektivnění provádění výrobních procesů v rámci organizační přípravy výroby.**

První část práce se bude zaměřovat na provedení důkladné rešerše pramenů, které se danou problematikou zabývají. Úkolem rešeršní části je tedy vymezit organizační přípravu výroby v rámci životního cyklu produktu. Dále popsat tuto předvýrobní fázi a její vývoj. Následně je potřeba zjistit, jaké existují možnosti využití moderních vizualizačních nástrojů v předvýrobních etapách.

Dále budou nalezeny charakteristiky výrobních procesů, které mají vliv na výběr vhodného vizualizačního nástroje pro provádění budoucího výrobního procesu. Na základě toho bude možné připravit postup výzkumných aktivit, které povedou k vytvoření metodiky pro zefektivnění provádění výrobních procesů. Navržená metodika bude dále validována v průmyslové praxi. Výsledná metodika by měla sloužit výrobním podnikům jako pomoc při rozhodování o nasazení moderních vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby

Pro splnění cíle disertační práce byl nastaven postup:

- Stanovit teoretická východiska práce
- Definovat konkrétní cíle a hypotézy výzkumu
- Navrhnout metodiku pro zefektivnění provádění výrobních procesů v rámci organizační přípravy výroby
- Ověřit navrženou metodiku v praxi
- Definovat přínosy práce

Výše zmíněné body tvoří klíčové části této práce a budou rozpracovány v dalších kapitolách.

## 2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

Disertační práce se zabývá zefektivněním provádění výrobních procesů. Aby bylo možné definovat dílčí cíle a podcíle budoucí disertační práce, je nezbytné provést důkladnou rešerši pramenů, které se danou problematikou zabývají. Rešeršní část se zabývá vymezením technické přípravy výroby v rámci životního cyklu produktu. Dále charakterizuje tuto předvýrobní fázi a její vývoj, zmiňuje možnosti využití moderních vizualizačních nástrojů v předvýrobních etapách a popisuje, co bude mít vliv na výběr vhodného vizualizačního nástroje pro provádění budoucího výrobního procesu. Tato kapitola slouží jako souhrn současného stavu poznání ve vybrané oblasti.

### 2.1 Životní cyklus produktu

Každý produkt má svůj specifický životní cyklus. Prochází různými fázemi vývoje, které jsou pro jednotlivé produkty jinak náročné a dlouhé. Zjednodušeně lze říci, že životní cyklus začíná obdobím výzkumu a vývoje a pokračuje přes výrobu až k využití produktu na trhu, jak lze vidět na Obrázku 2-1.



Obrázek 2-1 – Životní cyklus produktu [48]

Pro účely práce je vhodné si vysvětlit, jakým způsobem je definován produkt, co znamená řízení životního cyklu produktu a jakými způsoby lze na životní cyklus pohlížet.

#### 2.1.1 Produkt

Produkt je základním stavebním kamenem všech výrobních podniků a měl by být středem pozornosti všech pracovníků. Produkt významně ovlivňuje dosahování základních podnikatelských cílů. Kvalitní řízení produktů umožňuje uspokojit potřeby zákazníků, což je hlavním cílem každé výrobní společnosti, která chce uspět na trhu. Produkt je základní součástí marketingového mixu všech podniků a obsahuje čtyři marketingové nástroje: produkt (Product), cenu (Price), místo (Place) a propagaci (Promotion). [4]

Za produkt lze považovat výrobek, službu, informaci atd. Definice produktu nalezené v literatuře jsou více méně obdobné. Autor se nejvíce přiklání k definici P. Kotlera, která specifikuje produkt jako jakýkoliv hmotný statek, služba nebo myšlenka, která se stává předmětem směny na trhu a je určena k uspokojení lidské potřeby a přání [1].

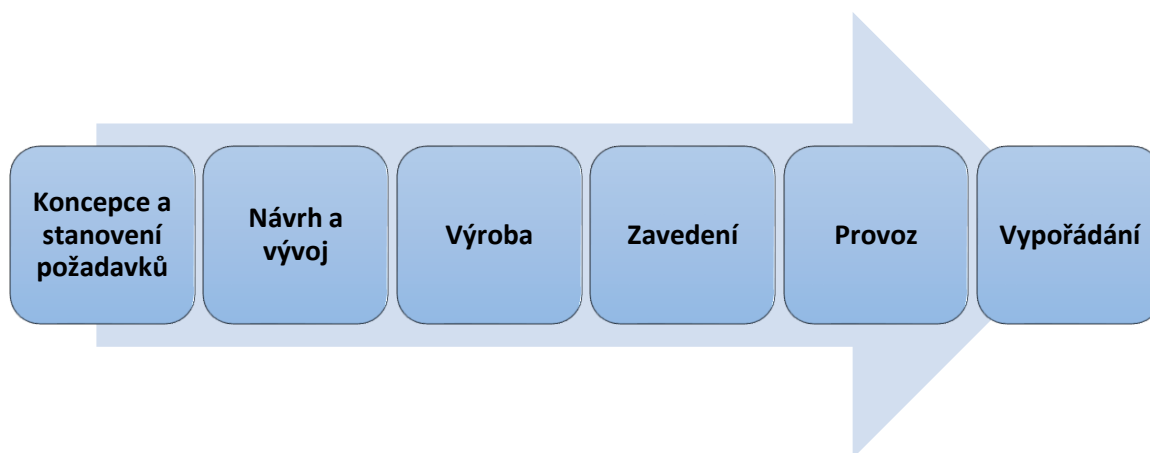
Další pohled na produkt poskytuje ČSN EN ISO 9000 [2], která uvádí že: „produkt je výsledkem procesu“. Norma dále popisuje proces jako soubor vzájemně souvisejících nebo vzájemně působících činností, který přeměňuje vstupy na výstupy. Z toho vyplývá, že produkt je výsledkem souboru vzájemně souvisejících či vzájemně působících činností, který přetváří vstupy na výstupy [2]. Tato norma také rozděluje produkty do čtyř kategorií:

- služby,
- software,
- hardware,
- zpracované materiály.

### 2.1.2 Product Lifecycle Management

Řízení životního cyklu produktu neboli Product Lifecycle Management (PLM) je komplexní pohled na řízení životního cyklu produktu v produkční sféře. Patří sem nejen systémy, postupy a nástroje řešení problematiky související s realizací nového či inovovaného produktu, ale i systémy, nástroje a postupy zabezpečení správy vlastního digitálního obsahu. Slouží jako podpora ekonomických, účetních, správních a marketingových činností. Řízení pomocí PLM je flexibilní vůči zákaznickým potřebám, které ovlivňují proces jako celek. [5]

Další pohled na životní cyklus produktu vychází z ČSN EN 60300-3-3 a pohlíží na produkt z hlediska jeho celkové životnosti. Životní cyklus se dělí do šesti fází (viz Obrázek 2-2). V první fázi dochází k vyčlenění potřeby produktu a specifikaci jeho cílů. Ve druhé fázi se tvoří architektura, hardware a software systému. Ve třetí dochází k výrobě produktu, pak následuje aplikace instalace. V předposlední fázi je produkt používán a v poslední fázi je ukončen jeho provoz. [6]



Obrázek 2-2 – Product Lifecycle Management – vlastní zpracování dle [6]

Lze tedy konstatovat, že díky PLM mohou organizace inovovat, vyvíjet, podporovat a stahovat produkty z trhu a zároveň podchytit nejlepší metody a zkušenosti získané v průběhu životního cyklu produktu.

### 2.1.3 Pohledy na životní cyklus produktu

Na životní cyklus produktu lze pohlížet několika způsoby dle konkrétní oblasti zájmu. Zde je ale nutné zmínit, že literatura dostatečně nerozlišuje, zda se jedná o produktovou řadu nebo konkrétní výrobek. Jejich životní cykly se budou totiž odlišovat. Pro účely této práce je nejdříve nutné vybrat vhodný přístup a dále specifikovat, ve které fázi životního cyklu produktové řady se bude disertační práce pohybovat. Jelikož se práce věnuje zefektivnění provádění výrobních procesů, musí se zvolit oblast, která má na provádění procesů největší vliv.

Odborná literatura nabízí velké množství pohledů na životní cyklus produktu. Autor se přiklání k rozdělení dle Roubala (2010), který tyto pohledy strukturoval následovně:

- pohled z hlediska odbytového množství - marketingový pohled,
- pohled z hlediska životnosti jednotlivého produktu,
- pohled z hlediska místa realizace jednotlivých etap,
- pohled z hlediska jednotlivých transformačních procesů,
- pohled z hlediska dopadu výrobku na životní prostředí,
- integrovaný pohled na životní cyklus produktu,
- ekonomický pohled na životní cyklus produktu. [7]

#### ***Pohled z hlediska odbytového množství - marketingový pohled***

Tento pohled se zaměřuje především na volbu marketingové strategie podniku. Řeší hlavně zavádění nových či inovovaných výrobků na trh. Má charakteristickou křivku životnosti tzv. S křivku. Tu lze považovat za základ pro plánování marketingové strategie a slouží výrobcům jako vodítko pro zavedení nových výrobků na trh popřípadě pro inovaci stávajících. [8]

#### ***Pohled z hlediska životnosti jednotlivého produktu***

Další pohled na životní cyklus produktu uváděný v literatuře pohlíží na životní cyklus produktu zcela z hlediska jeho životnosti. Zaměřuje se na řízení nákladů po celý životní cyklus produktu. Začíná již od samotného vzniku produktu a respektuje všechny náklady, které se budou vynakládat po celou dobu života produktu. [2]

#### ***Pohled z hlediska místa realizace jednotlivých etap***

Tento pohled vychází z literatury [9] a podobá se pohledu jednotlivého výrobku. Je však rozšířen o pohled na jednotlivé etapy životního cyklu produktu, které se ještě dělí dle místa realizace.

#### ***Pohled z hlediska jednotlivých transformačních procesů***

Pro potřeby výroby je vhodné rozdělovat životní cyklus dle transformačních procesů. Tento pohled je procesně orientovaný. Používá se především při konstruování technických systémů a umožňuje systematicky začlenit mnoho různých výrobních hledisek. [9]

### ***Pohled z hlediska dopadu výrobku na životní prostředí***

Tento pohled, dle literatury [7], popisuje cestu výrobku od návrhu designu a vlastností ve vývojovém oddělení, přes výrobu, distribuci, užívání spotřebitelem, až po recyklaci materiálů a uložení nevyužitých částí výrobku po skončení jeho životnosti. Dopady na životní prostředí jsou posuzovány v různých fázích životního cyklu. Sleduje se, v jaké fázi jsou nejzávažnější dopady na životní prostředí.

### ***Integrovaný pohled na životní cyklus produktu***

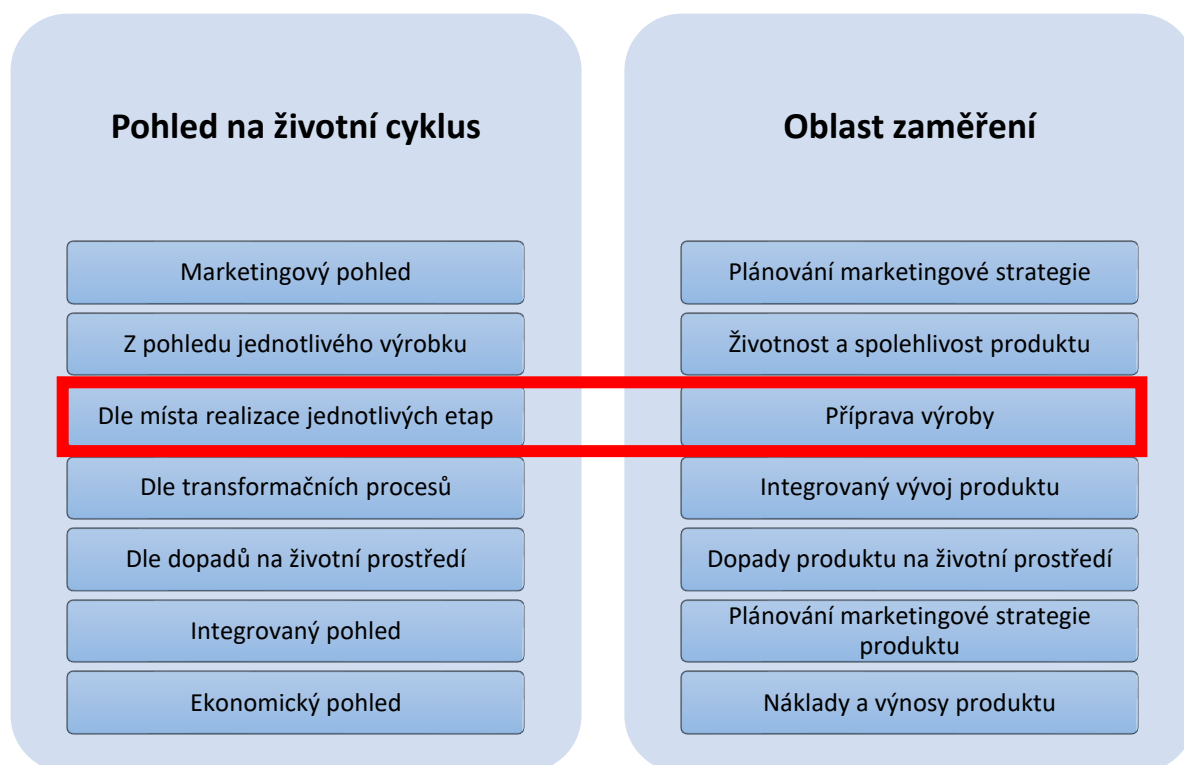
Tento pohled integruje marketingový pohled a pohled z hlediska jediného výrobku. Definuje životní cyklus z pohledu příjmů a výdajů společnosti za produkt po celý jeho životní cyklus. Tento integrovaný pohled se zaměřuje na soubor stejných druhů výrobků, který se vyrábí v sériovém nebo hromadném typu výroby. [10]

### ***Ekonomický pohled na životní cyklus produktu***

Posledním modelem dle literatury [11] je ekonomický životní cyklus. Zkoumá veškerá období, kdy produkt vyvolává náklady či přináší výnosy. Začíná vynaložením prvního nákladu souvisejícího s výkonem a končí vynaložením posledních nákladů.

### ***Volba pohledu na životní cyklus produktu***

Z hlediska provádění výrobních procesů si autor zvolil pohled týkající se místa realizace jednotlivých etap, který je označen červeně na Obrázku 2-3. Tento pohled se totiž zaměřuje na přípravu samotné výroby, která má zásadní vliv na efektivitu provádění výrobních procesů.

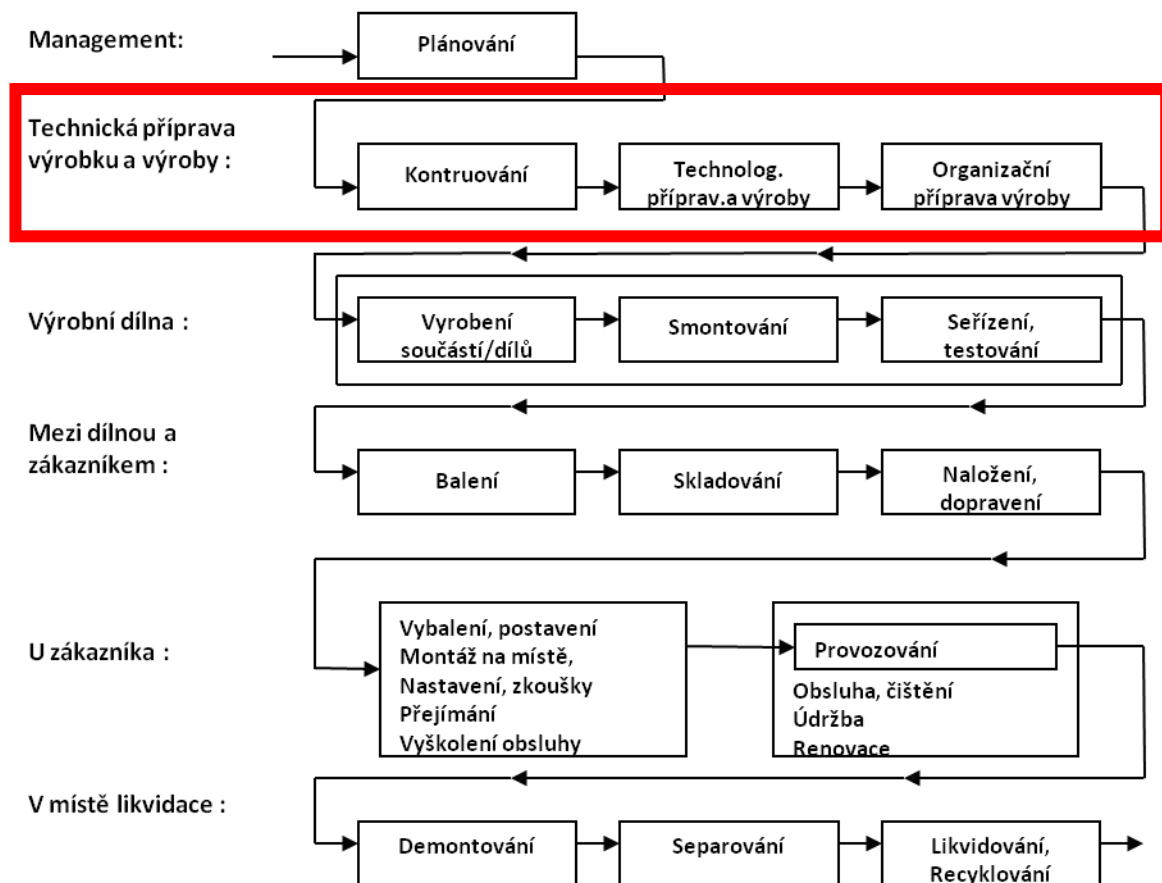


Obrázek 2-3 – Pohledy na životní cyklus produktu – vlastní zpracování dle [7]

Z Obrázku 2-4 je vidět, že tento pohled uvažuje šest základních míst realizace během životního cyklu výrobku. Jsou to:

- management,
- technická příprava výroby,
- výrobní dílna,
- mezi dílnou a zákazníkem,
- u zákazníka,
- v místě likvidace.

Autor níže opět červeně zvýraznil oblast *Technické přípravy výroby*, kterou se bude dále zabývat. U místa realizace *Management* je zmíněno plánování, čímž není z pohledu autora myšleno plánování výroby, ale spíše plánování marketingové strategie.

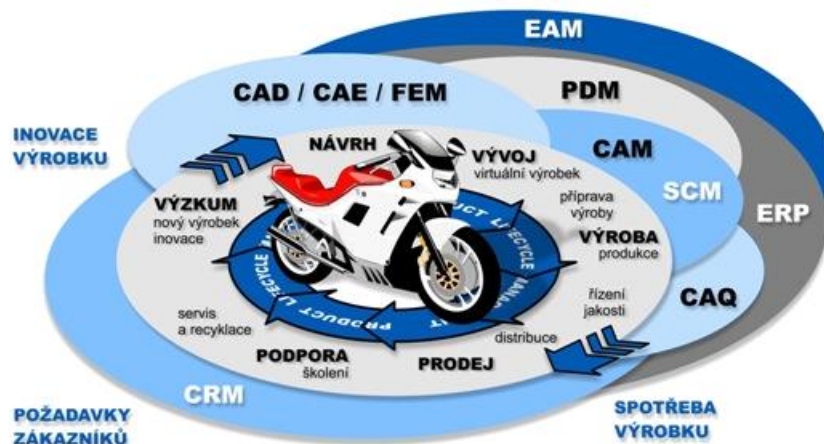


Obrázek 2-4 – Výběr oblasti životního cyklu produktu – vlastní zpracování dle [9]

Procesy, přímo související s výrobou, jsou prováděny v místě *Výrobní dílna*, případně *Mezi dílnou a zákazníkem*. Nicméně, z pohledu odborné literatury a získaných zkušeností, až 80% výrobních nákladů lze nejvíce ovlivnit v předvýrobních etapách. V těchto etapách, dle [13] a [15], také vzniká až 75% různých chyb, které ovlivňují kvalitu produktu, čas výroby i náklady potřebné pro výrobu. V těchto předvýrobních etapách se většinou jedná o projektově řízené aktivity, které jsou jedinečné, tudíž s sebou přináší i velkou míru rizika. [16]

#### 2.1.4 Softwarová podpora pro PLM

Životní cyklus produktu je podporován velmi různorodými, ale navzájem kompatibilními softwarovými nástroji, jak lze vidět na Obrázku 2-5. Pomocí těchto nástrojů můžeme navrhovat různé části životního cyklu produktu, přičemž se většinou postupuje od návrhu konceptu, přes konstrukční řešení, návrh technologie, návrh pracovišť a výrobního systému, analýzu pracovišť až k simulaci navrženého výrobního systému. [82]



Obrázek 2-5 – Softwarová podpora pro PLM [83]

Cílem pomocných softwarových nástrojů je tedy komplexní a systémové plánování, projektování, ověřování a průběžné zlepšování všech podnikových procesů a zdrojů a jejich integrace s ERP systémem. Tyto dílčí systémy mohou v rámci PLM pomoci například s:

- návrhem produktů a technologie (CAD, CAM, CAE)
- řízením technologie výroby (MPM)
- řízením výrobních dat (PDM)
- řízením produktů a portfolia produktů (PPM)
- řízením vztahů se zákazníky (CRM) atd.

Jelikož se tato práce bude zabývat technickou přípravou výroby, je proto vhodné zmínit, jaké softwarové nástroje lze v této etapě použít. Nejznámější jsou softwarové balíky od společností Siemens a Dassault Systèmes:

- Siemens
  - Teamcenter
  - NX
  - Solid Edge
  - Tecnomatix [85]
- Dassault Systèmes
  - CATIA
  - SIMULIA
  - DELMIA
  - ENOVIA
  - SolidWorks
  - 3DVIA [82]

Výše zmíněné společnosti jsou dodavateli komplexních softwarových balíčků, které umožňují monitorovat a řídit celý proces přípravy výroby. Kromě těchto komplexních a robustních systémů existují i menší softwarová řešení, která mohou být dostačující, ale poskytují pouze dílčí softwarovou podporu. [86]

#### 2.1.5 Shrnutí

Tato kapitola se zabývala životním cyklem produktu. Nejdříve byl popsán produkt v 2.1.1 a dále následovalo vysvětlení řízení životního cyklu produktu neboli PLM. Důležitou částí, z pohledu disertační práce, je kapitola 2.1.3, kde byly zmíněny různé pohledy na životní cyklus produktu. Následně bylo nutné vybrat takový přístup, který souvisí s tématem disertační práce. Autor si vybral přístup *Dle místa realizace*, v němž dále vymezil oblast *Technické přípravy výroby*, kterou se bude zabývat. Na závěr kapitoly byly zmíněny softwarové nástroje, které pomáhají monitorovat a řídit celý životní cyklus produktu.



## 2.2 Technická příprava výroby

Technická příprava výroby je velice důležitou součástí životního cyklu produktu, která významně ovlivňuje funkce výrobních procesů a má zásadní vliv na výrobek z hlediska kvality, času a nákladů. V dalších podkapitolách je popsána příprava výroby jako etapa předvýrobní fáze a jsou zde identifikovány její nedílné součásti. Obecný průběh přípravy výroby je zachycen na Obrázku 2-6. Skutečný průběh přípravy výroby se však bude například u kusové a sériové výroby odlišovat.



Obrázek 2-6 – Průběh přípravy výroby – vlastní zpracování dle [21]

Příprava výroby zahajuje a sjednocuje celý výrobní systém. Jsou zde stanoveny základy, které budou mít vliv na úspěšnost výrobku na trhu. Během vývoje a přípravy každého výrobku však vznikají často chyby, které se projevují jako změny ve výrobním procesu nebo se z nich stávají nedokonalosti, jež mohou zákazníka odradit. S poměrně nízkými náklady lze pomocí konstrukčního a technologického řešení docílit eliminaci negativních dopadů. To je hlavní důvod, proč je potřeba se důkladně zaměřovat na zdokonalování procesů výroby již v předvýrobních fázích. Samozřejmě můžeme při vývoji produktu nebo přípravě výrobku zamezit vzniku problémů, ne vše jde ale v této fázi odhalit. [19]

Životní cyklus výrobku je tvořený užžitnou dobou, kdy dochází k vyrobení výrobku až do okamžiku, kdy je tento výrobek stažen či vyřazen z prodeje. Životní cyklus má několik navazujících stádií, a to přípravnou, návrhovou, realizační, odbytovou, provozní a likvidační. Úkolem marketingu je dle Heřmana (2001) sledovat požadavky trhu a snažit se produkty uzpůsobit těmto potřebám. K životnímu cyklu výrobku se velice úzce vztahuje vývoj výrobku. Průměrná doba života výrobku se zkracuje s ohledem na rychlý rozvoj a inovace ve vysoce konkurenčním prostředí. Kvůli hladkému běhu podniku je potřeba vývoj plánovat a zlepšené nebo nové výrobky uvádět na trh včas, aby mohly být financovány ze současného výrobního programu. V dané fázi je důležité co nejpřesněji odhadnout na základě marketingových průzkumů trhu, jak se bude vyvíjet postoj trhu k současným a novým výrobkům. Nový typ výrobku se musí na trh dostat včas, aby kompenzoval cenový propad výrobku starého. [20]

Důležitým měřítkem, jak popisuje Heřman (2001), je rozhodně časový horizont od přijetí požadavku na výrobek až po zahájení výroby. Činnosti potřebné v tomto období spadají především do technické přípravy výroby. Během vývoje a přípravy výroby je vhodné mít na paměti, že konstrukční a technologický návrh ovlivňuje budoucí úspěšnost firmy. Cílem společností by tedy mělo být zavedení kvalitního výrobku v krátkém čase a při minimálních nákladech.

### 2.2.1 Charakteristika technické přípravy výroby

Z historického hlediska byl hnacím článkem řemeslník, který si sám navrhoval výrobek a dal mu designovou podobu. Byl tedy zodpovědný za kompletní návrh i výrobu. U jednoduchých a funkčně nenáročných produktů byl schopen vytvořit požadovaný výstup bez jakýchkoliv náčrtů či výkresů. U složitějších výrobků používal jen hrubé náčrtů. V současné se klade velký důraz na procesy probíhající v přípravě výroby. Děje se tak proto, že hladký průběh

a jejich úspěšnost je důležitým aspektem předvýrobní etapy. Činnosti potřebné ke správné přípravě výroby, které vedou k úspěšnému výrobku, jsou podle Jurové (2015) tržním základem správně fungující ekonomiky podniku. Pro udržení konkurenceschopnosti jsou klíčové výrobkové, technologické a organizační inovace.

Technická příprava výroby je komplexní soubor technických, technologických, organizačních, ale také ekonomických činností, jejichž úkolem je vypracovat účinné řešení budoucích výrobků. Pro požadované výstupy je potřeba zajistit a znát velikost, užitné vlastnosti, kvalitu, požadovaný materiál, ale také technologické procesy a jejich vybavení, stroje, zařízení, nářadí, nástroje z hlediska ekonomického a naplnění informačních systém také spotřebu práce, vlastní náklady. Cílem přípravy výroby je mimo jiné zajistit požadovanou kvalitu výrobků, jejich dostatečně rychlé zavedení do výrobního procesu. Dále je potřeba průběžně ověřovat stanovené postupy a neustále je zlepšovat. [21, 22]

Dle literatury [20] a [21] se technická příprava výroby skládá z těchto hlavních úkolů:

- řešení konstrukce nového nebo zdokonalování již vyráběného výrobku,
- zpracování a zdokonalování potřebných výrobních postupů,
- zajištění konstrukce a výroby jednoúčelových nástrojů,
- zpracování či vznesení požadavků k programátorům,
- testování a seřízení navržených výrobních postupů,
- návrh výrobní základny.

Technická příprava výroby nemusí pokaždé probíhat v celém rozsahu. V praxi má věcné, časové a prostorové hledisko přípravy výroby různou podobu. Tato hlediska jsou dána složitostí výrobku, typem a charakterem výroby ale i strojovým parkem. Přesto dokážeme i u různých typů výroby či druhů výrobku nalézt společné jmenovatele. [19]

## 2.2.2 Standardizace v rámci technické přípravy výroby

Pojem standardizace lze chápat jako k dynamice přihlížející, ale systematický proces výběru, sjednocování a účelné ustálení jednotlivých možností řešení, postupů, vstupních prvků a jejich kombinací, výstupních prvků, činností i informací v procesu řízení společnosti a jeho jednotlivých částech. [25]

Úkolem standardizace je dle Tomka (1999) snížení rozmanitosti a nahodilosti ve výrobním procesu. Důležité je i zajištění jednoznačnosti výkladu. Výsledkem procesu standardizace je norma či standard. Jedná se o nástroj, který jednoznačně popisuje činnosti představující kvantitativní i kvalitativní vymezení daného problému. Standardizační proces se může zaměřovat na výrobního činitele, výrobek, součásti nebo činnosti anebo jejich kombinací. Standardy se stávají závaznými postupy nebo organizačními normami, které vyjadřují jednotný, časově téměř ustálený a závazný předpis vlastností, funkcí, míry množství výrobních činitelů a jejich vztahů se vzájemnou kombinací a způsobů fungování ve výrobním procesu.

### **Technické normy**

Technické normy jsou výsledkem technické normalizace. Technická normalizace je chápána jako činnost, která je potřebná pro opakované technické úkoly, při kterých se uplatňuje nejlepší řešení pomocí technických norem. [24]

Tyto normy se zabývají stavem nebo průběhem technologických procesů. Stanovují podmínky činnosti, postupy nebo způsob zkoušení a požadované znaky či vlastnosti. Technické normy lze podle Jurové (2015) rozdělovat do tří skupin:

- **Normy předmětové** se týkají materiálů a jiných předmětů a jejich výsledkem je materiálový standard. Dále se týkají strojů, zařízení, pomůcek, přípravků vedoucích k zjednodušení a zefektivnění výroby i ke snížení nákladů. [21]
- **Normy činností** jsou zaměřeny na pracovní metody technologické, montážní, manipulační bezpečnostních a jiných postupů. Jejich hlavní myšlenkou je omezení různorodých technologických operací. Vytváříme typový technologický postup nebo skupinový technologický postup. Typový technologický postup je sestaven pro výrobu výrobků, které mají velice podobný tvar a základní rozměry jsou velice podobné. Umožňuje použít stejný technologický postup za použití stejného náradí a zařízení. Velice vhodné jsou pro hromadnou a velkosériovou výrobu. Skupinový technologický postup je sestaven pro tvarově odlišné výrobky. Vhodné jsou pro kusovou a malosériovou výrobu. [21]
- **Normy výrobků** nebo také normy konstrukce výrobků jsou postaveny na zjištění opakovatelných konstrukčních prvků a jejich výskytu. Smyslem je odstranění nechtěných konstrukčních rozmanitostí výrobků a jejich částí. K hlavním směrům konstrukční standardizace patří simplifikace, typizace, unifikace, dědičnost, stavebnicové řešení a technická normalizace. [21]

### **Technicko-hospodářské normy**

Označují potřebnou spotřebu výrobních zdrojů k provedení výroby výrobku, která je jednoznačně vymezena na konkrétní výrobovou jednici. Normy lze podle Jurové (2015) charakterizovat z různých úhlů, pro potřeby řízení výroby se normy člení:

- **Normy spotřeby materiálu** vyjadřují nejlepší množství daného druhu materiálu potřebného k výrobě určitého výrobku za určených technických a organizačních podmínek.
- **Vázanosti materiálu** vyjadřují množství materiálu na skladu, které je nutné udržovat na skladě za určených výrobních podmínek. V praxi se běžně setkáváme s následujícími druhy norem - technická zásoba nutná k zajištění celé výrobní dávky, pojistná zásoba jistící plynulý průběh výroby v případě nedodání materiálu, minimální zásoba, průměrná běžná zásoba a maximální zásoba.
- **Normy spotřeby práce a normy kapacitní** vyjadřují spotřebu práce na určitý pracovní výkon na daném pracovišti za daných podmínek. Normování práce je také využíváno k odměňování pracovníků. Mezi základní druhy norem spotřeby práce patří normy pracovní, které určují množství času potřebného ke zhotovení výrobku, normy výkonové se vztahují k provedení pracovní operace a vyjadřují se buď jako normy času nebo normy množství a normy obsluhy.

### 2.2.3 Členění technické přípravy výroby

Odborná literatura se na členění technické přípravy výroby dívá více pohledy. Přestože se jednotlivé pohledy mohou lišit, jejich podstata zůstává podobná. Starší literatura většinou uvádí pouze konstrukční a technologickou přípravu výroby. Heřman (2001) například rozděluje TPV na 4 fáze (konstrukční, technologická, materiálová a organizační příprava). Jednotlivé pohledy je možné vidět na Obrázku 2-7.

<b>Způsoby členění TPV</b>				
<b>1. Konstrukční příprava</b> <b>2. Technologická příprava</b>	<b>1. Stanovení záměru</b> <b>2. Výzkumná etapa</b> <b>3. Vývojová etapa</b> <b>4. Technologická příprava</b> <b>5. Náběh výroby</b>	<b>1. Konstrukční příprava</b> <b>2. Technologická příprava</b> <b>3. Organizační příprava</b>	<b>1. Konstrukční příprava</b> <b>2. Technologická příprava</b> <b>3. Projektová příprava</b>	<b>1. Konstrukční příprava</b> <b>2. Technologická příprava</b> <b>3. Materiálová příprava</b> <b>4. Organizační příprava</b>

Obrázek 2-7 – Způsoby členění technické přípravy výroby [Zdroj: Autor]

Autor se přiklání k členění dle Jurové (2015), která technickou přípravu výroby rozděluje na následující části:

- konstrukční příprava,
- technologická příprava,
- organizační příprava.

Toto rozdělení je dostatečně podrobné a nezapomíná na důležitost organizační přípravy výroby, jež v některých literaturách chybí.

### 2.2.4 Konstrukční příprava výroby

Etapa konstrukční přípravy výroby navazuje na marketingový průzkum trhu. Zabývá se konstruováním nových nebo zdokonalováním stávajících výrobků. Cílem této etapy je dosažení funkčně co nejlepšího, provozně co nejekonomičtějšího, konstrukčně co nejjednoduššího a po designové stránce odpovídajícího výrobku dle zadaných požadavků. Výrobní náklady konkrétního výrobku se již odráží v této etapě přípravy výroby a značně ovlivňují budoucí výrobu. [19]

Konstrukční část přípravy výroby se zabývá hlavně tvarem, funkcí, výkonem, rozměry a dalšími parametry konstruované části, výrobku nebo zařízení. S jednotlivými parametry, konstrukčního řešení a vybraného materiálu pro výrobu požadovaného produktu se určují nejen užité vlastnosti produktu, ale i hospodárnost a ekonomičnost výroby. Komplexní pochopení konstrukční přípravy výroby s ohledem na požadované vlastnosti zákazníka vyžaduje kladení velké váhy na zabezpečení a řízení spolupráce konstruktérů s dalšími složkami přípravy výroby. Pojem konstruování lze chápat jako návrhové pojetí nového nebo zdokonalovaného výrobku. Důležitým faktorem konstrukční přípravy výroby je také

technologičnost výrobku, tzn. volba takových parametrů výroby, jež předpokládají technicky uskutečnitelný a vyrobitelný produkt s přihlédnutím na ekonomickou efektivnost. [19], [22], [23]

Výstupem je konstrukční dokumentace. Výkresová dokumentace se skládá z výrobních výkresů pro jednotlivé součásti, ze svařovaných sestav, z montážních sestav výrobků a skupin výrobků. Další důležitou součástí je konstrukční dokumentace neboli kusovníky. Kusovníky obsahují soupis všech potřebných součástí a materiálů k výrobě produktu. Výstupem jsou také technické podmínky pro výrobu, provoz, zkoušení a přejímání výrobku včetně návodu k použití, obsluze, pravidelné údržbě, rizikových činností, upozornění nebo jeho uskladnění a přeprava. [19]

## 2.2.5 Technologická příprava výroby

Technologická příprava výroby definuje způsob, jakým se budou provádět jednotlivé výrobní operace. Během těchto operací bude docházet ke změně tvaru či látkové podstaty materiálu, přičemž přeměna tvaru zajistí konečný prodejní produkt. Tato etapa přípravy výroby určuje sekvenci operací, výrobních strojů či zařízení, na nichž bude transformace ze surových tvarů probíhat s ohledem na stroje, přípravky, potřebná měřidla. S technologickou přípravou výroby je kromě technologických aspektů výrobního procesu rovněž spojeno zajištění bezpečnosti, hygieny a kultury práce. [19]

V následujícím přehledu je znázorněno, co by měla a co ve většině případů musí technologická příprava zajistit, a co technologická příprava výroby zahrnuje.

Technologická příprava výroby je dle Vejdělka (1998) určena k zajištění:

- vysoké kvality součástí a jejich montáže, která odpovídá předem definovaným technickým podmínkám a zajišťuje vysokou provozní schopnost výrobků,
- dosažení co největšího využití výrobních možností zařízení,
- co nejmenší pracnosti výroby a s tím spojenou optimální dobu výrobního cyklu,
- ekonomické využití základních surovin a materiálů, energie, paliva, ale také zajištění co nejmenších odpadů a ztrát při výrobním procesu,
- minimální jednicové náklady, zajišťující výnosnost výroby při stanoveném rozsahu výroby,
- maximální urychlení technologické přípravy výroby vedoucí k rychlému zavádění nových výrobků a výrobních postupů, při poměrně nízkých nákladech na jejich zpracování a zavedení.

Technologická příprava výroby by podle Vejdělka (1998) měla obsahovat:

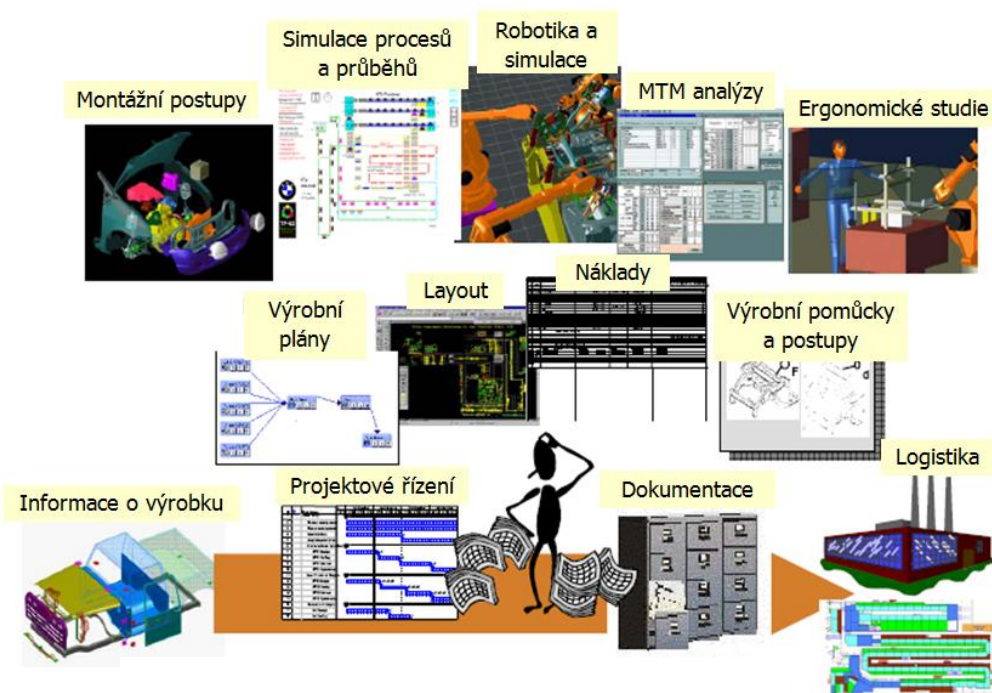
- technologické rozborů výkresů,
- stanovení norem využití zařízení a nástrojů, potřebného pracovního času, materiálů, energie,
- zpracování výrobních postupů zaručující patřičnou kvalitu výrobků a ekonomičnost výroby,
- konstrukci a zhotovení jednoúčelových nástrojů a přípravků,
- vypracování a zavedení účelných způsobů technické kontroly a organizace práce,

- kontrolu zavedených postupů a časových norem formou měření práce a zlepšování již zavedených procesů.

Heřman (2001) zmiňuje, že ne vždy jsou nutné všechny výstupy pro každé výrobní pracoviště. Důraz je kladen tam, kde je velké riziko chyb nebo výrobní proces je natolik složitý, že se bez příslušné výrobní dokumentace neobejde. Výstupy technologické přípravy jsou technologické postupy (standards). Tyto postupy uvádějí sekvenci pracovních operací, použití strojů, náradí a dále doporučení normy spotřeby materiálu a spotřeby času na jednotlivé výrobní činnosti.

## 2.2.6 Organizační příprava výroby

Základním smyslem této části přípravy výroby je sladit předešlé etapy přípravy výroby s důrazem na informační a hmotné toky. Zásadní pro harmonizaci je, aby výroba probíhala plynule a bez rušivých vlivů a zároveň co nejproduktivněji. Výstupem organizační přípravy výroby by měla být dokumentace, která kopíruje materiálový tok přes jednotlivá pracoviště. Dále je důležité do materiálového toku zaznamenat jeho intenzitu a rychlost s ohledem na objem výroby. Je také vhodné vytvořit výhledy na jednotlivé výrobky. Podle výhledů lze totiž hrubě navrhnout počet, strukturu výrobních strojů včetně jejich uspořádání, ale i počet potřebných lidských zdrojů na pokrytí výroby. Na konci této etapy se provádí ověření a odzkoušení navrhovaného řešení. [19]

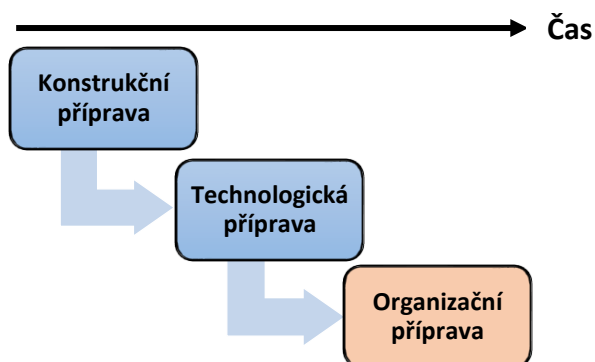


Obrázek 2-8 – Úkoly organizační přípravy výroby [82]

Jak je vidět na Obrázku 2-8 v rámci organizační přípravy výroby se musí skloubit velké množství informací, znalostí, metod, zařízení a logistických prvků, a to v co nejkratším čase. V dnešní době již existují sofistikovaná softwarová řešení (viz kapitola 1.1.4), která to umožňují.

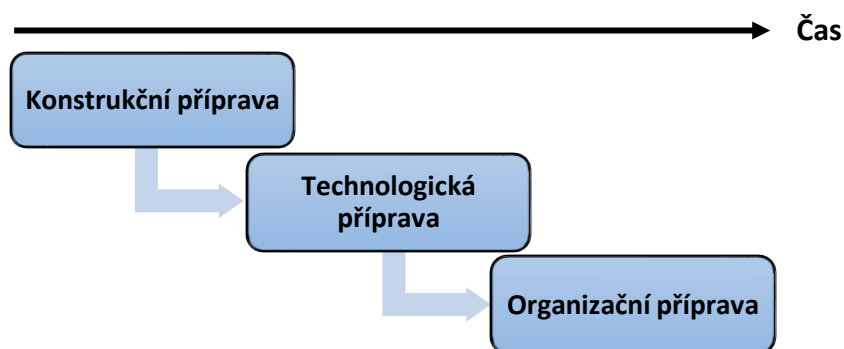
## 2.2.7 Vývoj TPV

V této kapitole by chtěl autor interpretovat jeho názor na vývoj a změnu pojetí technické přípravy výroby. Starší literatura do TPV zahrnovala pouze návrh výrobku a technologie. Později začal sílit význam organizační přípravy, jak zmiňuje literatura [19]. Klasické pojetí TPV (viz Obrázek 2-1) pracuje s jednotlivými etapami jako s oddělenými celky. Když je první hotov, může se začít pracovat na dalším. To by nebyl až takový problém, dokud bude příprava výroby jednoduchá.



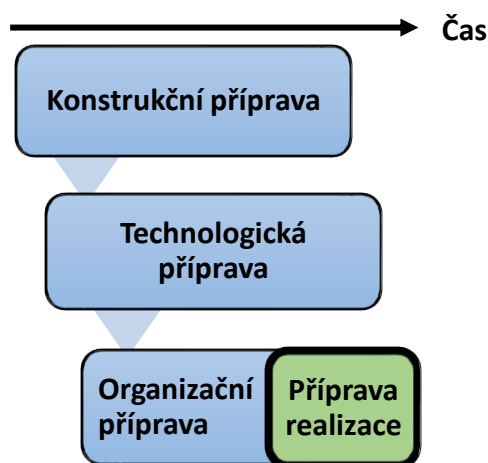
Obrázek 2-9 – Klasické pojetí TPV [Zdroj: Autor]

V současnosti, kdy jsme již vstoupili do čtvrté průmyslové revoluce, vzniká tendence eliminovat a zjednodušovat veškeré činnosti, které jsou prováděny lidským personálem. To má však obrácený efekt na technickou přípravu výroby. Složitost a komplexnost této předvýrobní fáze výrazně roste, což na druhou stranu prodlužuje a komplikuje její provádění, jak lze vidět na Obrázku 2-10. Se složitostí se prodlužují samotné etapy TPV, ale jejich překrytí je minimální.



Obrázek 2-10 – Důsledek rostoucích nároků na trvání TPV [Zdroj: Autor]

Abychom dokázali efektivně uspokojovat požadavky na 3 klíčové faktory, jimiž jsou kvalita, čas a náklady, je potřeba provádět tyto jednotlivé etapy současně. Zde se již předpokládá multidisciplinární spolupráce pracovníků z různých oddělení. Autor dále navrhuje rozšíření organizační přípravy výroby o podetapu *přípravu realizace výroby*, jejíž vliv považuje za důležitý pro hladký průběh budoucí výroby. Tato podetapa by se měla zabývat způsobem, jakým budou výrobní procesy v budoucnu prováděny. Důraz je při této podetapě kladen na lidské zdroje a nastavení standardů, které umožní efektivní provádění výroby.



Obrázek 2-11 – Paralelizace činností TPV [Zdroj: Autor]

Předpokladem úspěšné přípravy realizace výroby je informační propojení s předchozími etapami. Informační zajištění hraje v TPV důležitou roli. Jedná se o průřezovou činnost napříč všemi etapami TPV, která je zásadní pro přípravu budoucí výroby a zároveň podmínkou pro paralelní provádění jednotlivých etap.

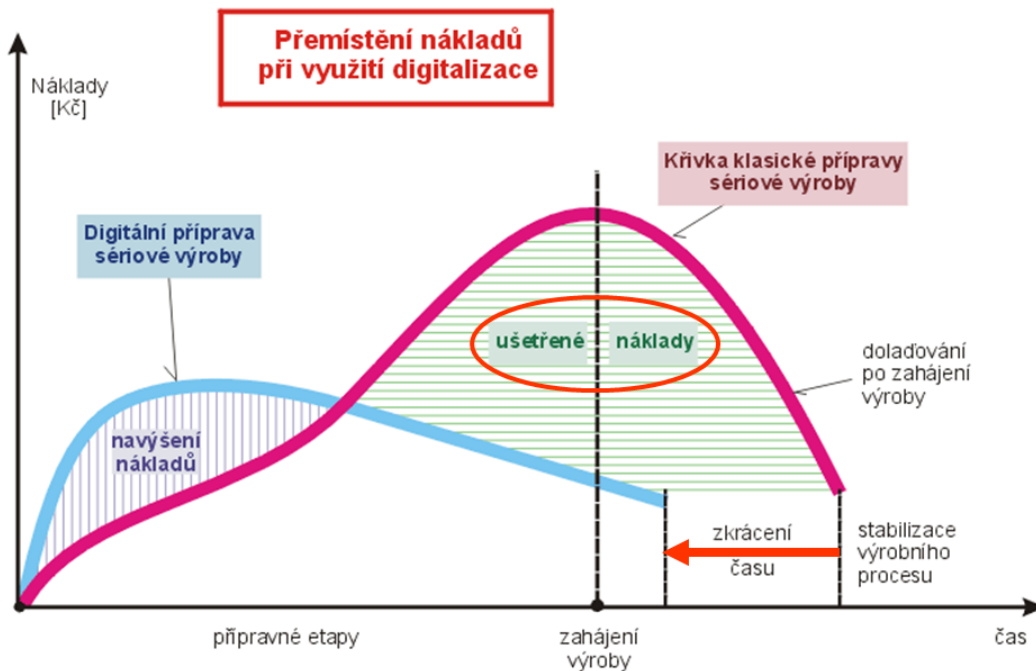
Průmyslové podniky se způsobem provádění výroby většinou zabývají až během výrobní fáze, kdy je již náročné do nastaveného systému zasahovat. V současnosti je však možné využívat moderní technologie, které dosud v přípravě výroby nebyly až tak běžné. Moderními technologiemi jsou myšleny především nástroje, jež umožní práci s virtuálními - nefyzickými objekty. Tyto nástroje umožní nejen paralelní provádění všech etap (viz Obrázek 2-11) ale i návrh realizace výroby a tím i rychlejší a efektivnější připravení a náběh výroby.

### 2.2.8 Příprava realizace výroby

Rychlost předvýrobních etap tedy rozhoduje o úspěšnosti podniku. Zrychlením předvýrobních etap lze snižovat náklady a dříve vstoupit na trh. To většinou přináší zvýšení potenciálního zisku a dovoluje inovační aktivity v průběhu života výrobku. Velký tlak konkurence a snaha o zkracování předvýrobních etap však mohou způsobit i podcenění přípravy výroby. Takové problémy pak mohou zapříčinit množství chyb a ztrátu dobrého jména společnosti.

Jak lze vidět na Obrázku 2-12 využitím digitalizace lze dosáhnout úspory nákladů a zkrácení doby trvání předvýrobní etapy. Přestože náklady v úvodu předvýrobní etapy mohou být vyšší kvůli potřebě softwaru a kvalifikovaných pracovníků, předpokládá se snížení nákladů vlivem paralelizace činností TPV, hladšího náběhu výroby, efektivnějšího provádění výroby a zlepšení kvality výrobků.





Obrázek 2-12 – Vliv digitalizace na náklady v rámci TPV [82]

Dosáhnout úspory nákladů a zkrátit čas výrobní fáze se ale podnikům často nepovede i přesto, že příprava byla provedena správně. Důvodem je lidský faktor, který do náběhu výroby vstupuje a jehož chování nelze pomocí žádného softwaru předvídat.

Proto se bude příprava realizace výroby zabývat především tím, aby provádění výrobních procesů v reálu bylo co nejvíce podobné tomu, které bylo v rámci TPV nasimulováno. Cílem této podetapy je tedy zajistit efektivní provádění budoucích výrobních procesů, což je klíčové pro rychlý náběh a stabilizaci výroby.

Tato podetapa je zaměřena zejména na vytvoření odpovídajících podkladů pro odstranění faktorů, které způsobují diferenci od požadovaného stavu výroby. Mezi hlavní odchylky mimo jiné patří:

- Pomalé zaškolení pracovníků
- Vysoká chybovost
- Nejednoznačný pracovní postup
- Nedodržování nastaveného postupu
- Jazyková bariéra

Na rozdíl od ostatních podetap organizační přípravy výroby se příprava realizace nezabývá nastavením výrobního procesu, předpokládá se již správně nastavený výrobní proces. Příprava realizace výroby má tedy zajistit soulad virtuálního a skutečného provádění výroby (viz Obrázek 2-13) správnou interpretací již nastaveného výrobního procesu pracovníkům.



Obrázek 2-13 – Sladění virtuálního a skutečného provádění procesu [87]

Žádoucí tedy je, aby se skutečný výrobní proces prováděl právě tak, jak byl v rámci TPV navržen. Začlenění přípravy realizace výroby jako podetapy organizační přípravy výroby je zároveň prvním dílčím cílem disertační práce.

### 2.2.9 Shrnutí

Tato kapitola se zabývala technickou přípravou výroby. Úkoly technické přípravy výroby jsou vyvolávány průzkumem trhu a potřeb zákazníků. Její konkrétní obsah je zcela závislý na druhu a rozsahu výroby, na stupni složitosti, novosti a technologické povaze konstrukce předmětu, který má být vyráběn a na výrobním systému závodu. Obecně však pro TPV platí tyto úkoly:

- konstrukce nových a zdokonalování již vyráběných produktů,
- vypracování a zdokonalování výrobních postupů,
- konstrukce a zhotovení náradí,
- vyzkoušení a seřízení navržených výrobních postupů.

Činnost v rámci TPV lze rozdělit na přípravu prototypu, přípravu k výrobě a rozběh výroby. V podkapitole 2.2.3 byl zvolen vhodný pohled na členění TPV. Jednotlivé fáze byly pak podrobněji popsány v podkapitolách 2.2.4, 2.2.5 a 2.2.6. Na základně prostudované literatury lze říci, že technická příprava výroby slouží především pro:

- zvýšení konkurenceschopnosti výrobku,
- hladký průběh výroby,
- tvorbu podkladů pro výrobní proces,
- uspokojení uživatele.

Autor dále v podkapitole 2.2.7 ukazuje svůj pohled na vývoj technické přípravy výroby, který vyzdvihuje především to, že se zvyšuje náročnost jednotlivých etap a současně je kladen důraz na rychlé provádění této předvýrobní fáze. Zde také navrhuje začlenění přípravy realizace výroby jako součást organizační přípravy výroby. Tuto podetapu považuje za

důležitou z hlediska provádění výrobních procesů a jejich efektivnosti. Dle jeho názoru by jednotlivé etapy měly odpovědět na tyto základní otázky:

- Konstrukční příprava – Co budeme vyrábět?
- Technologická příprava – Jakou technologií budeme vyrábět?
- Organizační příprava – Jaké budou materiální, informační a personální toky? Jak to budeme provádět?

Právě na otázku: „Jak to budeme provádět?“ odpovídá příprava realizace výroby. Pro zajištění efektivnosti provádění výroby lze využít moderních vizualizačních nástrojů, které by dokázaly pracovat s virtuálními (fyzicky neexistujícími) objekty. Tento přístup by umožnil paralelní provádění jednotlivých etap technické přípravy výroby, což by výrazně zkrátilo čas potřebný pro přípravu. Pokud totiž budeme brát čas pro přípravu jako konstantu a nebudeme jednotlivé etapy provádět paralelně, bude to mít negativní dopad na stupeň využití všech výrobních činitelů, kvalitu výroby, průběžnou dobu výroby, pracovní prostředí, kulturu a hygienu práce.

## 2.3 Moderní vizualizační nástroje

Na úvod této kapitoly je důležité si vysvětlit, co konkrétně autor myslí pod pojmem moderní nástroje. Jak již vyplývá z předchozí kapitoly, jedná se především o imerzní technologie, kterými dle literatury [30] jsou:

- Virtuální realita (dále jen VR)
- Rozšířená realita (dále jen AR)
- Smíšená realita (dále jen MR)

Vzhledem k tomu, že definice smíšené reality není jednoznačná a spíše zahrnuje vše, co se nachází mezi čistě skutečným světem a virtuálním prostředím, přiklání se autor k názoru Hořejšího (2019) a bude tak dále pracovat pouze s pojmy virtuální a rozšířená realita.

Mezi hlavní výhody využití VR a AR, které umožňují inovace podnikových procesů, dle [42] jsou především:

- Vytváří standardizované prostředí
- Vytváří iluzi (zatím) neexistujícího prostředí
- Vytváří iluzi těžko dostupného prostředí
- Replikovatelnost experimentů
- Možnost zaznamenávání
- Možnost paralelního zpracování dat
- Atraktivita technologie
- Ekonomičnost

### 2.3.1 Virtuální realita

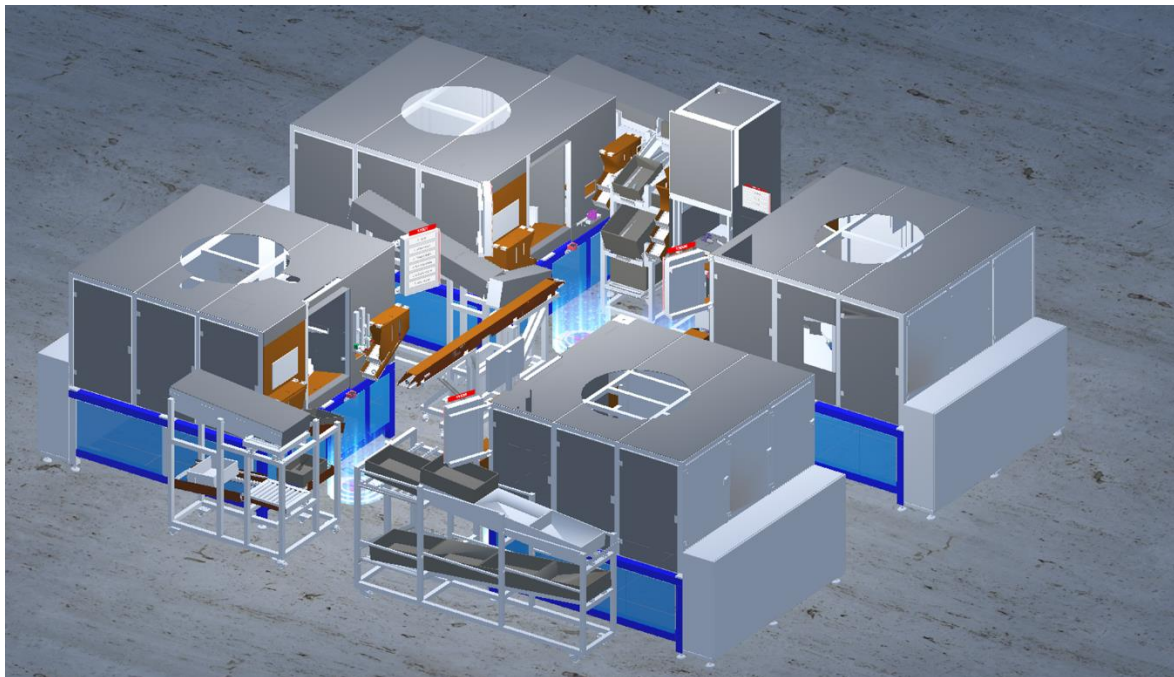
Přiřazení univerzální definice pojmu virtuální realita je poměrně složité, jelikož se definice různých autorů často liší. Obecně lze virtuální realitu chápat jako typ počítačové technologie, která pomocí smyslů člověka umožňuje uživateli nasimulovat reálné prostředí nebo imaginární svět. Vnímání virtuální reality umožňuje vnoření a obklopení pozorovatele virtuálním světem. [26]

Existují různé pohledy, jak lze virtuální realitu vnímat:

- Pohled všeobjímající – Umělý prostor vytvoření veškerým elektronickým zařízením, typickým příkladem jsou počítače.
- Pohled obklopující – Vtažení a obklopení uživatele.
- Pohled interaktivní – Umělý prostor, ve kterém je možné interaktivně manipulovat s objekty. [26]

Součástí virtuální reality je i stimulace různých smyslů:

- Vizualizační – stimulace zraku díky 3D projekci nebo speciálním zařízením,
- Haptický – stimulace hmatu pomocí speciálních rukavic nebo obleků,
- Aurální – stimulace sluchu s využitím reproduktorů,
- Ostatní aspekty – např. stimulace chuti a čichu. [26]



Obrázek 2-14 – Ukázka z prostředí VR za použití HTC Vive [Zdroj: Autor]

Virtuální realitu je možné popsat jako počítačem vytvořené interaktivní a trojrozměrné prostředí, do něhož je uživatel zapojený. Ukázka takového prostředí je vidět na Obrázku 2-14. Pro zapojení uživatele se využívají různá média. Mohou to být náhlavní displeje, chytré brýle nebo jen monitor. Autor se přiklání k definici společnosti Merriam-Webster (2016), která ve svém slovníku popisuje virtuální realitu dvěma způsoby:

- 1) Umělé prostředí, které je vnímáno pomocí sensorických stimulů (jako například obrazových nebo zvukových) zprostředkovaných počítačem. Chování prostředí je ovlivněno akcemi uživatele.
- 2) Technologie, která je využívána pro vytvoření nebo zpřístupnění virtuální reality.

Jak je vidět z předchozích definic, virtuální realita nemusí být jen samotné virtuální prostředí, ale i pro označení technologie či hardwaru. Asociace Virtual Reality Society (2019) dále říká, že virtuální realita vlastně znamená „něco, co je blízké realitě“. Sherman a Craig (2003) ve své knize *Understanding Virtual Reality* popisují virtuální realitu následovně:

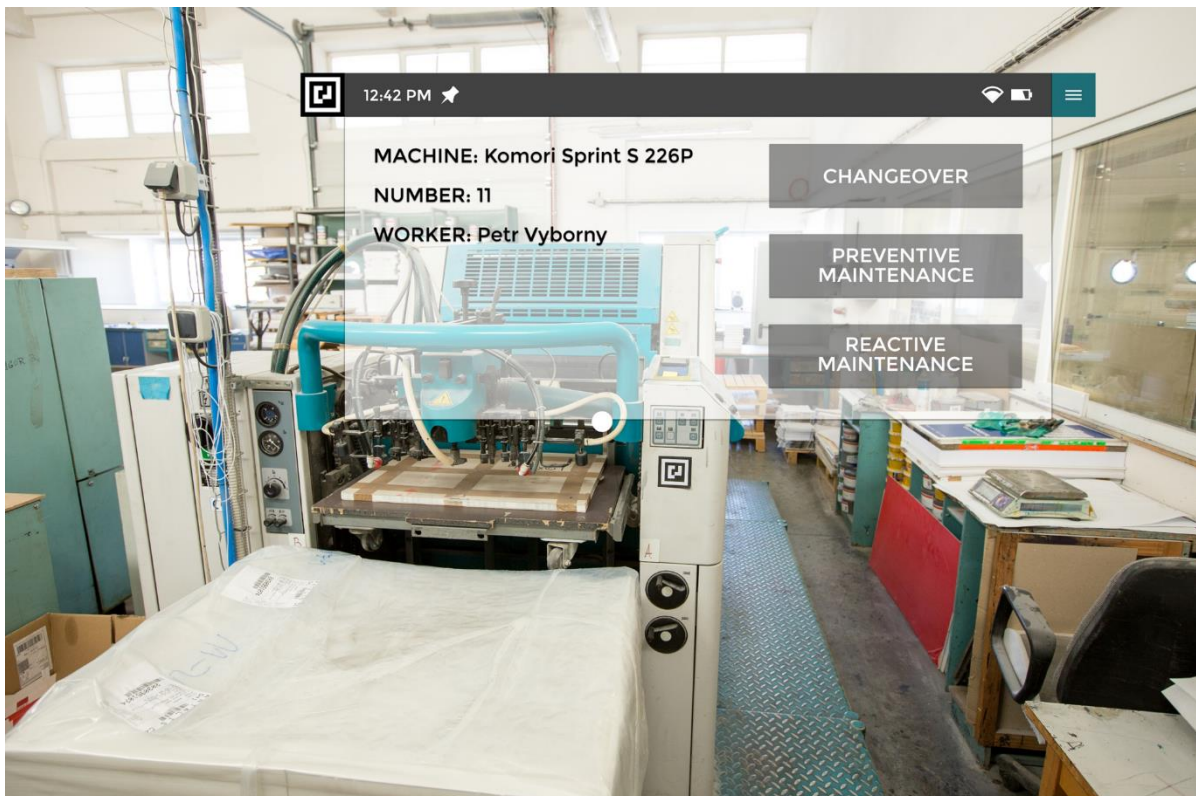


*„Médium, které umožňuje uživateli komunikovat s počítačem simulovaným prostředím reálného nebo imaginárního světa se snahou o maximální obklopení (imerzi) uživatele virtuální reality.“ [29]*

### 2.3.2 Rozšířená realita

Pojem rozšířená realita není natolik známý jako virtuální realita. Obecně lze říci, že se jedná o reálný obraz doplněný virtuálními prvky. Spojuje prvky generované počítačem s informacemi ze skutečného světa. Rozšířená realita umožňuje propojovat virtuální objekty s reálným světem a to v reálném čase. [26]

S termínem rozšířená realita se dnes často setkáváme, jelikož se jedná o atraktivní technologii s početnými možnostmi komerčního využití. Pro zobrazení reality s následným přidáním virtuálních digitálních prvků můžeme využívat chytré telefony, tablety, poloprůhledné brýle či kameru ve spojení se zobrazovacím zařízením. Ukázkou z prostředí rozšířené reality, která pro zobrazení využívá brýle Hololens od společnosti Microsoft, lze vidět na Obrázku 2-15.



Obrázek 2-15 - Ukáзка z prostředí AR za použití Microsoft Hololens [Zdroj: Autor]

*„Rozšířená realita je druhem virtuální reality kombinující reálný svět s virtuálním prostředím. Na rozdíl od klasické virtuální reality rozšířená realita nevyužívá úplné „ponoření“ uživatele do virtuálního světa, ale doplňuje nebo pozměňuje určitým způsobem vnímání světa reálného – rozšířená realita tedy nenahrazuje reálný svět.“ [31]*

Definice rozšířené reality, k níž se autor přiklání, Merriam-Webster (2016) ve svém slovníku popisuje opět dvěma způsoby:

- 1) Vylepšená verze skutečnosti vytvořená s využitím technologie za účelem překrýt digitální informací obraz či cokoliv jiného, co vidíme skrze zařízení.

## 2) Technologie, která je využívána pro vytvoření rozšířené reality.

Někteří autoři popisují augmented reality jako umělý prostor tvořený elektronickým zařízením, typickým příkladem jsou počítače. Zahrnují všechny úkony, které na nich uděláme od okamžiku zapnutí až do jeho vypnutí.





Princip funkcionality rozšířené reality je dle Hořejšího (2019) postaven na čtyřech základních krocích. Díky tomu je možné přidávat digitální elementy do skutečného prostředí:

- Snímání scény
- Rozpoznání scény
- Zpracování scény
- Zobrazení scény



### 2.3.3 Využití VR a AR v TPV

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.2.7, technická příprava výroby zažívá s příchodem nových moderních technologií velký pokrok. S tím souvisí i využití právě virtuální a rozšířené reality v této oblasti. Úkolem moderních technologií je pak nejen zkrátit čas trvání činností přípravy výroby ale i zvýšit kvalitu výstupů a snížit náklady na nedostatky, které by se projevíly během samotné výroby.

Obecné možnosti využití VR a AR ve vazbě na podnikové činnosti, které lze vidět na Obrázku 2-16, rozděluje Hořejší (2019) na 5 základních oblastí.

 Návrh a vývoj	 Logistika	 Výroba	 Provoz a údržba	 Všechny etapy
Virtuální konstruování	Navigace po skladu	Manuály a návodky	Manuály a návodky	Virtuální kolaborace
Návrh a prohlídka layoutu	Pick-By-Vision	Trénink	Trénink	Vizualizace dat
Virtuální simulace	Vizualizace nákladky	Porovnávání odchylek	Prediktivní údržba	Marketing
Ergonomické studie		Doplnění metadat		

Vysvětlivky:

-  Možnost využití VR pro danou aplikaci v rámci etapy PLC
-  Možnost využití AR pro danou aplikaci v rámci etapy PLC

Obrázek 2-16 – Využitelnost VR a AR v průmyslu [42]

Podobným způsobem lze vytvořit matici použitelnosti VR a AR v technické přípravě výroby. Ovšem ne na všechny činnosti technické přípravy výroby se použití moderních technologií hodí. Proto je nejdříve nutné definovat oblasti TPV, kde je použití virtuální a rozšířené reality možné a vhodné.

Autor při návrhu etap TPV vychází z odborné literatury, kterou ale doplňuje o čtvrtou etapu nazvanou *Příprava realizace výroby*. Tomu odpovídá i rozdělení činností. V prvních dvou etapách je kladen největší důraz na produkt a technologie. Organizační příprava se zabývá především harmonizací předchozích etap. Poslední etapa se týká hlavně lidských zdrojů, které mají zásadní vliv na způsob, jakým se bude výrobní proces provádět.

Tabulka 2-1 – Využitelnost VR a AR v technické přípravě výroby [Zdroj: Autor]

Etapa TPV	Činnost	Virtuální realita	Rozšířená realita
Konstrukční příprava výroby	Úvodní variantní projekt	✓	✓
	Technický projekt	✓	✓
	Konstrukční příprava prototypu	✓	✓
	Výroba a zkoušky		
	Příprava výroby	✓	
Technologická příprava výroby	Návrh technologie	✓	✓
	Zpracování technologických postupů		
	Příprava výroby speciálního náradí	✓	
	Technicko-hospodářské normy		
Organizační příprava výroby	Variantní technicko-organizační projekt	✓	✓
	Nastavení veškerých toků	✓	✓
	Výroba ověřovací série		
	Zkoušení a ověřování		
	Vystavení dokumentace		
	Ergonomické řešení provádění výroby	✓	✓
Příprava realizace výroby	✓	✓	

Autor v Tabulce 2-1 vychází ze znalostí načerpaných z odborné literatury a vlastní zkušenosti z realizace projektů v průmyslových podnicích. Dále byla využita metoda expertní skupiny. Jak je v tabulce vidět, využití moderních technologií v konstrukční, technologické a organizační přípravě má široké možnosti a již se hojně používá. [42] Příkladem může být ergonomické řešení provádění výroby nebo simulace výroby. [80], [81]

Při přípravě realizace výroby se moderní imerzní technologie hodí hlavně pro tvorbu pracovních návodů. [79], [38] Vydefinování obsahu přípravy realizace výroby je pak součástí druhého dílčího cíle disertační práce.



Autor se chce ale dále zaměřit právě na využití moderních nástrojů pro tvorbu návodek. Na rozdíl od některých autorů (např. Hořejšího (2019), kteří manuály a návodky řadí do výrobní fáze, chce autor vyzdvihnout možnost jejich vytvoření již ve fázi předvýrobní v souvislosti s nástroji digitálního podniku. Tam má totiž paralelizace přípravných činností největší význam.

Dalším z důvodu, proč si autor tuto oblast vybral je, že s přípravou a zaváděním nového či inovovaného produktu přichází velká rizika. Se čtvrtou průmyslovou revolucí se mění koncept výroby. Průmyslové společnosti se snaží navrhovat výrobní procesy tak, aby se snižovala potřeba lidských zdrojů a jejich nutná kvalifikace. Schopnosti výrobních a montážních pracovníků se pak často stávají nejslabším článkem realizace výroby. [17]

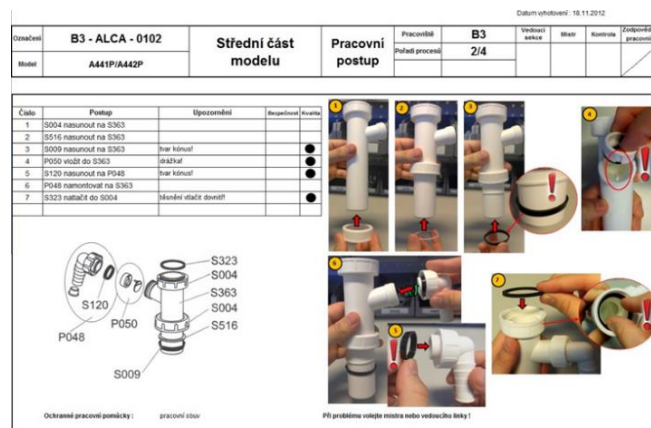
#### 2.3.4 Návodky

V úvodu této podkapitoly je důležité specifikovat pojem návodka. Starší literatura [23] zmiňuje pouze výrobní a montážní postupy. Ty popisuje jako dokument obsahující text a případně schémata. Výrobní postup je plán výrobního procesu, který dává stručný nástin zpracování materiálů či polotovarů v součást nebo hotový výrobek. Výrobní proces je tedy činnost, při které se výchozí materiál (polotovary) přetváří v hotový výrobek. Tato přeměna se děje za účasti pracovní síly a výrobního zařízení, tzn. že zahrnuje jak práci člověka, tak i práci výrobních prostředků. Výrobní postup může být určen pro prvovýrobu, výrobu polotovarů, obrábění, tepelné zpracování, povrchové úpravy a montáž.

**Návodka** oproti tomu je do detailu propracovaný názorný postup výroby. Obsahuje podrobný popis operací, který může obsahovat i úkony a pohyby, a je podkladem pro práci výrobních dělníků. V návodce mohou být obsaženy i důležité údaje o operaci (číslo, popis, členění operace na úseky), o pracovišti (číslo, označení), o materiálu (číslo, označení, rozměry), o času práce apod. Návodky lze rozdělit na klasické papírové nebo videonávodky. Mezi modernější pak patří návodky na principu virtuální a rozšířené reality. [42] Návodka by měla být jednoznačná, viditelná, v dosahu pracoviště a operátor by jí měl plně rozumět.

Tvorba návodky je závislá na vstupech nejen z konstrukční a technologické přípravy výroby, ale i organizační přípravy výroby. Proto autor návodky řadí do organizační přípravy výroby do podetapy příprava realizace výroby, která má zajistit správnou interpretaci provádění procesů pracovníkům. Literatura často zmiňuje, že návodky se hodí především pro hromadnou a velkosériovou výrobu. Autor je však názoru, že mohou mít své uplatnění i u výrob s nižší opakovatelností. Příkladem může být výrobní proces s nízkým objemem výroby a nízkou variabilitou výrobků. Zde může být velké množství komponent, jejichž nesprávné umístění může způsobit obrovské vícenásledky.

**Papírová návodka** je jednou z možností, jak sdělit postup pracovníkovi. Důležitou vlastností, kterou má papírová návodka mít, je její rozsah. Měla by být krátká a jednoduchá. Pracovník by neměl mít více možností, jak si interpretovat instrukce z návodky podle. Proto je důležitá srozumitelnost. Každý pracovník jí musí jednoznačně rozumět. Žádné dlouhé souvětí, slang, zkratky nebo technické termíny by se v návodce neměly vyskytovat. Návodka musí být pracovníkovi pořád k dispozici. Dalším důležitým znakem je konzistentnost sdělení. Jedná se hlavně o užití pojmů, metod a rozložení návodky. Zásadní je dále rozsah sdělení, který by měl být sepsaný tak krátce a jednoduše, jak je to jen možné. Papírové – klasické pojetí návodek, které je známé snad v každém výrobním podniku (viz Obrázek 2-17), mohou být čistě textové nebo doplněné o obrázky. [47]



Obrázek 2-17 – Papírová návodka [42]

Dalším druhem návodek je **videonávodka**. Její tvorbu lze rozdělit do tří samostatných kroků. Prvním krokem je natočení všech operací. V druhém kroku jsou tato videa sestřihána a rozdělena celkově do deseti ucelených montážních kroků. Jednou z možností, jak sestavit finální návodka, je formou PowerPoint prezentace. Natáčení videa probíhá přímo na pracovišti. Kamera je většinou umístěna na stativ, aby se stabilizoval obraz. Scéna se nachází relativně blízko kamery a musí přinášet dostatečně detailní záběr. Po natočení všech scén musí být všechna videa nastříhána a rozdělena do jednotlivých kroků pro finální návodka. Většinou se jedná o videozáznam obsahující výkon ruční práce, která probíhá pouze na jednom místě (viz Obrázek 2-18). Tento typ řadíme také mezi klasické návodky. [47]



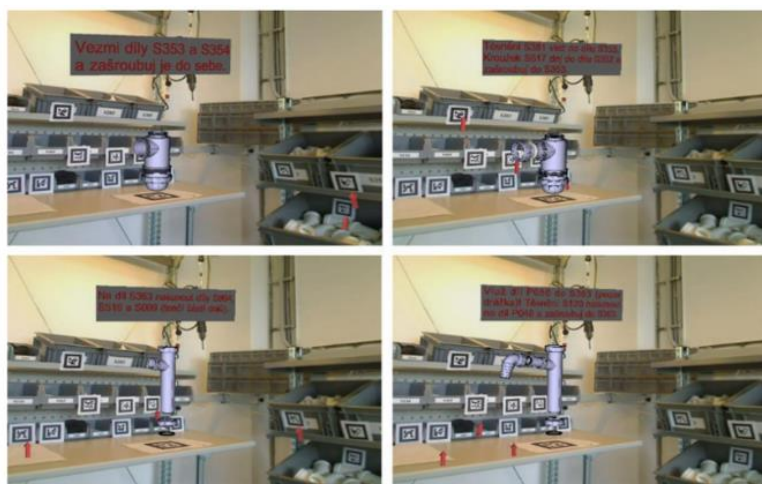
Obrázek 2-18 – Videonávodka [42]

**Virtuální návodka**, která se promítá na zobrazovacím zařízení, je vytvořena ve virtuálním prostředí a autor ji řadí (společně s návodkou v rozšířené realitě) mezi moderní vizualizační nástroje. Na zobrazovacím zařízení běží virtuální pracovní postup zaměřený na jednoznačný popis pracovního kroku. Pracovník sleduje toto zařízení s návodkou a snaží se opakovat postup, který většinou zahrnuje i umístění používaných dílů a potřebné nářadí. Počítačovou animaci si po splnění daného úkonu pracovník stiskem tlačítka posouvá dál nebo dochází k automatické synchronizaci návodky přímo s výrobním zařízením. Jedná se o velmi názornou formu předávání instrukcí, která je jednoduše pochopitelná pro každého na Obrázku 2-19 je vidět použití In-Situ projekce pro označení polohy potřebné komponenty.



Obrázek 2-19 – Virtuální návodka [42]

**Návodky s rozšířenou realitou** jsou vytvořeny tak, aby kombinovaly prvky skutečného světa a virtuálního prostředí (viz Obrázek 2-20). Mají za úkol pomocí animací a efektů, kdy jsou virtuální prvky umísťovány do obrazu reálného prostředí, navádět pracovníka k provedení daného kroku. Virtuálními prvky umísťované v návodce do reálného obrazu bývají nejčastěji součásti určené ke kompletaci, pracovní nářadí potřebné k montážním úkonům a šipky navádějící pracovníka kam sáhnout pro potřebný díl. Snahou virtuální návodky je eliminování nedostatků papírových návodků a videozáznamů ukazující pracovníkovi, jak postupovat k dokončení práce. Současný trend digitalizace a automatizace výroby způsobuje, že velké podniky začínají testovat rozšířenou realitu a s tím i vyvíjet různé jednoduché pracovní návodky. [44]



Obrázek 2-20 – Návodka v rozšířené realitě [42]

Rozšířená realita s využitím poloprůhledných brýlí je za současných podmínek více vhodná pro údržbu, kde je potřeba přenosného zařízení pro řešení často velmi složitých technických úkolů v krátkém čase.

### 2.3.5 Výsledky výzkumu v oblasti použití návodek

V rámci Západočeské univerzity v Plzni probíhal zhruba 5-letý výzkum, jehož cílem bylo určit, jak různé formy návodek ovlivňují čas potřebný pro naučení se složení neznámé sestavy (dřezového sifonu) podle studie [45]. Pro samotnou realizaci výzkumu byly dle literatury [43], [44], [46] a [47] vybrány tyto varianty návody:

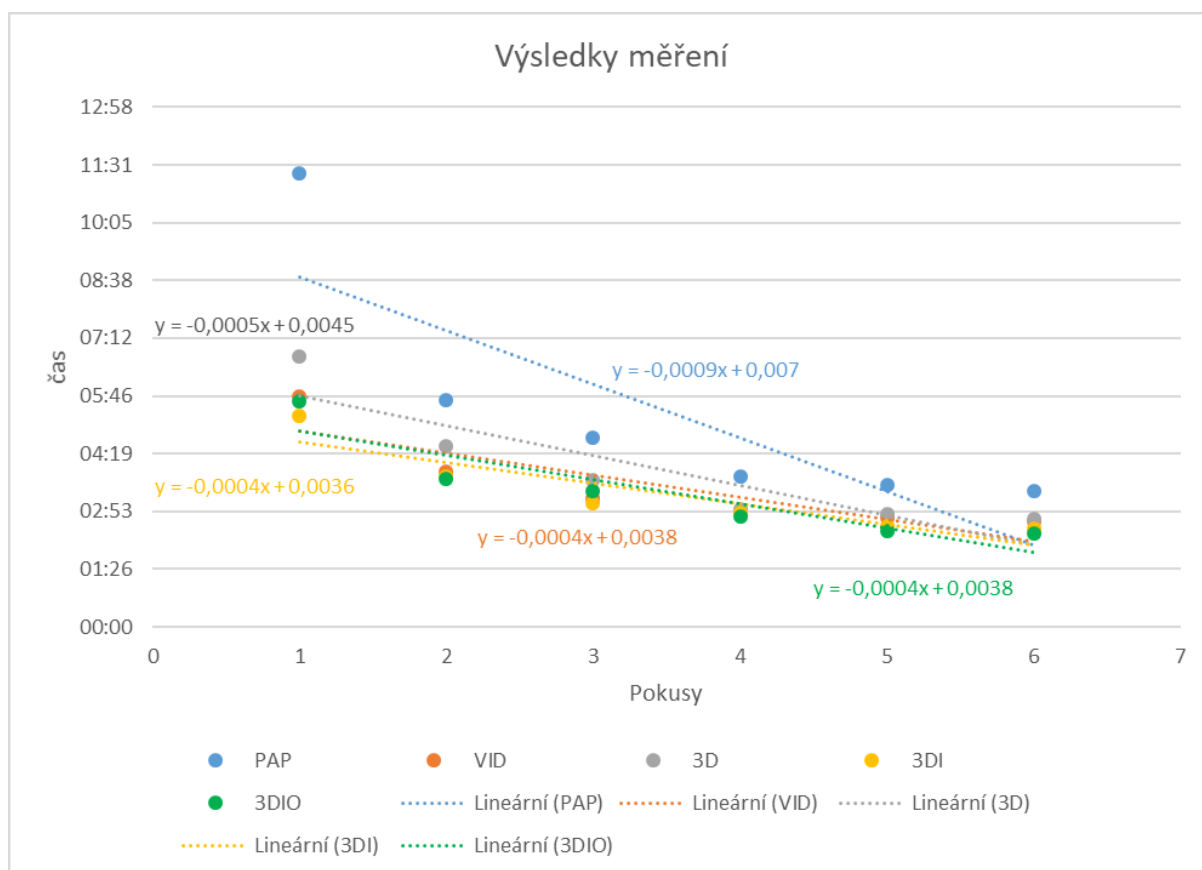
- PAP – Papírová návodka
- VID – Video návodka
- 3D – virtuální návodka na monitoru
- 3DI – virtuální návodka na monitoru, In-Situ projekce
- 3DIO – virtuální návodka na monitoru, In-Situ projekce a speciální ovladač

Metodika testování dle Hořejšího (2019) stanovuje dobu montáže pro jednotlivé typy návodek a její vývoj během měřených pokusů. Vytvořená návodka pro montáž byla testována na skupině osob ve věkovém rozmezí 20 až 25 let. Bylo testováno celkem 60 probandů. Každý účastník měl 6 pokusů na sestavení dřezového sifonu. Pro každý dílčí pokus byl odměřen čas (viz Tabulka 2-2).

Tabulka 2-2 – Výsledky měření [42]

	1	2	3	4	5	6	Směrodatná odchylka	Průměr	Medián
PAP	11:18	05:39	04:43	03:44	03:32	03:24	02:45	05:23	04:14
VID	05:44	03:52	03:13	02:53	02:44	02:38	01:04	03:31	03:03
3D	06:44	04:31	03:39	02:57	02:48	02:42	01:25	03:53	03:18
3DI	05:16	03:45	03:05	02:51	02:31	02:27	00:58	03:19	02:58
3DIO	05:38	03:42	03:23	02:46	02:24	02:19	01:08	03:22	03:04

Z výsledků experimentu je vidět, že učení pracovního úkonu je u papírové návodky výrazně pomalejší, nežli u ostatních variant. Naproti tomu výsledky testování ostatních variant se od sebe příliš neliší, jak lze vidět na Obrázku 2-21.



Obrázek 2-21 – Grafické výstupy měření [42]

Tento a další výzkumy [45], [61], [64] prokázaly, že využitím moderních vizualizačních nástrojů lze zefektivnit nejen proces učení, ale i zamezit rizikům chybné interpretace pracovního postupu. Některé studie [62], [63] ukazují zlepšení při použití moderních nástrojů o více než 30%. Otázkou však zůstává, zda jde tyto výsledky paušalizovat. Testování totiž probíhala za specifických podmínek. Podmínky v praxi se ale budou lišit, což ovlivní i efektivitu provádění výrobních procesů. Autor je názoru, že ne vždy bude mít využití těchto technologií v technické přípravě výroby pozitivní dopad. Výrobní procesy mají mnoho charakteristických

faktorů, jež budou mít vliv nejen na rozhodnutí, zda bude využití imerzní technologie pro návodku vhodné, ale i jaký typ návodky bude vyhovovat daným podmínkám.

### 2.3.6 Charakteristika návodek

Volba typu návodky bude záležet nejen na charakteristikách výrobního procesu ale i na charakteristice návodek. Každý typ návodky má specifické vlastnosti, které budou mít vliv na to, kde a zda bude jejich využití vhodné. Na základě diskuze s experty byly vybrány klíčové parametry těchto nástrojů:

- Spojitost vizualizace
  - Diskrétní – skokové změny
  - Spojité – spojitý průběh vizualizace
- Pozice návodky
  - Stacionární – pevně umístěna
  - Nestacionární – přenosná
- Pozice kamery
  - Statická – pohled se nemění
  - Dynamická – může se měnit pohled
- Obsah vizualizace
  - Skutečný – reálné objekty
  - Virtuální – objekty z virtuálního prostředí
- Vliv na výkon práce
  - Bez vlivu – neomezují pracovníka
  - Znevýhodňující – omezují pracovníka
- Úprava obsahu
  - Jednoduchá – snadná integrace
  - Složitá – integrace změny v procesu bude náročná
- Synchronizace s výrobou
  - Manuální – pracovník sám přepíná na další krok
  - Automatická – probíhá automaticky (např. napojením na výrobní zařízení)
- Interpretace
  - Jednoduchá – snadné pochopení
  - Složitá – těžší na pochopení
- Potřebný hardware
  - Není potřeba
  - Zobrazovací zařízení (PC, tablet)
  - Chytré brýle
- Doba nutná pro vytvoření
  - Dlouhá
  - Střední
  - Krátká
- Náklady na vytvoření
  - Vysoké
  - Střední
  - Nízké

Výše vypsané charakteristiky jsou obecné a nevztahují se ke konkrétnímu typu návodky.

### 2.3.7 Shrnutí

Tato kapitola se zabývala moderními vizualizačními nástroji a jejich využitím v průmyslu. Autor zde nejdříve vymezil termín moderní nástroje a dále je podrobněji popsal v podkapitolách 2.3.1 a 2.3.2. Podkapitola 2.3.3 se zabývala obecnými možnostmi využití imerzních technologií v průmyslu. Autor dále vyjádřil svůj názor na činnosti, které se v rámci etap přípravy výroby provádí. Zde zařadil ergonomické řešení provádění výroby a zpracování výrobních a montážních návodek do přípravy realizace výroby. Následoval návrh využití moderních nástrojů v technické přípravě výroby.

Autor se v další části práce zaměřuje na přípravu realizace výroby, především na definování alternativních řešení pro tvorbu návodek. Tato řešení pak rozděluje na:

- Papírová návodka
- Videonávodka
- Virtuální návodka
- Návodka v rozšířené realitě

V podkapitole 2.3.5 jsou zmíněny výsledky výzkumů, které prokazují, že moderní vizualizační nástroje mohou mít pozitivní dopad na provádění dílčích výrobních procesů. Zároveň ale autor tvrdí, že ne vždy toho lze dosáhnout. Zmiňuje také důležitost charakteru výrobních procesů ve spojitosti s charakteristickými rysy jednotlivých typů návodek.

## 2.4 Charakteristika výrobních procesů

V předchozí kapitole bylo poukázáno na důležitost charakteristiky výrobního procesu z pohledu vhodnosti využití moderních nástrojů pro tvorbu pracovních návodek. Proto se tato část práce bude věnovat právě výrobnímu procesu a jeho charakteristikám.

### 2.4.1 Výrobní proces

Výrobní proces je popsán jako cílevědomá činnost, která je prováděna za účelem tvorby materiálních i nemateriálních statků, s cílem uspokojit požadavky spotřebitelů. Výsledkem jsou výrobky nebo služby. Jedná se o postupnou nebo jednorázovou přeměnu výchozího materiálu na finální výrobek. [72]

Obecná definice procesu říká, že proces je po částech uspořádaná množina aktivit, které přinášejí přidanou hodnotu. Proces musí mít svého vlastníka. Rovněž má vstupy a musí mít i výstupy. [76]

Dále se autor zaměřuje na charakteristiky výrobního procesu. Cílem této kapitoly je definovat parametry výrobních procesů a zhodnotit, které budou ovlivňovat výběr vhodného vizualizačního nástroje. Oborná literatura [19], [24] a [77] rozděluje strukturu těchto procesů do tří hlavních částí, jimiž jsou věcná, časová a prostorová.

### 2.4.2 Věcná struktura výrobního procesu

Z pohledu věcné struktury lze výrobní proces dále rozdělit na menší podskupiny.

#### ***Výrobní proces z technického hlediska***

Výrobní proces z technického hlediska je charakteristický přeměnou tvaru a složení. Můžeme ho dělit dle [76] následovně:

- Dle míry zapojení člověka
  - pracovní proces – ukazuje míru uplatnění a využití práce člověka,
  - nepracovní proces – automatický proces – probíhá bez člověka,
  - přírodní proces – pomocí účinků přírodních sil,
- Dle výrobní základny
  - greenfield – nová výrobní základna
  - brownfield – využití existující základny a technologie
- Dle technologie
  - procesy technologické – mění se tvarové i strukturální charakteristiky,
  - procesy netechnologické – nepřetvářejí materiálové vstupy – slouží k zajištění procesů technologických.

### ***Výrobní proces z hlediska vstupních prvků***

Surovina je dle [77] vytěžený nebo jinak získaný vstup – neobsahuje zhmotnělou práci, kdežto materiál obsahuje zhmotnělou práci – jedná se o tzv. přeměněnou surovinu.

- Surovinové vstupy
  - Suroviny:
    - základní – podstata výrobku, předurčuje charakteristické vlastnosti
    - pomocné – nestávají se součástí produktu - jejich přítomnost je ale nezbytná
    - energetické – jsou zdrojem energie, která je nutná pro uskutečnění technologické přeměny
- Informace a technologie
  - informace - znalosti a dovednosti
  - technologie – souhrn znalostí a dovedností, jejich použitím jsme schopni výchozí suroviny a materiály přeměnit na konečný produkt.
- Technické prostředky – závisí na výrobním zaměření a technické úrovni, tvoří základ, který určuje rozsah, strukturu i výsledky procesu. Patří sem stroje, zařízení, nástroje, nářadí, přístroje, budovy a hodnotí se spolehlivost, výkonnost, náročnost na obsluhu a údržbu, stupeň opotřebení, životnost atd.
- Sociální subsystém – lidská pracovní síla je zde rozhodujícím vstupním prvkem.
- Okolí výrobního systému
  - přírodní zdroje
  - finanční okolí (spolupráce s bankami)
  - právní okolí (legislativa)
  - životní úroveň regionu
  - tržní prostředí, konkurence atd. [77]

### ***Výrobní proces z hlediska charakteru výroby***

Fáze výroby dle [24]:



- Předvýrobní – činnosti technické přípravy výroby a zajišťování materiálu
- Výrobní – vlastní výrobní proces
  - předzhotovující – příprava a zpracování surovin a materiálů pro vlastní výrobní proces (odlitky, výlisky, ...)
  - zhotovující – podstata VP, výrobky dostávají konečnou podobu (výroba součástí a montáž skupin)
  - dohotovující, dokončovací – finální montáž, vzhledová a ochranná úprava (nátěry), příprava k expedici
- Povýrobní – prodej, odbyt, expedice, doprava, předání zákazníkovi, zaškolení, zajištění servisu

### ***Výrobní proces z hlediska podstaty produkčních procesů***

- Mechanické procesy – nemění se látková podstata, ale tvar, vzhled a jakost
- Chemické procesy – změna látkové podstaty surovin a materiálů
- Biologické a biochemické procesy – využívá se živých organismů a biologických pochodů (zrání, kvašení, ...) a mění se látková podstata [77]

### ***Výrobní proces z hlediska plynulosti výrobního procesu***

- Plynulá – kontinuální; technický proces se nepřerušuje ani ve dnech pracovního klidu; hromadná výroba; automatizace; zastavení i rozběh spojeno s náklady
- Přerušovaná – diskontinuální; z hlediska organizace složitější; dále se dělí na
  - hlavní výrobní procesy
  - pomocné výrobní procesy
  - obslužné procesy [24]

### ***Výrobní proces z hlediska postavení pracovníka ve výrobě***

- S přímou účastí člověka
  - ruční výrobní proces
  - mechanizovaný výrobní proces
- S nepřímou účastí člověka
  - automatizovaný výrobní proces
  - aparaturní výrobní proces

### ***Výrobní proces z hlediska opakovatelnosti***

- Kusová – výroba velkého počtu různých druhů v malých množstvích, průběh se opakuje nepravidelně. Je vyžadována vyšší kvalifikace pracovníků.
- Sériová – výroba stejného druhu se opakuje v sériích - malosériová, středně-sériová, velko-sériová
- Hromadná – velké množství jednoho, nebo malého počtu druhů [19]

### 2.4.3 Členění z pohledu časové struktury výrobního procesu

Zajištění plynulé výroby se odvíjí od pohybu materiálu pracovištěm. Materiálový tok musí být regulován časovými vazbami. Naplánovaný materiálový tok rozpracovaných dílů tvoří časovou strukturu výrobního procesu. Časová struktura dle literatury [19] a [24] obsahuje následující:

- časové uspořádání procesu - postupné zpracování stanovených posloupností operací a ve stanovení předpokládaných lhůt realizace jednotlivými pracovišti
- průběžná doba výroby – výrobní cyklus výrobku - doba od zahájení do dokončení výroby určitého výrobku (zahrnuje technologické operace, netechnologické operace i časy přestávek na jednotlivých pracovištích)
- průběžná doba přípravy výroby výrobku – technická příprava výroby, doba od uplatnění požadavku na výrobek až po zahájení jeho výroby
- průběžnou dobu výrobku – součet předchozích dvou
- směnnost - v kolika směnách pracovního dne je produkce prováděna. Při zvyšování směnnosti dochází ke zvýšení využití výrobního zařízení, snižování nákladů, zkracování průběžné doby výroby a zvyšování efektivity výroby.
- využití výrobních kapacit - působí na ekonomiku výrobního procesu. Cílem pro disponibilní kapacity je jejich efektivní využití.
- prostoje pracovišť - pokud se na pracovištích z určitých důvodů nepracuje.
- rozpracovaná výroba - měří se finančním vyjádřením hodnoty výrobních zdrojů, které jsou vázány na proces
- výrobní a dopravní dávka - skupina součástí, jež jsou do výroby zadávány společně. Výrobní dávky se z organizačních důvodů dělí na dopravní dávky, které jsou dopravovány mezi operacemi najednou.
- způsoby předávání součástí
  - postupný – na pracovišti je provedena požadovaná operace na všech dílech jedné dávky, následně je celá dávka předána dál
  - souběžný – jakmile je na pracovišti provedena požadovaná operace na jedné součástce, tato se ihned předává dál (nečeká se na ostatní díly z transportní dávky)
  - smíšený – kombinace obou předchozích; zahájení každé další operace začíná dříve, než je dokončena předchozí operace na všech součástech dané dávky; nevznikají prostoje; ale organizačně nejnáročnější

### 2.4.4 Členění z pohledu prostorové struktury výrobního procesu

Základní článek výroby je pracoviště. Soustava pracovišť tvoří prostorovou strukturu výrobní jednotky. Prostorové uspořádání výroby dle [19] ovlivňují:

- technologický postup
- typ výroby
- vnitropodniková specializace
- generel organizace - situační rozmístění výrobních, skladovacích, energetických a ostatních objektů

Prostorové charakteristiky procesu jsou ovlivněny především výrobními toky a uspořádáním pracovišť.

### **Hlavní toky výroby**

- materiálové – směr, délka, intenzita, frekvence a rychlost
- personální - směr, délka, intenzita, frekvence a rychlost
- informační

### **Prostorové uspořádání pracovišť**

Prostorové uspořádání může dle literatury [19], [24], [77] dělit:

- Pevná pozice výrobku – přesouvají se zařízení a pracovníci
- Chaotické – pracoviště jsou rozmístěna náhodně
- Technologické uspořádání – stroje a zařízení seskupovány podle tech. příbuznosti (vznikají pracoviště, kde se provádějí podobné technické operace), materiálové toky jsou dlouhé a často se křížují, hlavně kusová a malosériová výroba
- Předmětné uspořádání – stroje sestaveny tak, jak to vyžaduje technologický postup (stroje za sebou řazeny podle sledu technologických operací). Dosahuje se maximálního krácení průběžné doby výroby, sériové a hromadné typy výrob
  - linkové uspořádání - při výrobě většího množství technologicky podobných produktů
    - proudová (jednoúčelová) linka – produkce 1 výrobku
    - pružná (skupinová) linka – výroba různých podobných produktů
  - hnízdové uspořádání – vhodné pro výrobu většího počtu typů a nižšího výrobního množství technicky podobných výrobků

#### **2.4.5 Vliv technologické vybavenosti a automatizace**

Využití vyspělých technologií je považováno za jeden z klíčových faktorů, které umožňují výrobním podnikům snižovat výrobní náklady, zlepšovat kvalitu výroby, zvyšovat výrobní kapacitu, stejně tak i pružnost výroby a zvýšení konkurenceschopnosti na trzích. Je třeba brát v úvahu, že investice do vyspělých technologií jsou zpravidla dosti vysoké a mají dlouhodobý charakter. Automatizace výroby je zprostředkována pomocí aplikace robotických prvků do výrobního procesu. Většinou se jedná o tzv. roboty.

Roboty můžeme definovat jako programovatelné multifunkční manipulátory navržené, aby pracovaly s materiálem, součástkami, náradím nebo speciálními zařízeními pomocí různých široké škály programovatelných pohybů. Základním cílem robota je nahradit (za přesně definovaných podmínek) lidskou práci. Průmyslový robot je vyvíjen tak, aby byl schopný vyrábět velké množství kusů při nízkých nákladech. Často se jedná o netvůrčí opakované pohyby, které mohou vyžadovat vysokou přesnost nebo se vykonávají v nebezpečných či škodlivých podmínkách. [84]

Automatizace výroby však není vhodná pro všechny typy výrob. V kusové a malosériové výrobě by úplná automatizace jistě nebyla přínosem, a to hlavně ze dvou důvodů. Pořizovací náklady na automatizační prvky by při kusové výrobě měly příliš dlouhou návratnost. Dalším důvodem je nepoměr mezi dobou pro přestavbu stroje pro kusový výrobek a jeho výrobním časem. Existují ale výjimky, kdy technologie, proces výroby či požadavky na přesnost výrobku vyžadují automatizaci.

Mohlo by se zdát, že s příchodem automatizace budou návodky ztrácet smysl. Autor je však toho názoru, že automatizace zcela nenahradí lidský faktor, ale bude pouze měnit roli

člověka ve výrobním procesu. Návodky tak budou i nadále důležitou součástí výroby, ale rozdíl bude v jejich funkcionalitě. Ze zvyšujícím se stupněm automatizace autor předpokládá přechod od výrobních a montážních návodek k návodkám pro obsluhu strojů a údržbu. Zde také zmiňuje možný nárůst využití rozšířené reality.

#### 2.4.6 Shrnutí

V souvislosti s využitím moderních vizualizačních nástrojů v rámci technické přípravy výroby autor zdůraznil důležitost charakteru výrobních procesů. Výrobní procesy mají totiž mnoho parametrů, které by mohly mít zásadní vliv na to, zda je využití moderních nástrojů pro konkrétní výrobní proces vhodný, případně jaký nástroj je pro daný proces vhodnější.

Tabulka 2-3 – Vliv charakteru výrobních procesů na výběr typu návodky [Zdroj: Autor]

Členění	Hledisko	Má vliv	Nemá vliv
Věcná struktura výrobního procesu	Technické hledisko	✓	
	Vstupní prvky	✓	
	Charakter výroby	✓	
	Podstata produkčních procesů		✓
	Plynulost výroby	✓	
	Postavení člověka v procesu	✓	
	Opakovatelnost výroby	✓	
Časová struktura výrobního procesu	Časové uspořádání procesu	✓	
	Průběžná doba výroby	✓	
	Průběžná doba přípravy výroby	✓	
	Průběžná doba výrobku		✓
	Směnnost	✓	
	Využití výrobních kapacit		✓
	Prostoje		✓
	Rozpracovaná výroba		✓
	Výrobní a dopravní dávka	✓	
	Způsoby předávání součástí	✓	
Prostorová struktura výrobního procesu	Hlavní toky	✓	
	Prostorové uspořádání	✓	

V Tabulce 2-3 je definováno, které charakteristiky výrobních procesů mají vliv na rozhodnutí o vhodnosti nasazení moderních vizualizačních nástrojů pro tvorbu návodky ve fázi

přípravy realizace výroby. Tabulka byla navržena na základě metody expertní skupiny a zkušeností získaných z praktických projektů.

## 2.5 Shrnutí teoretických východisek a téze práce

V prostudované literatuře bylo zjištěno, že technická příprava výroby je součástí životního cyklu produktu a má zásadní vliv na efektivitu provádění výrobních procesů. Z pohledu odborné literatury a získaných zkušeností autora, až 80% výrobních nákladů lze nejvíce ovlivnit v předvýrobních etapách. V těchto etapách, dle [13] a [15], také vzniká až 75% různých chyb, které ovlivňují kvalitu produktu, čas výroby i náklady potřebné pro výrobu. V těchto předvýrobních etapách se většinou jedná o projektově řízené aktivity, které jsou jedinečné, tudíž s sebou přináší i velkou míru rizika. [16]

Z prostudované literatury bylo dále zjištěno, že se zvyšuje náročnost jednotlivých etap technické přípravy výroby a současně je kladen důraz na rychlé provádění této předvýrobní fáze. Literatura se nezabývá přípravou realizace výroby, kterou autor navrhuje začlenit mezi hlavní etapy TPV. Tuto etapu považuje za důležitou z hlediska provádění výrobních procesů a jejich efektivnosti. Důležitost této etapy je ještě umocněna vysokou mírou fluktuace a podílu zahraničních pracovníků v průmyslových podnicích. [67]

Pro zajištění efektivnosti provádění výroby lze využít moderních nástrojů, které by dokázaly pracovat s virtuálními (fyzicky neexistujícími) objekty. Tento přístup by umožnil paralelní provádění jednotlivých etap technické přípravy výroby, což by výrazně zkrátilo čas potřebný pro přípravu. Literatura popisuje obecné možnosti využití imerzních technologií v průmyslu. Autor dále vyjádřil svůj názor na činnosti, které se v rámci etap přípravy výroby provádí. Zde zařadil ergonomické řešení provádění výroby a zpracování výrobních a montážních návodů do přípravy realizace výroby. Dále se pak zabývá především přípravou realizace výroby a jejího zefektivnění volbou vhodných nástrojů. Mezi tyto nástroje patří návody. V rámci rešerše byla nalezena tato alternativní řešení pro tvorbu návodů:

- Papírová návodka
- Videonávodka
- Virtuální návodka
- Návodka v rozšířené realitě

Rešerše také ukazuje výsledky výzkumů, které prokazují, že moderní nástroje mohou mít pozitivní dopad na provádění výrobních procesů. Zároveň ale autor tvrdí, že ne vždy toho lze dosáhnout. Zmiňuje také důležitost charakteru výrobních procesů.

V prostudovaných pramenech nebyla nalezena závislost mezi použitím moderních vizualizačních nástrojů v rámci technické přípravy výroby a charakterem výrobních procesů. Výrobní procesy mají totiž mnoho parametrů, které by mohly mít zásadní vliv na to, zda je využití moderních nástrojů pro konkrétní výrobní proces vhodné, případně jaký nástroj je pro daný proces vhodnější.

Zároveň nebyla nalezena žádná metodika, která by poskytovala doporučení, zda je za daných podmínek využití moderních nástrojů pro tvorbu návodů vhodné či jaký typ návodky by pro daný proces vyhovoval nejvíce.

Na základě zjištěných poznatků jsou stanoveny **teze**:

- Předvýrobní etapa je důležitou součástí životního cyklu produktu
- Technická příprava výroby významným způsobem ovlivňuje kvalitu, čas a náklady budoucích výrobních procesů
- Použitím moderních vizualizačních nástrojů lze zefektivnit výrobní proces

### 3 CÍLE, HYPOTÉZY A POUŽITÉ VĚDECKÉ METODY

V rámci této kapitoly budou stanoveny výzkumné cíle a hypotézy. Součástí je i plán postupu k dosažení těchto cílů, včetně návrhu vhodných výzkumných metod.

#### 3.1 Cíle práce

Hlavním cílem práce je **návrh metodiky pro zefektivnění realizace výrobních procesů v rámci technické přípravy výroby**. Aby bylo možné tohoto cíle dosáhnout, je potřeba splnit několik dílčích cílů, které zároveň představují postupné kroky k naplnění hlavního cíle disertační práce.

1. Rozdělit proces návrhu metodiky na fázi přípravnou, rozhodovací, hodnotící a realizační
2. Posoudit vztah mezi charakterem výrobních procesů a vizualizačními nástroji pro zefektivnění provádění výroby
3. Sestavit kritériální funkci pro hodnocení vhodnosti vizualizačních nástrojů s ohledem na charakter výroby
4. Definovat parametry ovlivňující způsob použití vizualizačních nástrojů
5. Zpracovat metodiku pro výběr nejvhodnějšího nástroje pro zefektivnění provádění procesů v rámci přípravy realizace výroby
6. Provést verifikaci

#### 3.2 Hypotézy

Z hlavního cíle a jednotlivých dílčích cílů vyplynuly následující hypotézy, které budou ověřovány v rámci této disertační práce:

- Existuje závislost mezi volbou vizualizačních nástrojů pro tvorbu návodek v rámci organizační přípravy výroby a charakterem výrobních procesů
- Dle charakteristik výrobního procesu lze posoudit, zda je použití moderních vizualizačních nástrojů pro daný výrobní proces vhodné
- Navrženou metodiku lze použít pro výběr vhodného typu vizualizačního nástroje pro konkrétní výrobní proces



### 3.3 Použité vědecké metody

Pro řešení disertační práce byly použity vědecké metody, které napomáhají dosažení teoretických a praktických cílů práce. Tyto metody jsou dále rozděleny na empirické, logické a specifické. [78]

#### 3.3.1 Empirické vědecké metody

Empirické metody vycházejí z pozorování a zkoumání jevů v praxi. Při využití těchto metod je dle [78] možné zjistit konkrétní jedinečné vlastnosti pozorovaného objektu či jevu. V této práci byly využity následující metody:

##### **Interview**

Metoda interview slouží k získávání informací na základě přímého rozhovoru s dotazovanou osobou. Metoda velice často slouží k výměně podrobnějších informací.

##### **Pozorování**

Jednalo se o sledování chodu výroby a její přípravy v průmyslových podnicích.

##### **Rešerše dostupné literatury**

V rámci rešerše byla prostudována nejen literatura domácí, ale také zahraniční. Dále byla také provedena rešerše výrobních a montážních postupů v daném segmentu strojírenské výroby.

#### 3.3.2 Logické vědecké metody

Tyto metody byly použity pro zjištění a pochopení současného stavu, který bude dále analyzován a zkoumán. Využity byly následující metody:

##### **Analýza**

Analýza je proces faktického nebo myšlenkového rozčlenění celku na menší části. Je to rozbor vlastností, vztahů, faktů postupující od celku k částem. [56]

##### **Syntéza**

Syntéza znamená postupovat od částí k celku. Umožňuje poznávat objekt jako jeden celek. Jedná se o spojování poznatků získaných analytickým přístupem. [56]

##### **Abstrakce**

Abstrakce je myšlenkový proces, kdy se u různých objektů diskutují pouze jejich podstatné charakteristiky, čímž se ve vědomí vytváří model objektu obsahující jen ty charakteristiky či znaky, jejichž zkoumání nám umožní získat odpovědi na hlavní otázky. [56]

##### **Analogie**

Analogie je založena na přenosu poznatků o platnosti určitého znaku jednoho objektu na objekt jiný na základě příbuznosti obou objektů. [56]

### **Konkretizace**

Jedná se především o pochopení obecných poznatků a jejich následná specifikace a konkretizace. [78]

#### **3.3.3 Specifické vědecké metody**

V práci byly použity kromě empirických a logických vědeckých metod i některé specifické metody.

#### **Aplikace systémového a holistického přístupu**

Systémový přístup umožňuje na předmět zájmu nahlížet jako na systém a brát v úvahu všechny jeho děje a části v souvislostech. Systémem se přitom rozumí neprázdná množina prvků a množina vazeb mezi nimi, kde vlastnosti prvků a vazeb mezi nimi určují vlastnosti celku. [56]

#### **Tvůrčí metody**

Metoda vede ke zvýšení pravděpodobnosti úspěšného vyřešení problému v průběhu tvůrčího procesu. Tyto metody vyžadují využití kreativity i určitou dávku intuice autora. [56]

#### **Metoda porovnávání**

Porovnávání umožňuje najít společné rysy dvou jevů nebo naopak to, co je odlišuje. Objekty je nutné srovnávat podle nejdůležitějších znaků, důležitých z hlediska zkoumané stránky objektu. [56]

#### **Metoda vývojového diagramu**

Tato metoda slouží k popisu řešeného problému za pomoci algoritmu, což je soubor přesně definovaných pravidel určující pořadí vykonávání konečného počtu operací, který zabezpečuje řešení úlohy.

#### **Metodologická triangulace**

V triangulaci se jedná o paralelní užívání různých druhů dat či různých metod při studiu jednoho a téhož problému. Cílem triangulace je zkrátka očistit spolehlivé informace od nespolehlivých, získat validní a objektivní obraz studovaného objektu.

Metodologická triangulace znamená použití minimálně dvou metod, zpravidla kvalitativních i kvantitativních, při snížení vlivu jejich nedostatků [56]

Souběžná triangulace spočívá v použití kvalitativních a kvantitativních metod ve stejném časovém intervalu. V tomto případě jde o omezení interakce mezi množinami dat obou postupů. Jednotlivé interpretace a hodnocení se mezi sebou poměřují a vyhodnocují.

Kvantitativní výzkum se oproti kvalitativnímu výzkumu zaměřuje na rozsáhlejší společenské otázky a zkoumá tedy větší okruh informací. Cílem je věnovat stejný důraz oběma typům zkoumání, protože každý z nich vnáší do celkového výstupu jedinečné a specifické pohledy. Spojením těchto dvou typů zkoumání je možné adekvátně využít kvalitativní údaje k vyjasnění či ilustraci kvantitativně odvozených závěrů. [56]

## **Tvrdé a měkké metriky**

Dle Molnára se jedná o „*přesně vymezené hodnotící kritérium, které je použito pro hodnocení úrovně sledované veličiny*“. [56]

Z hlediska přístupu dělíme metriky do dvou základních kategorií, a to:

**Tvrdé metriky** - objektivně změřitelné ukazatele, které ukazují vývoj podnikových cílů, podnikových aktivit či je zaměřujeme na zákazníka. Hlavními charakteristikami jsou:

- jsou snadno měřitelné
- jsou k dispozici bez dodatečných nákladů
- dají se většinou převést na finanční vyjádření

**Měkké metriky** – umožňují hodnocení tzv. auditním způsobem, tedy pomocí expertních hodnocení, dotazníků či interview s kompetentními pracovníky. Navrhovány jsou v souladu s účelem použití. Jsou využívány tam, kde nelze charakteristiky vyjádřit početně ani vztahem mezi kvantifikovanými veličinami.

### *Dotazníkové šetření*

Jedná se o techniku sběru dat, která je potřebná proto, aby bylo možné porovnat teoretické předpoklady s praxí, vysvětlit chování zkoumaného systému či odhalit problém. Při použití dotazníku odpovídá respondent písemně na otázky podaného formuláře (elektronický, papírový). [56]

V této práci je velmi důležité využití dotazníků pro sběr dat potřebných k zajištění skutečného problému v průmyslové praxi. Hlavním důvodem je to, že moderní vizualizační nástroje jsou často zmiňovány jako vhodný nástroj pro výrobní procesy, ale většina podniků nemá zkušenosti s jejich reálným nasazením.

Dotazník musí být vytvořen dle určitých pravidel. Dále jsou uvedeny zvyklosti, dle kterých by se měl dotazník vytvářet. Vše je shrnuto v 6 základních bodech dle (16).

### *Strukturovaný a polostrukturovaný rozhovor*

Jedná se o výzkumnou metodu, při které lze zachytit nejen sdělovaná fakta, ale i některé vnější reakce dotazovaného, a podle nich pohotově usměrňovat rozhovor potřebným směrem. Metodou rozhovoru je možné odhalit fakta, zkušenosti, názory a postoje zkoumaných osob, které jsou ostatním metodám nedostupné.

Polostrukturovaný rozhovor stojí mezi dvěma základními druhy rozhovorů – nestrukturovaným a strukturovaným. Moderátor rozhovoru má předem připravený manuál, nemusí ho však přesně dodržovat. Tato metoda je hojně využívaná, protože umožňuje moderátorovi měnit pořadí otázek a dle situace reagovat a přidávat další.

## 4 METODIKA PRO ZEFEKTIVNĚNÍ PROVÁDĚNÍ VÝROBNÍCH PROCESŮ V RÁMCI ORGANIZAČNÍ PŘÍPRAVY VÝROBY

V předchozích kapitolách byly shrnuty poznatky a informace k současnému stavu poznání v oblasti provádění výrobních procesů v rámci organizační přípravy výroby.

Z literatury bylo zjištěno, že se zvyšuje náročnost jednotlivých etap technické přípravy výroby a současně je kladen důraz na rychlé provádění této předvýrobní fáze. Pro zajištění efektivnosti provádění výroby lze využít moderních nástrojů, které dokážou pracovat s virtuálními (fyzicky neexistujícími) objekty. Tento přístup by umožnil paralelní provádění jednotlivých etap technické přípravy výroby, což by výrazně zkrátilo čas potřebný pro přípravu. Literatura zmiňuje pouze obecné možnosti využití imerzních technologií v průmyslu. Tato část se proto bude zabývat částí organizační přípravy výroby a jejího zefektivnění volbou vhodných nástrojů. Mezi tyto nástroje patří návodky. V rámci rešerše byla nalezena tato alternativní řešení pro tvorbu návodků:

- Papírová návodka
- Videonávodka
- Virtuální návodka
- Návodka v rozšířené realitě

Rešerše také ukazuje výsledky výzkumů, které prokazují, že moderní nástroje mohou mít pozitivní dopad na provádění výrobních procesů. V prostudovaných pramenech však nebyla nalezena závislost mezi použitím moderních vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby a charakterem výrobních procesů. Výrobní procesy mají totiž mnoho parametrů, které by mohly mít zásadní vliv na to, zda je využití moderních nástrojů pro konkrétní výrobní proces vhodné, případně jaký nástroj je pro daný proces vhodnější.

Zároveň nebyla nalezena žádná metodika, která by poskytovala doporučení, zda je za daných podmínek využití moderních nástrojů pro tvorbu návodků vhodné či jaký typ návodky by pro daný proces vyhovoval nejvíce.

Tato metodika se bude primárně zaměřovat na organizační přípravu výrobních procesů průmyslových podniků.

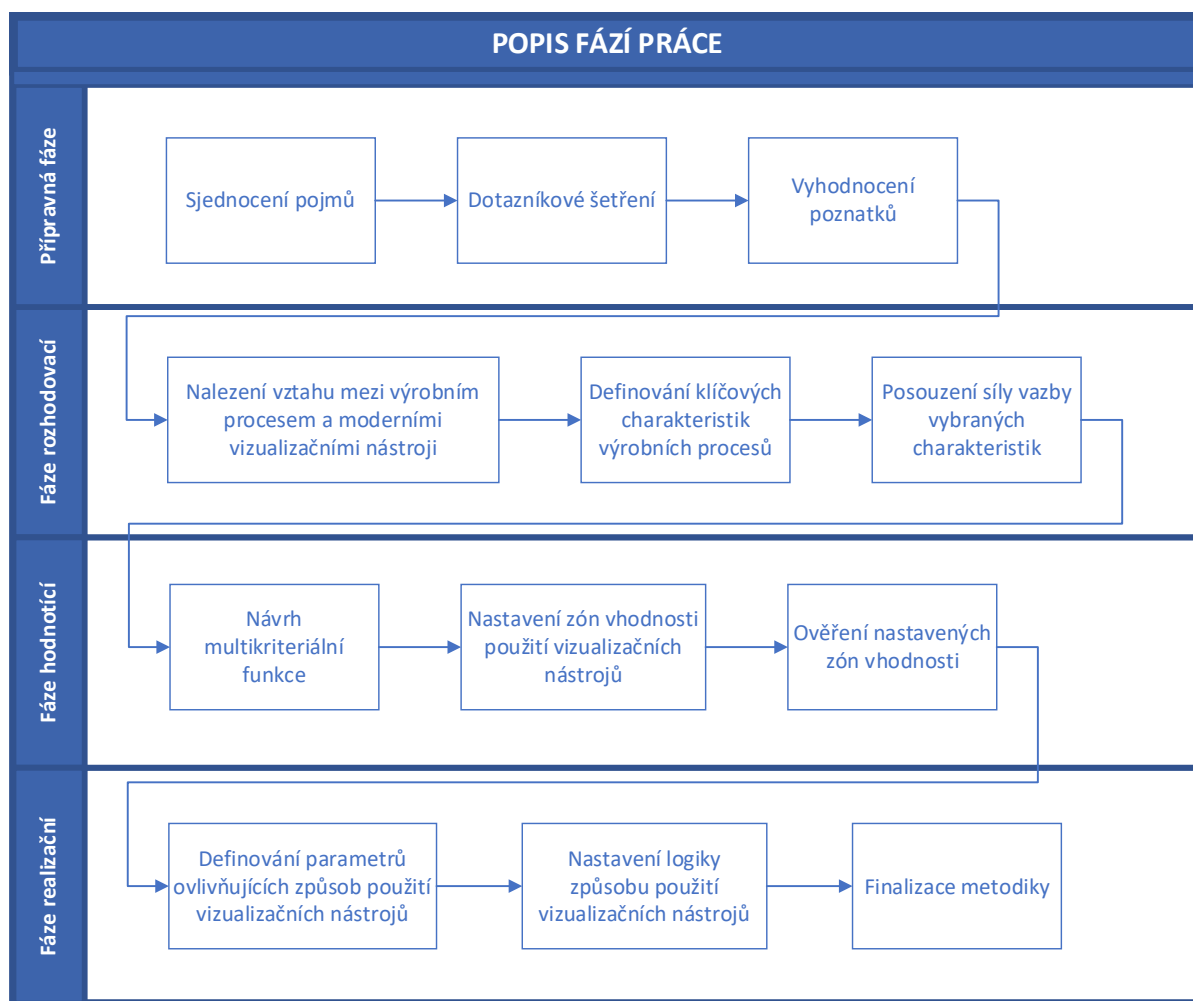
### Oblast platnosti metodiky

- Výrobní společnosti
- Typ výroby – kusová, sériová, hromadná
- Odvětví podnikání – průmyslové podniky

U výrobních společností můžeme o procesech v oblasti organizační přípravy výroby mluvit jako o procesech hlavních, které jsou zásadní k zajištění chodu společnosti a její konkurenceschopnosti.

Je potřeba poznamenat, že metodika je obecně platná pouze pro výrobní společnosti zejména větší velikosti. V případě využití metodiky v menších společnostech je nutné přihlídnout k tomu, že při samotné implementaci bude metodika obsahovat i oblasti, které v malé či střední firmě nejsou potřeba řešit, popřípadě v případě řešení nepřinesou tak velký efekt jako u velkých společností.

Metodika výzkumu je složena ze 4 hlavních fází (viz Obrázek 4-1). Jednotlivé fáze budou řešeny zcela samostatně, ale budou na sebe logicky navazovat. Každá fáze zároveň obsahuje několik kroků. To znamená, že je třeba projít popořadě přes všechny kroky k dosažení očekávaného výsledku.



Obrázek 4-1 – Fáze a kroky [Zdroj: Autor]

#### 4.1 Fáze přípravná

Přípravnou fází popisujeme jako zjištění reálného stavu dané problematiky v průmyslové praxi. Pomocí této fáze bude možné posoudit, jaké jsou konkrétní problémy týkající se využívání moderních vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby. Hlavním cílem této části je podpoření teoretických přínosů výzkumných aktivit přínosy praktickými.

#### 4.1.1 Sjednocení pojmů

Pro další části práce je nezbytné nastavit a standardizovat pojmy týkající se výzkumných aktivit. Tyto pojmy pak budou jednotně komunikovány nejen při dotazníkovém šetření ale i během všech dalších fází přípravy metodiky. Nejdříve je nutné stanovit, jaké typy nástrojů budeme během výzkumu uvažovat a do jaké skupiny je budeme řadit.

Typy návodek budou rozdělovány na:

- Konvenční nástroje
  - Papírová návodka
- Moderní vizualizační nástroje
  - Videonávodka
  - Virtuální návodka
    - 3D – v brýlích pro virtuální realitu
    - 2D – na zobrazovacím zařízení
  - Návodka v rozšířené realitě

Způsob použití návodek bude členěn na:

- Umístění a provázání s místem provádění výrobního procesu
  - Mimo pracoviště (dopředné modelování)
  - Na existujícím pracovišti
- Pozice v rámci výrobního procesu
  - Stacionární (s pevnou vazbou k pracovišti)
  - Přenosné (bez pevné vazby místu provádění výrobního procesu)

#### 4.1.2 Dotazníkové šetření

Ve spolupráci s Ministerstvem práce a sociálních věcí ČR a Výzkumným ústavem bezpečnosti práce byla navržena studie pro posouzení aktuálnosti daného tématu a přínosu jeho výstupů pro průmyslovou praxi. Cílem průzkumu bylo nalézt hlavní problémové oblasti pojící se s využitím moderních vizualizačních nástrojů v průmyslové praxi. S tím se pojí potvrzení teoretických i praktických přínosů výzkumu.

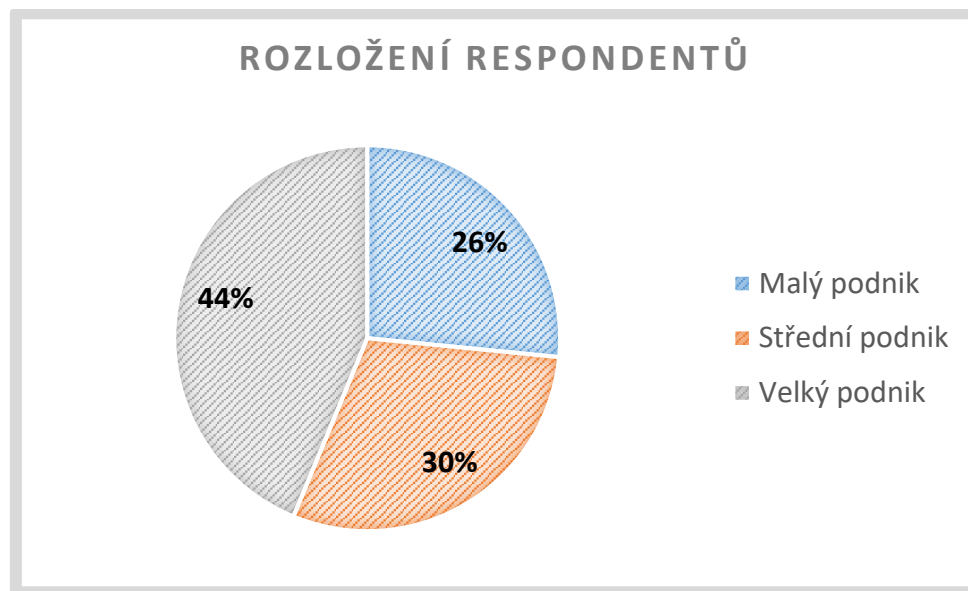
Před oslovením společností bylo nutné připravit sadu otázek, která umožní správné pochopení problémů a potenciálu dalšího výzkumu. Spolu s odborníky z dotčených odborů byly vybrány tyto klíčové otázky:

- Používáte moderní vizualizační nástroje?
- Uvažujete o jejich využití?
- Uvažujete o jejich využití v rámci organizační přípravy výroby?
- Víte, kdy je pro Vás vhodné moderní vizualizační nástroje použít?
- Jak vybrat vhodný nástroj?
- Jak nástroj používat / jak nastavit metodiku?

Následovalo oslovení vybraných společností. Dotazník byl rozeslán na zástupce 100 společností sídlících v ČR. Předpokladem bylo oslovit dostatečný vzorek zástupců průmyslových podniků dle velikosti:

- Malých podniků a mikropodniků – jsou definovány tím, že zaměstnávají méně než 50 osob a jejich roční obrat nebo bilanční suma roční rozvahy nepřesahuje 10 milionů EUR
- Středních podniků - jedná se o podniky, které zaměstnávají méně než 250 osob a jejichž roční obrat nepřesahuje 50 milionů EUR nebo jejichž bilanční suma roční rozvahy nepřesahuje 43 milionů EUR.
- Velkých podniků – jedná se o podniky mající nad 250 osob nebo bilanční suma roční rozvahy přesahuje 43 milionů EUR nebo roční obrat přesahuje 50 milionů EUR.

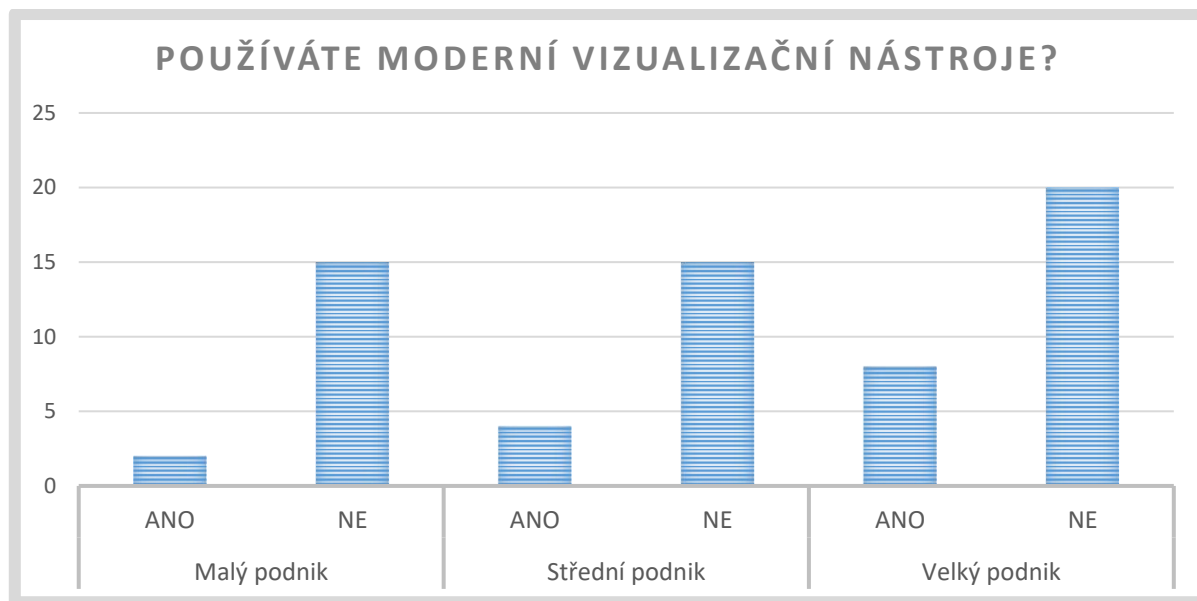
Aby byly výsledky dotazníků statisticky významné, byla nastavena minimálně hranice počtu respondentů pro každý typ podniku na 15. Celkový počet zúčastněných respondentů byl 64. Sektor malých podniků byl zastoupeno 17 respondenty. Střední podniky čítaly 19 respondentů a velké podniky byly zastoupeny v počtu 28 respondentů.



Obrázek 4-2 - Rozložení respondentů [Zdroj: Autor]

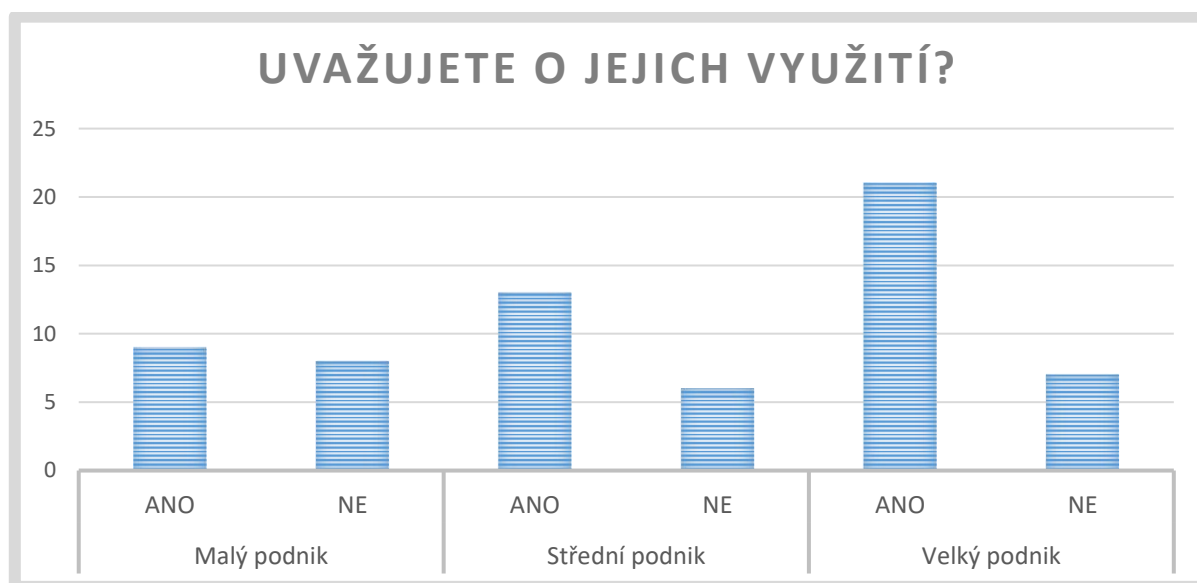
Z Obrázku 4-2 je vidět procentuální zastoupení respondentů. Průzkumu se zúčastnilo 44% zástupců velkých podniků, 30% středních podniků a 26% malých podniků. Pro všechny tři skupiny bylo splněno kritérium minimálního počtu respondentů, které vždy převyšuje 15.

Oslovení dotazovaných zástupců společností proběhlo online formou. Zodpovězení dotazů bylo realizováno pomocí online formuláře – viz Příloha A.



Obrázek 4-3 - Otázka č. 1 dotazníku [Zdroj: Autor]

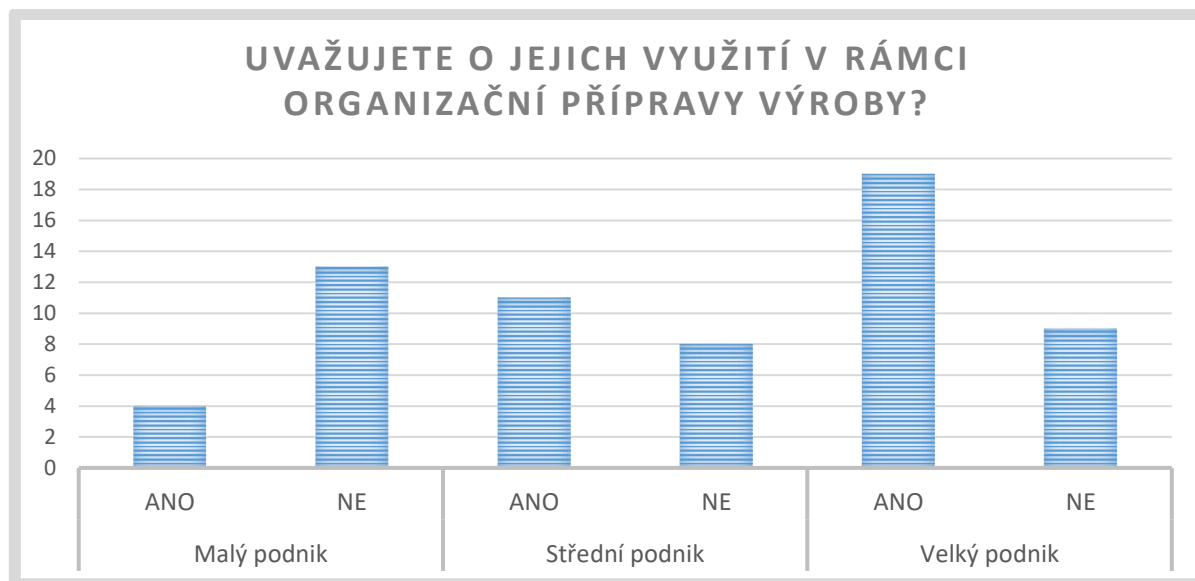
Na Obrázku 4-3 je možné vidět, jaké je rozložení odpovědí na 1. otázku dotazníku. Je patrné, že využití moderních vizualizačních nástrojů ještě není běžnou součástí výrobního procesu průmyslových podniků. Potvrzuje se tak předpoklad, že většina podniků nemá přímou zkušenost s využitím moderních vizualizačních nástrojů.



Obrázek 4-4 - Otázka č. 2 dotazníku [Zdroj: Autor]

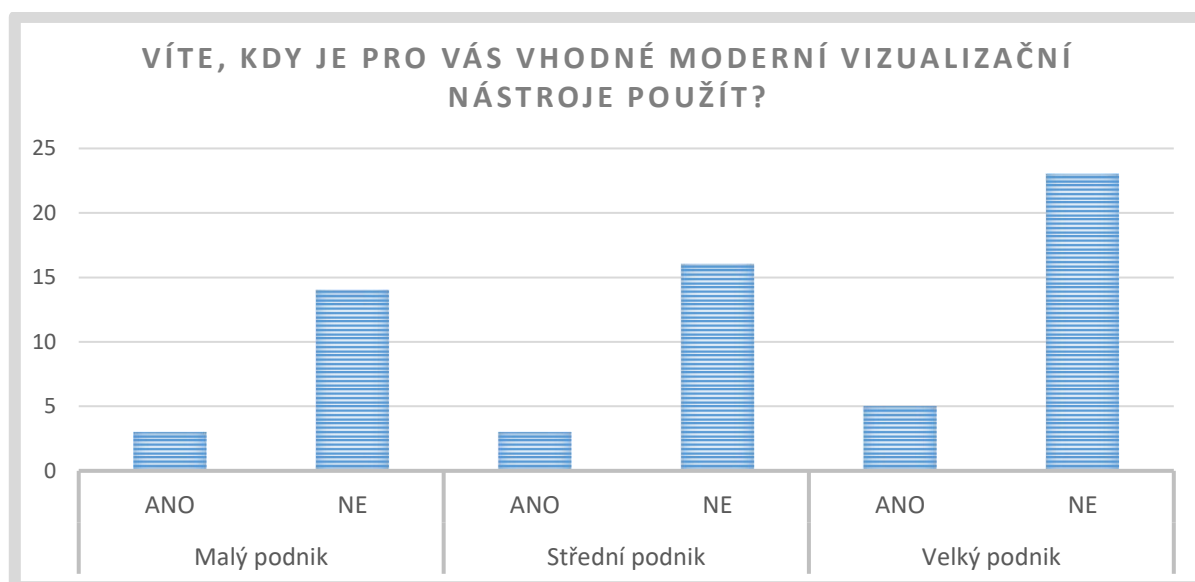
Dalším důležitým faktorem je to, zda existuje zájem průmyslových podniků o začlenění moderních vizualizačních nástrojů do reálné praxe. Na Obrázku 4-4 lze vidět, že zájem se potvrzuje především u podniků střední a velkého rozsahu, kde přibližně 70% oslovených reagovalo pozitivně. U malých podniků reagovalo 9 zástupců pozitivně a 8 negativně. Tato skutečnost je s ohledem na počet zaměstnanců a obrát pochopitelná.





Obrázek 4-5 - Otázka č. 3 dotazníku [Zdroj: Autor]

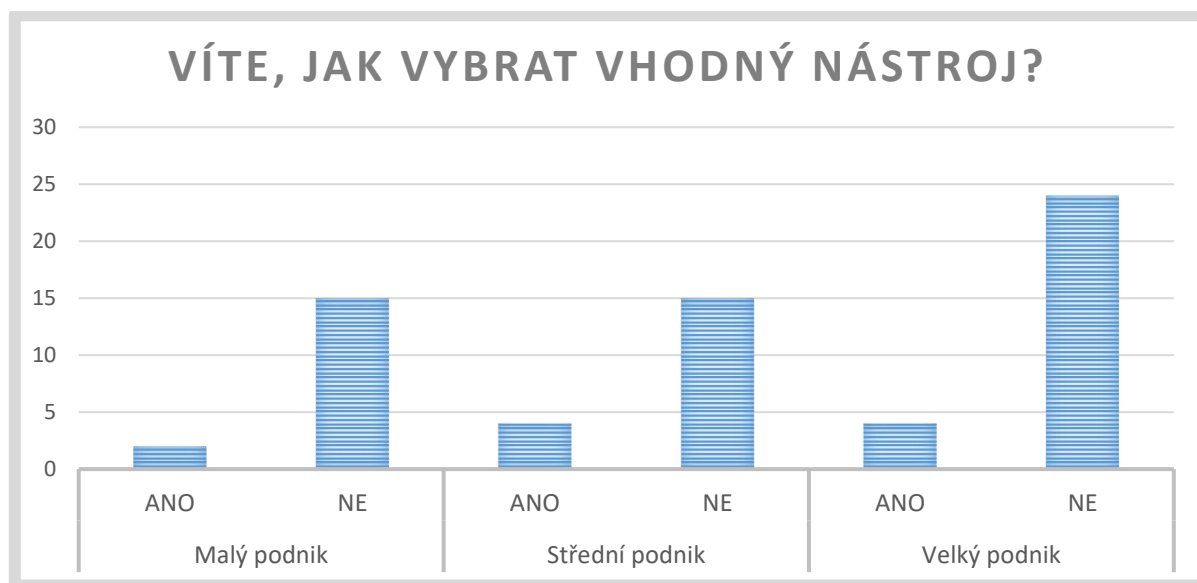
S ohledem na hlavní téma výzkumu nestačí pouze prokázání zájmu průmyslových podniků o využití moderních vizualizačních nástrojů. Důležitá je především potřeba jejich začlenění do organizační přípravy výroby. Na to odpovídá Obrázek 4-5. Zde je možné vysledovat, že toto téma je nejvíce zajímavé pro velké a střední podniky, přičemž míra zájmu klesá s klesající velikostí podniku. Jedná se o logický výsledek, který respektuje počet zaměstnanců, fluktuaci a kvalifikaci personálních zdrojů. To vše respektuje předpoklad autora, že největší uplatnění nasazení moderních vizualizačních nástrojů do organizační přípravy výroby bude u velkých a středních podniků.



Obrázek 4-6 - Otázka č. 4 dotazníku [Zdroj: Autor]

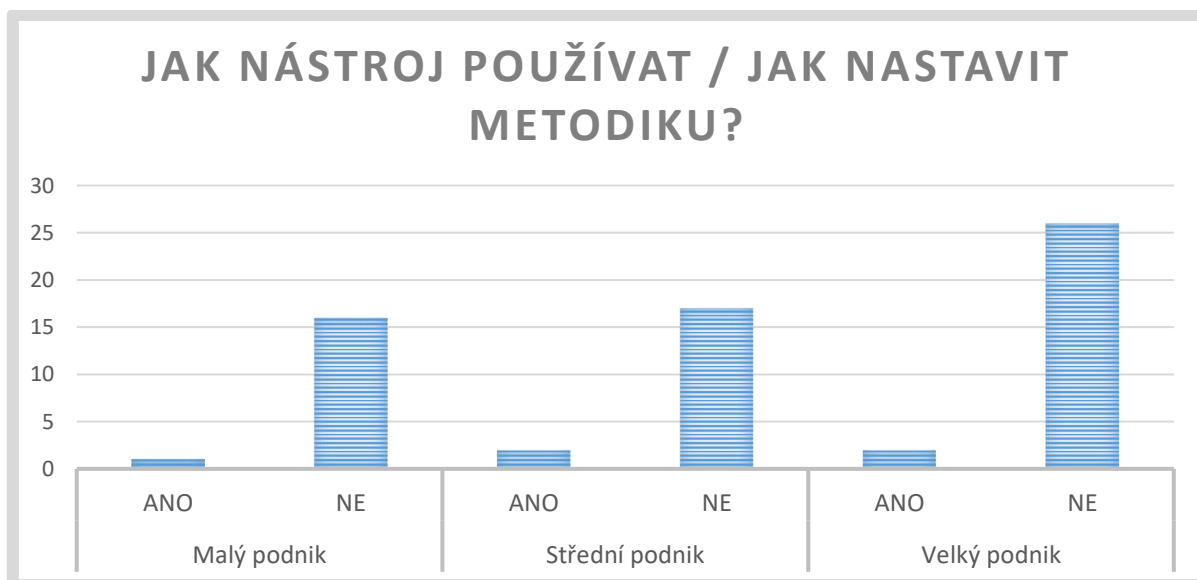
Poměrně jednoznačně vyznívá výsledek odpovědí na otázku číslo 4 – viz Obrázek 4-6. Dle očekávání většina zástupců společností není schopna posoudit, kdy a za jakých podmínek je pro ně využití moderních vizualizačních nástrojů vhodné. Jedná se o další klíčové zjištění, kdy

kromě zájmu o využití těchto nástrojů vyvstává fakt, že podniky nedokážou samostatně rozhodnout o vhodnosti využití moderních vizualizačních nástrojů.



Obrázek 4-7 - Otázka č. 5 dotazníku [Zdroj: Autor]

Na otázku číslo 4 navazuje rozšiřující dotaz, který se výběru konkrétního nástroje, který by pro jejich typ výroby byl nejvhodnější. Jak je možné vidět na Obrázku 4-7, výsledek dotazu dopadl velmi podobně jako u předchozí otázky. To prokazuje, že není k dispozici metodika, která by podnikům pomohla při výběru nejvhodnějšího nástroje s ohledem na charakteristiku jejich výrobních procesů. Zhruba 85% dotazovaných totiž na tento dotaz odpovědělo negativně.



Obrázek 4-8 - Otázka č. 6 dotazníku [Zdroj: Autor]

Obrázek 4-8 dále umocňuje předchozí zjištění. Více než 90% dotazovaných potvrdilo předpoklad týkající se způsobu používání moderních vizualizačních nástrojů. Cílem tohoto dotazu bylo rozšířit pochopení stavu podniků nejen ohledně vhodnosti a výběru nástroje, ale

především poukázání na fakt, že jednotlivé nástroje mají několik způsobů použití a je potřeba správně definovat, který je dle daných charakteristik vhodný.

#### 4.1.3 Vyhodnocení získaných poznatků

Na dotazníkové šetření reagovalo 64 ze 100 oslovených průmyslových podniků. Kompletní přehled otázek a odpovědí je možné vidět v Tabulce 4-1. Výsledky jsou rozděleny dle velikostí podniků na malé, střední a velké.

Tabulka 4-1 - Výsledek dotazníkového šetření [Zdroj: Autor]

Otázky		Malý podnik		Střední podnik		Velký podnik	
		ANO	NE	ANO	NE	ANO	NE
1	<i>Používáte moderní vizualizační nástroje?</i>	2	15	4	15	8	20
2	<i>Uvažujete o jejich využití?</i>	9	8	13	6	21	7
3	<i>Uvažujete o jejich využití v rámci organizační přípravy výroby?</i>	4	13	11	8	19	9
4	<i>Víte, kdy je pro Vás vhodné moderní vizualizační nástroje použít?</i>	3	14	3	16	5	23
5	<i>Víte, jak vybrat vhodný nástroj?</i>	2	15	4	15	4	24
6	<i>Jak nástroj používat / jak nastavit metodiku?</i>	1	16	2	17	2	26

Mezi nejdůležitější zjištění z tabulky výše patří:

- Většina podniků nemá přímou zkušenost s využitím moderních vizualizačních nástrojů
- Velké a střední podniky mají výrazně větší zájem o nasazení moderních vizualizačních nástrojů
- Zájem o využití těchto nástrojů v rámci organizační přípravy výroby převažuje u středních a velkých podniků
- Podniky nejsou schopny posoudit, kdy a za jakých podmínek je pro ně využití moderních vizualizačních nástrojů vhodné
- Není k dispozici metodika, která by podnikům pomohla při výběru nejvhodnějšího nástroje s ohledem na charakteristiku jejich výrobních procesů
- Přes 90% podniků neví, jakým způsobem jednotlivé nástroje využívat

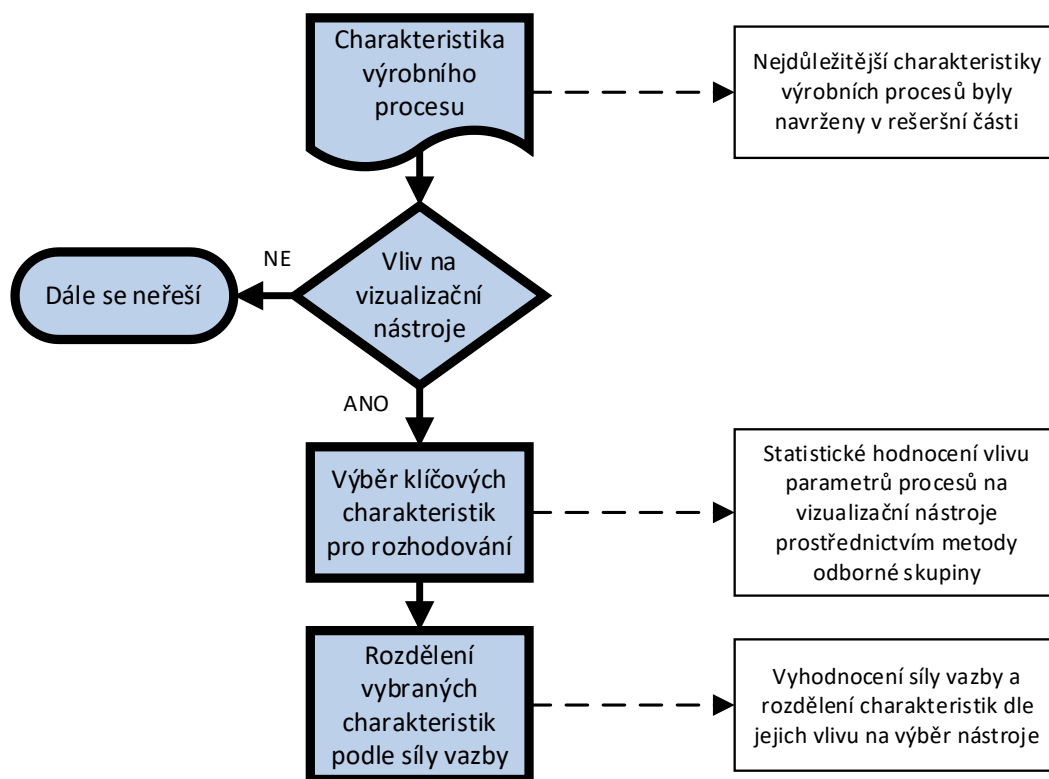
Výsledek šetření prokazuje praktickou uplatnitelnost výzkumu a předpoklady autora. Zároveň je dle výsledků možné konkretizovat oblast zacílení návrhu metodiky:

- Velké a střední výrobní společnosti
- Typ výroby – kusová, sériová, hromadná
- Odvětví podnikání – průmyslové podniky

Metodika je navrhovaná v rámci vyjmenovaných limitů. Lze však očekávat, že bude vhodná i za jiných okolností. To však není předmětem této práce, ale spíše tím vzniká potenciál k dalšímu zkoumání.

## 4.2 Fáze rozhodovací

V rámci této fáze bude hlavním cílem definování vztahu PROCES – NÁSTROJ. Nejdříve je nutné najít ty charakteristiky výrobních procesů, které mají vliv na rozhodování o vhodnosti využití moderních vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby. Následovat bude určení klíčových charakteristik a posouzení síly vazby. Aby to bylo možné, je potřeba pomocí výzkumných metod navrhnout metodiku, která dokáže výše zmíněné body zohlednit.



Obrázek 4-9 - Kroky rozhodovací fáze [Zdroj: Autor]

Obrázek 4-9 reprezentuje popis práce s jednotlivými charakteristikami výrobních procesů a výčet kroků rozhodovací fáze a jejich logický sled.

### 4.2.1 Nalezení vztahu mezi výrobním procesem a moderními vizualizačními nástroji

Pro nalezení vztahu mezi výrobními procesy a moderními vizualizačními nástroji se autor rozhodl vycházet z techniky Likertovy škály. Tuto techniku měření je potřeba přepracovat tak, aby odpovídala danému tématu.

#### Likertova škála

Likertova škála byla vytvořena v roce 1932 americkým psychologem Rensisem Likertem. Jednalo se původně o techniku pro měření postojů v dotaznících, později však bývala používána i k měření jiných proměnných, například v psychologických testech. [88]

Škála se běžně skládá z výroků, na které respondent může odpovědět na škále, reprezentující míru souhlasu. Příkladem může být škála „souhlasím“, „spíše souhlasím“, „tak napůl“, „spíše nesouhlasím“, „nesouhlasím“. Počet možných odpovědí a jejich konkrétní pojmenování nebo

zařazení či nezařazení středové hodnoty se může lišit podle konkrétního použití. Nejčastěji je na výběr mezi 5 až 7 možnostmi. Likertova škála umožňuje zjistit nejen obsah postoje, ale i jeho přibližnou sílu. [88]

Swou podobou se Likertova škála přibližuje se sémantickým diferencíálem, ve kterém však krajní póly tvoří dva různé pojmy, mezi nimiž respondent „vybírá“. [89]

#### 4.2.2 Modifikovaná Likertova škála

Pro využití techniky Likertovy škály je nutné navrhnout hodnotící škálu, popsat jednotlivé úrovně s ohledem na zkoumanou problematiku. Modifikovaná škála se bude skládat z 5 úrovní, kde krajní body budou opačné póly. Jednotlivé úrovně budou sloužit pro ohodnocení vybraných charakteristik výrobních procesů a zjištění, které mají významný vliv na uplatnění moderních vizualizačních nástrojů.

Tabulka 4-2 - Modifikovaná Likertova škála [Zdroj: Autor]

Modifikace škály hodnocení	
Škála	Popis úrovní
1	<i>Charakteristika výrobního procesu nemá vůbec žádný vliv na volbu vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby</i>
2	<i>Charakteristika výrobního procesu má pouze dílčí vazbu na volbu vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby</i>
3	<i>Charakteristika výrobního procesu má částečný vliv na volbu vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby</i>
4	<i>Charakteristika výrobního procesu výrazně ovlivňuje volbu vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby</i>
5	<i>Charakteristika výrobního procesu má zcela klíčový vliv na volbu vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby</i>

Pro posouzení vztahu byla vytvořena modifikovaná škála – viz Tabulka 4-2. Pro samotné využití modifikované škály jsou definovány důležité charakteristiky výrobních procesů:

- Technické hledisko
- Charakter výroby
- Plynulost výroby
- Postavení člověka v procesu
- Lidské zdroje (Kvalifikace)
- Dopad při pochybení
- Opakovatelnost výroby
- Průběžná doba operace
- Průběžná doba přípravy výroby
- Směnnost
- Výrobní a dopravní dávka
- Čas kroku (čas operace/počet)
- Způsoby předávání součástí
- Personální toky (vázanost k místu)
- Provedení práce
- Prostorové uspořádání

Výše zmíněné charakteristiky, vycházející z literatury [19], [24], [72] a [77], budou podrobeny zkoumání kvůli zjištění dopadu na volbu vizualizačních nástrojů a síly vzájemné vazby. Za tímto účelem byl vytvořen formulář – viz Příloha B.

#### 4.2.3 Identifikace klíčových charakteristik výrobních procesů

Dalším krokem je pomocí modifikované Likertovy škály identifikovat klíčové charakteristiky výrobních procesů, která mají dopad na posouzení vhodnosti a výběr vizualizačních nástrojů. Pro splnění tohoto úkolu byla zvolena výzkumná metoda odborné skupiny. Počet členů odborné skupiny je 21 a jedná se o vybrané kvalifikované zástupce průmyslových podniků a výzkumných institucí následujících odborností:

- průmysloví a procesní inženýři
- manažeři výroby
- vývojáři a programátoři
- výzkumní pracovníci

V rámci této skupiny bylo provedeno seznámení s daným tématem a následné hodnocení charakteristik výrobních procesů pomocí připravené 5-úrovňové škály. Pro statistické vyhodnocení dat bylo v rámci skupiny vybráno:

- Aritmetický průměr – Jedná se o statistickou veličinu, která v jistém smyslu vyjadřuje typickou hodnotu popisující soubor mnoha hodnot. Prakticky jde o součet všech hodnot vydělených jejich počtem.
- Modus – Popsána jako hodnota, která se v daném statistickém souboru vyskytuje nejčastěji. Prakticky je to hodnota znaku s největší relativní četností. Představuje takzvanou typickou hodnotu sledovaného souboru a jeho určení předpokládá rozřazení souboru podle úprav znaku.
- Medián – Charakterizujeme jako hodnotu, jež dělí řadu vzestupně seřazených výstupů na dvě stejně početné poloviny. Ve statistice se řadí mezi míry centrální tendence. Prakticky platí, že nejméně 50 % hodnot je menších nebo rovných a nejméně 50 % hodnot je větších nebo rovných mediánu. Významnou výhodou mediánu jako statistického ukazatele je fakt, že nepodléhá vlivu extrémních hodnot.
- Odchylka dat - V teorii pravděpodobnosti patří mezi hojně používanou míru statistické variability. Počítá se jako odmocnina z rozptylu náhodné veličiny. Vypovídá o tom, jak moc se od sebe navzájem liší jednotlivé případy v souboru zkoumaných hodnot. Pokud je malá, jsou si prvky souboru většinou navzájem podobné, a opačně velká směrodatná odchylka poukazuje na velké vzájemné odlišnosti.

Aby bylo možné nastavit vhodný algoritmus pro práci s charakteristikami výrobních procesů, je potřeba zužit množství relevantních parametrů. Proto ty s nejnižší vahou je potřeba vyloučit. K tomuto účelu byla vytvořena tabulka modifikované Likertovy škály – viz příloha B.

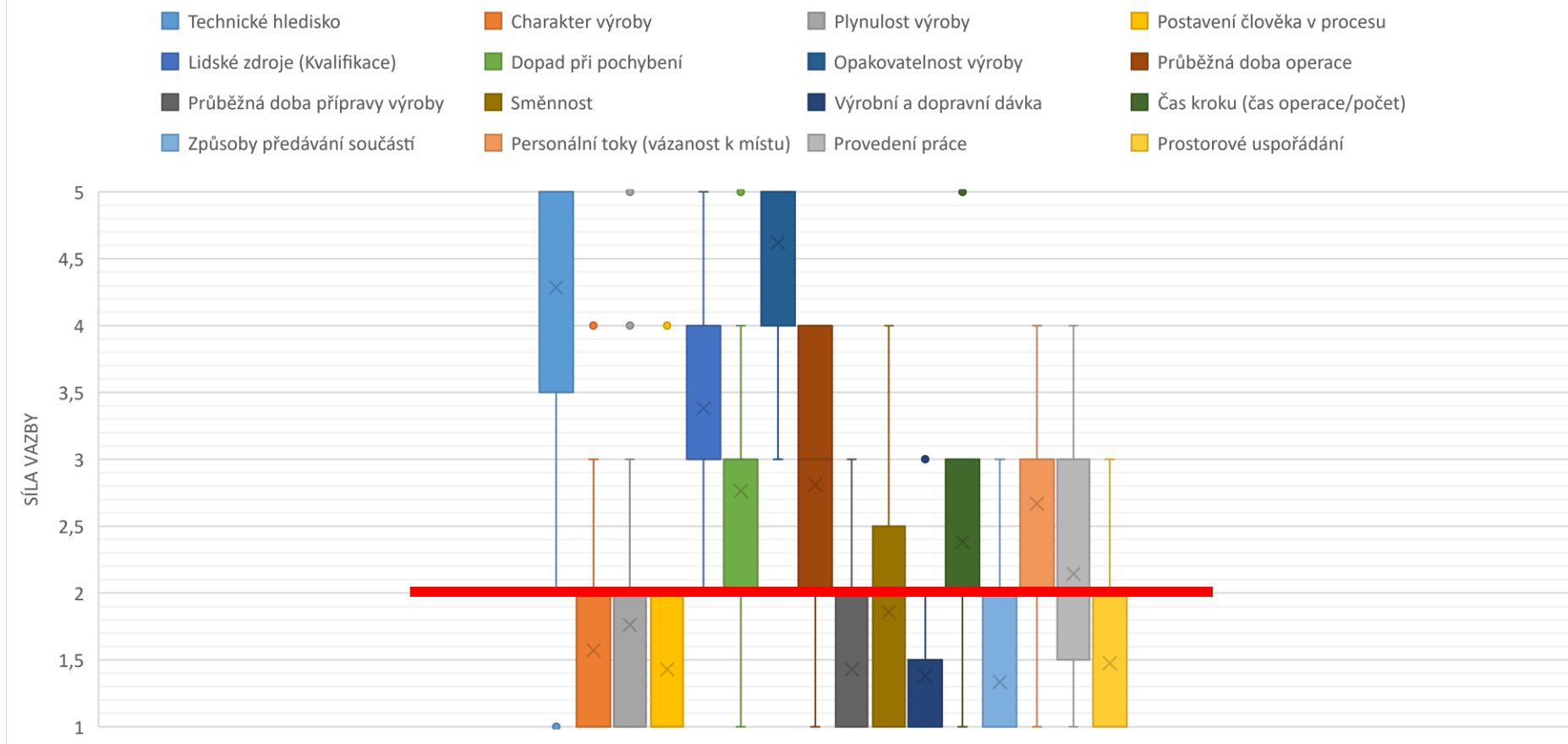
Pravidla relevance získaných hodnot pro jednotlivé charakteristiky byla nastavena takto:

- I. Rozdíl aritmetického průměru a modusu je maximálně  $\left| 1 \right|$
- II. Rozdíl aritmetického průměru a mediánu je maximálně  $\left| 1 \right|$
- III. Maximální hodnota směrodatné odchylky je 1,5
- IV. Relevantní vazba je dána hodnotou arit. průměru 2(včetně) a vyšší.

Tabulka 4-3 - Statistické vyhodnocení vazeb [Zdroj: Autor]

	Statistické vyhodnocení vazby PROCES - NÁSTROJ									
	1	2	3	4	5	Suma	Průměr	Modus	Medián	Směr. Odchylka
Technické hledisko	1	1	3	2	14	21	4,29	5	5	1,1606
Charakter výroby	12	7	1	1	0	21	1,57	1	1	0,7911
Plynulost výroby	13	4	1	2	1	21	1,76	1	1	1,1914
Postavení člověka v procesu	14	6	0	1	0	21	1,43	1	1	0,7284
Lidské zdroje (Kvalifikace)	0	2	11	6	2	21	3,38	3	3	0,7854
Dopad při pochybení	2	6	9	3	1	21	2,76	3	3	0,9712
Opakovatelnost výroby	0	0	2	4	15	21	4,62	5	5	0,6529
Průběžná doba operace	3	4	8	6	0	21	2,81	3	3	1,0057
Průběžná doba přípravy výroby	14	5	2	0	0	21	1,43	1	1	0,6598
Směnnost	9	7	4	1	0	21	1,86	1	2	0,8883
Výrobní a dopravní dávka	16	2	3	0	0	21	1,38	1	1	0,7222
Čas kroku (čas operace/počet)	4	7	9	0	1	21	2,38	3	2	0,9500
Způsoby předávání součástí	15	5	1	0	0	21	1,33	1	1	0,5634
Personální toky (vázanost k místu)	2	6	10	3	0	21	2,67	3	3	0,8357
Provedení práce	5	9	6	1	0	21	2,14	2	2	0,8330
Prostorové uspořádání	13	6	2	0	0	21	1,48	1	1	0,6633

## Grafické vyhodnocení vazby PROCES - NÁSTROJ



Obrázek 4-10 - Grafické vyhodnocení vazeb [Zdroj: Autor]



Z Tabulky 4-3 je patrné, že veškeré nastavené předpoklady týkající relevance získaných dat jsou splněny (tedy pravidla I, II a III). To potvrzuje tvrzení, že existuje provázanost mezi charakteristikou výrobních procesů a posouzením vhodnosti nasazení moderních vizualizačních nástrojů. Výstupy získané metodou odborné skupiny se výrazně neodchylují a splňují nastavenou toleranci.

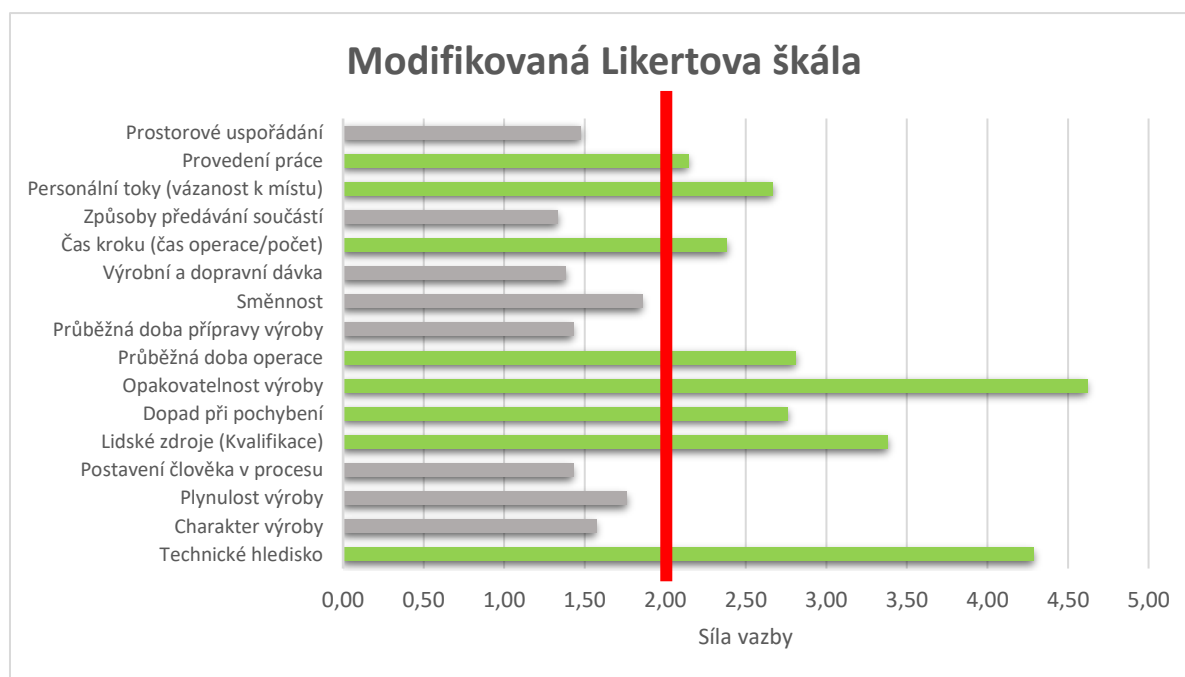
Dle pravidla IV. jsou zároveň rozděleny charakteristiky výrobních procesů na ty, které nemají vliv na posouzení vhodnosti a volbu vizualizačních nástrojů (aritmetický průměr < 2) a ty, kde byla identifikována vazba (aritmetický průměr ≥ 2).

Na Obrázku 4-10 lze vidět interpretaci získaných dat pomocí Boxplotů, tedy grafické vizualizace numerických dat využívajících jejich kvartilů. Můžeme si všimnout, že střední část diagramu je shora ohraničena 3. kvartilem, zespodu 1. kvartilem. Mezi nimi se nachází linie vymezující medián. Boxploty obsahují také linie vycházející ze střední části diagramu kolmo nahoru a dolů, tzv. vousy. Ty ukazují na variabilitu dat pod prvním a nad třetím kvartilem. Odlehle hodnoty jsou pak vykresleny jako samostatné body. Aritmetický průměr je vyznačen křížkem v těle jednotlivých boxplotů. Grafem je také proložena červená linie symbolizující pravidlo IV.

Boxploty byly zvoleny pro znázornění dat, protože zobrazují rozdíly mezi datovými soubory bez jakýchkoliv předpokladů normálního rozdělení dat. Chápeme je proto jako neparametrické. Rozteče mezi jednotlivými prvky střední části diagramu indikují stupeň rozptylu a šikmosti dat, což je žádoucí kvůli sledování splnění nastavených pravidel.


#### 4.2.4 Posouzení typu a síly vazby

Z Obrázku 4-11 je vidět výběr charakteristik výrobních procesů, jež splnili pravidlo IV. Znamená to, že mají největší vliv na posouzení vhodnosti, výběr typu a způsobu nasazení vizualizačních nástrojů. Nyní je potřeba rozdělit tyto charakteristiky na skupiny podle jejich důležitosti. Zásadní skupina bude ovlivňovat jak vhodnost, tak i typ vizualizačních nástrojů. Další skupiny mohou mít vliv pouze na typ nebo způsob použití vizualizačních nástrojů.



Obrázek 4-11 - Výběr klíčových charakteristik výrobních procesů [Zdroj: Autor]

Vybrané charakteristiky výrobních procesů, které mají prokazatelnou vazbu PROCES – NÁSTROJ, budou dále rozděleny do 3 základních skupin. Každá ze skupin A, B a C má odlišný vztah k posouzení vhodnosti vizualizačních nástrojů.

- |  |   |   |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>- Technické hledisko</li> <li>- Lidské zdroje (Kvalifikace)</li> <li>- Dopad při pochybení</li> <li>- Opakovatelnost výroby</li> <li>- Průběžná doba operace</li> <li>- Čas kroku (čas operace/počet)</li> <li>- Personální toky (vázanost k místu)</li> <li>- Provedení práce</li> </ul> |  | <p><b>A</b> – ovlivňuje typ i způsob použití vizualizačních nástrojů</p> <p><b>B</b> – ovlivňuje typ vizualizačních nástrojů</p> <p><b>C</b> – ovlivňuje způsob použití vizualizačních nástrojů</p> |
|--|---|---|

Metodou odborné skupiny tak proběhlo rozřídění, jež je možné vidět v Tabulce 4-4. Každá charakteristika zvláště byla podrobena zkoumání a následnému zařazení do skupiny s nejlepší shodou zastoupené skupiny odborníků. Je nutné zmínit, že síla vazby z aritmetického průměru hodnocení vlivu jednotlivých charakteristik. Toto rozhodnutí je založeno na splnění pravidel I, II a III, které potvrzují relevanci dat a nepřekračují maximální hranici rozptylu.

Tabulka 4-4 - Třídění vybraných charakteristik výrobních procesů do skupin [Zdroj: Autor]

	Síla vazby	Skupina		
		A	B	C
<b>P1 - Technické hledisko</b>	4,29	X		
<b>P2 - Lidské zdroje (Kvalifikace)</b>	3,38		X	
<b>P3 - Dopad při pochybení</b>	2,76		X	
<b>P4 - Opakovatelnost výroby</b>	4,62	X		
<b>P5 - Průběžná doba operace</b>	2,81		X	
<b>P6 - Čas kroku (čas operace/počet)</b>	2,38		X	
<b>P7 - Personální toky (vázanost k místu)</b>	2,67			X
<b>P8 - Provedení práce</b>	2,14			X

Vybrané charakteristiky budou dále tříděny dle parametru  $P_x$ . Z rozdělení vyplývá, že 2 charakteristiky se řadí do skupiny A (P1 a P4), 4 do skupiny B (P2, P3, P5 a P6) a 2 jsou ve skupině C (P7 a P8). Síla vazby nebyla během rozřídění charakteristik brána v potaz. Její důležitost bude uplatněna při sestavování multikriteriální funkce.

### 4.3 Fáze hodnotící

Cílem této fáze je návrh multikriteriální funkce, která dokáže posoudit vhodnost nasazení moderních vizualizačních nástrojů do výrobních procesů průmyslových podniků. Pokud se prokáže vhodnost jejich nasazení, bude dále potřeba rozhodnout o tom, jaký typ vizualizačních nástrojů bude zvolen a zároveň jakým způsobem bude využíván.

Navrhovaná funkce bude vycházet z existujícího **Altmanova modelu**. Altmanův model (známý také jako identifikátor bankrotu) vypovídá o finanční situaci ve společnostech. Pomocí statistiky dokáže předpovídat finanční krach firmy. Tento model představil prof. Edward Altman a vyjádřil ho funkcí označovanou Z-skóre. [90]

**Vzorec Z-skóre** je kombinací pěti ukazatelů na principu diskriminační analýzy vyjadřuje obecný zápis diskriminační funkci.

$$Z = 1,2X_1 + 1,4X_2 + 3,3X_3 + 0,6X_4 + 1,0X_5 \text{ [90]}$$

Tento vzorec je jen ukázkou, která se nejčastěji používá, může být použit i jiný vzorec s jinými násobky. [90]

**Poměrové ukazatele** obsahují 5 hlavních hodnot.

$X_1$  = pracovní kapitál / aktiva firmy. Zjednodušeně lze říci, že obecně lze u firmy ve ztrátě očekávat problémy s likviditou, protože se snižuje poměr oběžných aktiv ku celkovým aktivům. Problémem tohoto vztahu je, že ačkoli je poměrně jasný vztah mezi likviditou a solventností je v tomto vztahu výrazně narušena ve prospěch akciových společností, neboť mají vyšší čistý pracovní kapitál. [90]

= nerozdělený zisk / aktiva firmy. Není zcela jasně řešeno, zda počítat i fondy ze zisku a jednotlivá literatura se v tomto liší. Slabinou tohoto ukazatele je, že výrazně zvýhodňuje společnosti, které existují déle díky tomu si vytvořily dostatečné rezervy, ovšem aktuálně v českém prostředí není vytváření rezervy povinné, což opět může ovlivnit tento ukazatel. Původní idea vyjadřuje to, že pokud existují rezervní fondy, je úpadek méně pravděpodobný, jenže na rozvíjejícím trhu je tato slabina vyvažována prudkým rozvojem, který není Altmanův model schopen uvažovat.

Výsledek hospodaření před úroky a zdaněním (EBIT) / aktiva firmy.

Tržní hodnota vlastního kapitálu (Tržní kapitalizace) / cizí kapitál.

Tržba / aktiva. [90]

**Vyhodnocení** umožňuje zařazení hodnoceného podniku do 3 zón.

- $3,00 < Z$  - Bezpečná zóna (Safe Zone) - Podniky s vysokou pravděpodobností přežití
- $1,80 < Z < 2,99$  - Šedá zóna (Grey Zone) - Nelze jednoznačně určit
- $Z < 1,79$  - Krizová zóna (Distress Zone) - Podniky bezprostředně ohrožené bankrotem

Ukazatel Z faktor by měl předpovídat bankroty podniků s dvouletým předstihem, čím dál do budoucnosti bychom chtěli předpovídat, tím menší je pravděpodobnost bankrotu. [90]

#### 4.3.1 Návrh multikriteriální funkce

Navrhovaná multikriteriální funkce bude vycházet z upraveného Altmanova modelu. Charakteristiky výrobních procesů, které byly v předchozí kapitole zařazeny do skupiny A a B budou sloužit jako hlavní ukazatele. Relevantní je v tomto případě síla vazby jednotlivých charakteristik a zároveň hodnota možného parametru, jehož může daná charakteristika nabývat.

Vzorec modifikovaného Z-faktoru je navržen následovně:

$$Z_{MOD} = S_1 \times Y_1 + S_2 \times Y_2 + S_3 \times Y_3 + S_4 \times Y_4 + S_5 \times Y_5 + S_6 \times Y_6$$

Kde:

$Z_{MOD}$  – modifikované skóre multikriteriální funkce

$S_1$  – síla vazby charakteristiky Technické hledisko

$S_2$  – síla vazby charakteristiky Lidské zdroje

$S_3$  – síla vazby charakteristiky Dopad při pochybení

$S_4$  – síla vazby charakteristiky Opakovatelnost výroby

$S_5$  – síla vazby charakteristiky Průběžná doba operace

$S_6$  – síla vazby charakteristiky Čas kroku

$Y_1$  – hodnota vybraného parametru charakteristiky Technické hledisko

$Y_2$  – hodnota vybraného parametru charakteristiky Lidské zdroje

$Y_3$  – hodnota vybraného parametru charakteristiky Dopad při pochybení

$Y_4$  – hodnota vybraného parametru charakteristiky Opakovatelnost výroby

$Y_5$  – hodnota vybraného parametru charakteristiky Průběžná doba operace

$Y_6$  – hodnota vybraného parametru charakteristiky Čas kroku

Síla vazby charakteristik procesů byla vyčíslena v předchozí části práce. Nyní je potřeba definovat, jakých hodnot může každá z charakteristik nabývat. Tyto hodnoty pak musí být číselně ohodnoceny podle jejich dopadu na posouzení vhodnosti vizualizačních nástrojů.

Funkce je rostoucí. Čím větší bude hodnota modifikovaného Z faktoru, tím bude výrobní proces vhodnější pro nasazení moderních vizualizačních nástrojů. Naopak, nízké skóre předpokládá jako vhodnější nasazení konvenčních nástrojů.

Pro stanovení hodnot parametrů jednotlivých charakteristik výrobních procesů skupiny A+B bylo rovněž využito metody odborné skupiny. Cílem je upřesnit chybějící specifikaci parametrů, a to jejich možností a ohodnocení, aby bylo možné stanovit každé charakteristice její dílčí skóre. Dílčí skóre parametru se počítá jako násobek hodnoty parametru a síly vazby. Součet dílčích skóre pak umožňuje dopočítat hodnotu celkové modifikovaného Z skóre. To je předpokladem pro rozřazení výrobních procesů do kategorií, které interpretují vhodnost využití moderních vizualizačních nástrojů.

Tabulka 4-5 - Hodnoty parametrů charakteristik výrobních procesů [Zdroj: Autor]

	Hodnota parametru	Síla vazby $S_x$	Dílčí skóre parametru $Y_x$
<b>P1 - Technické hledisko</b>			
P11 - Greenfield	1	4,29	4,29
P12 - Brownfield	0,4		1,71
<b>P2 - Lidské zdroje (Kvalifikace)</b>			
P21 - Nízká	1	3,38	3,38
P22 - Střední	0,5		1,69
P23 - Vysoká	0,1		0,34
<b>P3 - Dopad při pochybení</b>			
P31 - Malý	0,1	2,76	0,28
P32 - Střední	0,6		1,66
P33 - Vysoký	1		2,76
<b>P4 - Opakovatelnost výroby</b>			
P41 - Kusová	0,2	4,62	0,92
P42 - Sériová	1		4,62
P43 - Hromadná	0,5		2,31
<b>P5 - Průběžná doba operace</b>			
P51 - Do 1 min	0,3	2,81	0,84
P52 - 1 - 20 min	0,8		2,25
P53 - 20 - 60 min	0,4		1,12
P54 - 60 a více min	0,1		0,28
<b>P6 - Čas kroku (čas operace/počet)</b>			
P61 - Do 5s	0	2,38	0,00
P62 - 6 - 60s	1		2,38
P63 - Nad 60s	0,3		0,71

V Tabulce 4-5 jsou doplněny potřebné hodnoty, jichž mohou nabývat jednotlivé parametry výrobních procesů. Díky těmto hodnotám je možné připravit vyhodnocení a nastavit zóny vhodnosti využití vizualizačních nástrojů.

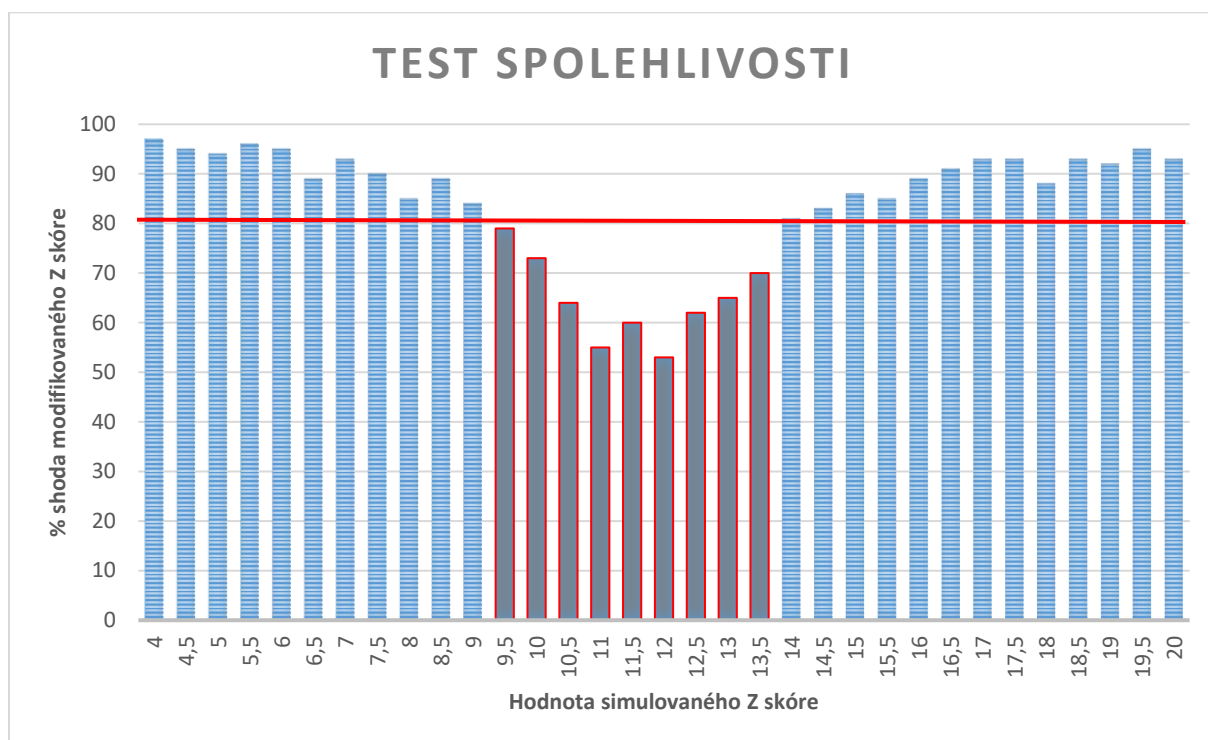
#### 4.3.2 Definování doporučených zón

Výše zmíněné charakteristiky jsou důležité pro získání informací o výrobních procesech. Pomocí získaných sil vazeb charakteristik výrobních procesů a jejich dílčích hodnot jednotlivých parametrů je možné simulovat všechny kombinace výsledného modifikovaného Z skóre, kterých mohou výrobní procesy dosahovat.

Dalším krokem je nastavení 3 hlavních zón, jež budou určovat oblast vhodnosti nasazení moderních vizualizačních nástrojů.

- Zóna konvenčních nástrojů
- Šedá zóna (statisticky neurčitá oblast)
- Zóna využití moderních vizualizačních nástrojů

Za statisticky významnou hodnotu byla zvolena 80% shoda u konkrétního nasimulovaného modifikovaného Z skóre. Výsledky simulací byly rozděleny po 0,5 bodů. Škála se pohybuje vždy mezi 4 a 20 body. Minimum simulace bylo 4,25 bodů a maximum dosahovalo hodnoty 19,68 bodů.



Obrázek 4-12 - Test spolehlivosti simulace [Zdroj: Autor]

Pro samotnou simulaci byla využita možnost vytvořit různé kombinace parametrů výrobních procesů. Metodou odborné skupiny bylo pak hodnoceno, zda pro dané skóre bude vhodné použít konvenční nebo moderní nástroje. Na Obrázku 4-12 je možné sledovat procentuální shodu odborné skupiny o vhodnosti simulovaných výrobních procesů pro využití vizualizačních nástrojů. Levá strana grafu označuje shodu ve využití konvenčních nástrojů. Strana pravá má shodu ve využití moderních vizualizačních nástrojů. Uprostřed vidíme šedou zónu (shoda menší než 80%), kde nelze jednoznačně stanovit, který z nástrojů je vhodné použít.

#### 4.3.3 Vyhodnocení a nastavení zón

Na základě testu spolehlivosti hodnocení simulovaných Z skóre odbornou skupinou je možné jednotlivé zóny specifikovat. Důležitou hodnotou je 9,5 bodu, která určuje hranici mezi zónou konvenčních nástrojů a šedou zónou. Šedá zóna je z druhé strany omezena hodnotou 13,5 bodu – viz Obrázek 4-13.

$Z_{MOD} < 9,5$	Zóna konvenčních nástrojů
$9,5 \leq Z_{MOD} < 14$	Šedá zóna (statisticky neurčitá oblast)
$14 \leq Z_{MOD}$	Zóna využití moderních vizualizačních nástrojů

Obrázek 4-13 - Zóny dle modifikovaného Z skóre [Zdroj: Autor]

## **Zóna konvenčních nástrojů**

Tato zóna je dána výslednou hodnotou modifikovaného Z-skóre, které je menší než 9,5. Pokud v rámci multikriteriální funkce dosáhneme těchto hodnot, doporučuje se použít konvenční nástroje, jako papírová návodka. Moderní vizualizační nástroje by v této zóně nebyly efektivní.

### **Šedá zóna**

Šedá zóna představuje statisticky neurčitou oblast. Pokud tedy výsledkem multikriteriální funkce budou hodnoty mezi 9,5 a 14, znamená to, že není jednoznačně stanoveno, zda bude vhodnější použít konvenční nebo moderní vizualizační nástroje. Pro rozhodnutí v této zóně bude nutné zvážit důkladně procesní, časové i finanční faktory.

## **Zóna využití moderních vizualizačních nástrojů**

Výsledek multikriteriální funkce, který je vyšší nebo roven hodnotě 14, představuje zónu, kde je vhodné a efektivní využít moderních vizualizačních nástrojů. Tato zóna však sama o sobě ještě nedefinuje, který z moderních vizualizačních nástrojů zvolit pro konkrétní výrobní proces. To je ještě nutné posoudit parametrů výrobního procesu.

## **4.4 Fáze realizační**

Cílem této fáze je navázat na multikriteriální funkci navrženou v kapitole 4.3. Díky této funkci jejíž výsledek je charakterizován jako Z-skóre dokážeme posoudit vhodnost nasazení moderních vizualizačních nástrojů. Pokud bude výrobní proces spadat do zóny využití moderních vizualizačních nástrojů, bude dále potřeba rozhodnout o tom, jaký typ vizualizačních nástrojů bude zvolen a zároveň jakým způsobem bude využíván. Tato kapitola dále neřeší zónu konvenčních nástrojů a šedou zónu.

### **4.4.1 Parametry ovlivňující způsob použití vizualizačních nástrojů**

Abychom byli schopni rozhodnout o typu a způsobu využití moderních vizualizačních nástrojů v zóně, kde Z-skóre přesahuje hodnotu 14, potřebujeme definovat charakteristiky ovlivňující použití těchto nástrojů. Tyto charakteristiky byly nastaveny v kapitole 4.2, kde je možné vidět jejich roztrídění do skupin A, B a C. Skupiny, které ovlivňují typ a způsob použití moderních vizualizačních nástrojů jsou A a C. Mezi charakteristiky patřící do skupin A nebo C patří:

- P1 - Technické hledisko, může nabývat hodnot
  - P11 - Greenfield
  - P12 - Brownfield
- P4 - Opakovatelnost výroby, může nabývat hodnot
  - P41 - Kusová
  - P42 - Sériová
  - P43 - Hromadná
- P7 - Personální toky (vázanost k místu), může nabývat hodnot
  - P71 - Nad 80%
  - P72 - Méně než 80%
- P8 - Provedení práce, může nabývat hodnot
  - P81 - Paralelní práce rukou do 50%
  - P82 - Paralelní práce rukou nad 50%

Každá charakteristika může nabývat různých hodnot. Tyto hodnoty budou dále řazeny jako písmeno y u daného parametru  $P_{xy}$ . Z toho vyplývá, že bude nejdříve nutné sestavit veškeré možné kombinace těchto 4 charakteristik výrobních procesů.

$P_{11}$	$P_{11}P_{41}$	$P_{11}P_{41}P_{71}$	$P_{11}P_{41}P_{71}P_{81}$
		$P_{11}P_{41}P_{72}$	$P_{11}P_{41}P_{71}P_{82}$
	$P_{11}P_{42}$	$P_{11}P_{42}P_{71}$	$P_{11}P_{41}P_{72}P_{81}$
		$P_{11}P_{42}P_{72}$	$P_{11}P_{41}P_{72}P_{82}$
	$P_{11}P_{43}$	$P_{11}P_{43}P_{71}$	$P_{11}P_{42}P_{71}P_{81}$
		$P_{11}P_{43}P_{72}$	$P_{11}P_{42}P_{71}P_{82}$
$P_{12}$	$P_{12}P_{41}$	$P_{12}P_{41}P_{71}$	$P_{11}P_{42}P_{72}P_{81}$
		$P_{12}P_{41}P_{72}$	$P_{11}P_{42}P_{72}P_{82}$
	$P_{12}P_{42}$	$P_{12}P_{42}P_{71}$	$P_{12}P_{43}P_{71}P_{81}$
		$P_{12}P_{42}P_{72}$	$P_{12}P_{43}P_{71}P_{82}$
	$P_{12}P_{43}$	$P_{12}P_{43}P_{71}$	$P_{12}P_{43}P_{72}P_{81}$
		$P_{12}P_{43}P_{72}$	$P_{12}P_{43}P_{72}P_{82}$

Celkově tak vzniká 24 možných kombinací vybraných parametrů. V rámci těchto kombinací je nyní potřeba zhodnotit, jaký typ a způsob použití moderních vizualizačních nástrojů bude pro jednotlivé možnosti vhodný.

#### 4.4.2 Nastavení logiky typu a způsobu použití

Každá dílčí kombinace parametrů výrobních procesů bude podrobena hodnocení kvůli posouzení vhodnosti typu a způsobu použití vizualizačních nástrojů. To je nezbytné pro rozklíčování vztahů a provázanosti jednotlivých parametrů.

Stejně jako v kapitole 4.2.3 byla využita metoda odborné skupiny. Cílem je najít nejvhodnější variantu (typ a způsob použití moderních vizualizačních nástrojů) pro každou dílčí kombinaci. Před samotným hodnocením variant byla nastavena pravidla.

Pravidla relevance získaných hodnot pro jednotlivé kombinace byla nastavena takto:

- I. Vhodná varianta je dána funkcí modus
- II. Hodnota modus  $> 10$  (z 21 hodnocení)
- III. Minimální hodnota Z-skóre musí dosáhnout alespoň 14 (doplňkové pravidlo)



Tabulka 4-6 - Vyhodnocení kombinací P11 [Zdroj: Autor]

	Statistické vyhodnocení kombinací P11										
	Papírová	Video		VR 3D	VR 2D		AR		Suma	Modus	Splnění pravidla (hodnota modus > 10)
		Stacionární	Přenosná		Stacionární	Přenosná	Stacionární	Přenosná			
<b>P11P41P71P81</b>	0	0	0	15	2	0	0	4	21	VR 3D	ANO
<b>P11P41P71P82</b>	0	0	0	14	1	4	0	2	21	VR 3D	ANO
<b>P11P41P72P81</b>	0	0	0	16	4	0	0	1	21	VR 3D	ANO
<b>P11P41P72P82</b>	0	0	0	11	5	3	0	2	21	VR 3D	ANO
<b>P11P42P71P81</b>	0	0	0	15	2	4	0	0	21	VR 3D	ANO
<b>P11P42P71P82</b>	0	0	0	16	1	4	0	0	21	VR 3D	ANO
<b>P11P42P72P81</b>	0	0	0	12	3	3	0	3	21	VR 3D	ANO
<b>P11P42P72P82</b>	0	0	0	18	0	1	0	2	21	VR 3D	ANO
<b>P11P43P71P81</b>	0	0	0	14	5	1	0	1	21	VR 3D	ANO
<b>P11P43P71P82</b>	0	0	0	14	3	2	0	2	21	VR 3D	ANO
<b>P11P43P72P81</b>	0	0	0	13	3	3	0	2	21	VR 3D	ANO
<b>P11P43P72P82</b>	0	0	0	15	5	1	0	0	21	VR 3D	ANO

Parametr P1 byl vybrán jako nejvhodnější pro třídění kombinací. Nejdříve bylo proto provedeno hodnocení všech 12 kombinací parametru P11. Jedná se o všechny možnosti vztažené k pracovišti, které je ve fázi návrhu a ještě reálně neexistuje. Výsledkem je:

- P11P41P71P81 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 15x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P41P71P82 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 14x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P41P72P81 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 16x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P41P72P82 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 11x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P42P71P81 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 15x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P42P71P82 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 16x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P42P72P81 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 12x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P42P72P82 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 18x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P43P71P81 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 14x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P43P71P82 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 14x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P43P72P81 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 13x, pravidlo II. bylo splněno
- P11P43P72P82 – vhodná varianta je VR 3D zvolena 15x, pravidlo II. bylo splněno

Jak je vidět v Tabulce 4-6 všechny kombinace splnily nastavená pravidla a bylo tak jednoznačně určeno, který typ vizualizačního nástroje je pro konkrétní kombinace vhodný. S tím souvisí i výběr způsobu použití, který byl rovněž součástí hodnocení.

Následně bylo prováděno hodnocení kombinací parametru P12. Jedná se o možnosti vztažené k již existujícím pracovištím. Z Tabulky 4-7 vyplývají tyto výsledky:

- P12P41P71P81 – nesplňuje minimální požadovanou hodnotu Z-skóre (pravidlo III.)
- P12P41P71P82 – nesplňuje minimální požadovanou hodnotu Z-skóre (pravidlo III.)
- P12P41P72P81 – nesplňuje minimální požadovanou hodnotu Z-skóre (pravidlo III.)
- P12P41P72P82 – nesplňuje minimální požadovanou hodnotu Z-skóre (pravidlo III.)
- P12P42P71P81 – vhodná varianta je VR 2D stacionární zvolena 14x, pravidlo II. bylo splněno
- P12P42P71P82 – vhodná varianta je VR 2D stacionární zvolena 15x, pravidlo II. bylo splněno
- P12P42P72P81 – vhodná varianta je VR 2D přenosné zvolena 16x, pravidlo II. bylo splněno
- P12P42P72P82 – vhodná varianta je AR přenosné zvolena 11x, pravidlo II. bylo splněno
- P12P43P71P81 – vhodná varianta je Video stacionární zvolena 12x, pravidlo II. bylo splněno
- P12P43P71P82 – vhodná varianta je Video stacionární zvolena 14x, pravidlo II. bylo splněno
- P12P43P72P81 – vhodná varianta je VR 2D přenosné zvolena 15x, pravidlo II. bylo splněno
- P12P43P72P82 – vhodná varianta je VR 2D stacionární zvolena 12x pravidlo II. bylo splněno

Výsledky kombinací P12 také splňují požadovaná pravidla a jsou jednoznačně statisticky prokazatelná. Díky nasbíraným výsledkům je tak možné sestavit matici kombinací pro zónu využití moderních vizualizačních nástrojů, kde bude procesům přiřazen typ a způsob použití.

Tabulka 4-7 - Vyhodnocení kombinací P12 [Zdroj: Autor]

Statistické vyhodnocení kombinací P12											
	Papírová	Video		VR 3D	VR 2D		AR		Suma	Modus	Splnění pravidla (hodnota modus > 10)
		Stacionární	Přenosná		Stacionární	Přenosná	Stacionární	Přenosná			
<b>P12P41P71P81</b>											
<b>P12P41P71P82</b>											
<b>P12P41P72P81</b>											
<b>P12P41P72P82</b>											
<b>P12P42P71P81</b>	0	2	0	0	14	0	5	0	21	VR 2D stacionární	ANO
<b>P12P42P71P82</b>	0	2	0	0	15	1	3	0	21	VR 2D stacionární	ANO
<b>P12P42P72P81</b>	0	0	2	0	1	16	0	2	21	VR 2D přenosné	ANO
<b>P12P42P72P82</b>	0	0	2	0	0	8	0	11	21	AR přenosné	ANO
<b>P12P43P71P81</b>	0	12	0	0	7	0	2	0	21	Video stacionární	ANO
<b>P12P43P71P82</b>	0	14	0	0	6	0	0	1	21	Video stacionární	ANO
<b>P12P43P72P81</b>	0	0	4	0	1	15	0	1	21	VR 2D přenosné	ANO
<b>P12P43P72P82</b>	0	0	2	0	2	12	0	5	21	VR 2D stacionární	ANO

#### 4.4.3 Matice kombinací charakteristik procesů a způsobu použití

Na základě výsledků získaných v kapitole 4.4.2 (konkrétně v Tabulce 4-6 a Tabulce 4-7) je nyní možné sestavit matici všech možných kombinací charakteristik výrobních procesů a typů moderních vizualizačních nástrojů, včetně způsobu jejich použití. V úvahu bereme pouze ty charakteristiky, které mají vliv na typ a způsob použití vizualizačních nástrojů, tedy patří do skupin A nebo C.

<b>P<sub>11</sub></b>	$P_{11}P_{41}P_{71}P_{81}$	VR 3D
	$P_{11}P_{41}P_{71}P_{82}$	VR 3D
	$P_{11}P_{41}P_{72}P_{81}$	VR 3D
	$P_{11}P_{41}P_{72}P_{82}$	VR 3D
	$P_{11}P_{42}P_{71}P_{81}$	VR 3D
	$P_{11}P_{42}P_{71}P_{82}$	VR 3D
	$P_{11}P_{42}P_{72}P_{81}$	VR 3D
	$P_{11}P_{42}P_{72}P_{82}$	VR 3D
	$P_{11}P_{43}P_{71}P_{81}$	VR 3D
	$P_{11}P_{43}P_{71}P_{82}$	VR 3D
	$P_{11}P_{43}P_{72}P_{81}$	VR 3D
$P_{11}P_{43}P_{72}P_{82}$	VR 3D	
<b>P<sub>12</sub></b>	$P_{12}P_{41}P_{71}P_{81}$	nespecifikováno
	$P_{12}P_{41}P_{71}P_{82}$	nespecifikováno
	$P_{12}P_{41}P_{72}P_{81}$	nespecifikováno
	$P_{12}P_{41}P_{72}P_{82}$	nespecifikováno
	$P_{12}P_{42}P_{71}P_{81}$	VR 2D stacionární
	$P_{12}P_{42}P_{71}P_{82}$	VR 2D stacionární
	$P_{12}P_{42}P_{72}P_{81}$	VR 2D přenosné
	$P_{12}P_{42}P_{72}P_{82}$	AR přenosné
	$P_{12}P_{43}P_{71}P_{81}$	Video stacionární
	$P_{12}P_{43}P_{71}P_{82}$	Video stacionární
	$P_{12}P_{43}P_{72}P_{81}$	VR 2D přenosné
$P_{12}P_{43}P_{72}P_{82}$	VR 2D stacionární	

Výše je tak zobrazena tabulková reprezentace vícerozměrné matice obsahující kompletní přehled kombinací a vhodných variant dle navržené metodiky. Některé kombinace však nebylo možné specifikovat, jelikož nedosahují minimální výše modifikovaného Z-skóre dle multikriteriální funkce. Nyní tak máme dokončenou metodiku pro zefektivnění provádění výrobních procesů v rámci organizační přípravy výroby. Díky navržené metodice dokážeme posoudit, zda je konkrétní výrobní proces vhodný pro moderní vizualizační nástroje. Pokud

ano, lze touto metodikou vybrat typ a způsob použití vizualizačního nástroje dle definovaných charakteristik výrobního procesu.

## 5 OVĚŘENÍ NAVRŽENÉ METODIKY V PRAXI

Obsahem této kapitoly je ověření funkčnosti navržené metodiky prostřednictvím nasazení metodiky do průmyslové praxe a následné realizaci doporučených řešení. Cílem je ověřit metodiku pomocí otestování klíčových kombinací, jež mohou na základě metodiky vzniknout, přímo v reálném provozu výrobních podniků. Aby bylo možné navrženou metodiku efektivně ověřit na větším počtu kombinací, je potřeba vytvořit softwarovou podporu, která ulehčí práci s plněním hodnot do multikriteriální funkce a umožní výběr vhodného typu a způsobu použití vizualizačních nástrojů z předem vytvořené matice kombinací.

### 5.1 Tvorba softwarové podpory

Softwarová podpora musí respektovat veškeré poznatky získané v předchozích kapitolách. Nejdříve je nutné provázat charakteristiky výrobních procesů s posouzením vhodnosti pro moderní vizualizační nástroje pomocí multikriteriální funkce. Výstupem je pak Z-skóre, díky kterému lze posoudit, zda je výrobní proces vhodný nebo ne. Pokud bude proces vhodný, musí následovat výběr správného typu respektující vytvořenou matici všech kombinací. Tyto kombinace nakonec umožní i výběr správného způsobu použití.

Softwarová podpora metodiky		
Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice

Obrázek 5-1 - Ukázka softwarové podpory [Zdroj: Autor]

Na Obrázku 5-1 je vidět úvodní menu vytvořené softwarové podpory, kde modře označená pole jsou určena k doplnění a výběru z předem definovaného seznamu. Jedná se o vybrané důležité charakteristiky výrobních procesů, jež mají vliv na volbu vizualizačních nástrojů. Veškeré modré položky musí být předem doplněny, aby došlo k následnému výpočtu modifikovaného Z-skóre. Zelená pole jsou generována automaticky na základě předem nastavených algoritmů.

- Výsledek modifikovaného Z-skóre – vypočte konkrétní hodnotu modifikovaného Z-skóre dle navržené metodiky
- Vhodné pro moderní vizualizační nástroje – pokud je hodnota Z-skóre 14 a vyšší, vrací toto pole odpověď ANO (pokud menší než 14, pak vrací NE)
- Typ vizualizačního nástroje – pokud je v políčku výše hodnota ANO, vrací toto pole konkrétní typ vizualizačního nástroje dle matice kombinací
- Pozice – pokud je proces vhodný pro moderní vizualizační nástroje, vrací způsob použití (jinak zůstává prázdné)

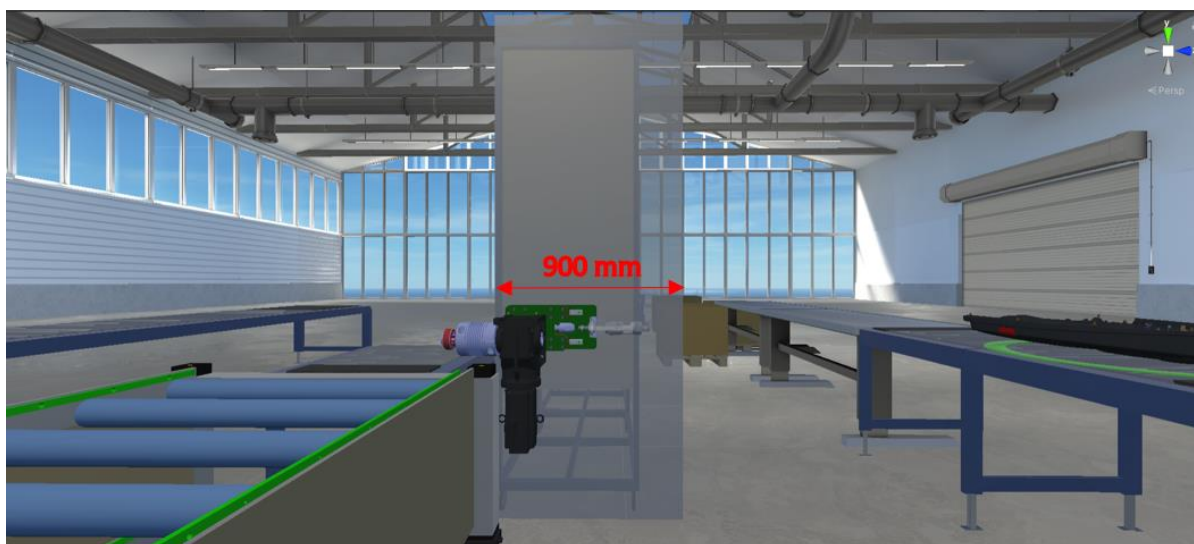
## 5.2 Ověření kombinace P11P42P71P82

Pro ověření kombinace P11P42P71P82 bylo potřeba najít vhodný výrobní proces, který bude splňovat nejen dostatečnou hodnotu výsledného modifikovaného Z-skóre, ale zároveň odpovídat nastaveným parametrům této kombinace. V Tabulce 5-1 je možné vidět konkrétní výrobní proces z vybrané automotive společnosti.

Tabulka 5-1 - Konkrétní případ P11P42P71P82 [Zdroj: Autor]

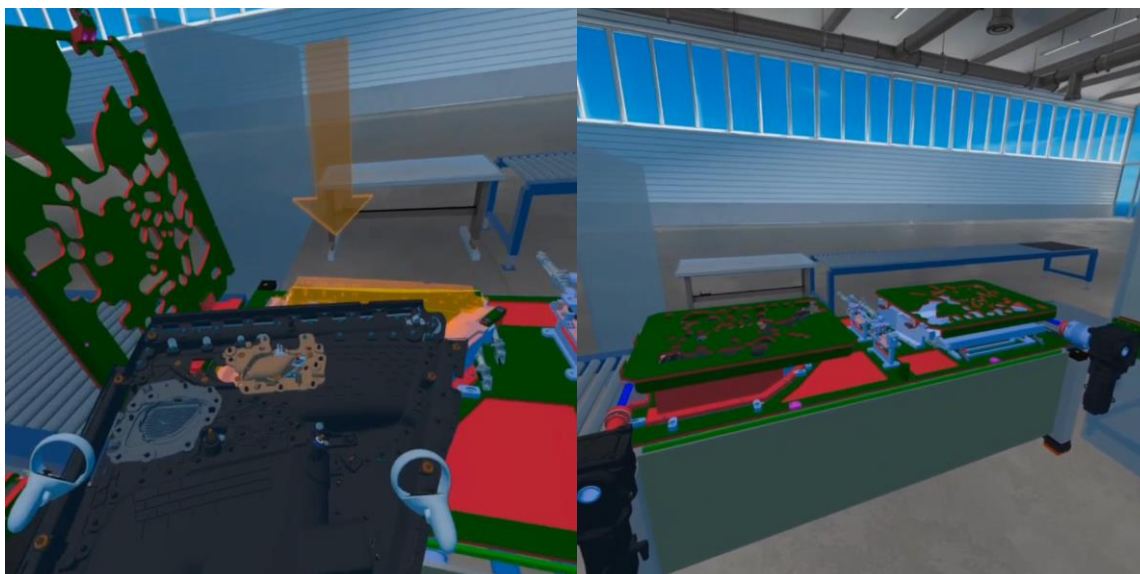
Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Greenfield	20 - 60 min	15,76
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Střední	6 - 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Střední	Nad 80%	VR 3D
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Sériová	Paralelní práce rukou nad 50%	-

Dle navržené metodiky vyplývá, že proces je vhodný pro nasazení moderních vizualizačních nástrojů. Zároveň je doporučeno použít typ VR 3D. Pro tuto kombinaci byl použit standalone VR headset, který umožňuje plnou imerzi a interakci s vybranými prvky výrobního procesu. Ukázka realizace je vidět na obrázcích níže. Celý proces ukázky se dá rozdělit do 2 částí. Ta první je čistě manuální a v druhé části se jedná o práci s automatizovaným výrobním zařízením.



Obrázek 5-2 - Kombinace P11P42P71P82 [Zdroj: Autor]

V rámci ukázky je vidět vizualizace některých kroků výrobního procesu. Konkrétně se jedná o odebrání připravených dílů z dopravníku a následná ruční montáž dalších komponent, včetně následné kontroly a potvrzení dokončení této části speciálním tlačítkem.



Obrázek 5-3 - Ukázka realizace kombinace P11P42P71P82 [Zdroj: Autor]

Na Obrázku 5-3 je vidět druhá část výrobního procesu. Pracovník zde odebírá dané díly z regálu a kompletuje do výrobního zařízení. Dále se zakládají lišty a probíhá vizuální kontrola. Po zmáčknutí tlačítka zařízení následuje strojní část práce.

Kombinace a její vhodnost byla posuzována po nasazení do průmyslové praxe odbornou skupinou a zástupci vybrané společnosti. Konkrétně zástupci oddělení TPV a vybraní operátoři výroby. Výsledkem ověření je prokázání vhodnosti i typu vytvořeného vizualizačního nástroje.

### 5.3 Ověření kombinace P11P42P72P81

Ověřování kombinace P11P42P72P81 probíhalo na výrobním procesu dle definice požadovaných parametrů. Nezbytné bylo také dostatečné modifikované Z-skóre. V Tabulce 5-2 je možné vidět vybraný a vyhovující výrobní proces ze společnosti zaměřené na výrobu komponent pro letecký průmysl.

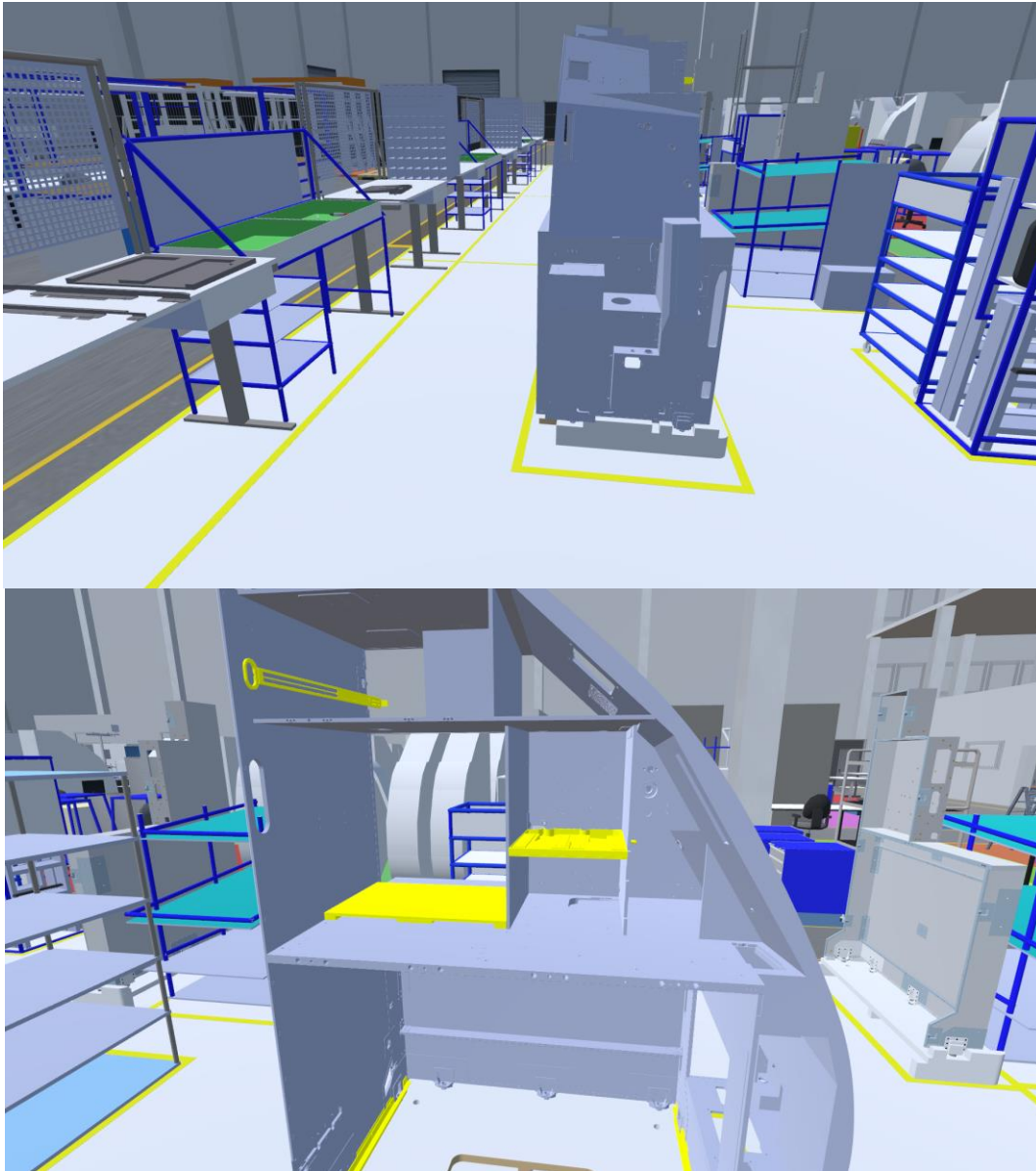
Tabulka 5-2 - Konkrétní případ P11P42P72P81 [Zdroj: Autor]

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Greenfield	60 a více min	14,35
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Střední	nad 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Vysoký	Méně než 80%	VR 3D
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Sériová	Paralelní práce rukou do 50%	-

Dle navržené metodiky byla potvrzena vhodnost pro nasazení moderních vizualizačních nástrojů. Doporučeno použít typ VR 3D, jak je vidět na ukázce realizace z Obrázku 5-4. Vizualizace byla připravována pro standalone brýle pro virtuální realitu. Opět je umožněna plná interakce s důležitými prvky procesu. Ostatní prvky, které do procesu přímo nezasahují jsou ponechány staticky bez možnosti interakce.



V prvním kroku ukázky je potřeba vydefinovat a připravit potřebné komponenty a nástroje pro úspěšné splnění úkolu. Tyto komponenty se umístí na stůl označený zelenou barvou. Dokud není příprava kompletní, nemůže pracovník přejít k dalšímu kroku.



Obrázek 5-4 - Ukázka realizace kombinace P11P42P72P81 [Zdroj: Autor]

Po úspěšné přípravě následuje ruční montáž jednotlivých komponent do většího celku dle předem nastaveného postupu. Pracovník zde využívá několik nástrojů.

Tato kombinace byla opět podrobena testování po nasazení do průmyslové praxe. Ověření pracovníky podniku a odbornou skupinou prokázalo vhodnost navrženého typu moderního vizualizačního nástroje.

## 5.4 Ověření kombinace P11P43P71P82

Kombinace P11P43P71P82 byla ověřována na výrobním procesu s hodnotou 14,57 modifikovaného Z-skóre. Opět se jednalo o nově vznikající pracoviště ve fázi návrhu, které je specifické vysokou opakovatelností výroby a rychlými čas jednotlivých kroků, jak je možné vidět v Tabulce 5-3.

Tabulka 5-3 - Konkrétní případ P11P43P71P82 [Zdroj: Autor]

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Greenfield	1 - 20 min	14,57
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Střední	6 - 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Střední	Nad 80%	VR 3D
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Hromadná	Paralelní práce rukou nad 50%	-

Pomocí metodiky bylo doporučeno použít typ VR 3D. Vizualizace byla připravena pro stacionární VR headset, jelikož je běžně v podniku využíván (viz Obrázek 5-5). VR headset je vybaven sadou ovladačů, které zajišťují interakce pracovníka s VR prostředím.



Obrázek 5-5 - Ukázka realizace kombinace P11P43P71P82 [Zdroj: Autor]

Pomocí vizualizačního nástroje bylo možné nasimulovat budoucí výrobní proces, který se skládá z 5 pracovních míst, která na sebe navazují a vzájemně se ovlivňují. Je proto důležité synchronizovat výrobní takty na všech 5 pracovištích. VR 3D umožnilo efektivní standardizaci jednotlivých kroků procesu a zároveň sladění všech pracovních míst tak, aby nevznikaly prostoje vlivem velkých rozdílů v čase operací mezi vzájemně propojenými pracovišti. Rychlost výroby je totiž dána nejpomalejším článkem – pracovištěm.

Na Obrázku 5-6 je možné vidět vytvořené VR prostředí sdílených pracovišť. Každé pracovní místo je označeno modře svítícím kruhem. Na těchto pracovištích se provádí zakládání dílů do přípravku umístěného uvnitř výrobního zařízení. Zakládání probíhá v předem nastaveném sledu a jasně vymezenou finální pozicí pro uložení.



Obrázek 5-6 - Ukázka VR prostředí kombinace P11P43P71P82 [Zdroj: Autor]

Ověření probíhalo spolu s oddělením technické přípravy, výrobními dělníky a odbornou skupinou. Výsledkem je potvrzení, že dané řešení bylo dle metodiky vybráno správně.

## 5.5 Ověření kombinace P12P42P71P81

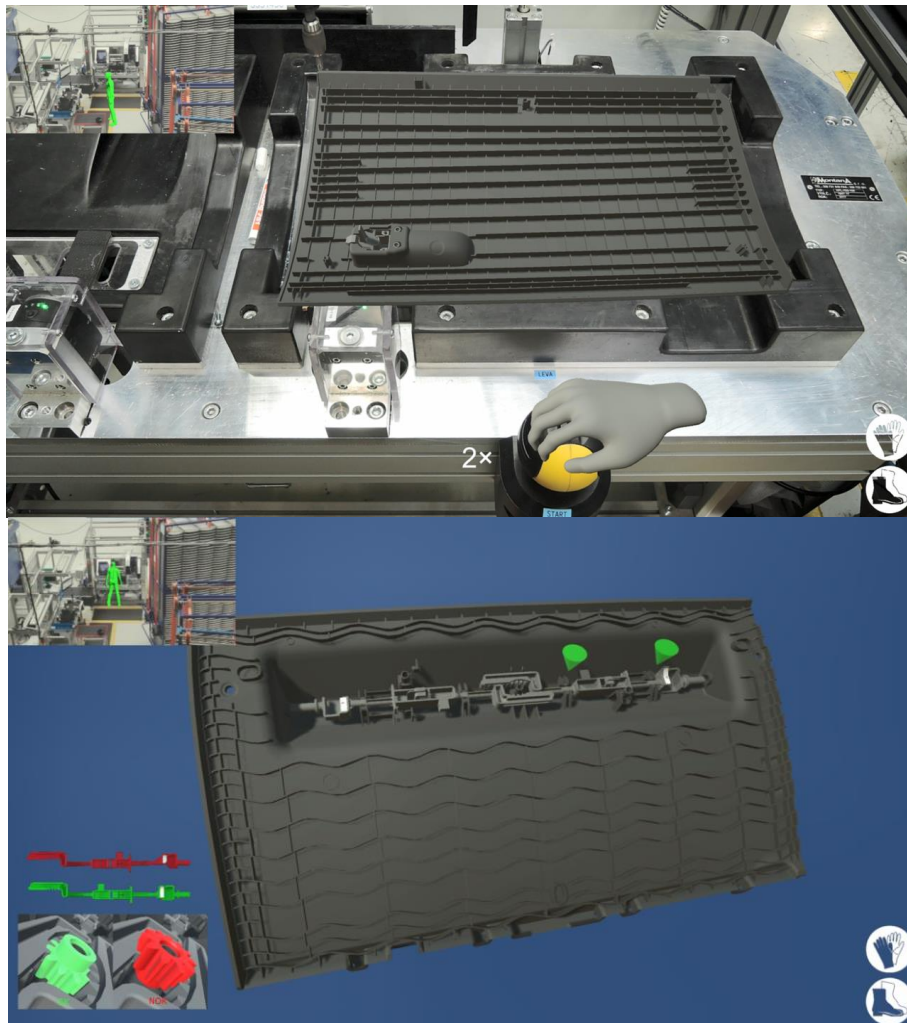
Ověření kombinace P12P42P71P81 probíhalo na výrobním procesu s hodnotou 14,88 modifikovaného Z-skóre. Nyní se jednalo o již existující pracoviště. V Tabulce 5-4 je možné vidět konkrétní výrobní proces z vybrané automotive společnosti.

Tabulka 5-4 - Konkrétní případ P12P42P71P81 [Zdroj: Autor]

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Brownfield	20 - 60 min	14,88
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Nízká	6 - 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Střední	Nad 80%	VR 2D
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Sériová	Paralelní práce rukou do 50%	Stacionární

Dle metodiky bylo doporučeno použít VR 2D stacionární nástroj. Vizualizace byla připravena pro stacionární 2D displej zobrazující virtuální realitu (viz Obrázek 5-7). Umístění bylo provedeno na pevně u pracoviště.

Na ukázce je možné vidět 2 vybrané kroky výrobního procesu. Vizualizace je u některých kroků doplněna kvůli přehlednosti textem či barevnou škálou. Zelená barva symbolizuje správnou polohu nebo umístění dílů. Naopak červená ukazuje nesprávnou variantu, aby se předcházelo vzniku potenciálních chyb.



Obrázek 5-7 - Ukázka realizace kombinace P12P42P71P81 [Zdroj: Autor]

Pro lepší orientaci pracovníků v prostoru obsahuje zvolené řešení virtuální okno polohy pracovníka na pracovišti. Okno je umístěno v levém horním rohu ukázky.

Následovalo nasazení navržené varianty do reálného výrobního procesu a testování za pomoci výrobních dělníků a vedoucích výroby. Výsledkem je prokázání vhodnosti VR 2D stacionárního řešení pro tuto konkrétní kombinaci parametrů.

## 5.6 Ověření kombinace P12P42P71P82

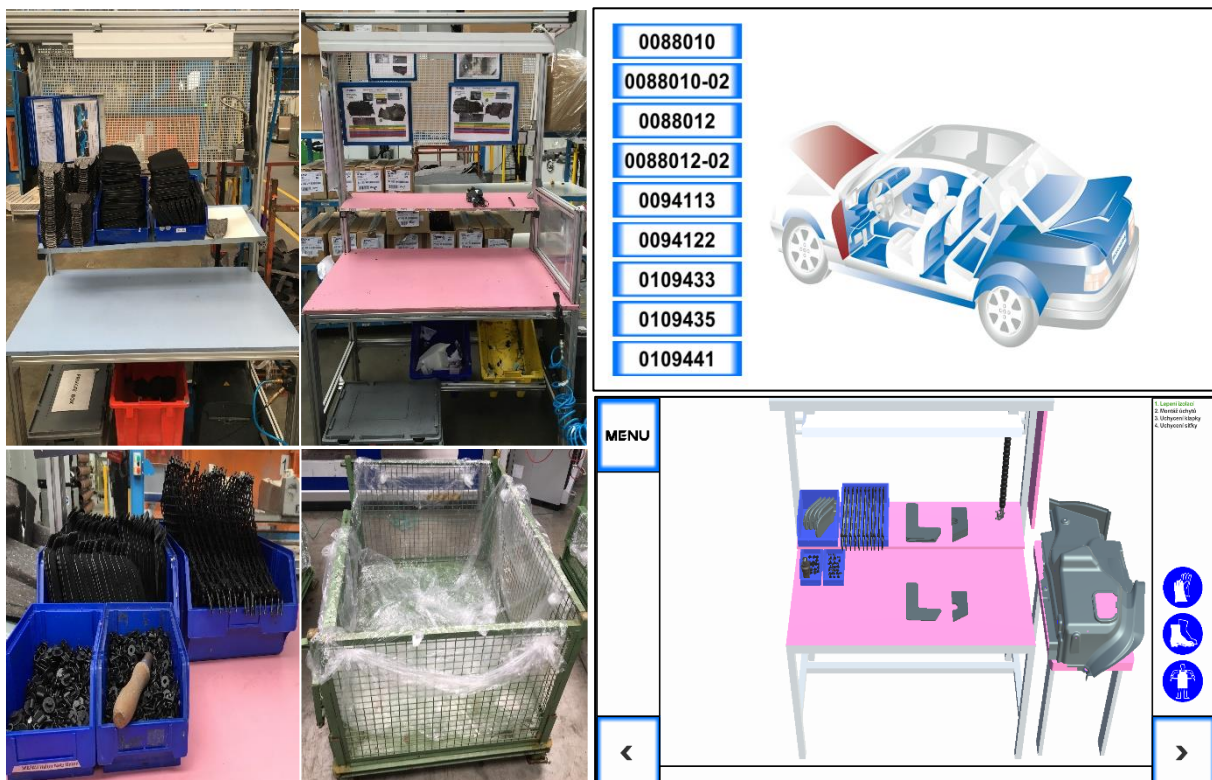
Ověřování kombinace P12P42P71P82 probíhalo na vybraném výrobním procesu s hodnotou modifikovaného Z-skóre 16,00. V Tabulce 5-5 je možné vidět parametry výrobního procesu ve společnosti zaměřené na výrobu komponent pro automotive průmysl.



Tabulka 5-5 - Konkrétní případ P12P42P71P82 [Zdroj: Autor]

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Brownfield	1 - 20 min	16,00
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Nízká	6 - 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Střední	Nad 80%	VR 2D
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Sériová	Paralelní práce rukou nad 50%	Stacionární

Na základě navržené metodiky byl vybrán typ VR 2D stacionárního vizualizačního nástroje. Zobrazení probíhalo na stacionárním 2D displeji zavěšeném u pracoviště. Zvolený vizualizační nástroj umožňuje výběr konkrétního typu výrobku, který bude vyráběn a je možné mezi typy přepínat. Kroky jsou ve virtuální realitě sladěny s reálným časem práce tak, aby nedocházelo k nepřesnému zobrazení. Mezi jednotlivými kroky vizualizace je možné se posouvat pomocí stisku šipek ve spodních rozích na dotykové obrazovce.



Obrázek 5-8 - Ukázka realizace kombinace P12P42P71P82 [Zdroj: Autor]

Navržený vizualizační nástroj byl poté nasazen a testován v reálném prostředí průmyslového podniku. VR 2D stacionárního řešení vyřešilo dlouhodobé komplikace podniku v rámci vybraného procesu. Výsledkem je tedy prokázání, že typ i pozice vizualizačního nástroje vybraného navrženou metodikou je velmi efektivní.

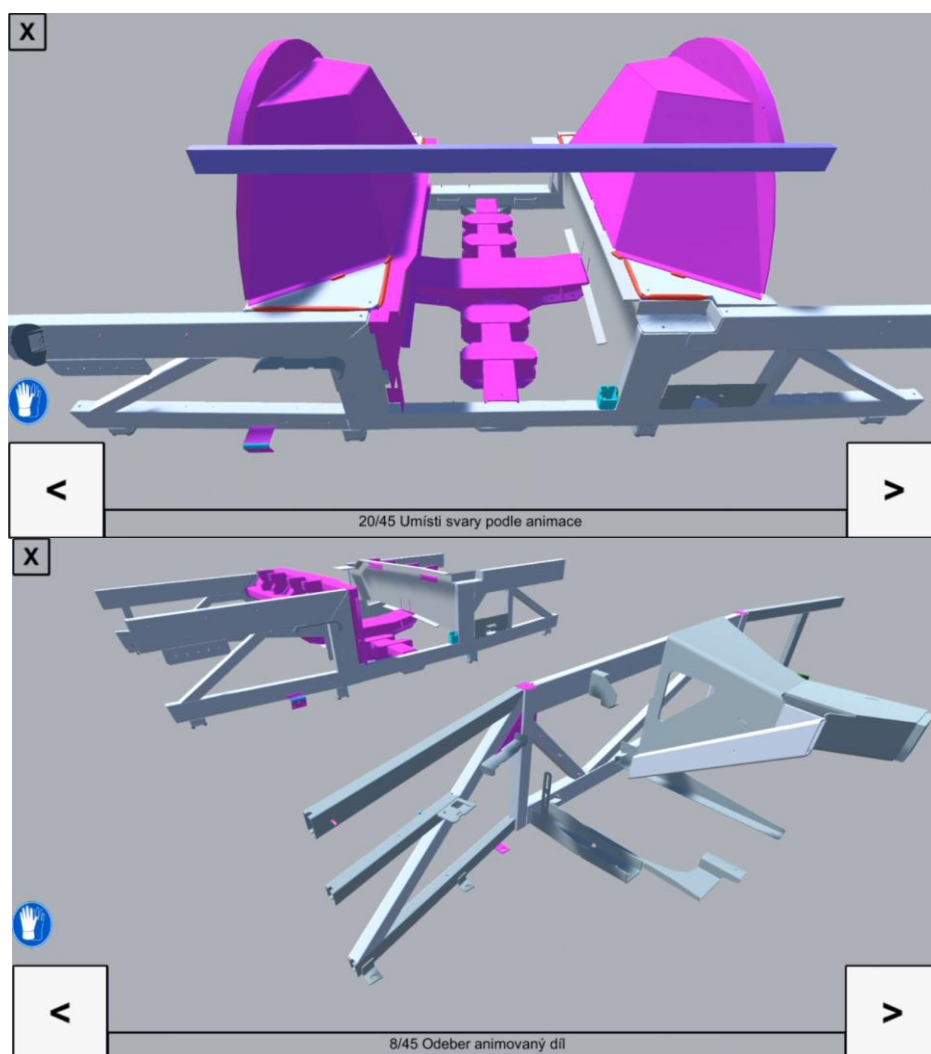
## 5.7 Ověření kombinace P12P42P72P81

Kombinace P12P42P72P81 byla ověřována na výrobním procesu s hodnotou 14,31 modifikovaného Z-skóre. Jedná se o již existující pracoviště, které je specifické vysokým důrazem na předcházení chyb a množstvím personálních toků kolem pracoviště, jak je možné vidět v Tabulce 5-6.

Tabulka 5-6 - Konkrétní případ P12P42P72P81 [Zdroj: Autor]

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Brownfield	20 - 60 min	14,31
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Nízká	nad 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Vysoký	Méně než 80%	VR 2D
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Sériová	Paralelní práce rukou do 50%	Přenosné

Pomocí navržené metodiky byla posouzena vhodnost nasazení moderních vizualizačních nástrojů a vybrán typ VR 2D přenosné, jak je vidět na Obrázku 5-9. Samotné zobrazení bylo provedeno na 2D přenosném průmyslovém displeji.



Obrázek 5-9 - Ukázka realizace kombinace P12P42P72P81 [Zdroj: Autor]

Vybraný proces je specifický velkým množstvím personálních toků, což znemožňuje použití stacionárních řešení. Proto byla zvolena varianta speciálního průmyslového tabletu. Tento tablet zároveň musí zaručovat ovládání i v pracovních rukavicích, aby se pracovník výroby nemusel zdržovat během ovládání. Zároveň je výrobní proces prováděn v prašném prostředí a bylo nutné vybrat zařízení, které je do daného prostředí vhodné. Samotné ovládání je opět řešeno jednoduchým přepínáním mezi kroky pomocí tlačítek s šipkami ve spodních rozích obrazovky. Pro jednoduchou orientaci v procesu slouží spodní lišta s popisem a číselným označením daného kroku vizualizace.

Toto řešení umožňuje pohyb pracovníka společně s vizualizačním nástrojem, aby byla zajištěna jeho neustálá dostupnost. Tato varianta byla posouzena jako vyhovující.

## 5.8 Ověření kombinace P12P42P72P82

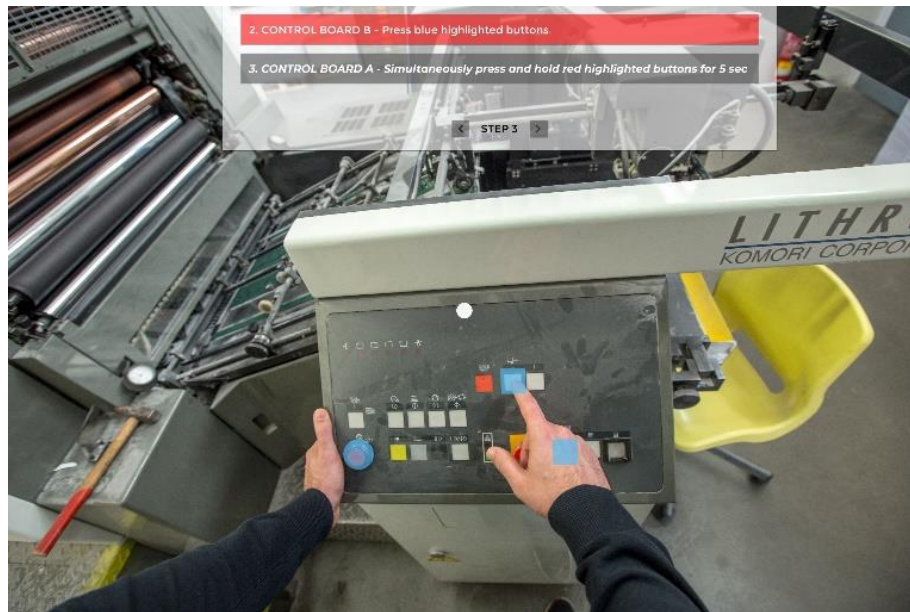
Kombinace P12P42P72P82 byla ověřována na výrobním procesu s hodnotou 15,41 modifikovaného Z-skóre. Dané pracoviště již existuje. Zde klíčová potřeba častá práce obou rukou zároveň a velká vzdálenost personálních toků, jak je možné vidět v Tabulce 5-7.

Tabulka 5-7 - Konkrétní případ P12P42P72P82 [Zdroj: Autor]

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Brownfield	1 - 20 min	15,41
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Střední	6 - 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Vysoký	Méně než 80%	AR
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Sériová	Paralelní práce rukou nad 50%	Přenosné

Na Obrázku 5-10 je možné vidět, že pro danou kombinaci byl navrženou metodikou vybrán přenosný AR headset. Ten umožňuje pracovat oběma rukama zároveň a doplňuje reálný svět virtuálními prvky díky poloprůhlednému displeji. Virtuální prvky jsou zobrazovány přímo do reálného světa a pomáhají navigovat pracovníka při vykonávání práce. Navigační prvky mohou mít formu různých obrazců nebo textových popisků. Této kombinace je vhodné využít pro jednoznačnou identifikaci problémových oblastí během provádění práce.

Toto řešení také umožňuje akceptovat náročné personální toky spolu s paralelní prací rukou. Klíčovou vlastností vybraného AR headsetu je možnost jeho ovládání pomocí gest a není tak potřeba dodatečných ovladačů do rukou, které by znemožnily další práci.



Obrázek 5-10 - Ukázka vizualizačního nástroje v AR [Zdroj: Autor]

Na Obrázku 5-11 je možné vidět rozpoznávání výrobního zařízení pomocí speciálních markerů, které umožňují jednoznačnou identifikaci zařízení či výrobního procesu. Po načtení zařízení po rozpoznání se gestem dostaneme k procesu, který bude prováděn. Další kroky už probíhají podobně jako u předchozích kombinací, a to pomocí tlačítek s šipkami, které umožňují orientaci v procesu a jeho dílčích krocích.



Obrázek 5-11 - Ukázka realizace kombinace P12P42P72P82 [Zdroj: Autor]

Vybraný vizualizační nástroj byl poté nasazen a testován v reálném prostředí průmyslového podniku. Testování se účastnili výrobní operátoři, obsluha strojů a seřizovači. Přenosný AR headset byl posouzen odbornou skupinou a zástupci podniku jako vhodný pro tento výrobní proces. Důležitým zjištěním je ale fakt, že technologie AR ještě neumožňuje pracovníkům využívat dané zařízení po celou dobu pracovní směny. Doporučená doba pobytu v AR pro tento případ byla nastavena max. 2 hodiny za den.



## 5.9 Ověření kombinace P12P43P71P82

Pro ověření kombinace P12P43P71P82 byl vybrán proces odpovídající charakteristikám této varianty. Nejedná se ovšem o výrobní podnik, ale logistické centrum. Pro účely ověření metodiky a posouzení této dílčí kombinace ho můžeme považovat za dostačující. Hodnota výsledného Z-skóre splňuje podmínky, což je vidět v Tabulce 5-8.

Tabulka 5-8 - Konkrétní případ P12P43P71P82 [Zdroj: Autor]

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Brownfield	1 - 20 min	14,80
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Nízká	6 - 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Vysoký	Nad 80%	Video
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Hromadná	Paralelní práce rukou nad 50%	Stacionární

Pro tuto kombinaci byla metodikou vybrána jako vhodná varianta stacionární video-návodky. Na Obrázku 5-12 je vidět náhled realizace. Důležitým předpokladem téměř neustálá přítomnost na pracovišti, aby bylo možné jednotlivé kroky pomocí video záznamu pořídit. Zároveň je potřeba zajistit dobrou viditelnost v rámci všech kroků, které mají být zachyceny.



Obrázek 5-12 - Ukázka realizace kombinace P12P43P71P82 [Zdroj: Autor]

Tento typ vizualizačního nástroje také předpokládá malou variantnost výrobků (v tomto případě způsobů balení). Záznam velkého množství výrobků není vhodné kvůli nutnosti pořizování mnoha záznamů a složitým úpravám při případné změně v některém z kroků.

Ověření probíhalo v reálném provozu se zástupci podniku. Řešení bylo hodnoceno odbornou skupinou jako vyhovující. Předpokladem realizace je však dobrý výhled na pracovní místo, místo provádění jednotlivých kroků a ruce pracovníka.

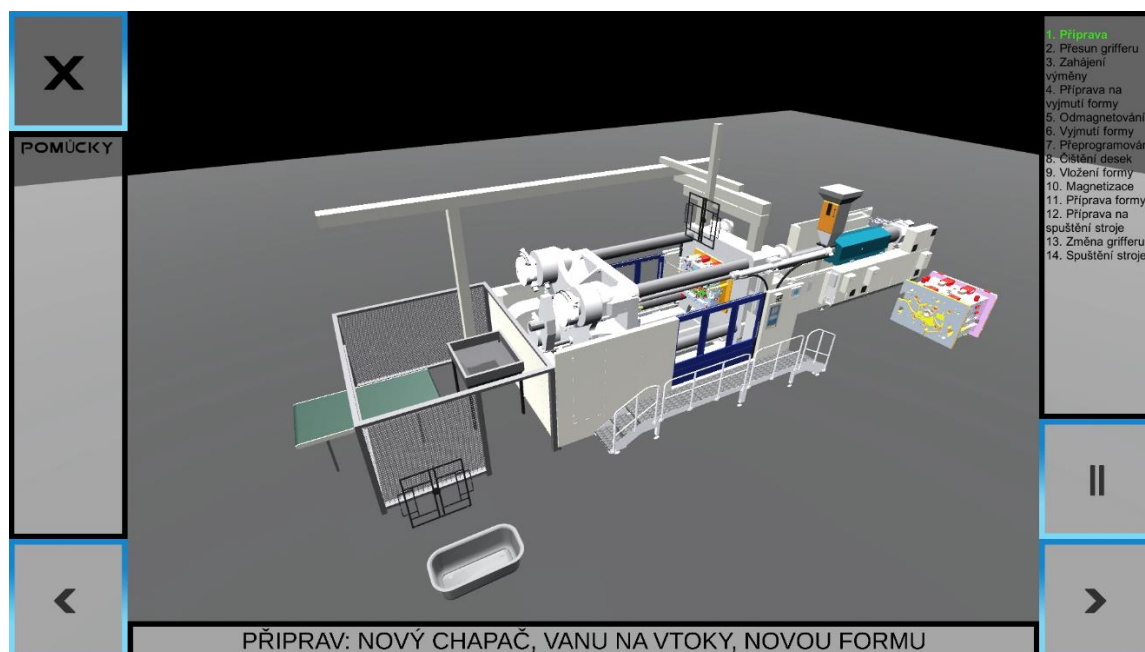
## 5.10 Ověření kombinace P12P43P72P81

Kombinace P12P43P72P81 byla ověřována na výrobním procesu s hodnotou 14,80 modifikovaného Z-skóre. Jedná se o již existující pracoviště, které je specifické vysokým důrazem na předcházení pochybení a množstvím personálních toků kolem pracoviště. Tomu odpovídají parametry v Tabulce 5-9.

Tabulka 5-9 - Konkrétní případ P12P43P72P81 [Zdroj: Autor]

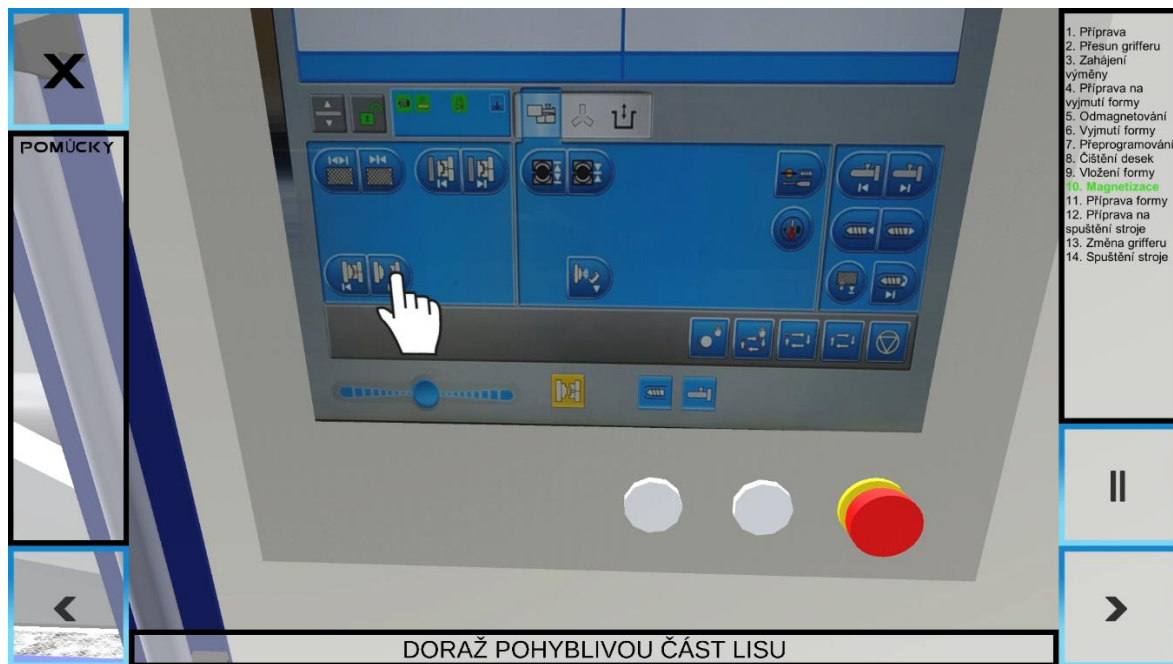
Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Brownfield	1 - 20 min	14,80
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Nízká	6 - 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Vysoký	Méně než 80%	VR 2D
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Hromadná	Paralelní práce rukou do 50%	Přenosné

Pro tuto kombinaci byla metodikou vybrán jako nejlepší typ přenosného VR 2D nástroje. Na Obrázku 5-13 je vidět příklad realizace. Zobrazení bylo provedeno skrze přenosný 2D průmyslový displej. Důvodem je velké množství personálních toků s poměrně rozsáhlou vzdáleností pohybu pracovníka.



Obrázek 5-13 - Ukázka kombinace P12P43P72P81 [Zdroj: Autor]

Na ukázce je vidět výstup vizualizačního nástroje zaměřeného na semi automatizovaný výrobní proces. Pracovník zde plní funkci obsluhy stroje a přípravy potřebného materiálu na vstupu, včetně manipulace materiálu na výstupu.



Obrázek 5-14 - Prostředí VR 2D [Zdroj: Autor]

Jak je vidět na Obrázku 5-14, prostředí VR 2D je tvořeno několika pomocnými prvky pro co nejjednodušší a nejefektivnější práci s vybraným nástrojem. V pravé části je okno s rozpadem jednotlivých kroků, kde je zároveň označen krok procesu, v němž se zrovna nacházíme. Ovládání kroků je opět pomocí šipek ve spodních rozích. Každý krok má doplňující textový popis. U některých kroků jsou doplněny i potřebné ochranné pomůcky kvůli zamezení případným pracovním úrazům.

Výsledek splňuje očekávání a umožňuje volný pohyb pracovníka kolem pracoviště. Průmyslový displej je tak pracovníkovi k dispozici po celou dobu výkonu práce. To také pomáhá eliminovat riziko pochybení nebo nesprávného sledů kroků procesu.

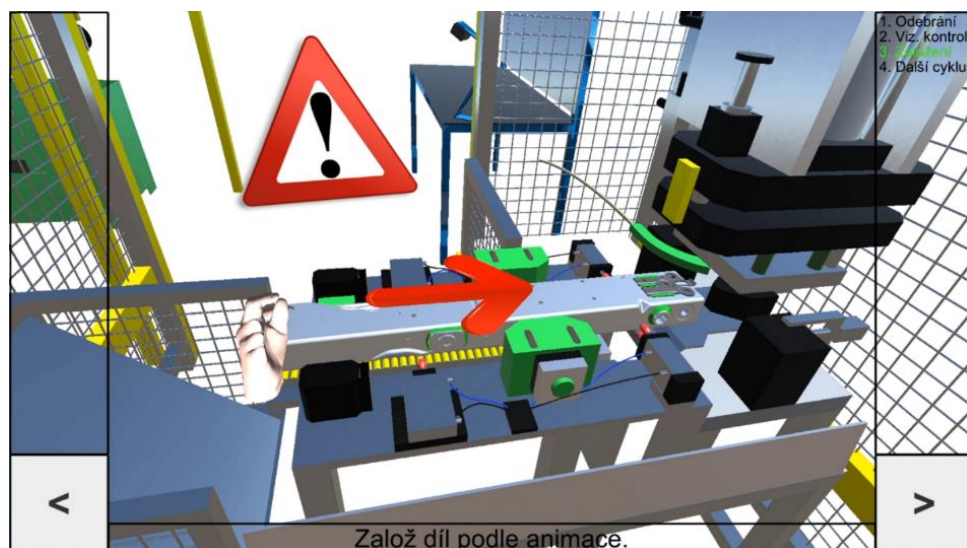
### 5.11 Ověření kombinace P12P43P72P82

Poslední ověřovanou kombinací je P12P43P72P82. Jedná se o hromadnou výrobu, pro níž je typická nízká variantnost výrobků a velmi rychlé výrobní cykly. Ověření bude probíhat na již existujícím pracovišti automotive společnosti. Dle Tabulky 5-10 je modifikované Z-skóre tohoto procesu 14,80.

Tabulka 5-10 - Konkrétní případ P12P43P72P82 [Zdroj: Autor]

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Brownfield	1 - 20 min	14,80
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Nízká	6 - 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Vysoký	Méně než 80%	VR 2D
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Hromadná	Paralelní práce rukou nad 50%	Stacionární

Dle metodiky se tak jedná o stacionární VR 2D vizualizační nástroj. Realizace byla provedena vytvořením aplikace pro virtuální realitu, která se zobrazuje na displeji přímo na pracovišti. Veškeré prvky nezbytné pro výrobní proces byly vymodelovány tak, aby odpovídaly 1:1 reálnému stavu na pracovišti.



Obrázek 5-15 - Prostředí VR 2D [Zdroj: Autor]

Na Obrázku 5-15 je možné vidět, že jednotlivé kroky jsou doplněny nejen o textové popisky ale i o grafické prvky upozorňující na správné provedení kroku či riziko pochybení. Orientaci v procesu zajišťuje pravý sloupec, kde jsou zobrazeny všechny kroky a aktuální prováděný krok je zvýrazněn zelenou barvou.

Kvůli zvýšení efektivity navržené varianty bylo vytvořeno propojení mezi vizualizačním nástrojem a výrobním zařízením. Toto propojení zajišťuje PLC jednotka, která získává vstupy z výrobního stroje a předává informaci vizualizačnímu nástroji o tom, v jakém kroku se daný výrobní proces nachází. Tato komunikace umožňuje odstranit interakci pracovníka s vizualizačním nástrojem. Pracovník se tak orientuje pouze pohledem na vizualizační nástroj, kde se mu zobrazuje postup pro krok, v němž se zrovna nachází.





Obrázek 5-16 - Ukázka realizace kombinace P12P43P72P82 [Zdroj: Autor]

VR 2D řešení bylo tedy propojeno přímo s výrobním zařízením (viz Obrázek 5-16) kvůli synchronizaci výrobních kroků a vizualizačního nástroje. Testování probíhalo v reálných podmínkách výroby. Se zástupci podniku a odbornou skupinou byla prokázána vhodnost a funkčnost navrženého typu vizualizačního nástroje pro danou kombinaci parametrů.

## 5.12 Výsledky ověření a souhrn

Cílem ověření bylo zhodnotit funkčnost navržené metodiky. Aby byla metodika kompletní bylo nutné potvrdit výstupy metodiky při reálném uplatnění v průmyslové praxi. Metodika tak musí vyhovovat z pohledu vybraných charakteristik výrobních procesů, navržené multikriteriální funkce a matice kombinací typu a způsobu použití. To vše nelze prokázat pouze 1 nasazením. Bylo proto potřeba ověřit alespoň 3 různé kombinace typu P11 a veškeré možné kombinace typu P12.

Pro ověření kombinací P11 byly dle možností vybrány 3 konkrétní varianty výrobních procesů. Podmínkou pro zařazení do ověřovací části bylo splnění minimální výše Z-skóre v hodnotě 14.

Jednotlivé kombinace a výstupy P11:

- **P11P42P71P82** – VR 3D, testováno v praxi, **ověřeno**
- **P11P42P72P81** – VR 3D, testováno v praxi, **ověřeno**
- **P11P43P71P82** – VR 3D, testováno v praxi, **ověřeno**

Ověření kombinací P12 probíhalo testováním všech kombinací v průmyslové praxi. Celkově se jednalo o 8 možných kombinací. Z toho 7 kombinací se povedlo realizovat a ověřit. Jedna kombinace nebyla realizována z důvodu nenalezení vhodného výrobního procesu.

Jednotlivé kombinace a výstupy P12:

- **P12P42P71P81** – VR 2D stacionární, testováno v praxi, **ověřeno**
- **P12P42P71P82** – VR 2D stacionární, testováno v praxi, **ověřeno**
- **P12P42P72P81** – VR 2D přenosné, testováno v praxi, **ověřeno**
- **P12P42P72P82** – AR přenosné, testováno v praxi, **ověřeno**

- **P12P43P71P81** – video-návodka, nebylo testováno, **neověřeno**
- **P12P43P71P82** – video-návodka, testováno v praxi, **ověřeno**
- **P12P43P72P81** – VR 2D přenosné, testováno v praxi, **ověřeno**
- **P12P43P72P82** – VR 2D stacionární, testováno v praxi, **ověřeno**

Z výše zmíněných ověření kombinací na bázi P11 i P12 se došlo k závěru, že metodika je funkční a byla úspěšně ověřena 11 realizacemi v reálných výrobních procesech. Přestože kombinace P12P43P71P81 nebyla ověřena, byl počet realizovaných testů dostatečný.

Díky vytvořené softwarové podpoře je zároveň možné navrženou metodiku používat i bez detailní znalosti jednotlivých komponent a algoritmů, jež jsou v metodice obsaženy. To je zároveň klíčovým faktorem pro budoucí praktické uplatnění této metodiky v praxi. Při dalších použitích se předpokládá hlavně správné vydefinování hodnot jednotlivých charakteristik výrobního procesu a jejich dostatečnou znalost.

## 6 PŘÍNOSY DISERTAČNÍ PRÁCE

V rámci této práce byl autorem shrnut stav zkoumané problematiky. Jedná se především o zpracování přehledu témat týkajících se životního cyklu produktu a technické přípravy výroby. Následovala část zaměřující se na využití moderních vizualizačních nástrojů a provázání s charakteristikou parametrů výrobních procesů. Na základě shrnutí teoretických poznatků, které spočívaly ve využití informací odborných publikací a výstupů z výzkumných prací, které jsou také podloženy množstvím realizačních projektů, byly identifikovány problémy a jejich příčiny, které se vyskytují v oblasti využívání moderních vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby. Tyto závěry byly následně ověřovány.

Základní myšlenkou této práce je nejen zajištění teoretických přínosů zkoumané problematiky ale i návaznost na praktické potřeby výrobních společností (viz dotazníkové šetření), jež popisovaly značné nedostatky při využívání moderních vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby. Stejně tak jako odborné články publikované v odborných časopisech, které se specializují na tuto oblast, avšak bez dostatečné hloubky a jednoznačné metodiky.

Informace pro zpracování této disertační práce autor čerpal z dostupné tuzemské a zahraniční literatury. Práce byla v průběhu zpracování směřována na základě znalostí autora, zkušeností odborníků působících v této oblasti a realizací případových studií pro zaručení aktuálnosti vstupních dat. Hlavními odborníky, se kterými byla práce diskutována, byli výzkumní pracovníci, kteří mají dlouholeté zkušenosti s řešenou oblastí, v níž také publikují. Druhou skupinou byli průmysloví inženýři a manažeři výroby ve vybraných společnostech, které se účastnily dotazníkového průzkumu. Díky spojení těchto dvou různých pohledů vznikla vzájemnou syntézou a následným revidováním metodika, která je i podstatou disertační práce.

Na základě realizovaného výzkumu byly definovány nové poznatky v oblasti využití moderních vizualizačních nástrojů, nalezení úzkých míst ve využití těchto nástrojů v rámci organizační přípravy výroby.

Přínosy a výsledky disertační práce lze definovat ve dvou základních rovinách, a to teoretické a praktické. Tyto dva základní pohledy jsou popsány v dalších kapitolách.

### 6.1 Ověření hypotéz

1. Existuje závislost mezi volbou vizualizačních nástrojů pro tvorbu návodů v rámci organizační přípravy výroby a charakterem výrobních procesů

Ověřením hypotézy H1 se zabývá především kapitola 4.2, kde je posuzován vztah PROCES – NÁSTROJ. Pro nalezení vztahu mezi výrobním procesem a moderními vizualizačními nástroji byla využita Likertova škála, která byla autorem modifikována tak, aby odpovídala zaměření výzkumu. Jednotlivé charakteristiky výrobních procesů pak byly podrobeny zkoumání kvůli zjištění dopadu na volbu vizualizačních nástrojů a síly vzájemné vazby. Na identifikaci klíčových charakteristik se zaměřuje kapitola 4.2.3, v níž je proveden výzkum a statistické hodnocení výstupů modifikované Likertovy škály. V Tabulce 4-3 je pak možné vidět výsledky výzkumu a splnění předem definovaných pravidel pro statistickou relevanci dat. V grafu 4-10 jsou pak vyhodnoceny relevantní charakteristiky výrobních procesů se silnou vazbou na volbu vizualizačních nástrojů.

Na základě naměřených údajů, provedeného výzkumu a ověření matematických závislostí je možné konstatovat, že hypotéza H1 byla **POTVRZENA**.

2. Dle charakteristik výrobního procesu lze posoudit, zda je použití moderních vizualizačních nástrojů pro daný výrobní proces vhodné

Charakteristiky výrobních procesů, jež mají významný vliv na volbu vizualizačních nástrojů, byly v kapitole 4.2.4 rozděleny do 3 skupin dle toho, zda mají vliv na volbu typu, způsobu použití vizualizačního nástroje nebo obou zároveň. Pro ověření hypotézy H2 jsou důležité především charakteristiky patřící dle tabulky 4-4 do skupin A a B.

Dalším krokem byl návrh multikriteriální funkce vycházející z Altmanova modelu, který byl autorem přepracován v kapitole 4.3. Na základě tohoto modelu vznikl návrh multikriteriální funkce v kapitole 4.3.1, jejímž výsledkem je modifikované Z-skóre. Funkce počítá s charakteristikami skupin A a B, které jsou ve výpočtu zastoupeny jejich silou vazby a hodnotou jednotlivých parametrů.

Na základě výsledného modifikovaného Z-skóre jsou výrobní procesy rozděleny do 3 hlavních zón. Toto rozdělení vychází z výsledku simulací a testu spolehlivosti, který je možné vidět v grafu 4-12. Jedná se o zóny konvenčních nástrojů, šedé zóny a zóny využití moderních vizualizačních nástrojů. Právě poslední zmíněná zóna, definována hodnotou  $14 \leq Z_{MOD}$ , představuje zónu, kde je vhodné a efektivní využít moderních vizualizačních nástrojů.

Na základě vytvořené multikriteriální funkce, provedeného výzkumu a ověření matematických závislostí je možné konstatovat, že hypotéza H2 byla **POTVRZENA**.

3. Navrženou metodiku lze použít pro výběr vhodného typu vizualizačního nástroje pro konkrétní výrobní proces

Ověřením hypotézy H3 se zabývá především kapitola 4.4, jejímž cílem je navázat na multikriteriální funkci navrženou v kapitole 4.3. Díky této funkci jejíž výsledek je charakterizován jako modifikované Z-skóre dokážeme posoudit vhodnost nasazení moderních vizualizačních nástrojů. Pokud bude výrobní proces spadat do zóny využití moderních vizualizačních nástrojů, je dále potřeba rozhodnout o tom, jaký typ vizualizačních nástrojů bude zvolen a zároveň jakým způsobem bude využíván.

Charakteristiky výrobních procesů, jež mají vliv na výběr moderního vizualizačního nástroje, patří do skupiny A a C. V kapitole 4.4.1 je vidět, že propojením těchto charakteristik vzniká 24 možných kombinací. Jednotlivé kombinace jsou dále statisticky hodnoceny a výsledek je možné vidět v tabulkách 4-6 a 4-7. Výsledky byly zároveň podrobeny zkoumání z pohledu splnění pravidel relevance získaných dat v kapitole 4.4.2. Výstupem je matice kombinací charakteristik výrobních procesů a vhodného vizualizačního nástroje, což lze najít v kapitole 4.4.3. Jedná se poslední krok navrhované metodiky, která byla pro jednodušší užívání v kapitole 5.1 doplněna o softwarovou podporu a následně v kapitole 5 ověřena realizací jednotlivých kombinací v průmyslové praxi.

Na základě vytvořené matice kombinací, provedeného výzkumu a ověření v praxi lze konstatovat, že hypotéza H3 byla **POTVRZENA**.



## 6.2 Přínos pro teorii

Hlavním teoretickým přínosem této disertační práce je vytvoření metodiky pro posouzení vhodnosti nasazení a využití moderních vizualizačních nástrojů. S tím souvisí zjištění aktuálního stavu poznání v rámci témat týkajících se životního cyklu produktu a technické přípravy výroby. Následovala část zaměřující se na využití moderních vizualizačních nástrojů a provázání s charakteristikou parametrů výrobních procesů. Na základě shrnutí teoretických poznatků, které spočívaly ve využití informací odborných publikací došlo ke zjištění, že doposud nebyla tato konkrétní problematika řešena. Nebyla také nalezena žádná metodika, která by dokázala posoudit, kdy je nasazení moderních vizualizačních nástrojů do výrobního procesu vhodné. Stejně tak v literatuře nebyl nalezen ucelený pohled na volbu typu vizualizačního nástroje a způsobu použití.

Přínosem práce je dále posouzení vztahu PROCES – NÁSTROJ. To je důležité pro nalezení vztahu mezi výrobním procesem a moderními vizualizačními nástroji. V rámci práce se tento vztah detailně zkoumal a u jednotlivých charakteristik výrobních procesů byl zjištěn dopad na volbu vizualizačních nástrojů a síly vzájemné vazby. Klíčové charakteristiky jsou identifikovány v kapitole 4.2.3, kde je možné vidět provedený výzkum a statistické hodnocení výstupů na základě modifikované Likertovy škály. Díky tomu bylo možné v grafu 4-10 vyhodnotit relevantní charakteristiky výrobních procesů se silnou vazbou na volbu vizualizačních nástrojů.

Charakteristiky výrobních procesů, jež mají významný vliv na volbu vizualizačních nástrojů, byly v kapitole 4.2.4 rozděleny do 3 skupin dle toho, zda mají vliv na volbu typu, způsobu použití vizualizačního nástroje nebo obou zároveň. Poté byla navržena multikriteriální funkce vycházející z Altmanova modelu, která byla autorem modifikována v kapitole 4.3. Tento model sloužil k návrhu multikriteriální funkce v kapitole 4.3.1, jejímž výsledkem je modifikované Z-skóre. Skóre je totiž zásadní pro rozdělení výrobních procesů do skupin podle toho, jestli jsou pro nasazení moderních vizualizačních nástrojů vhodné. Konkrétně se jedná o zóny konvenčních nástrojů, šedé zóny a zóny využití moderních vizualizačních nástrojů.

Dalším přínosem je návrh logiky pro rozhodnutí o tom, jaký typ vizualizačních nástrojů bude zvolen a zároveň jakým způsobem bude využíván. Předpokladem toho je, že výrobní proces spadá do zóny využití moderních vizualizačních nástrojů. To přímo navazuje na vytvořenou multikriteriální funkci v kapitole 4.3. Z charakteristik výrobních procesů, jež mají vliv na výběr moderního vizualizačního nástroje, byly sestaveny všechny možné kombinace. Jednotlivé kombinace byly poté statisticky hodnoceny (možno vidět v tabulkách 4-6 a 4-7). Na základě výzkumu tak vznikla matice kombinací charakteristik výrobních procesů a vhodných vizualizačních nástrojů, což lze najít v kapitole 4.4.3. Tímto krokem byla metodika zkompletována.

Důležitou částí je ověření navržené metodiky v praxi. Zde byl navržen způsob hodnocení metodiky pomocí realizace 10 projektů v reálných podmínkách průmyslových podniků. Cílem projektů bylo ověřit funkčnost a přínos metodiky. K tomu bylo nezbytné každý projekt nejen ohodnotit a vybrat vhodný vizualizační nástroj, ale i postavit kompletní řešení, které bude možné otestovat v reálném provozu. Každý dílčí projekt byl proto důkladně připravován a analyzován. Následovalo vytváření modelů či nahrávek. V některých případech vznikalo zcela nové virtuální prostředí s množstvím interaktivních prvků. Vše se pak komunikovalo nejen v rámci odborné skupiny, ale i s manažery jednotlivých podniků a pracovníky, kteří pak vybraný vizualizační nástroj používali. Toto ověření přispělo k ověření a finalizaci metodiky.

### 6.3 Přínos pro praxi

Přínos pro praxi byl podložen dotazníkovým šetřením v kapitole 4.1.2, jehož cílem bylo nalézt hlavní problémové oblasti pojící se s využitím moderních vizualizačních nástrojů v průmyslové praxi. Rozložení respondentů je možné vidět na Obrázku 4-2. Mezi nejdůležitější zjištění z tabulky výše patří:

- Většina podniků nemá přímou zkušenost s využitím moderních vizualizačních nástrojů
- Velké a střední podniky mají výrazně větší zájem o nasazení moderních vizualizačních nástrojů
- Zájem o využití těchto nástrojů v rámci organizační přípravy výroby převažuje u středních a velkých podniků
- Podniky nejsou schopny posoudit, kdy a za jakých podmínek je pro ně využití moderních vizualizačních nástrojů vhodné
- Není k dispozici metodika, která by podnikům pomohla při výběru nejvhodnějšího nástroje s ohledem na charakteristiku jejich výrobních procesů
- Přes 90% podniků neví, jakým způsobem jednotlivé nástroje využívat

Výsledek šetření tak prokazuje praktickou uplatnitelnost výzkumu a důležitost navržené metodiky pro průmyslovou praxi.

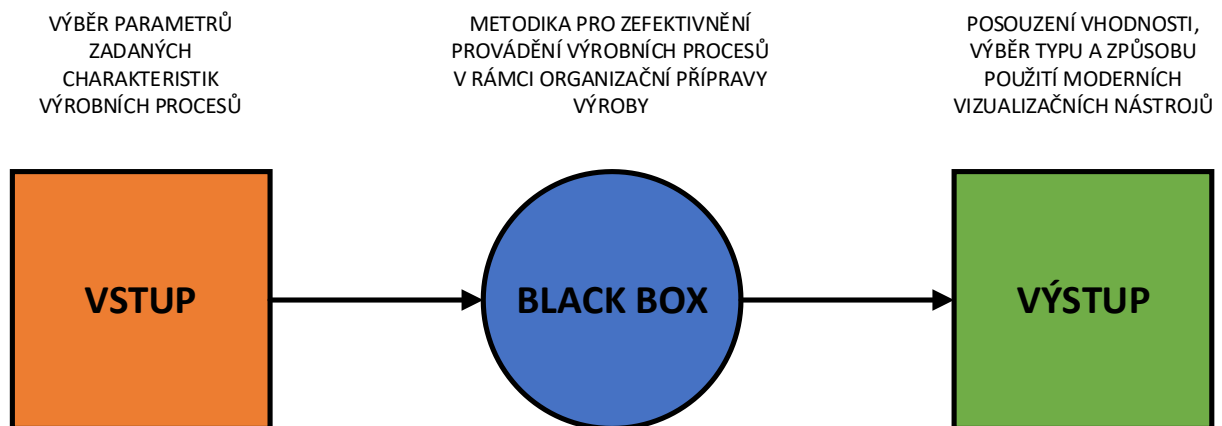
Důležitým přínosem je posouzení vztahů mezi charakteristikami výrobních procesů a vizualizačními nástroji. Tyto vztahy umožňují zástupcům průmyslové praxi lepší pochopení toho, jak může výrobní proces ovlivňovat rozhodnutí o nasazení vizualizačních nástrojů.

Navržená metodika definuje, na které charakteristiky výrobních procesů by se měly podniky při rozhodování soustředit a které naopak není potřeba dále analyzovat. Jedná se tak o úsporu času a nákladů spojených s dříve nejasnou strukturou důležitých faktorů, jež mohou mít vliv na výběr vizualizačního nástroje.

Zásadní je pak navazující výsledek výzkumu, který umožnil vytvoření přehledných zón (vycházejících z multikriteriální funkce) vhodnosti nasazení jednotlivých vizualizačních nástrojů. Díky těmto zónám mohou podniky, pro něž není vhodné moderní vizualizační nástroje použít, ušetřit čas i náklady spojené s nesprávnou volbou nástroje. Naopak podniky, kde je nasazení moderních vizualizačních nástrojů vhodné, mohou dále zjistit nejvhodnější typ a způsob použití vizualizačního nástroje. Tato informace opět předchází možnému zvolení nevhodného typu či způsobu použití.

Dalším přínosem je vytvoření softwarové podpory. Ta musí respektovat navrženou metodiku a umožnit automatizovaný propočet důležitých výstupů. Bylo zde nutné provázat charakteristiky výrobních procesů s posouzením vhodnosti pro moderní vizualizační nástroje pomocí multikriteriální funkce. Výstupem je pak Z-skóre, díky kterému lze posoudit, zda je výrobní proces vhodný nebo ne. Pokud bude proces vhodný, musí následovat výběr správného typu respektující vytvořenou matici všech kombinací. Tyto kombinace nakonec umožní i výběr správného způsobu použití.

Praktickým přínosem je zároveň příprava, vývoj a nasazení moderních vizualizačních nástrojů do konkrétních podniků, kde jsou využívány na denní bázi.



Obrázek 6-1 – Funkcionalita softwarové podpory navržené metodiky [Zdroj: Autor]

Softwarová podpora umožňuje využití navržené metodiky v průmyslové praxi bez detailních znalostí jednotlivých vazeb a výpočtů. To vše proběhne automaticky a od zástupců podniků se tak očekává pouze správné vyplnění parametrů klíčových charakteristik. Pro jednoznačné a jednoduché využití byl zároveň připraven manuál použití navržené metodiky, který lze najít v příloze C. Manuál obsahuje popis dílčích kroků práce se softwarovou podporou navržené metodiky.

#### 6.4 Doporučení pro další zkoumání dané problematiky

Disertační práce představuje ověřenou metodiku rozhodování o nasazení vizualizačních nástrojů v rámci organizační přípravy výroby.

Doporučení pro další výzkum a práci v dané problematice se mimo jiné odvíjí od míry zpracování jednotlivých částí, které je možno na základě potřeb a času doplňovat a aktualizovat. Teoretická část byla realizována do dostatečné hloubky a její další doplňování by nebylo velkým přínosem. Analytická část a část realizační však nabízí potenciál k dalšímu zkoumání. Námětem pro další pokračování v této problematice je:

Dotazníkové šetření potvrdilo praktické uplatnění výstupů práce. Průzkum probíhal sice dostatečným počtu respondentů, ale všechny zapojené podniky měly sídlo na území ČR. Bylo by tedy vhodné zjistit, zda podobný stav platí i dalších zemích. To by umožnilo posoudit postoj podniků v zahraničí a případné upravení softwarové podpory pro účely konkrétní země.

Další vhodnou oblastí pro další zkoumání je výstup multikriteriální funkce, který rozděluje výrobní procesy 3 hlavních zón podle vhodnosti nasazení moderních vizualizačních nástrojů – viz kapitola 4.3.2. Zóna konvenčních nástrojů a Zóna využití moderních vizualizačních nástrojů jsou statisticky prokázány a představují tak oblast se velkou mírou jistoty týkající se výběru vhodného vizualizačního nástroje. Na druhou stranu, Šedá zóna je statisticky neurčitá oblast. Pokud tedy výsledkem multikriteriální funkce budou hodnoty mezi 9,5 a 14, znamená to, že není jednoznačně stanoveno, zda bude vhodnější použít konvenční nebo moderní vizualizační nástroje. Pro rozhodnutí v této zóně bude nutné zvážit důkladně procesní, časové i finanční faktory. Dodatečný výzkum zaměřený na šedou zónu by pomohl pochopit, jakou variantu bude v dané oblasti vhodné zvolit a případně, které charakteristiky budou v rámci této zóny klíčové.

Navržená metodika pracuje v předem nastavených limitech, které indikují, kde je využití této metodiky vhodné. Mimo nastavené limity však nebyla metodika navrhována a ověřována.

Zajímavou oblastí dalšího výzkumu by pak mohla být modifikace metodiky pro oblasti mimo současné limity. Případně, prokázání, že je navržená metodika mimo její limity funkční.

Dalším přínosem může být ověření metodiky a definovaných kombinací na větším počtu realizovaných projektů. To by umožnilo validaci na významnějším počtu realizací či případné úpravy vyplývající z praktických zkušeností. V rámci ověření také stále chybí realizace kombinace P12P43P71P81, kterou se nepovedlo zajistit. Ověření této kombinace by pak uzavřelo validaci všech možných kombinací zmíněných v kapitole 4.4.1.

## ZÁVĚR

Disertační práce se zabývá moderními vizualizačními nástroji a jejich využitím v průmyslové praxi, především v rámci technické přípravy výroby. Popsány byly obecné možnosti využití imerzních technologií v průmyslu. Dále byla provedena rešerše možnosti využití moderních vizualizačních nástrojů v organizační přípravě výroby. Na základě rešerše odborných publikací, stanovených tezí a celkového bádání v oblasti vyplynuly určité hypotézy. Následným výzkumem, návrhem metodiky a vyhodnocením provedených experimentů došlo k potvrzení těchto hypotéz. Výstupem disertační práce je tak ověřená metodika pro zefektivnění realizace výrobních procesů v rámci organizační přípravy výroby.

Vlivem zvyšujících se požadavků na vývoj a inovace nových produktů na trzích se veškeré průmyslové podniky musí zabývat otázkou technické přípravy výroby. Produkt je základním stavebním kamenem všech výrobních podniků a měl by být středem pozornosti všech pracovníků. Produkt významně ovlivňuje dosahování základních podnikatelských cílů. O úspěchu a neúspěchu společnosti již nerozhoduje pouze cena a kvalita výrobků či náklady, ale i rychlost reakce podniků na požadavky zákazníků. Pokud jsme u přípravy výroby schopni pružnější a rychlejší reakce a zároveň dosahovat stejné kvality výroby s nižšími náklady než naše konkurence, předpokládáme tak možnost vyšších zisků a lepší postavení společnosti v tržním prostředí.

Organizační příprava výroby je velice důležitou součástí životního cyklu produktu, která významně ovlivňuje funkce výrobních procesů a má zásadní vliv na výrobek z hlediska kvality, času a nákladů. V oblasti technické přípravy výroby ale dochází ke zvyšování náročnosti jednotlivých etap a současně je kladen důraz na rychlé provádění této předvýrobní fáze. To je také důvodem, proč je vhodné využít moderních vizualizačních nástrojů, které by dokážou pracovat s virtuálními (fyzicky neexistujícími) objekty. Tento přístup by umožnil paralelní provádění jednotlivých etap technické přípravy výroby, což by výrazně zkrátilo čas potřebný pro přípravu.

Přestože máme k dispozici více druhů moderních vizualizačních nástrojů, tak není vždy jednoznačné, kdy se u konkrétních výrobních procesů dají tyto nástroje použít tak, aby došlo ke zefektivnění organizační přípravy výroby. Zároveň dle teoretické části práce nebyla zodpovězena otázka, který typ vizualizačních nástrojů je vhodné za předem daných podmínek zvolit. V praxi to pak vypadá tak, že podniky jsou tlačeny do neustálého zefektivňování jejich výrobních procesů a nasazování moderních metod, technik a nástrojů, které by dle jejich očekávání měli pomoci. Často se ale setkáváme s opačným efektem. Podniky nasazují některé z moderních vizualizačních nástrojů, aniž by věděly, jaká je hlavní přidaná hodnota a omezení těchto nástrojů. Dochází pak k situacím, v nichž nejsou moderní vizualizační nástroje využívány efektivně, a naopak komplikují chod výroby a práci s personálními zdroji.

Tato disertační práce tak reaguje na potřeby průmyslové praxe a dosud neprobádanou oblast. Výstupem je metodika, která umožňuje předejít volbě nevhodného vizualizačního nástroje v rámci organizační přípravy výroby a slouží jako pomoc při rozhodování výrobních podniků o nasazení moderních vizualizačních nástrojů. Aby bylo možné tuto metodiku využít širokým spektrem podniků, byla vytvořena softwarová podpora, která zpřístupňuje výsledky výzkumu a umožňuje bez detailní znalosti obsažených algoritmů používat výsledek výzkumu. Metodika byla zároveň v rámci práce validována široké škále reálných výrobních procesů.

## CITOVANÁ LITERATURA

- [1] Kotler, P., *Marketing management*. Prentice Hall, 2005. ISBN 9780130336293.
- [2] Bartoň, J., *Systém managementu kvality-základní principy a slovník*, ČSN EN ISO 9000:2005. Praha, 2005.
- [3] Tomek, G., Vávrová, V. *Výrobek a jeho úspěch na trhu*. Praha: Grada Publishing, 2001. ISBN 80-247-0053-0.
- [4] Světlík, J., *Marketing – Cesta k trhu*. Plzeň: Aleš Čeněk, 2005. ISBN 80-86898-48-2.
- [5] Stark, J., *Product Lifecycle Management: 21st Century Paradigm for Product Realisation*. London: Springer, 2005, ISBN 1-85233-810-5.
- [6] ČSN EN 60300-3-3: *Management spolehlivosti, část 3-3: Pokyny použití - Analýza nákladů životního cyklu*. Praha: Český normalizační institut, 2004.
- [7] Roubal, J., *Řízení nákladů během životního cyklu produktu*. Disertační práce, Plzeň: ZČU v Plzni, KPV/FST, 2010.
- [8] Hadraba, J., *Marketing, Produktový mix – tvorba inovací produktů*. Plzeň, 2004. ISBN 80-86473-89-9.
- [9] Eder, E., Hosnedl, S., *Design engineering*. Taylor and Francis, 2008. ISBN 979-1-4200-4765-3.
- [10] Gotze, *Kostenrechnung und Kostenmanagement*. Berlin: Springer, 2007. ISBN 978-3- 540-00589-1.
- [11] Šoljaková, L., *Strategicky zaměřené manažerské účetnictví*. Praha: Management Press, 2009. ISBN 978-80-7261-199-7.
- [12] Král, B. a kolektiv, *Manažerské účetnictví*. 1. vyd., Praha: Management Press, 2002. 547 s. ISBN 80-7261-062-7.
- [13] Šulák, M. a Vacík, E., *Strategické řízení v podnicích a projektech*. Vyd. 1. Praha: Vysoká škola finanční a správní, 2005. 233 s. ISBN 80-86754-35-9.
- [14] Doležal, J. a kol., *Projektový management podle IPMA*. 1. vyd. Praha: Grada, ©2009. 507 s. ISBN 978-80-247-2848-3.
- [15] Milton D. R., *Successful Project Management*, New York: John Wiley and Sons, 1998. ISBN: 0-471-29304-0.
- [16] Fotr, J. a Souček, I., *Investiční rozhodování a řízení projektů: jak připravovat, financovat a hodnotit projekty, řídit jejich riziko a vytvářet portfolio projektů*. 1. vyd. Praha: Grada, 2011. 408 s. Expert. ISBN 978-80-247-3293-0.
- [17] Korecký, M. a Trkovský, V., *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2011. 583 s. Expert. ISBN 978-80-247-3221-3.
- [18] Hnilica, J. a Fotr, J., *Aplikovaná analýza rizika: ve finančním managementu a investičním rozhodování*. 1. vyd. Praha: Grada, 2009. 262 s. Expert. ISBN 978-80-247-2560-4.
- [19] Heřman, J., *Řízení výroby*. Slaný: Melandrium, 2001. ISBN 80-861-7515-4.

- [20] Vejdělek, J., *Jak zlepšit výrobní proces*. Praha: Grada, 1998. ISBN 80-7169-583-1.
- [21] Jurová, M., *Organizace přípravy výroby*. Vydání druhé, rozšířené a přepracované. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-214-5247-3.
- [22] Křikač, K., *Organizace a řízení výroby: metodická a studijní pomůcka*. 2., rozš. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2008. ISBN 978-80-7043-616-5.
- [23] Kotlasová, E., Hružová, H. a Benešová, A., *Příprava a operativní řízení výroby*. Praha: SNTL, 1990. ISBN 80-03-00352-0.
- [24] Keřkovský, M. a Valsa, O., *Moderní přístupy k řízení výroby*. 3., dopl. vyd. V Praze: C.H. Beck, 2012. C.H. Beck pro praxi. ISBN 978-80-7179-319-9.
- [25] Tomek, G. a Vávrová, V., *Řízení výroby*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-7169-578-5.
- [26] Görner, T., Hořejší, P., Kurkin, O., VYZTYMDP : *Virtuální realita: úvodní úroveň*, e-book, ISBN 978-80-87539-07, ZČU 2012.
- [27] Merriam Webster. *Merriam Webster*. 2016. ISBN 3936122202
- [28] VR SOCIETY. *What is Virtual Reality?* [online]. 2019 [vid.2019-07-08]. Dostupné z: <https://www.vrs.org.uk/virtual-reality/what-is-virtual-reality.html>
- [29] Sherman, W. R., Craig, A. B., *Understanding Virtual Reality—Interface, Application, and Design. Presence: Teleoperators and Virtual Environments* [online]. 2003. ISSN 1054-7460. Dostupné z: doi:10.1162/105474603322391668
- [30] Cearley, D. W., Burke, B. a Walker, M. J., *Top 10 strategic technology trends for 2018*. Gartner Research [online]. 2017. Dostupné z: doi:G00327329
- [31] Matěna, L., *Parametry systému pro rozšířenou virtuální realitu*. [http://is.muni.cz/th/60860/fj\\_m/xmatena\\_dp\\_v01-print.pdf](http://is.muni.cz/th/60860/fj_m/xmatena_dp_v01-print.pdf), 2007. [cit. 2019-08-15]
- [32] Azuma, R. T., *A Survey of Augmented Reality*. Presence: Teleoper. Virtual Environ. [online]. 1997, 6(4), 355–385. ISSN 1054-7460. Dostupné z: doi:10.1162/pres.1997.6.4.355
- [33] Novikov, K., *Mixed Reality in Maintenance*, Soutěžní přehlídka studentských a doktorských prací FST 2019: sborník příspěvků: 25. dubna 2019. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2019. VI, 206 s. ISBN 978-80-261-0860-3.
- [34] Bruder, G., Steinicke, F., Rothaus, K. a Hinrichs, K., *Enhancing presence in head-mounted display environments by visual body feedback using head-mounted cameras*. In: 2009 International Conference on CyberWorlds, CW '09 [online]. 2009. ISBN 9780769537917. Dostupné z: doi:10.1109/CW.2009.39
- [35] Caudell, T P a D W Mizell. Augmented reality: an application of heads-up display technology to manual manufacturing processes. In: *Proceedings of the Twenty-Fifth Hawaii International Conference on System Sciences* [online]. 1992, s. 659–669 roč.2. Dostupné z: doi:10.1109/HICSS.1992.183317
- [36] Pentenrieder, K., Bade, Ch., Doil, F. a Meier, P., *Augmented reality-based factory planning - An application tailored to industrial needs*. In: 2007 6th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality, ISMAR [online]. 2007. ISBN 9781424417506. Dostupné z: doi:10.1109/ISMAR.2007.4538822

- [37] Ribarsky, W., Bolter, J., Bosch, A. O. D. a Teylingen, R. V., *Visualization and Analysis Using Virtual Reality* [online]. 1994. Dostupné z: doi:10.1109/38.250911
- [38] Choi, S., Kiwook, J. a Do Noh, S., *Virtual reality applications in manufacturing industries: Past research, present findings, and future directions*. Concurrent Engineering Research and Applications [online]. 2015. ISSN 15312003. Dostupné z: doi:10.1177/1063293X14568814
- [38] Fraga-Lamas, P., Fernández-Caramés, T. M., Blanco-Novoa, Ó. a Vilar-Montesinos, M. A., *A Review on Industrial Augmented Reality Systems for the Industry 4.0 Shipyard* [online]. 2018. ISBN 9781509053162. Dostupné z: doi:10.1109/ ACCESS.2018.2808326
- [39] Jayaram, S., Connacher, H. I. a Lyons, K. W., *Virtual assembly using virtual reality techniques*. CAD Computer Aided Design [online]. 1997. ISSN 00104485. Dostupné z: doi:10.1016/S0010-4485(96)00094-2
- [40] Arnaldi, B., Guitton, P., Moreau, G., *Virtual Reality and Augmented Reality: Myths and Realities*. 1. vyd. INSA de Rennes, France: Wiley-ISTE, 2018. ISBN 978-1786301055.
- [41] Zaldívar-Colado, U., Garbaya, S., Tamayo-Serrano, P., Zaldívar-Colado, X. a Blazevic, P., *A mixed reality for virtual assembly*. In: 2017 26th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN) [online]. 2017, s. 739–744. ISBN 1944-9437 VO -. Dostupné z: doi:10.1109/ROMAN.2017.8172385
- [42] Hořejší, P., *Využití virtuální a rozšířené reality v průmyslových podnicích*. Habilitační práce, ZČU v Plzni. 2019.
- [43] Horejsi, P., *Augmented reality system for virtual training of parts assembly*. *Procedia Engineering* [online]. 2015. ISSN 18766102. Dostupné z: doi:10.1016/j.proeng.2015.01.422
- [44] Ladislav, A., *Tvorba interaktivní návodky v prostředí rozšířené reality, DIPLOMOVÁ PRÁCE, ZČU v Plzni*. 2013.
- [45] Tang, A., Owen, Ch., Biocca, F. a Mou, W., *Comparative effectiveness of augmented reality in object assembly*. In: [online]. 2003. ISBN 1-58113-630-7. Dostupné z: doi:10.1145/642625.642626
- [46] Fejfarová, L., *Využití virtuálních montážních návodků, DIPLOMOVÁ PRÁCE, ZČU v Plzni*. 2017.
- [47] Šulc, J., *Porovnání přístupů pro tvorbu virtuálních návodků, DIPLOMOVÁ PRÁCE, ZČU v Plzni*. 2018.
- [48] Design Better - Manufacture Better. [online]. 2019 [vid. 2019-09-09]. dostupné z: <https://www.teamd3.com/solutions/fusion-360/hub/380>
- [49] Valentini, P. P., *Interactive virtual assembling in augmented reality* [online]. 2009. Dostupné z: doi:10.1007/s12008-009-0064-x
- [50] Kosch, T., Funk, M., Abdelrahman, Y. a Schmidt, A., *One Size does not Fit All - Challenges of Providing Interactive Worker Assistance in Industrial Settings*. In: PROCEEDINGS OF THE 2017 ACM INTERNATIONAL JOINT CONFERENCE ON PERVASIVE AND UBIQUITOUS COMPUTING AND PROCEEDINGS OF THE 2017 ACM INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON WEARABLE COMPUTERS (UBICOMP/ISWC '17 ADJUNCT) [online]. 2017. ISBN 978-1-4503-5190-4. Dostupné z: doi:10.1145/3123024.3124395



- [51] Neges, M., Adwernat, S. a Abramovici, M., Augmented Virtuality for maintenance training simulation under various stress conditions. In: *Procedia Manufacturing* [online]. 2018. ISSN 23519789. Dostupné z: doi:10.1016/j.promfg.2018.01.024
- [52] Lipson, H., Shpitalni, M., Kimura, F. a Goncharenko, I., Online Product Maintenance by Web-Based Augmented Reality. In: *New Tools and Workflows for Product Development*. 1998.
- [53] Webster, R., Declarative knowledge acquisition in immersive virtual learning environments. *Interactive Learning Environments* [online]. 2016. ISSN 17445191. Dostupné z: doi:10.1080/10494820.2014.994533
- [54] Funk, M., Kosch, T. a Schmidt, A., *Interactive worker assistance*. In: [online]. 2016. Dostupné z: doi:10.1145/2971648.2971706
- [55] Webel, S., Bockholt, U., Engelke, T., Peveri, M., Olbrich, M. a Preusche, C., *Augmented Reality Training for Assembly and Maintenance Skills* [online]. 2011. Dostupné z: doi:10.1051/bioconf/20110100097
- [56] Molnár, Z., *Úvod do základů vědecké práce*, Syllabus pro potřeby semináře doktorandů. Praha: autor neznámý, 2005.
- [57] Konz, S. A. & Dickey, G. L., *Manufacturing Assembly Instructions; A Summary*, Ergonomics, 12:3, 370-382, DOI: 10.1080/00140136908931061
- [58] Alcácer, V., Cruz-Machado, V., *Scanning the Industry 4.0: A Literature Review on Technologies for Manufacturing Systems*, Engineering Science and Technology, an International Journal, 2019, ISSN 2215-0986
- [59] Holm, M., Danielsson, O., Syberfeldt, A., Moore, P. & Wang, L., *Adaptive instructions to novice shop-floor operators using Augmented Reality*, Journal of Industrial and Production Engineering, 34:5, 362-374, 2017. DOI: 10.1080/21681015.2017.1320592
- [60] Schwartz, M., Gupta, S. K., Brough, J. E., Anand, D. K. & Kavetsky, R., *Using Virtual Demonstrations for Creating Multi-Media Training Instructions*, Computer-Aided Design and Applications, 4:1-4, 99-108, 2007. DOI: 10.1080/16864360.2007.10738530
- [61] Funk, M., Kosch, T. a Schmidt, A., *Interactive worker assistance: comparing the effects of in-situ projection, head-mounted displays, tablet, and paper instructions*. 2016.
- [62] Watson, G., Curran, R., Butterfield, J. a Craig, C., „*The Effect of Using Animated Work Instructions Over Text and Static Graphics When Performing a Small Scale Engineering Assembly*“, in *Collaborative Product and Service Life Cycle Management for a Sustainable World*, 2008, s. 541–550.
- [63] Gibson, Z., McGeown, M., Butterfield, J., Marzano, A. a Murphy, B., „*Virtual Reality as a tool to Assist Learning in Aerospace Assembly*“, prezentováno v International Manufacturing Conference, 2016.
- [64] Funk, M., Sahami Shirazi, A., Mayer, S., Lischke, L. a Schmidt, A., *Pick from here!: an interactive mobile cart using in-situ projection for order picking*. 2015.
- [65] Gattullo, M., Uva, A. E., Fiorentino, M., Scurati, G. W. a Ferrise, F., „*From Paper Manual to AR Manual: Do We Still Need Text?*“, *Procedia Manuf.*, roč. 11, s. 1303–1310, led. 2017.

- [66] Richardson, M., Jones, G. a Torrance, M., *Identifying the task variables that influence perceived object assembly complexity*. Ergonomics [online]. 2004, 47(9), 945–964. ISSN 0014-0139. DOI:10.1080/00140130410001686339
- [67] Eurostat (15.7.2019) Employment statistics. Retrieved from [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Employment\\_statistics](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Employment_statistics)
- [68] Knopfle, C., Weidenhausen, J., Chauvigne, L. a Stock, I., „*Template based authoring for AR based service scenarios*“, in IEEE Proceedings. VR 2005. Virtual Reality, 2005, s. 237–240.
- [69] Funk, M., Bächler, A., Bächler, L., Kosch, T., Heidenreich, T. a Schmidt, A., *Working with Augmented Reality?: A Long-Term Analysis of In-Situ Instructions at the Assembly Workplace*. 2017.
- [69] Krevelen, R. Van, a Poelman, R., *A Survey of Augmented Reality Technologies, Applications and Limitations*, roč. 9. 2010.
- [70] Blattgerste, J., Strengge, B., Renner, P., Pfeiffer, T. a Essig, K., *Comparing Conventional and Augmented Reality Instructions for Manual Assembly Tasks*. 2017.
- [71] Henderson, S. a Feiner, S., „*Exploring the Benefits of Augmented Reality Documentation for Maintenance and Repair*“, IEEE Trans. Vis. Comput. Graph., roč. 17, č. 10, s. 1355–1368, říj. 2011.
- [72] Řepa, V., *Podnikové procesy*. Praha: Grada Publishing, a.s., 2007. ISBN 978-80-247-2252-8.
- [73] Kavan, M., *Výrobní a provozní management*. Praha: Grada, 2002. 424 s. ISBN 80-247-0199-5.
- [74] Tomek, G. a Vávrová, V., *Řízení výroby. 2. vydání*. Praha: Grada, 2000. 408 s. ISBN 80-7169-955-1.
- [75] Tuček, D. a Bobák, R., *Výrobní systémy. 2. vydání*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006. 298 s. ISBN 80-7318-381-1.
- [76] Horejc, J., *Základy managementu průmyslových podniků*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2005.
- [77] Líbal, V. aj., *Organizace a řízení výroby: Učebnice pro Vys. školu ekon. 7.*, nezm. vyd. Praha: SNTL, 1989. 559 s. ISBN 80-03-00050-5.
- [78] Hendl, J., *Kvalitativní výzkum: základní teorie, metody a aplikace*. Čtvrté, přepracované a rozšířené vydání. Praha: Portál, 2016. 437 stran. ISBN 978-80-262-0982-9.
- [79] Karwowski, W., Soares, M. M. a Stanton, N., *Human factors and ergonomics in consumer product design*. Boca Raton: CRC Press, 2011, 2 sv. ISBN 978-1-4200-4628-11.
- [80] Luczak, H., *Arbeitswissenschaft. 3.*, Berlin: Springer, 2008. 1194 p. ISBN 978-354-0783-329.
- [81] Matoušek, O., Růžička J., *Psychologie práce*. Praha. Nakladatelství politické literatury v Praze, 1965. 286 s.
- [82] Leeder, E. a Bureš, M. *Digitální podnik [CD-ROM]*. [Plzeň]: SmartMotion, 2013. ISBN 978-80-87539-17-0.

- [83] DesignTech. *Product Lifecycle Management* [Online]. 2019 [vid. 9-7-2019]. Dostupné z <https://www.designtech.cz/c/plm.htm>.
- [84] Hýnek, J. a Janeček, V. *Hodnocení přínosu vyspělých technologií*. Hradec Králové: Gaudeamus, 2009. ISBN 978-80-7435-035-1.
- [85] Interní materiály firmy SIEMENS PLM software.
- [86] Kurkin, O., Edl, M. *Řízení životního cyklu produktu v prostředí digitálního podniku*. Zlín, 2011. ISBN: 978-80-260-0023-5.
- [87] RealityTechnologies. *Manufacturing Applications in Reality Technology* [Online]. 2019 [vid. 14-8-2019]. Dostupné z <https://www.realitytechnologies.com>.
- [88] Hayes, Nicky. *Základy sociální psychologie*. Praha: Portál, 1998. ISBN 80-7178-198-3.
- [89] Výrost, Jozef, ed., Slaměník, Ivan, ed. a Sollárová, Eva, ed. *Sociální psychologie: teorie, metody, aplikace*. Vydání 1. Praha: Grada, 2019. 759 stran. Psyché. ISBN 978-80-247-5775-9.
- [90] Altman, Edward I. *Bankruptcy, credit risk, and high yield junk bonds*. Malden: Blackwell Publishers, 2002. ISBN 0-631-22563-3.

## PUBLIKAČNÍ ČINNOST DOKTORANDA

### Publikované práce

1. Novikov, K., Mixed Reality in Maintenance, *Soutěžní přehlídka studentských a doktorských prací FST 2019: sborník příspěvků*: 25. dubna 2019. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2019. VI, 206 s. ISBN 978-80-261-0860-3.
2. Novikov, K. a Kleinová, J., Moderní trendy v TPV. In: *Průmyslové inženýrství 2019: mezinárodní studentská vědecká konference: sborník příspěvků*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2019.
3. Novikov, K. a Kleinová, J., Přesun výroby za účelem snižování výrobních nákladů. In: *Průmyslové inženýrství 2018: mezinárodní studentská vědecká konference: sborník příspěvků*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2018. s. 87-94. ISBN 978-80-261-0802-3.
4. Novikov, K. a Kleinová, J., The impact of personnel costs on the competitiveness of automated manufacturing systems. In: *Annals of DAAAM and Proceedings of the International DAAAM Symposium*. Vienna: DAAAM International, 2018. s. 916-921. ISSN 1726-9679. ISBN 978-3-902734-20-4.
5. Novikov, K. a Kleinová, J., The Impact of Risk Analysis in Project Cost Calculation. In: *Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management*. Pilsen, Czech Republic, 2019. ISBN: 978-1-5323-5949-1.
6. Novikov, K., Vranek, P., Kleinová, J., Simon, M., *Reducing the Costs of Automated Production Systems*. Acta Mechanica Slovaca Journal. 23(2), Košice, 2019. doi: 10.21496/ams.2019.013.
7. P. Hořejší, K. Novikov and M. Šimon, "A Smart Factory in a Smart City: Virtual and Augmented Reality in a Smart Assembly Line," in *IEEE Access*, vol. 8, pp. 94330-94340, 2020, doi: 10.1109/ACCESS.2020.2994650.
8. Novikov, Kubr, Hořejší, Kleinová, "Praktická implementace virtuálních návodů," in *Průmyslové inženýrství 2020: Mezinárodní studentská vědecká konference: 7. října 2020*, Plzeň, ISBN: 978-80-261-0969-3.
9. Kubr, J., Novikov, K., etc. (2021). CONNECTING A VIRTUAL PRODUCTION AND A PLC. *MM Science Journal*, 2021(2), doi:10.17973/mmsj.2021\_6\_2021007, ISSN 1803-1269.
10. Novikov, Konstantin, Kubr, Jan, Ilona Kačerová, Petr Hořejší. 3D vizualizace a ergonomické hodnocení výrobní linky. *Průmyslové inženýrství 2021: mezinárodní studentská vědecká konference: sborník příspěvků*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2021, 110-121.

### **Výzkumné zprávy**

Novikov, K. *Tvorba virtuální návodky*. OT002-2019-21180. Ověřená technologie. Západočeská univerzita v Plzni, 2020.

Novikov, K, Šimon, M. *Software pro posouzení schopností a dovedností v oblasti manuálního lakování pomocí 3D nástroje*. Souhrnná výzkumná zpráva. Západočeská univerzita v Plzni, 2020.

Novikov, K. *Virtuální a rozšířená realita ve výrobě*. Souhrnná výzkumná zpráva v rámci projektu Partnerství znalostního transferu. Západočeská univerzita v Plzni, 2022.

## SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – dotazníkové šetření

Příloha B - Modifikovaná Likertova škála

Příloha C - Manuál použití softwarové podpory

## Příloha A – dotazníkové šetření

### Moderní vizualizační nástroje

Dotazník

1. Používáte moderní vizualizační nástroje?

*Mark only one oval.*

- Ano  
 Ne

2. Uvažujete o jejich využití?

*Mark only one oval.*

- Ano  
 Ne

3. Uvažujete o jejich využití v rámci organizační přípravy výroby?

*Mark only one oval.*

- Ano  
 Ne

4. Víte, kdy je pro Vás vhodné moderní vizualizační nástroje použít?

*Mark only one oval.*

- Ano  
 Ne

5. Víte, jak vybrat vhodný nástroj?

*Mark only one oval.*

- Ano  
 Ne

6. Jak nástroj používat / jak nastavit metodiku?

*Mark only one oval.*

- Ano  
 Ne

## Příloha B - Modifikovaná Likertova škála

Ukázka vytvořené tabulky pro hodnocení pomocí modifikované Likertovy škály.

Vyjádří míru vlivu charakteristiky výrobního procesu na volbu moderních vizualizačních nástrojů. Označení proved' zakřížkováním 1 vybrané hodnoty.					
	1	2	3	4	5
Technické hledisko					
Charakter výroby					
Plynulost výroby					
Postavení člověka v procesu					
Lidské zdroje (Kvalifikace)					
Dopad při pochybení					
Opakovatelnost výroby					
Průběžná doba operace					
Průběžná doba přípravy výroby					
Směnnost					
Výrobní a dopravní dávka					
Čas kroku (čas operace/počet)					
Způsoby předávání součástí					
Personální toky (vázanost k místu)					
Provedení práce					
Prostorové uspořádání					



## Příloha C - Manuál použití softwarové podpory

### Krok 1

Nejdříve je potřeba vybrat první 4 parametry konkrétního výrobního procesu. Výběr probíhá pomocí rozkliknutí daného pole. Po rozkliknutí se objeví vysouvací seznam, ze kterého je potřeba zvolit právě 1 správnou variantu. Vybírá se z parametrů:

- Technické hledisko
- Lidské zdroje
- Dopad při pochybení
- Opakovatelnost výroby

Software window: **Softwarová podpora metodiky**

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>

Four red callout boxes with arrows pointing to the selection fields in the table:

- Top-left: "Vyberte hodnotu charakteristiky TECHNICKÉ HLEDISKO" (points to the first field)
- Top-right: "Vyberte hodnotu charakteristiky LIDSKÉ ZDROJE" (points to the second field)
- Bottom-left: "Vyberte hodnotu charakteristiky OPAKOVATELNOST VÝROBY" (points to the fourth field)
- Bottom-right: "Vyberte hodnotu charakteristiky DOPAD PŘI POCHYBENÍ" (points to the third field)

Po výběru parametrů ze seznamů se pokračuje další částí.

## Krok 2

Nyní je potřeba vybrat další 4 parametry konkrétního výrobního procesu. Vybírá se z parametrů:

- Průběžná doba operace
- Čas kroku
- Personální toky
- Provedení práce

Výběr probíhá opět rozkliknutím pole a výběrem z předem nastaveného seznamu.

The screenshot shows a window titled "Softwarová podpora metodiky" with a close button (x). It contains a table with the following structure:

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice

Four red boxes with arrows point to the following text:

- Top-left box: "Vyberte hodnotu charakteristiky ČAS KROKU" (arrow points to the 'Čas kroku' cell)
- Top-right box: "Vyberte hodnotu charakteristiky PRŮBĚŽNÁ DOBA OPERACE" (arrow points to the 'Průběžná doba operace' cell)
- Bottom-left box: "Vyberte hodnotu charakteristiky PERSONÁLNÍ TOKY" (arrow points to the 'Personální toky' cell)
- Bottom-right box: "Vyberte hodnotu charakteristiky PROVEDENÍ PRÁCE" (arrow points to the 'Provedení práce' cell)

Po výběru parametrů ze seznamů se pokračuje další částí.

### Krok 3

Pokud jsou vyplněna všechna povinná pole (8 polí), dojde k automatickému propočtení multikriteriální funkce a vypočtení Z-skóre. Na základě hodnoty Z-skóre se automaticky zařadí výrobní proces do definované zóny vhodnosti použití vizualizačních nástrojů.

The screenshot shows a software window titled "Softwarová podpora metodiky" with a close button (X) in the top right corner. The window contains a table with 8 columns and 4 rows. The columns are: "Technické hledisko", "Průběžná doba operace", "Výsledek modifikovaného Z-skóre", "Lidské zdroje (Kvalifikace)", "Čas kroku (čas operace/počet)", "vhodné pro moderní vizualizační nástroje", "Dopad při pochybení", "Personální toky (vázanost k místu)", "Typ vizualizačního nástroje", "Opakovatelnost výroby", "Provedení práce", and "Pozice".

Two red boxes with arrows point to specific cells in the table:

- The first box, containing the text "Dle hodnoty Z skóre vrací hodnotu ANO/NE", points to the cell in the second row, third column.
- The second box, containing the text "Automaticky vygeneruje hodnotu Z SKÓRE", points to the cell in the first row, third column.

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice

Hodnota Z-skóre může nabývat od 4,25 bodů až po 19,68. Pole vhodnosti automaticky generuje výstup ANO nebo NE.

#### Krok 4

Na základě propočtu multikriteriální funkce a následného zařazení do určené zóny probíhají další kroky. Pokud je v poli Vhodné pro vizualizační nástroje hodnota NE, pak zůstávají tato pole prázdná. Pokud nabývá hodnoty ANO, pak se automaticky dle parametrů procesu vybere typ vizualizačního nástroje. Dále i jeho pozice v rámci výrobního procesu.

Pokud je vhodné, vrací údaj o pozici nástroje

Pokud je vhodné, vrací údaj o typu nástroje

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace) / počet	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice

Typy vizualizačních nástrojů jsou vybírány dle předem nastavených kombinací parametrů a vizualizačních nástrojů, stejně tak jako jejich pozice.

## Krok 5

Nyní je proveden pro demonstraci metodiky zadání a propočet příkladu výrobního procesu. Nejdříve jsou vybrána všechna povinná pole. Na základě výběru dojde k vyčíslení Z-skóre, které nabývá hodnoty 14,31. Tato hodnota ho řadí mezi vhodné pro vizualizační nástroje.

Patří do zóny vhodnosti moderních vizualizačních nástrojů

Výsledné modifikované Z skóre je větší než 14

Technické hledisko	Průběžná doba operace	Výsledek modifikovaného Z-skóre
Brownfield	20 - 60 min	14,31
Lidské zdroje (Kvalifikace)	Čas kroku (čas operace/počet)	Vhodné pro moderní vizualizační nástroje
Nízká	nad 60s	ANO
Dopad při pochybení	Personální toky (vázanost k místu)	Typ vizualizačního nástroje
Vysoký	Méně než 80%	VR 2D
Opakovatelnost výroby	Provedení práce	Pozice
Sériová	Paralelní práce rukou do 50%	Přenosné

Dle charakteristik výrobního procesu zvolen typ VR 2D

Dle charakteristik výrobního procesu zvolena pozice přenosného nástroje

Jelikož je proces vhodný pro nasazení moderních vizualizačních nástrojů, probíhá výběr správného typu nástroje, kde zde máme typ VR 2D. Tento typ ještě doplňuje informace o vhodné pozici nástroje, která je definována jako přenosná.