

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA o.p.s.

Studijní program: N0413A050001 Ekonomika a management

Studijní obor/specializace: Specializace Řízení mezinárodních dodavatelských řetězců

VYUŽITÍ VIRTUÁLNÍ REALITY V OBLASTI ERGONOMIE

Diplomová práce

Bc. Mariia MARTYNIUK

Vedoucí práce: Ing. Tomáš Malčic, Ph.D.



Škoda Auto Vysoká škola

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Zpracovatelka: **Bc. Mariia Martyniuk**

Studijní program: Ekonomika a management

Specializace: Řízení mezinárodních dodavatelských řetězců

Název tématu: **Využití virtuální reality v oblasti ergonomie**

Cíl: Cílem práce je analyzovat případy aplikací technologie virtuální reality v oblasti ergonomie práce v průmyslových podnicích a na základě výstupů z analýzy navrhnout nasazení této technologie ve společnosti Faurecia s.r.o. za účelem zvýšení ergonomie práce.

Rámcový obsah:

1. Vypracujte literární rešerši z oblasti ergonomie práce a technologie virtuální a rozšířené reality.
2. Popište případy aplikací virtuální a rozšířené reality pro zlepšení ergonomie práce v průmyslu.
3. Analyzujte implementace virtuální a rozšířené reality v průmyslových podnicích.
4. Navrhněte způsoby uplatnění virtuální a rozšířené reality pro zlepšení ergonomie práce ve společnosti Faurecia s.r.o. a vyhodnoťte očekávané přínosy návrhů.

Rozsah práce: 55 – 65 stran

Seznam odborné literatury:

1. JUNG, Timothy; TOMDIECK, Claudia. *Augmented Reality and Virtual Reality*. New York: Springer International Publishing, 2018. 384 s. ISBN 978-3-319-64027-3.
2. B KROEMER, Henrike; KROEMER ELBERT, Katrin; D KROEMER HOFFMAN, Anne. *Ergonomics: How to Design for Ease and Efficiency*. United Kingdom: Academic Press, 2018. 756 s. ISBN 978-0-12-813296-8.
3. PEDDIE, JON. *AUGMENTED REALITY : where we will all live*. USA: Springer , 2019. 323 s. ISBN 978-3-319-85409-0.

Datum zadání diplomové práce: prosinec 2021

Termín odevzdání diplomové práce: leden 2023

L. S.

Elektronicky schváleno dne 16. 5. 2023

Bc. Mariia Martyniuk

Autorka práce

Elektronicky schváleno dne 16. 5. 2023

Ing. Tomáš Malčic, Ph.D.

Vedoucí práce

Elektronicky schváleno dne 18. 5. 2023

doc. Ing. Jan Fábry, Ph.D.

Garant studijní specializace

Elektronicky schváleno dne 18. 5. 2023

doc. Ing. Pavel Mertlík, CSc.

Rektor ŠAVŠ

Prohlašuji, že jsem závěrečnou práci vypracoval(a) samostatně a použité zdroje uvádím v seznamu literatury. Prohlašuji, že jsem se při vypracování řídil(a) vnitřním předpisem ŠKODA AUTO VYSOKÉ ŠKOLY o.p.s. (dále jen ŠAVŠ) směrnici OS.17.10 Vypracování závěrečné práce.

Jsem si vědom(a), že se na tuto závěrečnou práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, že se jedná ve smyslu § 60 o školní dílo a že podle § 35 odst. 3 je ŠAVŠ oprávněna mou práci využít k výuce nebo k vlastní vnitřní potřebě. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna podle § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách.

Beru na vědomí, že ŠAVŠ má právo na uzavření licenční smlouvy k této práci za obvyklých podmínek. Užiji-li tuto práci, nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, mám povinnost o této skutečnosti informovat ŠAVŠ. V takovém případě má ŠAVŠ právo ode mne požadovat příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to až do jejich skutečné výše.

V Mladé Boleslavi dne 2.1.2024

Obsah

Úvod.....	6
1 Technologie virtuální reality	8
1.1 Historie vzniku technologie virtuální reality	8
1.2 Typy virtuální reality	11
1.3 Uplatnění VR v průmyslu	16
1.4 Uplatnění AR v průmyslu	19
1.5 Uplatnění MR v průmyslu.....	20
1.6 Výzvy využití technologie virtuální reality v průmyslu.....	20
2 Ergonomie práce	22
2.1 Ergonomie v průmyslu	23
2.2 Využití ergonomie v průmyslu	25
2.3 Ergonomické ohrožení	28
2.4 Ergonomické checklisty.....	31
3 Moderní trendy v oblasti ergonomie a virtuální reality.....	33
3.1 Motion capture	34
3.2 Siemens Tecnomatix.....	36
3.3 Digital Human Modeling.....	37
4 Využití VR k optimalizaci ergonomie ve firmě Faurecia SE.	40
4.1 Historie společnosti Faurecia SE	40
4.2 Společnost Faurecia Emissions Control Technologies	42
4.3 Analýza současného stavu pracoviště finální kontroly výfuků	44
4.4 Nasazení technologie rozšířené reality na pracovišti finální kontroly výfukových systémů	48
4.5 Změna polohy expediční palety na pracovišti finální kontroly výfukových systémů	54
4.6 Vyhodnocení navržených opatření.....	56
4.7 Doporučení pro eliminaci zbývajících ergonomických rizik	59
Závěr	61
Seznam literatury	62

Seznam použitých zkratk a symbolů

AR	Rozšířena realita
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CO	Oxid uhelnatý
DHM	Digital Human Modeling
ECIA	Equipements et Composants pour l'Industrie Automobile
HSE	Health Safety and Environment
IEA	International Ergonomics Association
MAG	Metal Active Gas
MR	Smíšená realita
NOx	Oxid dusíku
VR	Virtuální realita

Úvod

V posledních letech rozvoj informačních technologií umožnil vytvořit technické a psychologické fenomény, které se v populární a odborné literatuře nazývají virtuální realita, imaginární realita a VR-systémy. Rozvoj techniky programování, rychlý vzestup výkonu polovodičových čipů, vývoj speciálních prostředků pro přenos informací člověku a také zpětné vazby (přilby, rukavice a obleky, ve kterých jsou zabudovány senzory, které přenášejí do počítače informace o pohybu uživatele) - to vše vytvořilo novou kvalitu vnímání a zážitky, vnímané jako virtuální realita.

Nejpůsobivějším pokrokem nové informační technologie je jistě příležitost pro člověka, který se dostal do virtuálního světa, nejen pozorovat a prožívat, ale jednat sám. Relativně vzato, člověk i dříve mohl poměrně snadno vstoupit do světa virtuální reality, například se ponořit do rozjímání nad obrazem, filmem nebo pomocí knihy. Všechny tyto případy však omezovaly činnost člověka na jeho pozici diváka, čtenáře nebo posluchače – nemohl sám aktivně zasáhnout jako postava. Virtuální realita nabízí zcela odlišné možnosti: člověk se může aktivně zapojit do děje, a často nejen v určeném prostoru nebo světě, ale tak, že to pro něj bude z hlediska lidského vnímání docela reálné.

Velké průmyslové podniky také aktivně využívají virtuální a rozšířenou realitu. Především proto, aby předešly konstrukčním chybám v projektové fázi výrobku a urychlily složitý proces koordinace technického projektu. Načtením 3D modelu plánované budovy/prostoru ve virtuální realitě může projektant vidět projekt v měřítku 1:1 a lépe posoudit kvalitu návrhu a ergonomické vlastnosti objektu, což nelze provést pouhým pohledem na 3D model na monitoru. Společně se specialisty z oddělení logistiky, výroby a bezpečnosti se mohou před uvedením budovy do provozu dohodnout o umístění zařízení v areálu, organizací výrobních provozů a testovacích scénářů práce, dodržování bezpečnosti apod. Diskuse o projektu v měřítku 1:1 se všemi účastníky procesu je vizuálnější a efektivnější než používání výkresů, zmenšených kopií nebo prohlížení 3D modelu na "ploché" obrazovce.

Virtuální a rozšířená realita se také používají pro testování ergonomie a školení personálu. Při vytváření nového produktu musí společnost být jistá, že bude pohodlný při výrobě, provozu a údržbě. Použití systému virtuální reality ve spojení

se systémy taktilní zpětné vazby snižuje náklady a čas potřebný na vytváření prototypů v plném měřítku.

Jak je vidět, význam tohoto tématu je zřejmý. Nicméně rozsáhlé šíření a zavádění těchto technologií přináší mnoho výzev a trendů, s nimiž lidstvo dříve nesetkávalo, a které nemohou být ponechány bez dozoru. Důležitost a relevanci tématu vedly k formulaci účelu této práce, který spočíval v důkladné analýze aplikací technologie virtuální reality v oblasti ergonomie práce v průmyslových podnicích. Na základě výsledků této analýzy bude navrženo nasazení této technologie ve společnosti Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s.r.o. s cílem zlepšit kvalitu a ergonomii práce v této organizaci.

Diplomová práce se zaměřuje na dosažení stanovených cílů prostřednictvím následujících úkolů. Prvním úkolem je důkladně prostudovat historii vzniku technologie virtuální reality, sledovat její vývoj a analyzovat její současné využití v moderním světě. V rámci tohoto úkolu budou zkoumány různé typy umělých realit, které se v současnosti aktivně používají. Druhým úkolem je podrobněji se seznámit s pojmem ergonomie, jeho historií, významem, riziky a dopady aplikace ergonomie v průmyslových podnicích. Důraz bude také kladen na moderní trendy v oblasti virtuální reality. V praktické části diplomové práce se zaměříme na analýzu pracoviště finální kontroly výfukových systémů a na návrh využití rozšířené reality. Taktéž se budeme zabývat zlepšením ergonomických podmínek na pracovišti ve společnosti Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s.r.o.

Hlavním cílem diplomové práce je formulovat konkrétní návrhy a doporučení, které povedou k zvýšení ergonomických podmínek zaměstnanců a efektivity výroby v rámci daného podniku. Tyto kroky budou směřovat k vylepšení pracovního prostředí a optimalizaci pracovních postupů na konkrétním pracovišti s využitím moderních technologií. Očekává se, že tato opatření budou mít pozitivní vliv na výkonnost a celkový chod podniku, přispívajíc k jeho úspěšnému provozu a spokojenosti zaměstnanců.

1 Technologie virtuální reality

Širokou proslulost a popularitu pojem virtuální realita získal poměrně nedávno – a to v éře osobních počítačů a globální sítě Internet. Nicméně, myšlenky, které vedly ke vzniku tohoto fenoménu, byly zadělány mnohem dříve. Stručně si připomeňme historii původu samotného pojmu, stejně jako technologie, kterou označuje.

1.1 Historie vzniku technologie virtuální reality

Slovo virtuální ve virtuální realitě má svůj původ v lingvistickém vymezení formulovaném ve středověké Evropě. Středověký logik Duns Scotus přidal výrazu významy, které se staly tradičními: latinský "virtus" byl hlavním bodem jeho teorie reality. Trval na tom, že pojem věci v sobě obsahuje výzkumné atributy ne formálně (jako kdyby věc existovala odděleně od výzkumných pozorování), ale virtuálně. Termín "virtuální" Scotus použil k překonání propasti mezi formálně sjednocenou realitou a našimi rozmanitými zkušenostmi.

Předchůdcem virtuální reality je bezpochyby televize. Ve skutečnosti již dlouho slouží mnoha lidem k tomu, aby se přenesli do neexistující, vymyšlené reality a zapojili se do zcela virtuálních událostí jako jsou telenovely, televizní hry, animované seriály nebo thrillery. Přitom lidé někdy uvíznou tak, že vnímají televizní postavy tak, jako by byly rovnocennými členy jejich rodiny, jako by se stalo s nimi blízkými lidmi. Takové vnímání může mít silný vliv na psychiku člověka (Goel, 2023).

Jedním z nejčastěji vyzdvihovaných témat je vliv násilných scén zobrazovaných na televizní obrazovce na psychiku dětí. Je známo, že čím realističtější násilí vypadá, tím silnější je jeho vliv, ale i scény násilí v karikaturách zvyšují agresivitu předškoláků a dětí mladšího školního věku. Byly provedeny studie, které prokázaly vliv násilí, které se děje v reálném životě, na prezentaci násilných scén v televizní realitě. Vnímání násilí ovlivňuje postoj k násilí – lidé se k němu začínají chovat jako k obecně přijímanému jevu a jako k přijatelnému způsobu řešení problémů. Zde však není všechno tak jednoznačné: stejné studie ukázaly, že silnější dopad mají lidé s velkou relativní mírou agresivity, tedy ti, kteří jsou náchylní k agresi, hledají důvod pro její vyjádření a mohou to udělat i bez počítačů a televize. Dvě řecká slova "katarze" a "mimesis" byly ve starověku použity k vysvětlení vlivu uměleckého zobrazování násilí v uměleckých dílech. Slovo "mimesis" se týkalo procesu učení dětí prostřednictvím pozorování a vnímání. "Katarze" se při představení tragédie

říkalo emotivnímu vybíjení diváků. Pozorovatel umělecké scény zobrazující násilí, zažívající katarzi, může vyhnat ze své duše antisociální démony a stát se po představení méně agresivní. Dynamika jeho chování však může mít i podobu mimeze a divák, který vyběhne ven, začne reprodukovat a replikovat scénu násilí, kterou právě vnímal (Grasnick, 2022).

Televize, knihy a další masmédiá ještě nemohou být považovány za skutečnou virtuální realitu (VR), protože nemají schopnost interaktivní komunikace. Jinými slovy, nedávají nám zpětnou vazbu: sledujeme nějakou akci na televizní obrazovce, nicméně naše reakce nemůže tuto akci nijak ovlivnit, aby změnila její průběh. V tomto smyslu další, hlubší úroveň zapojení do virtuální reality dávají počítačové hry. I když události odehrávající se ve hře jsou rozhodně méně reálné než ty, které lze pozorovat na televizi, skutečnost, že hráč se přímo podílí na těchto akcích, vytváří mnohem silnější účinek ponoření ve virtuálním světě. Kromě toho ukázaly studie, že takový svět se často stává přitažlivějším než fotografická kopie reality, protože ponechává prostor pro fantazii. Rádi hrají skupiny na síti, získávají pozitivní posily od skupiny, když se stanou vítězi, a to je pro ně to hlavní. Počítač je pro ně prostředkem k získání sociální odměny (Peddie, 2017).

Moderní technologie virtuální reality začala snahou spojit vizuální vnímání s vnímáním pohybu a zvuku. Její původní aplikace předcházela vynálezu počítače. Jednalo se o letový simulátor, v jehož původním modelu byly použity pohyblivé obrázky a pneumatické převody. Letový simulátor značky "Link Trainer", patentovaný v roce 1929, umožňoval zařízení pohybovat, otáčet se, měnit kurz a tím vytvořil uspokojivý pocit z pohybu. V roce 1956 Morton Heilig vytvořil experimentální divadlo "Sensorama", v němž při předvádění filmu o cestě simulovali chvění, hluk, nárazy větru, kouř a pachy. Byly provedeny i další pokusy o vývoj různých simulovaných prostředků, pomocí kterých mohl člověk získat pocit pseudoreality nějakého uměle vytvořeného prostředí (Grasnick, 2022).

V roce 1964 vyšla v polském Krakově kniha Stanislava Lema "Summa technologiae", v níž se celá kapitola věnovala fantomologii. Podle Stanislava Lema je "fantomologie" oblastí znalostí, rozhodující o problému: "Jak vytvořit realitu, která pro rozumné tvory žijící v ní, nijak by se nelišila od normální reality, ale podléhala by ostatním zákonům?" Fantomatika zahrnuje vytvoření oboustranných vazeb mezi "umělou realitou" a vnímáním osoby. Fantomatika předpokládá vytvoření takové

situace, kdy neexistují žádné východy z vytvořeného umělého světa do skutečné reality. Fantomatizace je zkratka, tedy připojení člověka k stroji, který falšuje realitu a izoluje ho od vnějšího prostředí. Tyto formulace ve skutečnosti mají představu o moderní definici virtuální reality. Virtuální realita je počítačový systém, který se používá pro vytvoření umělého světa, ve kterém uživatel se cítí v tomto světě, může být ovládán v něm a manipulovat s objekty.

Od počátku šedesátých let se vývojem technických zařízení, která budou následně vyhodnocena jako první reálné výsledky v oblasti VR, zabýval Ivan Sutherland. Výsledky jeho výzkumu v roce 1965 se vykládaly v práci "The Ultimate Display", která je začátkem technického a technologického vývoje, včetně jeho účasti, v oblasti zpracování a výstupní obrazovky. V roce 1972 Myron Krueger zavedl termín "umělá realita" (artificial reality) pro zjištění výsledku, který může být vygenerován systémem video slučování obrazu objektu (osoby) s počítačovým obrazem s použitím jiných prostředků, vyvinutých v té době. Hlavní myšlenky byly následně publikovány v knize "Artificial Reality" (2016).

V roce 1984 William Gibson vydal román "Neuromancer", v němž se poprvé objevil pojem "kyberprostor" ("cyberspace"). Kyberprostor je dohodnutá halucinace, kterou každý den zažívají miliardy běžných operátorů po celém světě. Jedná se o grafické znázornění datových bank uložených v celosvětové síti počítačů připojených k mozku každého člověka. Po vydání románu se postupně kyberprostor začal nazývat prostorem vytvořeným světovou telekomunikační sítí a dalšími počítačovými komunikačními systémy. Některé nápady z tohoto a dalších Gibsonových prací byly následně implementovány vývojáři systémů VR.

S příchodem nové generace počítačů v polovině osmdesátých let došlo k průlomu ve vývoji systémů VR. Ve skutečnosti se objevil termín "virtuální realita", který v roce 1985 zavedl Jaron Lanier, který je v současné době jedním z nejznámějších odborníků v oblasti VR, podnikatel, spisovatel, hudebník a malíř (přičemž při použití výpočetní techniky). V té době byl také bývalý počítačový hacker.

Od té doby se virtuální realita ztotožňuje s hlubším přístupem spojeným s mnoha obtížemi. Potřebuje alespoň head-up displej a ovládací zařízení (nebo jiné ovládání virtuálních objektů). Úplné ponoření vyžaduje, aby uživatel nosil dotykový oblek, který přenáší data o pohybech do počítače. Head-up displej se skládá ze dvou velmi

malých video monitorů nastavených tak, aby jeden z nich byl před každým okem uživatele. Tyto monitory jsou sledovány prostřednictvím speciálních širokoúhlých čoček. Umístění těchto zařízení do masky nebo helmy je takové, aby oči mohly vidět obraz, který mozek identifikuje jako třídímenzionální. Některé displeje jsou vybaveny sluchátky, které vytvářejí zvukové prostředí. Jiné techniky, jako například speciální elektronické brýle, umožňují uživatelům pracovat v reálném prostředí a současně se obrátit k obrazům v prostředí virtuálním (Sherman, 2018).

Systémy virtuální reality jsou zařízení, která více než běžné počítačové systémy simulují interakci s virtuálním prostředím tím, že ovlivňují všech pět lidských smyslů. Takové systémy zatím v plném rozsahu nejsou představeny široké veřejnosti, ale při vytváření prostředí virtuální reality se vývojáři snaží zajistit, aby bylo (Chen a Fragomeni, 2018):

- Věrohodné prostředí – podpora pocitu reality uživatele toho, co se děje;
- Interaktivní – zajištění interakce s prostředím;
- Přístupné pro studium – poskytnutí příležitosti prozkoumat velký, detailní svět;
- Efekt přítomnosti – zapojení do procesu jak mozku, tak těla uživatele, ovlivňující maximální možný počet smyslů.

Výše uvedené se vztahuje na virtuální realitu ve svém klasickém chápání. Nicméně v současné době existují různé výklady tohoto pojmu a existují různé varianty virtuální a rozšířené reality, které je vhodné zvážit.

1.2 Typy virtuální reality

Virtuální realita (VR) je interaktivní počítačová technologie, která umožňuje uživatelům prozkoumat a interagovat s virtuálním prostředím, které může být simulací skutečného světa nebo fantazie. Existují však i další druhy virtuální reality, jako je rozšířená realita (AR) a kombinovaná realita (MR), které se liší v tom, jak propojují skutečný svět s virtuální realitou a jaký způsob interakce s virtuálním prostředím nabízejí. V současné době se tyto technologie stávají stále populárnějšími a nacházejí uplatnění v různých oblastech, jako jsou průmysl, zdravotnictví, vzdělávání a zábava (Chen a Fragomeni, 2018).

1.2.1 Virtual reality (VR) – virtuální realita

Technologie pro vytváření virtuální reality je založena na simulaci trojrozměrného prostoru, do kterého je uživatel zcela nebo částečně ponořen a se kterým může interagovat. Existují tři hlavní principy fungování této technologie, která poskytuje účinek přítomnosti osoby v interaktivním prostředí (Sherman, 2018):

- Poloha hlavy. Pomocí specializovaného zařízení zvaného headset systém sleduje pohyb hlavy uživatele a podle toho, jakým směrem ji otáčí, posouvá obraz. Díky této vlastnosti se tomuto mechanismu říká „šest stupňů volnosti“.
- Pohyb uživatele. Vylepšený, dražší hardware umožňuje přizpůsobit virtuální obraz v souladu s lidskými pohyby. To znamená, že máme na mysli možnost pohybovat se v rámci virtuálního prostoru a nejen interagovat s jeho prvky, například během hry.
- Směr pohledu. Pohyby očí uživatele jsou sledovány speciálním senzorem a to přispívá k hlubšímu ponoření člověka do virtuálního prostoru: vše, co se děje, vidí stejně jako v reálném životě.

Virtuální realita představuje inovativní technologický směr spojující počítačové grafické a zvukové prvky s cílem vytvořit pro uživatele iluzi plně interaktivního a odlišného prostředí. Tato oblast zaznamenala rapidní růst a stala se klíčovým tématem v oblasti informačních technologií.

Základní princip virtuální reality spočívá v úplném odcizení uživatele od jeho skutečného okolí, a to díky kombinaci vizuálních a auditivních vjemů. V tomto ohledu představují VR helmy, jako je například Oculus Quest 2 (viz Obr. 1) a HTC Vive, klíčový prvek umožňující uživatelům zcela ponořit se do virtuálního světa. Současně doprovodná sluchátka přidávají zvukový prvek, zatímco ovladače typu joysticky a další periferní zařízení zajišťují interaktivní ovládání v této nové digitální realitě. Tento pokrok v oblasti virtuální reality má široké implikace a nachází uplatnění v různých odvětvích, od zábavy a her po průmyslové a vzdělávací aplikace (Grasnick, 2022).



Zdroj: (Meta Platforms, Inc., 2022)

Obr. 1 Obrázek z helmy pro virtuální realitu Oculus Quest 2

1.2.2 Augmented Reality (AR) - rozšířená realita

Rozšířená realita představuje počítačově zprostředkovanou formu reality, ve které reálný svět je obohacen o virtuální obrazy, animace, efekty nebo průvodce. Termín "rozšířená realita" byl poprvé použit inženýrem společnosti Boeing, Tomem Caudellem, v roce 1990, když specialisté této společnosti připojili digitální displeje k hlavě, což jim pomohlo při montáži drátů do letadla. Základním cílem AR je zlepšit vnímání okolní reality, což se odlišuje od virtuální reality (VR), jež zaměňuje reálný svět za simulovaný.

Vývoj rozšířené reality využívá podobné nástroje a řeší srovnatelné problémy jako při modelování interaktivního reálného světa. Zásadní je zejména nalezení způsobu, jak přesně vypočítat polohu zařízení a jak se přizpůsobit změnám v reálném prostředí (Jung, Tom Dieck, 2018).

Příklady implementací rozšířené reality zahrnují populární technologická zařízení a aplikace, jako jsou Google Glass (viz Obr. 2), Pokémon GO, Snapchat nebo Instagram s filtry pro sledování pohybu (Motion Tracking). Tyto aplikace představují praktické ukázky využití AR v každodenním životě, od interakce s virtuálními objekty po aplikaci filtrů a efektů přímo do reálného světa.



Zdroj: (Google LLC, 2021)

Obr. 2 Pohled z brýlí rozšířený reality Google Glass

1.2.3 Mixed Reality (MR) – smíšená realita

Smíšená realita reprezentuje inovativní přístup spojující reálné a virtuální prvky, čímž vytváří prostředí, které integruje oba tyto světy do jednoho vnímání. Často označovaná také jako hybridní realita. Smíšená realita umožňuje modelovat vnímání světa prostřednictvím kombinace reálných a virtuálních aspektů. Využití MR zahrnuje simulaci pro výcvik a soustředění se na vytváření interaktivních prostředí s plným začleněním virtuálních objektů do reálné reality. Tato integrace virtuálních objektů do reálného prostředí se stává stěžejní pro komerční, vývojové a zábavní účely. Virtuální objekty nejen zůstávají na reálných objektech jako další vrstva nad realitou, ale také s ní aktivně interagují. Například virtuální 3D objekt může ležet na skutečném stole a dokonce z něj spadnout na podlahu, což zvýrazňuje dynamiku a vzájemnou propojenost obou světů (Chen a Fragomeni, 2018).

Smíšená realita se stala nejen inspirativním prvkem v umění a zábavě, ale rovněž vynikajícím nástrojem pro efektivní řešení reálných problémů v oblasti podnikání a vzdělávání. Rozvíjí se jako dynamická technologie s mnoha praktickými aplikacemi, které nyní překračují rámec čistě zábavních nebo uměleckých konceptů. Mezi příklady patří:

- Interaktivní správa obsahu produktu – přechod od statických produktových katalogů k interaktivním, 3D a inteligentním digitálním kopiím, což poskytuje uživatelům bohatší zkušenost s produkty.
- Vojenský výcvik – simulace bojové reality je prezentována v komplexních vrstvených datech, což umožňuje vojenským profesionálům cvičit a připravovat se na různé situace.
- Virtualizační prostředí s reálnými aktivy – výrobní zařízení a další aktiva jsou reprezentována v 3D modelech, které jsou vloženy do virtuálního prostředí a propojeny s aktuálními daty v reálném čase. V odvětví stavebnictví umožňuje smíšená realita vizualizaci projektu přímo na staveništi.
- Učení založené na simulaci – přechod od e-learningu k simulaci poskytuje špičkovou formu vzdělávání, kde se simulace stává klíčovým nástrojem pro přenos vzdělávacích znalostí v širokém spektru oborů.

K příkladům implementace smíšené reality patří technologická zařízení jako Microsoft HoloLens (viz Obr. 3), CAVE (Cave Automatic Virtual Environment), projekce na čelním skle automobilu a další.



Zdroj: (Microsoft Corporation, 2021)

Obr. 3 Využití smíšené reality při projektování staveb

Pro lepší pochopení definic a rozdílů mezi typy virtuální reality je níže uvedena tabulka č.1 s hlavními rozdíly:

Tab. 1 Rozdíly v typech virtuální reality

	Stupeň ponoření	Příklady zařízení	Oblasti použití
Virtuální realita (VR)	Kompletní (audiovizuální).	VR helmy (HTC Vive, Oculus Quest 2) a další.	Medicína, zábava, letectví.
Rozšířena realita (AR)	Nízká (virtuální prvky doplňují skutečné prostředí).	Google Glass, City lens, Sony SmartEyeglass) a další.	B2B, vzdělávání, osobní asistenti, sport.
Smíšená realita (MR)	Vysoká (virtuální prvky předefinují skutečné prostředí).	Microsoft HoloLens.	Vzdělání, medicína, sport.

Zdroj: (Chen a Fragomeni, 2018)

1.3 Uplatnění VR v průmyslu

Virtuální realita má obrovský potenciál v průmyslu a stává se stále více využívanou technologií v různých odvětvích. Průmysl je jedním z hlavních sektorů, které využívají virtuální realitu k různým účelům, jako je výroba, školení, prototypování a mnoho dalších. VR umožňuje průmyslovým firmám vytvářet virtuální modely a simulace, které mohou pomoci snížit náklady na výrobu a zvýšit efektivitu výrobních procesů. Navíc umožňuje pracovníkům přístup ke školení a vzdělávání v simulovaných prostředích, což může snížit náklady a zvýšit bezpečnost při výcviku.

Ve výuce se virtuální realita používá pro úvodní a cílené instruktáže a školení práce na komplexních technologických zařízeních. Účinnost je dosažena schopností VR ponořit uživatele do věrohodných situací, stejně jako díky různým nástrojům pro přehledné podání výukového materiálu. Virtuální realita je užitečná i pro manažery, kteří mohou vidět infrastrukturu podniku, který se staví, a jak vypadá objekt modelovaný ve 3D formátu (Jung a Tom Dieck, 2018).

Výhodou investice do VR je, že školení může být "zabaleno" do digitálního formátu, praktikováno a škálováno na neomezený počet zaměstnanců. Při výuce VR se vytvářejí asociativní vazby mezi teorií a praxí. Člověk vstřebává nové poznatky a okamžitě má možnost je aplikovat ve virtuálním prostoru. Vzhledem k možnosti znovu vytvořit složité procesy a jasně ukázat jejich práci se VR často používá v průmyslu. Virtuální simulátory trénují nové zaměstnance společnosti, aby regulovali práci s drahým nebo nebezpečným zařízením bez životních rizik, pravděpodobnosti poškození nebo poškození životního prostředí (Chen a Fragomeni, 2018).

Ponorné prostředí umožňuje uživateli komunikovat s hardwarem, přesně obnovit všechny fáze procesu a přenést složité pokyny do interaktivního formátu. Školení ve VR vylučuje riziko poškození zařízení kvůli nezkušenosti zaměstnance, stejně jako poškození finančního zdraví společnosti. Procvičení ve VR lze provádět kolikrát je potřeba, aby akce byla automatizovaná. Díky účinku úplného ponoření a neschopnosti rozptýlit se cizími podněty jsou informace od vyškoleného mnohem rychleji absorbovány. Navíc VR umožňuje trénovat na dálku, bez účasti placených mentorů. Po absolvování kurzu musí zaměstnanci získané znalosti ověřit a upevnit. Certifikace představuje další časové a finanční náklady společnosti. Technologie také pomáhají optimalizovat tyto procesy a upevňovat znalosti.

Využití virtuální reality v průmyslu se v posledních letech stává stále běžnějším. Výhodou VR je, že umožňuje simulovat a vizualizovat složité procesy a situace, což umožňuje rychlejší a levnější vývoj a testování nových produktů. Některé příklady využití VR v průmyslu jsou například (Goel, 2023):

- Výroba automobilů: Automobilový průmysl využívá VR pro návrh interiéru a ergonomie, vývoj a testování prototypu, virtuální simulace montážních linek a kontrol kvality. To umožňuje výrobcům předem testovat a optimalizovat výrobní procesy a zvýšit tak efektivitu a kvalitu finálního výrobku. Například, společnost Volkswagen vyvinula Digitální realitní hub (Volkswagen Digital Reality Hub), kde mohou inženýři a designéři spolupracovat na vytváření a testování prototypů vozidel v virtuálním prostředí. Společnost Hyundai s projektem „Hyundai Virtual Guide“ používá virtuální realitu pro školení servisních techniků, kteří se mohou učit opravám a údržbě vozidel v interaktivním virtuálním prostředí.

- **Letecký průmysl:** V letectví se VR využívá pro trénink pilotů, ale také pro vývoj a testování nových letadel. VR umožňuje testovat vlastnosti letadla v různých podmínkách a zároveň minimalizuje rizika spojená s fyzickými testy. Například, společnost Boeing využívá virtuální realitu pro simulace pilotního výcviku a školení techniků na údržbu letadel. Tím se snižuje potřeba reálných letových hodin a zároveň se zvyšuje bezpečnost výcviku. Společnost Airbus využívá virtuální realitu pro vytváření detailních simulací kabiny letadel. To umožňuje designérům a inženýrům testovat a optimalizovat uspořádání sedadel, ovládacích prvků a dalších prvků interiéru.
- **Stavebnictví:** Stavebnictví využívá VR pro vizualizaci a simulaci projektů. VR umožňuje architektům a stavebním inženýrům vizualizovat a testovat návrhy a plány v reálném čase, což umožňuje rychlejší a levnější návrhový proces. Společnost Bechtel využívá virtuální realitu pro vizualizaci složitých infrastrukturních projektů. Pomocí VR technologie mohou inženýři a designéři lépe porozumět projektu, identifikovat potenciální problémy a zlepšit spolupráci. Společnost BAM Nuttall využívá virtuální realitu pro simulace stavebních procesů. To umožňuje identifikovat možné problémy nebo úzká místa před samotnou stavbou.
- **Farmaceutický průmysl:** V farmaceutickém průmyslu se VR využívá pro vizualizaci molekulárních struktur léků a simulaci jejich interakcí s tělem. To umožňuje rychlejší vývoj a testování nových léků a minimalizuje rizika spojená s klinickými testy. Společnost Pfizer využívá virtuální realitu pro trénink lékařů a farmaceutických zástupců. Tímto způsobem mohou lékaři lépe porozumět mechanismům účinku léků a zástupci lépe prezentovat produkty. Společnost Bayer využívá virtuální realitu pro trénink operací a zákroků. Lékaři mohou provádět virtuální zákroky a zlepšit své dovednosti před reálným zásahem.

Využití VR v průmyslu má mnoho výhod. Virtuální simulace umožňují minimalizovat rizika spojená s fyzickými testy a snižují náklady na vývoj nových produktů. Díky rychlejšímu vývoji a testování nových produktů se zvyšuje konkurenceschopnost a efektivita průmyslových podniků. V kombinaci s dalšími technologiemi, jako je například umělá inteligence, VR umožňuje vznik nových možností a inovací v průmyslovém sektoru.

1.4 Uplatnění AR v průmyslu

Rozšířená realita (AR) se stává stále více využívanou technologií v průmyslu. AR umožňuje uživatelům vidět reálný svět a přidávat do něj virtuální prvky, což může být užitečné při návrhu a vývoji výrobků, školení pracovníků nebo při údržbě a opravách strojů.

Jedním z příkladů využití AR v průmyslu je projektování výroby. S použitím AR mohou inženýři a designéři zobrazovat virtuální modely v reálném světě, což jim umožňuje lépe vidět a porozumět výrobku. Tím se zvyšuje kvalita výroby a snižují se náklady na vývoj nových produktů.

Oblíbeným příkladem efektivního fungování technologie je implementace AR společností Boeing. S pomocí IT nástroje společnost vyřešila problém instalace součástí palubních systémů letadel, které jsou propojeny složitým systémem drátů. Zaměstnanci společnosti urychlili proces montáže a snížili riziko chyby při používání technologie. Dosavadní systém AR pomáhá zaměstnancům výroby k důslednosti montáže a připojení elektroniky v letadlech Boeing. Pomocí aplikace operátor výroby nebo elektrikář dává hlasový příkaz: "Začněte vytvářet svazek. Skenování objednávky" a vidí v brýlích rozšířené reality vizuální tipy na sestavení. V důsledku zavedení technologie Boeing snížil dobu výroby elektroinstalace o 25% a snížil úroveň lidských chyb téměř na nulu. Aplikace s AR technologií umožňuje zaměstnancům podniku optimalizované trasy ve 3D. Po příchodu k zařízení zaměstnanec pomocí smartphonu nebo tabletu naskenuje QR kód a zobrazí se mu podrobné pokyny a rady. Pokud se vyskytnou jakékoliv obtíže, zaměstnanec získá vzdálenou video konzultaci v režimu rozšířené reality od zkušenějšího odborníka. Tento postup se podobá sestavení konstruktoru, kdy stačí zaměstnanci pouze vzít potřebný nástroj, spojit součásti a umístit je na správné místo podle pokynů (Chen a Fragomeni, 2018).

Koncern Fiat Chrysler Automobiles (FCA) využívá v práci projekční AR systém OPS Solutions. Pracovníci nyní získávají přehled o svém dalším kroku v každé fázi montážního procesu. V roce 2015 vybavil strojírenský podnik AGCO (USA) své výrobní prostory velkými obrazovkami, na kterých se zobrazuje trojrozměrné složení výrobků a kompletní dokumentace potřebná pro rychlou a kvalitní montáž výrobků (traktory a další zemědělské techniky). V roce 2017 podnik přešel na používání brýlí Google Glass, což zrychlilo kontrolu kvality o 20%.

Celkově lze říci, že AR nabízí mnoho možností v průmyslu, zejména při návrhu, výrobě a údržbě výrobků a strojů, ale také při školení pracovníků. AR může pomoci zvýšit efektivitu výroby, snížit náklady na vývoj a opravy a zlepšit bezpečnost a spolehlivost v průmyslu (Jung a Tom Dieck, 2018).

1.5 Uplatnění MR v průmyslu

Mixed Reality (MR) je technologie, která umožňuje kombinovat virtuální a reálný svět. Využití MR v průmyslu je stále poměrně nové, ale nabízí velký potenciál v různých oblastech: výcvik a školení pracovníků, průmyslový design a konstrukce, údržba a opravy, marketing a prezentace, vzdělávání a další.

Jedním z příkladů využití MR v průmyslu je společnost Ford, která využívá MR k výrobě automobilů. MR umožňuje inženýrům testovat nové technologie a designové prvky v reálném čase a v různých prostředích. To umožňuje zlepšit kvalitu výrobků a zrychlit proces vývoje. Společnost DHL využívá smíšenou realitu pro optimalizaci logistických procesů. Pracovníci mohou virtuálně vidět, jak správně balit zásilky a optimalizovat rozložení nákladu. Univerzita „Case Western Reserve University“ využívá smíšenou realitu pro výuku lékařů. Studenti mohou provádět virtuální chirurgické zákroky a získat praktické zkušenosti. Další příklad přichází od společnosti Disney, která využívá smíšenou realitu pro vytváření interaktivních zážitků v tematických parcích. Návštěvníci mohou komunikovat s digitálními postavami ve skutečném prostředí.

Využití MR v průmyslu tedy nabízí řadu výhod, jako je zlepšení efektivity a bezpečnosti výrobních procesů, zrychlení vývoje nových produktů a zlepšení tréninkových programů pro zaměstnance. S rostoucím počtem zařízení MR na trhu se očekává, že se MR stane stále běžnějším nástrojem v průmyslu v budoucnosti (Chen a Fragomeni, 2018).

1.6 Výzvy využití technologie virtuální reality v průmyslu

Využití virtuálních technologií v průmyslu se rychle rozvíjí a přináší mnoho příležitostí, ale také několik výzev, které mohou ovlivnit jeho další rozvoj. Některé z těchto výzev zahrnují (Goel, 2023):

- S nárůstem používání virtuálních technologií v průmyslu se zvyšuje i potřeba zabezpečení citlivých dat. Virtuální prostředí mohou obsahovat informace o

designu, výrobě a strategiích firem, které by mohly být cílem kybernetických útoků.

- Při dlouhodobém používání virtuálních technologií za pracovním účelem mohou vznikat zdravotní problémy, jako jsou bolesti hlavy, očí a poruchy soustředění. Je třeba se zabývat ergonomickými aspekty, aby bylo zajištěno bezpečné a pohodlné používání.
- Přejít na využívání virtuálních technologií může vyžadovat změny v existujících pracovních procesech a systémech, což může být komplikované a vyžadovat časové a finanční investice.
- Komunikace mezi lidmi ve virtuálním prostředí může být méně přirozená než ve skutečném světě. Vyvíjení efektivních způsobů interakce a komunikace ve virtuálním prostoru je stále výzvou.
- Různé aplikace virtuálních technologií mohou vyžadovat různé úrovně výkonnosti hardware. Udržování těchto systémů aktuálních a výkonných může být náročné. S rychlým vývojem technologií VR je třeba myslet na dlouhodobou udržitelnost těchto systémů, aby bylo možné udržet krok s novými vylepšeními a standardy.
- Potřeba vysoké úrovně znalostí a odborných schopností k práci s virtuálními technologiemi. Ne každý pracovník v průmyslu má potřebné zkušenosti a dovednosti k práci s virtuálními technologiemi, a tak musí být zaměstnanci připraveni a vyškoleni na používání těchto technologií.
- Stále vysoká cena zařízení a softwaru potřebného k využití virtuálních technologií. Tyto náklady mohou být pro menší firmy příliš vysoké a zabraňují jim využívání technologií ve svých procesech. Navíc, náklady na údržbu a opravy těchto zařízení a softwaru mohou být také velmi vysoké.

Vývoj a využití VR v průmyslu bude pravděpodobně nadále zkoumat a řešit tyto výzvy, aby bylo možné maximalizovat výhody této technologie a minimalizovat její nevýhody. Je důležité se s těmito výzvami pracovat na vytvoření inovativních a efektivních řešení, které budou v průmyslu úspěšně využívány.

2 Ergonomie práce

Ergonomie je disciplína, která se zabývá studiem interakce mezi lidmi a jejich pracovním prostředím. Skládá se z řady oborů, jako jsou anatomie, fyziologie, psychologie, antropologie, biomechanika a design, a využívá poznatků z těchto oborů pro vytvoření pracovních a životních prostředí přizpůsobených člověku. Cílem ergonomie je maximalizovat efektivitu, bezpečnost a pohodlí prostřednictvím úprav pracovního prostředí a procesů, aby se minimalizovaly negativní vlivy na lidské tělo a duševní zdraví.

Ergonomie má dlouhou historii, sahající až do antického Řecka. V moderní době se ergonomie začala rozvíjet během průmyslové revoluce, kdy byly objeveny problémy spojené s opakovanými a namáhavými pracemi na továrních pásmech. Ergonomie se stala klíčovým faktorem v průmyslu a designu produktů, aby se snížila rizika pracovních úrazů a zlepšila efektivita práce.

Dnes je ergonomie důležitá pro řadu oborů a odvětví, včetně průmyslu, zdravotnictví, dopravy a kancelářských prostředí. Ergonomická řešení mohou zlepšit produktivitu zaměstnanců, snížit počet pracovních úrazů a chorob souvisejících s prací a také zlepšit celkové zdraví a pohodu pracovníků (Sinay, Balážiková a Hovanec, 2017).

Klíčovými faktory pro úspěšnou ergonomii jsou analýza pracovního prostředí a procesů, hodnocení potřeb zaměstnanců a implementace ergonomických řešení. To může zahrnovat změny v uspořádání pracoviště, vylepšení nástrojů a zařízení, ergonomické tréninky a podobně. Výhody ergonomie jsou mnohostranné a zahrnují nejen zlepšení zdraví a pohody zaměstnanců, ale také zvýšení produktivity, snížení nákladů na pracovní úrazy a nemocenskou a zlepšení kvality výrobků. Ergonomie také přispívá k vytvoření pozitivní pracovní kultury a atmosféry, která může vést k vyšší spokojenosti a loajalitě zaměstnanců.

Ergonomie řeší také řadu problémů, které se v praxi objevují: hodnocení spolehlivosti, přesnosti a stability provozovatele, studie vlivu psychologického stresu, únavy, emocionálních faktorů a funkce neuro-psychické organizace operátora na efektivitu jeho činnosti v systému "člověk-stroj", studium tvůrčí schopnosti člověka. V praktickém ohledu problém vztahu mezi ergonomií a průmyslem spočívá v organizaci komplexního procesu v různých fázích budování

systemů (design, výrobu, testování, zavedení) a jejich provozu. Ergonomie nemůže efektivně řešit problémy, které před ní stojí, pokud není úzce propojena s průmyslovou sociologií, sociální psychologií a dalšími veřejnými vědami. Mimo těchto vazeb se ergonomie nemůže plně rozvíjet a ani správně předpovědět společenský efekt při zavádění doporučení, která navrhla. Tato skupina věd v určitém ohledu zprostředkovává vztah ergonomie a ekonomiky.

Zavedení výsledků ergonomického výzkumu do praxe přináší hmatatelný socioekonomický efekt. Zkušenosti s uplatňováním ergonomických požadavků svědčí o podstatném zvýšení produktivity práce. V tomto případě správné zohlednění lidského faktoru v účetnictví není jednorázovým zdrojem zvýšení, ale trvalou rezervou pro zvyšování efektivity výroby (Kroemer-Elbert, 2018).

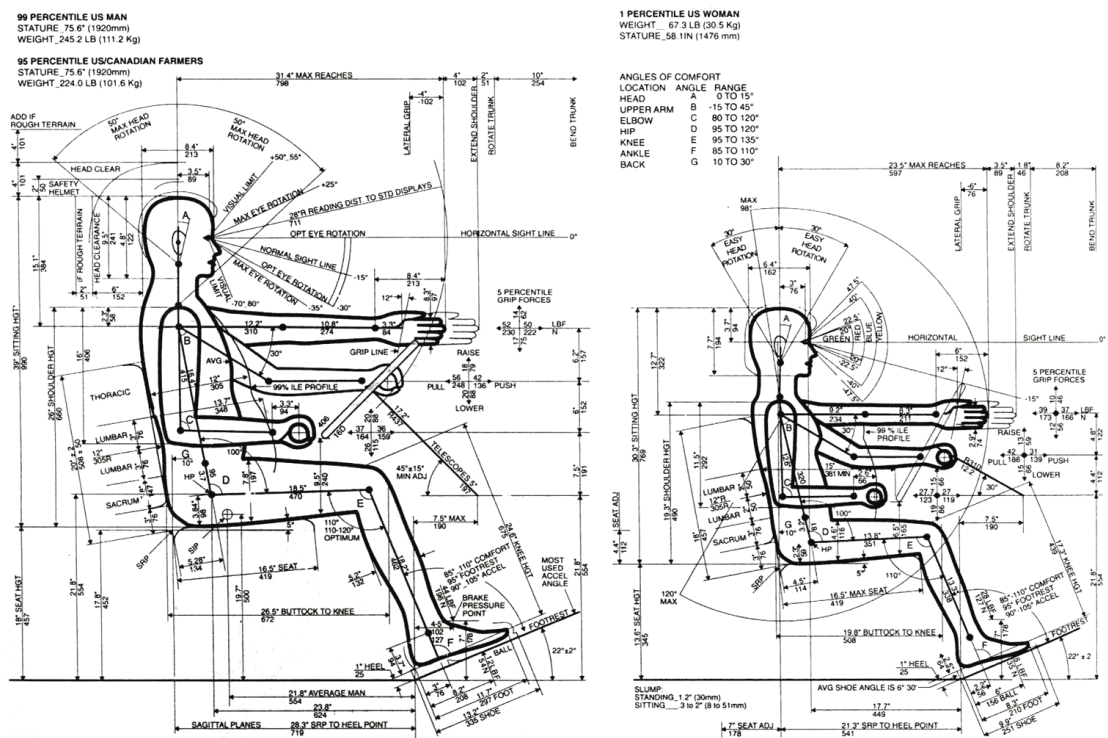
2.1 Ergonomie v průmyslu

V průmyslu se ergonomie používá na mnoho různých způsobů. Jednou z nejčastějších aplikací ergonomie je design pracoviště a vybavení, jako jsou židle, stoly, nástroje a stroje. Ergonomické prvky, jako jsou polstrované opěrky pro zápěstí nebo polohovatelné stoly, mohou pomoci minimalizovat namáhání a zranění způsobená opakujícími se pohyby nebo dlouhodobým sezením.

Organizace ergonomie pracovních míst a procesů je jedním z hlavních úkolů specialisty na organizaci procesů. Pracoviště je prostor v pracovním systému, na kterém jsou prováděny pracovní úkoly. Při organizaci ergonomie pracoviště musí být splněny požadavky na hospodárnost, ergonomii a lidskost. Správně organizovaná pracovní místa zaručují ekonomicky výhodné objemy výroby (množství), dostatečnou kvalitu, drobné režijní náklady, zatížení a pracovní napětí, které může zaměstnanec přenést, a dodržování bezpečnostních pravidel.

Antropometrie je věda, která se zabývá proporcemi a použitím rozměrů lidského těla. V rámci organizace pracoviště se sleduje cíl optimálního prostorového a formálního přizpůsobení prvků pracoviště pracovníkovi. Přizpůsobení pracoviště člověku vyžaduje především zohlednění velikosti lidského těla při výpočtu velikosti pracoviště. Vzhledem k tomu, že rozměry těla různých lidí se mohou výrazně lišit, pracoviště by mělo být navrženo pro určitý rozsah rozměrů, nikoliv pro velikost těla jednotlivce. Velikost těla v klidu a pohybu je určena délkou kostí, silou svalů a tkání, stejně jako tvarem a mechanikou kloubů. Pro organizaci pracoviště je nutné znát

délku nejdůležitějších částí těla a velikost prostoru pohybu rukou a nohou. Spolu s průměrnými hodnotami jsou ve většině případů uváděny i tzv. percentilové hodnoty (termín v antropometrii). Význam percentilové hodnoty poukazuje na to, jaké procento lidí v určité skupině obyvatel – ve vztahu k určité velikosti těla – má větší nebo menší rozměry, než je stanovená hodnota. Rozměry a proporce těla se liší u různých lidí. Průměrný růst evropské ženy ve věku od 26 do 40 let se pohybuje kolem 163 cm a muži ve stejném věku kolem 175 cm. Však nelze se orientovat pouze na průměrné hodnoty při organizování pracovního procesu, protože lidé velkého i malého růstu potřebují dobré pracovní podmínky. Příkladem může sloužit antropometrický diagram pro řidiče automobilu (viz Obr.4), na kterém jsou zobrazeny průměrné a percentilové hodnoty pro průměrnou ženu a průměrného muže za volantem (Grasnick, 2022).



Zdroj: (Wiley, 2002)

Obr. 4 Podrobný antropometrický diagram pro řidiče automobilu

Průměrná aritmetická hodnota velikosti těla může být použita k uspořádání ergonomie pracoviště pouze za předpokladu, že odchylky od tohoto průměru nahoru nebo dolů mají stejný dopad na osobu, což však často neplatí. Například výška sedačky židle je zaměřena na vzdálenost mezi podlahou a spodní částí stehna, tedy

na délku holeně s nohou. Zvýšení výšky židle je pro většinu lidí nepříjemnější než snížení jeho výšky o stejnou velikost. Při stanovení výšky sedadel by proto měli především brát v úvahu lidé s kratšími nohami. Vnitřní rozměry, například prostor pro kolena pod excentrickým lisem, by měly být zaměřeny naopak na dlouhonohé lidi. Na pracovišti jsou zvažovány především pozice stojící a sedící, ale existují také pozice: ležící, klečící a dřepící. Pro všechny polohy těla existují různé pozice, tedy variace polohy těla (například můžete stát, naklonit se dopředu nebo ohýbat). Vhodnost jedné nebo druhé polohy těla musí být zvážena ze dvou stran: z hlediska pracovní úlohy a z hlediska zatížení pracovníka. Nejprve je potřeba rozhodnout se o poloze těla na základě pracovní úlohy. Jaké držení těla je vhodnější: tam, kde je zapotřebí prostorný pohyb těla a rukou, nebo tam, kde je třeba vyvinout značnou svalovou sílu? Preferovaná práce ve stoje umožňuje práci být jednodušší, například při použití pohybů a váhy těla. Na druhé straně existuje velké množství prací, které vyžadují jemné pohyby a přesné pozorování, a proto by měly být prováděny pouze v sedě. Z psychologického hlediska je pozice vsedě vhodnější než postavení ve stoje, protože v sedící poloze je zatížení menší. V poloze stojící se v nohách shromažďuje krev, krevní oběh je narušen, což může způsobit křečové žíly. Současně s prodlouženým pobytem v sedící poloze mohou nastat jevy stagnace krve v pánevní oblasti a poruchy trávení. Optimálním řešením je, že pokud pracovní úkol dovolí, zaměstnanec musí podle svého uvážení změnit svou pozici (sedící, stojící) podle pracovního postupu. Ve skutečnosti existuje celá řada prací, které lze provádět, jak v sedě, tak ve stoje. To je obzvláště běžné u monotónních činností, které však vyžadují značnou pozornost, protože změna polohy těla přispívá ke koncentraci pozornosti (Kroemer-Elbert, 2018).

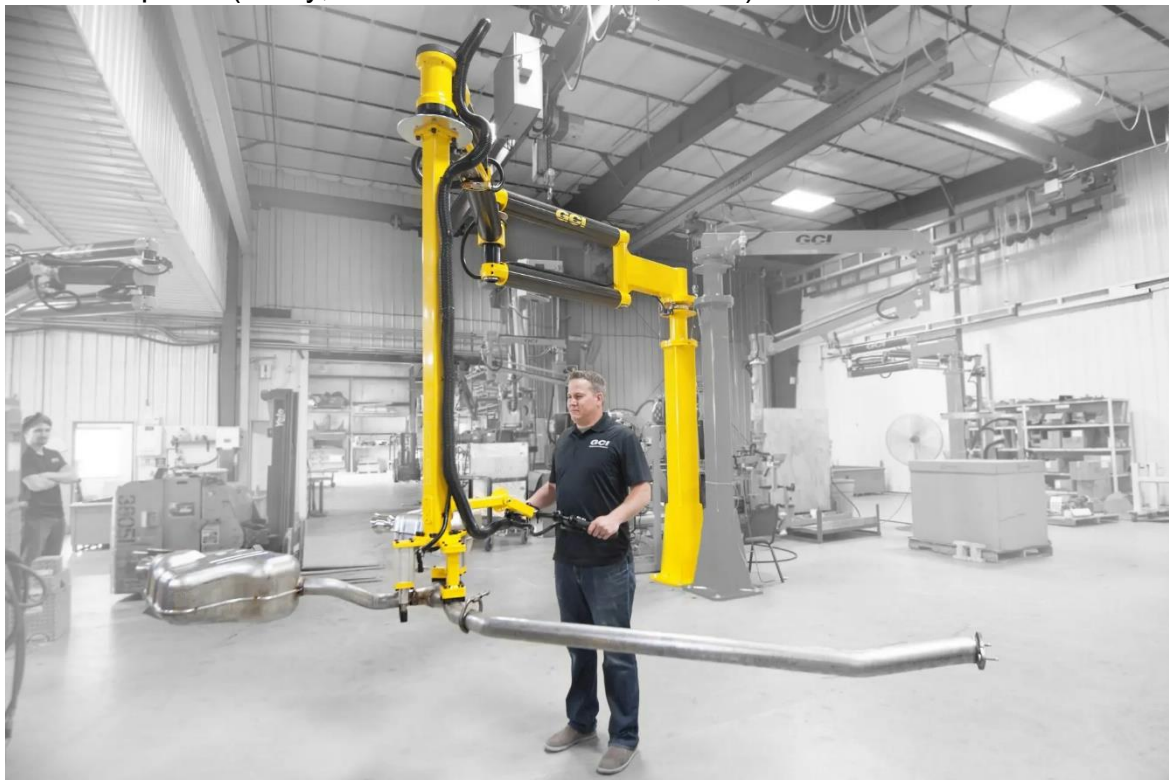
Další aplikací ergonomie v průmyslu je vzdělávání zaměstnanců. Školení zaměstnanců o ergonomii a správném používání vybavení může snížit riziko pracovních úrazů a chorob a zlepšit efektivitu práce. Některé firmy dokonce zaměstnávají ergonomické konzultanty, kteří mohou pomoci s designem pracovišť a vybavení, vzděláváním zaměstnanců a hodnocením rizik.

2.2 Využití ergonomie v průmyslu

Ergonomie je v současné době v průmyslu velmi důležitá, a to zejména proto, že může pomoci snížit náklady na pracovní úrazy, zvýšit produktivitu a zlepšit celkovou kvalitu práce. Díky ergonomii se zlepšuje postavení zaměstnanců vůči jejich práci a

přispívá k jejich zdraví a pohodlí. Průmysl využívá ergonomii napříč různými odvětvími. Je třeba mít na paměti, že ergonomická opatření a vylepšení jsou nutná nejen pro ochranu zdraví zaměstnanců, ale také pro zajištění efektivity a výkonnosti výrobního procesu. Výhody ergonomie jsou proto jasně patrné a důležité nejen pro pracovníky, ale i pro zaměstnavatele a průmyslové podniky jako celek. Nicméně, neexistuje jedno univerzální řešení pro ergonomické problémy v průmyslu, každý proces a stanoviště vyžaduje individuální přístup a řešení. Důležité je také dbát na pravidelné sledování a evaluaci ergonomických opatření, aby se zajistilo jejich trvalé vylepšování a účinnost.

Ergonomie se aktivně využívá v automobilovém průmyslu při návrhu interiérů vozidel, aby byly pohodlné a bezpečné pro řidiče a cestující. Například design sedaček, uspořádání ovládacích prvků a ergonomický tvar volantu jsou klíčové prvky pro zajištění pohodlí a bezpečnosti při jízdě. Ergonomie taky se zasahuje i do výrobních procesů vozu, kde se používají robotické ruce k manipulaci s těžkými součástkami (viz Obr.5). Ergonomický design robotů umožňuje snadnější a efektivnější manipulaci s těžkými součástkami, což snižuje riziko úrazů a zvyšuje efektivitu práce (Sinay, Balážiková a Hovanec, 2017).



Zdroj: (GCI Engineered Solutions, 2020)

Obr. 5 Průmyslová manipulační ruka sloužící k manipulaci výfukového systému

V rámci logistiky a skladování materiálů je možné koncipovat ergonomicky optimalizovaný skladovací systém tak, aby umožňoval pohodlný přístup k výrobkům a minimalizoval nutnost manipulace s nákladem. Takový systém může také zlepšit organizaci skladu a zvýšit efektivitu pracovníků. Skladový systém Kardex (viz Obr.6) je moderní a efektivní řešení pro organizaci a správu skladových zásob. Tento systém využívá automatizovaných regálů, které umožňují skladování a přístup k materiálům a zboží ve výškových modulech. Systém je navržen tak, aby minimalizoval fyzickou námahu pracovníků při zvedání, přenášení a hledání zásob.



Zdroj: (Kardex, 2021)

Obr. 6 Skladovací systém Kardex

Průmyslové podniky zohledňují ergonomii při navrhování pracovních postupů a uspořádání výrobních linek. Ergonomicky optimální rozmístění pracovních stanic přináší zvýšenou efektivitu a redukuje riziko únavy a pracovních úrazů. Příkladem je globální průmyslový konglomerát Siemens, který se zaměřuje na ergonomii ve všech oblastech své činnosti, včetně návrhu pracovních stanic. Siemens využívá moderní technologie a specializovaný software k vytváření pracovních prostředí, která jsou ergonomicky optimalizovaná pro pracovníky. K tomu využívají i pokročilé technické prvky, jako jsou těžké a sklápěcí závěsy. Tyto inovativní prvky umožňují provádění práce s důrazem na ergonomii tím, že karoserie vozidel lze otáčet o 110 stupňů v obou směrech. Díky tomu mají zaměstnanci snadný a pohodlný přístup ke všem částem vozidla, což podporuje ergonomické a efektivní pracovní podmínky.

Takový přístup k ergonomii v průmyslu přispívá nejen k zvyšování produktivity, ale také k ochraně zdraví a pohody pracovníků.



Zdroj: (Siemens, 2022)

Obr. 7 Sklopné závěsy Siemens

Celkově lze tedy říct, že ergonomie má zásadní význam pro úspěch a bezpečnost v průmyslu. Je nutné, aby byla zahrnuta do všech průmyslových procesů a rozhodovacích procesů s cílem zlepšit pracovní podmínky a zvýšit efektivitu práce (Gonçalves da Silva, 2022).

2.3 Ergonomické ohrožení

Ergonomická ohrožení představují faktory v pracovním prostředí, které mohou ohrozit zdraví pracovníků. Tyto ohrožení jsou způsobena různými faktory, jako je nevhodné uspořádání pracovních prostor, nedostatečná ergonomie pracovního stolu nebo židle, nedostatečné osvětlení nebo příliš hlučné prostředí. Jedná se o širokou škálu rizik, která mohou být klasifikována do několika kategorií (Kroemer-Elbert, 2018):

1) Fyzická náročnost práce:

- Opakované nebo jednorázové namáhání: Zahrnuje činnosti, jako je opakované zvedání těžkých břemen, což může vyvolat bolest svalů a kloubů.

- Dlouhodobé sedění nebo stání: Může vést k chronickým bolestem zad, krční páteře nebo dolních končetin.

2) Pracovní podmínky:

- Extrémní teploty: Vysoké nebo nízké teploty mohou přispět k únavě, dehydrataci a dalším zdravotním komplikacím.
- Hlučné pracovní prostředí: Vysoká hladina hluku může způsobit stres a ovlivnit psychické zdraví pracovníků.

3) Psychologická zátěž:

- Stres a úzkost: Vysoký pracovní tlak a stres mohou vést k psychickým problémům, jako jsou úzkost, nespavost nebo dokonce depresivní stavy.

4) Vibrace:

- Spojené s těžkými stroji: Prolongovaná expozice vibracím může poškodit krevní cévy, svaly a nervy, zejména ve stavebnictví a výrobě.

5) Odvětvová specifika:

- Stavebnictví a výroba: Časté zdvihání těžkých předmětů, práce v nevhodných polohách a práce s vibracemi.
- Počítačové technologie a administrativa: Dlouhé hodiny u počítače, nevhodné uspořádání pracovního místa a opakované pohyby.
- Zdravotnictví: Časté zdvihání pacientů, neergonomické postupy při péči a opakované pohyby.

Všechna tato ergonomická rizika mohou mít závažné důsledky na zdraví pracovníků, což může vést k vysokým nákladům na lékařskou péči a dočasnou nebo trvalou pracovní neschopnost. Proto je důležité, aby zaměstnavatelé věnovali pozornost ergonomii a snažili se minimalizovat rizika pro své zaměstnance. Existuje mnoho způsobů, jak lze ergonomická rizika minimalizovat. Jedním z nejúčinnějších způsobů je poskytnout zaměstnancům školení v oblasti ergonomie a informovat je o nejlepších postupech pro minimalizaci rizik. Dalšími kroky mohou být úpravy pracovního prostředí, jako je změna výšky pracovního stolu nebo židle, úprava osvětlení nebo snížení hladiny hluku atd.

Ergonomie, založená na principech, které definuje Mezinárodní ergonomická společnost (IEA), se zabývá třemi klíčovými oblastmi, přičemž každá z nich hraje klíčovou roli v optimalizaci pracovního prostředí a podmínek s cílem minimalizovat rizika pro zdraví a pohodu pracovníků. Tyto oblasti jsou následující (Bridger, 2018):

1. Fyzická ergonomie – tato oblast zkoumá vliv pracovních podmínek a prostředí na fyzické zdraví jednotlivce. Využívá poznatky z anatomie, antropometrie, fyziologie a biomechaniky. Příklady: Zahrnuje problematiku pracovních poloh, manipulace s břemeny, uspořádání pracovního místa a zabezpečení pracovních podmínek.
2. Psychická ergonomie – tato oblast se soustředí na psychologické aspekty pracovních činností a interakce pracovníků s pracovním prostředím. Příklady: Zabývá se psychickou zátěží, procesy rozhodování, výkonností, interakcí člověka s počítačem, pracovním stresem a dalšími psychologickými faktory.
3. Organizační ergonomie – zaměřuje se na optimalizaci sociotechnických systémů a pracovních postupů, které ovlivňují celkovou organizaci práce. Příklady: Řeší režim práce a odpočinku, změny pracovních postupů, týmovou práci a sociální klima na pracovišti.

Speciální oblasti zahrnují další důležité principy:

- Psychosociální ergonomie: Zaměřuje se na interakce mezi pracovníky a sociálním prostředím na pracovišti.
- Rehabilitační ergonomie: Řeší prevenci a rehabilitaci pracovním způsobem způsobených zranění a onemocnění.
- Participační ergonomie: Klade důraz na aktivní účast pracovníků při navrhování pracovních postupů a prostředí.
- Myoskeletární ergonomie: Specializuje se na prevenci poruch pohybového aparátu spojených s prací.

Ergonomická analýza pracovních podmínek je klíčovým prvkem v posouzení rizik spojených s prací. Tato analýza umožňuje kategorizaci prací na základě vyhodnocených parametrů, což přináší objektivní a srovnatelná data pro posouzení

zdravotního rizika. Kategorizace prací slouží k hodnocení pracovních podmínek v následujících čtyřech kategoriích (Kroemer-Elbert, 2018):

1. Kategorie 1:

- Charakteristika: Nepředpokládá se poškození zdraví.
- Význam: Práce v této kategorii jsou považovány za bezpečné z hlediska zdraví a nevyžadují speciální opatření.

2. Kategorie 2:

- Charakteristika: Poškození zdraví se může objevit u vnímavých jedinců ve výjimečných případech.
- Význam: V této kategorii je třeba upozornit na potenciální rizika a věnovat pozornost vnímavým pracovníkům.

3. Kategorie 3:

- Charakteristika: Představuje riziko poškození zdraví u všech exponovaných jedinců. Hygienické limity jsou překročeny, vyžaduje se používání ochranných pracovních pomůcek, a mohou se vyskytovat nemoci z povolání.
- Význam: Práce v této kategorii vyžadují důkladnou analýzu a přijetí opatření ke zlepšení pracovních podmínek a zabezpečení zdraví pracovníků.

4. Kategorie 4:

- Charakteristika: Představuje nejzávažnější riziko, i přes používání ochranných pracovních pomůcek.
- Význam: Práce v této kategorii vyžadují okamžité a důrazné intervence, včetně revize pracovních postupů a posílení ochranných opatření.

Vyhláška č. 240/2015 Sb. poskytuje nezbytná kritéria, faktory a limity pro správné zařazení prací do těchto kategorií.

2.4 Ergonomické checklisty

Ergonomické checklisty představují nástroj pro systematické posuzování pracovních podmínek s cílem zajištění vyvážené analýzy v souladu s celkovým

kontextem a nejnovějšími poznatky v oblasti ergonomie. Jak zdůraznil profesor Bridger (2018), tato metoda má své kořeny v dlouhodobé historii ergonomického výzkumu, přičemž významným představitelem této oblasti byl profesor Grandjean, jehož práce položila základy pro vytvoření prvních komplexních seznamů určených k podrobnému šetření pracovních podmínek.

Checklisty, vynikající svou jednoduchostí a použitelností, jsou koncipovány tak, aby odrazovali stav a funkci v rámci systému řízení bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP). Umožňují i méně zkušeným pracovníkům snadné vyplňování. Kvalita checklistů je přímo závislá na znalostech a schopnostech konkrétního autora. Obvykle se prezentují jako seznamy s zaškrťovacími políčky na levé nebo pravé straně, která se označují po pozorování a dokončení příslušného úkolu. Struktura checklistů v podstatě představuje seznam otázek, kde pozitivní odpovědi signalizují vhodné řešení daných parametrů, zatímco odpovědi negativní naznačují potřebu změny a přijetí opatření k odstranění identifikovaných problémů.

V oblasti ergonomické analýzy, kde existuje rozmanitá škála předpisů a směrnic specifických pro různé problémy, jsou nezbytné obecné kontrolní seznamy. Tyto nástroje jsou klíčové pro prevenci a rychlé hodnocení pracovních podmínek, zajišťují totiž komplexní posouzení ergonomických požadavků na pracovišti. Oceňované checklisty, vypracované doktorkou Hlávkovou a magistry Valečkovou (2007), byly využity v rámci diplomové práce k podrobnému posouzení pracovních podmínek na pracovišti. Tento nástroj nabídl systematický přístup k analýze, umožňující identifikaci nezbytných ergonomických úprav a optimalizací s cílem zlepšit celkovou pracovní efektivitu a ochranu zdraví zaměstnanců.

Postup této metody lze shrnout do následujících kroků (Bridger, 2018):

1. Vyhodnocení situace.
2. Identifikace rizikových faktorů.
3. Zhodnocení rizik a provedení podrobné analýzy.
4. V případě potřeby provedení měření ve spolupráci s odborníky.
5. Formulace návrhů opatření na základě získaných poznatků.
6. Vyhodnocení účinnosti implementovaných opatření.
7. Kontinuální monitorování a vyhledávání dalších možných rizik a problémů.

3 Moderní trendy v oblasti ergonomie a virtuální reality

V oblasti ergonomie a virtuální reality se objevuje mnoho nových trendů a technologií, které mají za cíl zlepšit zdraví a pohodu zaměstnanců, snížit náklady na pracovní úrazy a zvýšit efektivitu práce. Některé z těchto trendů zahrnují (Gonçalves da Silva, 2022):

- Biomechanické modelování umožňuje výrobcům testovat různé návrhy produktů a pracovních prostředí pomocí virtuálních modelů lidských těl. Tím lze snížit riziko vzniku zranění a stresu u zaměstnanců.
- Virtuální simulátory jsou stále sofistikovanější a dokáží napodobit reálné pracovní prostředí s vysokou přesností. Tyto simulátory umožňují zaměstnancům trénovat a zdokonalovat své pracovní dovednosti v bezpečném a kontrolovaném prostředí.
- Interaktivní virtuální tréninkové programy umožňují zaměstnancům učit se nové dovednosti a postupy při práci v reálném čase. Tyto programy často zahrnují herní prvky, což zvyšuje zábavu a motivaci při učení.
- Stále více společností investuje do vývoje ergonomických technologií, jako jsou například chytré exoskelety nebo virtuální brýle s rozšířenou realitou. Tyto technologie pomáhají snižovat únavu a stres u zaměstnanců a zlepšují jejich produktivitu a pohodu.
- Virtuální realita se stává součástí návrhu výrobních linek a umožňuje výrobcům testovat a optimalizovat výrobní procesy v reálném čase. To může vést ke snížení nákladů na výrobu a zlepšení kvality produktů.
- Kombinace ergonomie a umělé inteligence umožňuje výrobcům vytvářet lepší pracovní prostředí a zvyšovat produktivitu pomocí automatizace a analýzy dat. Tím lze optimalizovat pracovní postupy a minimalizovat riziko vzniku pracovních úrazů

Virtuální realita se stává stále důležitější součástí ergonomie a výroby. Virtuální prostředí umožňuje ergonomům a inženýrům vylepšit proces navrhování a testování produktů, zlepšit pracovní podmínky pro zaměstnance a minimalizovat rizika zranění. Vývoj v oblasti virtuální reality a ergonomie je stále v plném proudu a přináší neustále nové možnosti a výhody pro průmysl a zaměstnance. Je tedy důležité

sledovat aktuální trendy a využívat moderní technologie k dosažení maximální efektivity, bezpečnosti a ochrany zdraví v pracovním prostředí.

3.1 Motion capture

Motion capture je moderní technologie, která umožňuje přesně zachytit pohyby lidského těla a aplikovat je do digitálního světa. Tento proces umožňuje vytvoření realistických animací, které mají mnoho využití v různých oblastech, jako jsou filmové efekty, videohry, reklama, medicína a sport.

Motion capture se obvykle provádí pomocí speciálních kamer a snímačů, které zachycují pohyby postav nebo objektů v reálném čase. Tyto data se poté převádějí do digitální podoby, kde se vytváří animovaný obraz. Tento proces může být náročný časově a finančně, ale výsledky jsou velmi přesné a realistické. Jedním z nejvýznamnějších využití motion capture technologie je filmový průmysl. S pomocí motion capture je možné vytvářet realistické a věrné digitální postavy, které jsou nejen pohyblivé, ale také vypadají a chovají se jako skuteční lidé (viz Obr.8). Tuto technologii využily například filmy jako Avatar, Planet Opic nebo Iron Man. Dalším významným využitím motion capture technologie jsou videohry. Díky této technologii jsou hry dnes mnohem více interaktivní a realističtější. Příkladem je například hra Assassin's Creed, kde hráč ovládá postavu pomocí přesného zachycení jeho pohybů. Motion capture se využívá také v oblasti medicíny a fyzioterapie. Doktoři mohou pomocí této technologie lépe diagnostikovat a léčit poranění svalů a kloubů. Fyzioterapeuti mohou použít motion capture k nácviku pohybů pro pacienty s omezenou pohyblivostí. V neposlední řadě se motion capture technologie využívá i v oblasti sportu. Díky této technologii mohou sportovci zlepšovat své pohyby a techniku, například v boxu nebo v gymnastice. Ford našel nové uplatnění v technologii motion capture, které umožňuje organizovat pracoviště zaměstnance a jeho pohyby tak, aby se snížila fyzická zátěž na něj a zvýšila se efektivita práce. „Zkušenosti s technologií motion capture ve sportu prokázaly, že malé změny v pohybu mohou znamenat obrovský rozdíl,“ řekl Javier Gisbert, manažer výrobního závodu v továrně na motory Ford ve Valencii (Bangsow, 2016).



Zdroj: (20th Century Studios, 2017)

Obr. 8 Technologie Motion Capture ve filmu "Válka o planetu opic"

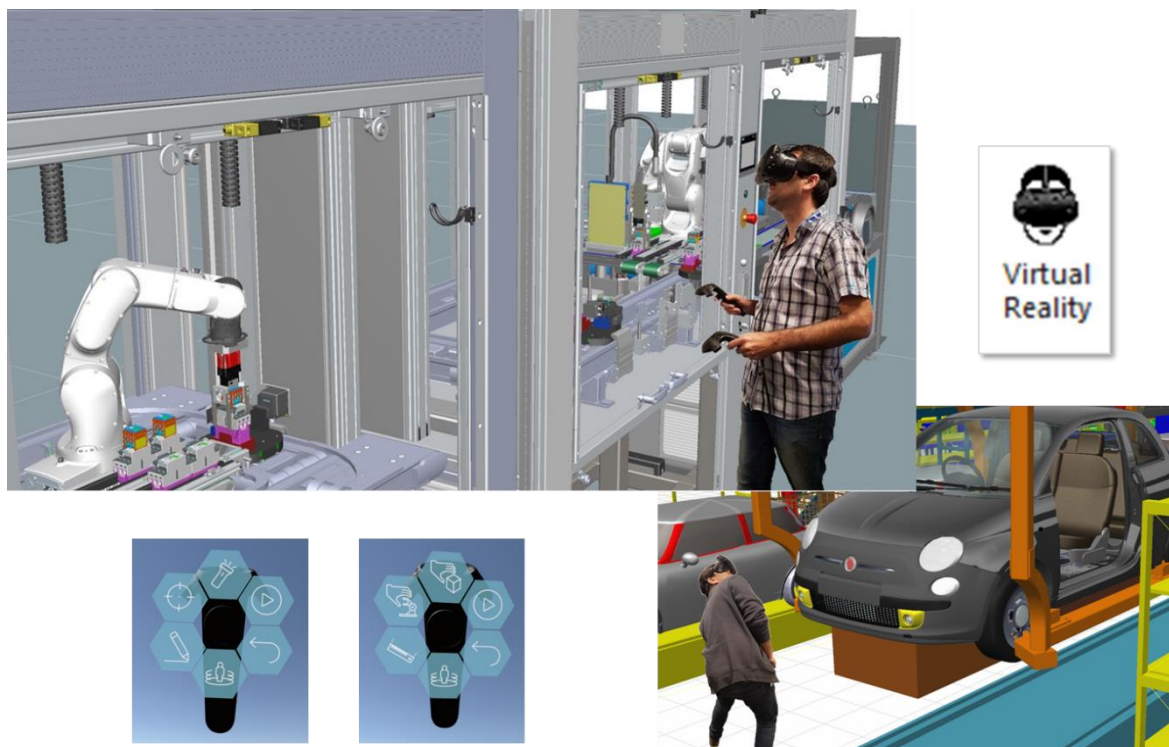
Inženýry k vytvoření nového systému inspiroval oblek, který viděli na průmyslové výstavě – s jeho pomocí předvedli, jak robot dokáže přesně opakovat lidské pohyby. Každý kostým má 15 miniaturních světelných značek, které jsou bezdrátově připojeny k hlavní jednotce. Čtyři specializované kamery pro snímání pohybu, podobné těm, které najdete na herních konzolách, používají značky k záznamu pohybů zaměstnanců v animované 3D kostře se zvláštním důrazem na pohyby hlavy, krku, ramen a končetin. Poté speciálně vyškolení odborníci na ergonomii používají výslednou animaci k vytvoření doporučení pro pracovníka, která mu pomohou ke správnému držení těla a pohybu. Systém také měří fyzické charakteristiky zaměstnance, jako je výška a délka ruce, které slouží k vytvoření pohodlnějšího pracoviště (Dower, 2022).

V budoucnosti se očekává další rozvoj a vylepšování motion capture technologie. Jedním z trendů je například využití AI (umělé inteligence) při analýze a zpracování dat získaných pomocí motion capture. To by mohlo vést k ještě přesnějším a komplexnějším výsledkům.

3.2 Siemens Tecnomatix

Siemens Tecnomatix je softwarová platforma pro průmyslovou automatizaci a správu výroby. Tato platforma poskytuje nástroje pro digitální simulaci a optimalizaci výrobních procesů, což umožňuje firmám snížit náklady, zvýšit produktivitu a zlepšit kvalitu svých výrobků.

Mezi klíčové funkce Siemens Tecnomatix patří plánování výroby, řízení kvality, správa materiálů a řízení výrobních linek. Tato technologie se využívá v různých průmyslových odvětvích, jako jsou automobilový průmysl, letecký průmysl, výroba strojů a zařízení a dalších. Siemens Tecnomatix se zaměřuje na využití virtuální reality (VR) a rozšířené reality (AR) v průmyslové výrobě a procesech. V současné době se zaměřuje na vývoj nových funkcí, které využívají technologie VR a AR ke zlepšení produktivity, efektivity a kvality výroby. Mezi hlavní trendy patří například využití VR a AR pro vizualizaci a simulaci výrobních procesů a návrh produktů (viz Obr.9). Díky těmto technologiím lze v reálném čase simulovat a optimalizovat výrobní procesy, což umožňuje snížit náklady a zvýšit kvalitu výroby. Dalším trendem je využití VR a AR pro školení a vzdělávání zaměstnanců. Tato technologie vylepšuje kvalitu procesu tím, že umožňuje rychle identifikovat problémy a provádět optimalizace, jako byste byli přímo na pracovišti. Díky VR headsetu a interaktivním ovladačům lze snadno provádět teleportaci po prostoru, zvýrazňovat objekty, měřit vzdálenosti, přidávat značky, osvětlovat temné oblasti svítilnou, simulovat různé scénáře a dokonce manipulovat s objekty a ovládat roboty. Tato technologie umožňuje simulovat reálné pracovní situace a trénovat zaměstnance na různé procesy bez nutnosti fyzické přítomnosti na pracovišti. To znamená, že zaměstnanci se mohou učit nové postupy a technologie v bezpečném a kontrolovaném prostředí. V neposlední řadě se Siemens Tecnomatix zaměřuje na rozvoj technologií umělé inteligence a strojového učení, které by mohly být využity v kombinaci s VR a AR pro automatizaci výroby a optimalizaci procesů (Bangsow, 2016).



Zdroj: (Siemens, 2018)

Obr. 9 Využívání VR při simulaci výrobních procesů

V budoucnu se očekává, že Siemens Tecnomatix bude pokračovat ve vývoji těchto technologií a nabízet inovativní řešení pro průmyslové výrobce. Zvyšování efektivity a produktivity výroby a školení zaměstnanců bude i nadále klíčovým faktorem v oblasti průmyslové automatizace a digitalizace. V současné době se technologie Siemens Tecnomatix stává stále více populární a významnou součástí moderní průmyslové výroby. Díky svým funkcím a výkonu se očekává, že bude hrát důležitou roli v budoucnosti průmyslové automatizace a digitální výroby.

Celkově je virtuální realita stále více integrována do každodenního života a poskytuje nové způsoby, jak prozkoumat svět kolem nás. Trendy, jako je rozšířená a smíšená realita, virtuální sociální prostor, využití virtuální reality v oblasti vzdělávání a zdravotnictví, naznačují, že virtuální realita bude hrát stále větší roli v našich životech (Bangsow, 2016).

3.3 Digital Human Modeling

Digital Human Modeling (DHM) je inovativní technologie, která se stala klíčovým prvkem v průmyslovém designu, ergonomii a dalších odvětvích. Tato revoluční technologie vytváří virtuální modely lidské postavy, umožňující simulaci interakce s

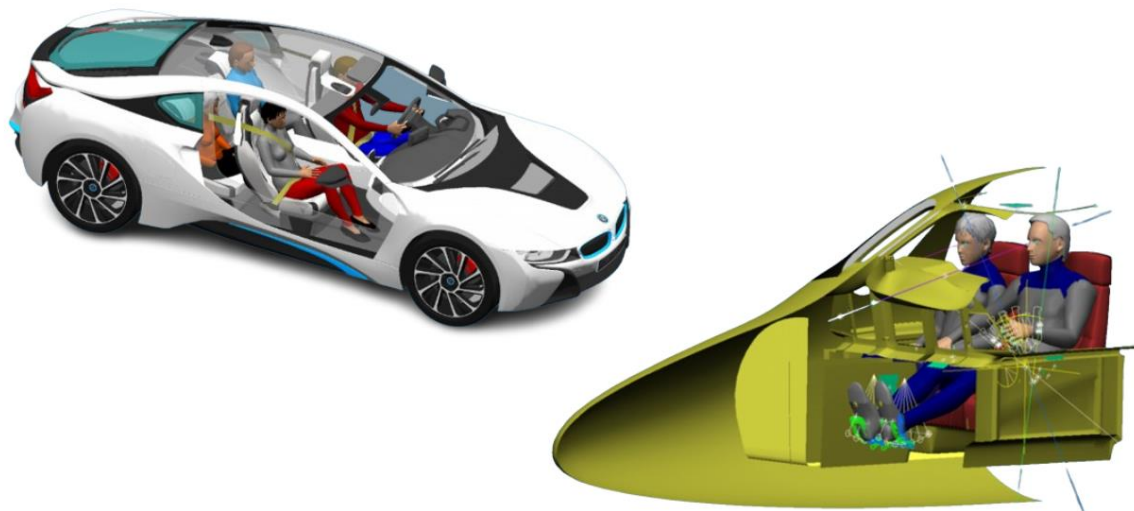
různými produkty a pracovními prostředími. Její význam spočívá zejména ve fázi vývoje produktu, kde má zásadní vliv na ergonomii a lidské interakce.

Hlavním cílem DHM je poskytnout designérům a inženýrům možnost testovat a optimalizovat produkty před jejich fyzickou výrobou. Virtuální modely umožňují simulaci různých interakčních scénářů, což vede k hlubšímu pochopení potenciálních problémů a nedostatků ve fázi návrhu. Tímto způsobem není pouze snížena nákladová zátěž spojená s fyzickými prototypy, ale celý vývojový proces je rovněž urychlen. Ergonomové využívají DHM k detailní analýze pracovních prostředí a optimalizaci pracovních postupů. Virtuální modely lidské postavy umožňují simulovat různé pracovní situace a identifikovat potenciální rizika spojená s opakujícími se pohyby, nevhodným uspořádáním pracoviště nebo neergonomickým designem nástrojů a zařízení.

V oblasti zdravotnictví nachází DHM uplatnění při simulaci chirurgických zákroků. Chirurgové mohou vytvářet virtuální modely pacientů a provádět operace v digitálním prostředí, což umožňuje přesnější plánování a minimalizaci rizika během reálného zákroku. Automobilový, letecký a obranný průmysl patří mezi odvětví, kde se DHM stává nezaměnitelným nástrojem. Při návrhu interiérů vozidel lze simulovat pohyb a postavení řidiče, což umožňuje optimalizovat uspořádání ovládacích prvků a zlepšit celkový komfort. DHM též sehrává klíčovou roli při testování bezpečnosti, kde je možné simulovat různé scénáře nehod a posoudit jejich vliv na lidskou bezpečnost (Gonçalves da Silva, 2022).

Mezi nejpopulárnější a nejznámější softwarové nástroje pro simulaci ergonomických procesů patří RAMSIS. Tento vedoucí světový 3D-CAD-nástroj je navržen k optimalizaci ergonomického vývoje produktů, jako jsou vozidla a kokpity. Realisticky simuluje osoby ve vozidle a analyzuje ergonomii interiérů, čímž se stává nezbytným nástrojem v průmyslovém designu. S využitím největší světové antropometrické databáze RAMSIS umožňuje generovat libovolnou cílovou skupinu, definovat velikost, pohlaví, charakteristiky populace a věkově specifické vlastnosti a modelovat je ve 3D. Osoby v RAMSIS mohou zastávat různé role, z nichž každá má své typické postoje a pohybové modely. RAMSIS automaticky vypočítá tyto úkolově a role-specifické postoje na základě interiéru vozidla. Díky moderním studiím postojů se virtuální testovací osoby chovají realisticky při sedění, stání nebo vykonávání úkolů. Na obrázku číslo 10 jsou vidět konkrétní příklady

ergonomických simulací v automobilovém průmyslu a leteckém průmyslu pomocí programu RAMSIS.



Zdroj: (Humanetics Digital Europe GmbH, 2023)

Obr. 10 Příklady ergonomických simulací pomocí programu RAMSIS

Celkově lze konstatovat, že DHM má široký dosah a přináší mnoho výhod v různých odvětvích. Jeho schopnost simulovat lidské interakce s prostředím a produkty přináší efektivitu, rychlost a snížení nákladů ve vývojovém procesu, což v konečném důsledku zlepšuje ergonomii a lidskou interakci. Ergonomie je stále více vnímána zákazníkem jako faktor kvality a stává se významným kritériem diferenciacce. Přínosy DHM jsou patrné napříč různými odvětvími, od automobilového průmyslu po zdravotnictví.

Teoretická část této diplomové práce nám umožnila prohloubit naše znalosti v oblasti ergonomie a seznámit se s moderními trendy využívanými v tomto odvětví. Nyní se zaměříme na podrobnou analýzu pracovního prostředí a pracovních postupů ve firmě Faurecia SE a navrheme konkrétní ergonomická vylepšení. Praktická část této diplomové práce bude spojena s konkrétními aplikacemi teoretických poznatků a bude směřovat k dosažení praktických vylepšení v pracovním prostředí firmy Faurecia SE. Zaměříme se na využití moderních technologií, především rozšířené reality, k implementaci ergonomických inovací. Cílem bude nejen teoretické porozumění ergonomickým principům, ale i jejich praktické uplatnění s cílem zlepšit pracovní podmínky a efektivitu ve firmě (Duffy, 2017).

4 Využití VR k optimalizaci ergonomie ve firmě Faurecia SE.

V rámci praktické části diplomové práce bude provedena detailní analýza pracoviště finální kontroly výfuků ve společnosti Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s.r.o. s hlavním cílem zvýšení ergonomie práce se zaměříme na implementaci moderní technologie rozšířené reality.

4.1 Historie společnosti Faurecia SE

Společnost Faurecia, se sídlem v Nanterre ve Francii, je špičkovým poskytovatelem automobilových interiérových systémů, technologií pro kontrolu emisí a automobilových sedadel pro renomované výrobce automobilů. S rozsáhlou globální přítomností ve 35 zemích a více než 111 000 zaměstnanci, Faurecia si vybudovala reputaci klíčového hráče v automobilovém průmyslu. Její inovativní přístup a technologická odbornost přispívají k modernizaci, efektivitě a ekologičnosti vozidel, s důrazem na klíčové oblasti, jako jsou automobilový interiér, emisní technologie, technologie pro autonomní vozy, elektromobilita a udržitelnost.

Faurecia vznikla v roce 1997 sloučením dvou významných francouzských dodavatelů automobilových komponentů, Bertrand Faure a Equipements et Composants pour l'Industrie Automobile (ECIA). Historický pohled na vývoj společnosti Faurecia od počátku jejího vzniku bude klíčovým prvkem této diplomové práce.

Firma Faurecia prošla několika klíčovými akvizicemi v letech 1980–1997, včetně společností Quillery a Tubauto, specializujících se na výfukové systémy. Tyto akvizice vedly ke vzniku společnosti Equipements et Composants pour l'Industrie Automobile (ECIA) v roce 1987. ECIA byla následně uvedena na Pařížské burze s majoritním podílem Peugeotu. Postupem času se ECIA zaměřila na klíčové oblasti automobilových komponent, jako jsou výfukové systémy, kokpity a chladiče (Faurecia, 2023).

V roce 1988 Bertrand Faure úspěšně odrazil snahu společnosti Valeo o převzetí, zachováváje kontrolu nad svými akciemi. Složitý finanční manévr, jímž toho dosáhl, však zanechal společnost v nejistém finančním prostředí. V průběhu 90. let čelila rostoucím problémům, zejména kvůli hospodářské recesi a snaze konkurentů Learu a Johnson Controls proniknout na evropský trh.

V roce 1991 Faurecia získala kontrolu nad německým výrobcem sedadel Rentrop a podíl v italské společnosti Sepi. S recesí a tlakem konkurence zahájila v průběhu 90. let restrukturalizaci, zaměřující se na jádrové oblasti, až do prodeje nevýznamných provozů a diverzifikace. V roce 1997 představovaly automobilové komponenty více než 91 % tržeb společnosti Faurecia.

V roce 1997 došlo ke spojení ECIA s firmou Bertrand Faure, čímž se zdvojnásobily tržby a společnost se stala lídrem v nové kategorii automobilových komponent. Bertrand Faure, začínající jako výrobce sedadel pro francouzské tramvaje a metro, se postupem času stal průkopníkem ve vývoji pohodlnějších sedadel díky pružinovému systému Epéda, získanému v roce 1929. Rozšířil své portfolio o výrobu matrací a akvizicemi v oblasti automobilových sedadel, kufrových systémů a obranného průmyslu. Faurecia dále diverzifikovala své portfolio klientů, získala smlouvy s širokým spektrem automobilových výrobců včetně Volvo, Daimler, Chrysler a BMW. Rostla také v Severní Americe, kde získala AP Automotive Systems a uzavřela hlavní smlouvy s General Motors.

V roce 2001 převzala automobilovou divizi Sommer Allibert, rozšiřující své portfolio o nový segment – interiéry do automobilů. Otevřela nové závody v Číně a Koreji, posilovala svoji přítomnost v Severní Americe a pokračovala ve svém globálním růstu (Faurecia, 2023).

Na konci roku 2009 Faurecia provedla klíčovou akvizici, převezla společnost Emcon Technologies, lídra ve výrobě výfukových systémů. Tímto krokem vznikla společnost Faurecia Emissions Control Technologies, největší světový dodavatel výfukových systémů s tržbami 7,7 miliardy dolarů. Další významnou transakci provedla v červnu 2012, kdy převzala Ford North American Interiors, závod v Michiganu se 2100 zaměstnanci a ročními tržbami 1,1 miliardy eur, specializující se na výrobu interiérových komponent pro vozidla Ford a Lincoln.

Mezinárodní expanze pokračovala v září 2012, kdy bylo zřízeno technologické centrum v indickém Púně a nová pobočka ve Fraseru v Michiganu. Ve stejném období došlo k akvizici plastového výrobce Plastal France SAS, která následovala po převzetí Plastal Spain a Plastal Germany v roce 2010.

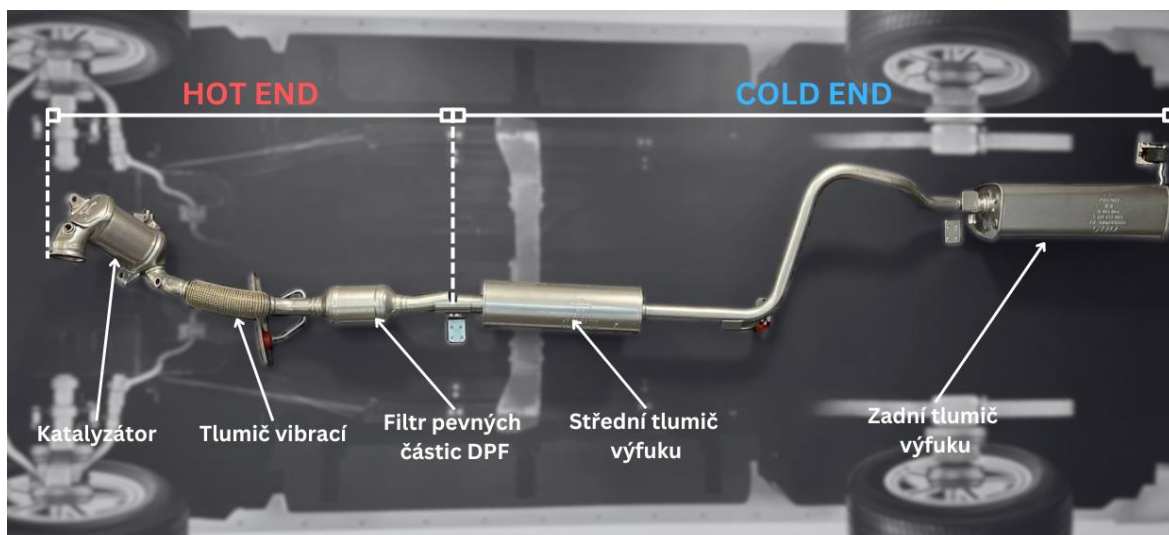
S rozvojem technologií a globalizací se Faurecia stala "mega dodavatelem" automobilového průmyslu. Společnost uzavřela partnerství, např. s čínskou

společností Dongfeng Motor pro vývoj interiérových a exteriérových komponent, a s italskou Magneti Marelli S.p.A. pro výrobu dílů v Brazílii. Faurecia také spolupracovala s firmami jako Amazon.com, Inc., Facebook, Inc., Google LLC a Microsoft Corporation na založení Pařížského institutu pro umělou inteligenci v roce 2018 (Faurecia, 2023).

V roce 2023 Faurecia spojila síly s německým výrobcem auto dílů Hella, vytvořila nový podnik FORVIA, globálního dodavatele s pokročilým portfoliem technologií. Společnost Faurecia má rozsáhlou globální působnost a je průkopníkem v oblasti inovací, kvality a udržitelnosti v automobilovém průmyslu. Její výrobky a technologie ovlivňují vývoj a výrobu vozidel, přispívají k budoucnosti mobility a udržitelnosti.

4.2 Společnost Faurecia Emissions Control Technologies

Společnost Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s.r.o., se specializuje na výrobu a montáž přední části výfukových systémů, která je známá též jako "hot end" (viz Obr.11). Tato část výfukového systému zahrnuje komponenty s vysokým tepelným zatížením a speciálními požadavky na teplotu, což je klíčové pro jejich optimální funkci. Mezi takovéto klíčové součástky patří katalyzátor, filtr pevných částic a lambda sonda. Důležitým aspektem je odolnost těchto komponent, což je nezbytné pro minimalizaci reklamací ze strany zákazníků a pro zajištění bezpečnosti konečného uživatele automobilu. Tyto komponenty tvoří systémy, které omezují emise škodlivých látek generovaných při spalování motoru a pomáhají automobilovému průmyslu splňovat přísné normy týkající se emisí oxidu dusíku (NOx) do ovzduší, které stanovuje Evropská unie. Tyto emisní normy, známé jako normy EURO, jsou závazné směrnice EU, které určují povolené limity emisí škodlivých látek pro benzinové a naftové motory. Stanovují limity pro oxid uhelnatý (CO), oxidy dusíku (NOx), uhlovodíky a pevné částice. V závislosti na množství emisí jsou automobily zařazeny do odpovídající emisní normy, a to i podle kategorie (osobní nebo nákladní vozidla).



Zdroj: (Vlastní zpracování, 2023)

Obr. 11 Výfukový systém automobilu

Pro zajištění správného fungování prvků, které regulují emise, je klíčové dokonalé zpracování a kompletace těchto komponent ve výrobním procesu. Každá součást prochází komplexním systémem testování a ověřování, aby byla eliminována možnost vadných výrobků po montáži do vozidel. Různí zákazníci mohou mít odlišné požadavky na výrobu a testování, s nejnáročnějšími zákazníky, jako jsou koncerny Daimler a Ford, kteří vyrábějí automobily s výkonnými motory, jsou spojeny vysoké nároky na kvalitu.

Všechny výfukové systémy a emisní kontroly vyráběné v mladoboleslavském závodě jsou vyrobeny z nerezavějící oceli a nekorozních materiálů. Tato volba je důsledkem specifického provozního prostředí, ve kterém tyto produkty fungují. Na jedné straně jsou vystaveny spalovacím plynům motoru, na straně druhé nepříznivým vlivům okolního prostředí, jako je vlhkost a prach. Vstupní materiály jsou ve formě plechů a trubek. Plechy jsou dodávány již nařezané na požadované rozměry od externích dodavatelů, a prvním krokem v procesu výroby je jejich ohýbání a svařování. Tyto plechy slouží jako obaly pro filtry pevných částic, katalyzátory a další součásti, které jsou do nich montovány, a následně jsou uzavřeny svařením. Trubky jsou tvarovány a spojovány s filtry a katalyzátory, a dále jsou připevněny další komponenty, jako jsou držáky a tepelné štíty. Spojování jednotlivých částí se provádí především pomocí techniky svařování MAG. Konečné výrobky jsou baleny dle požadavků zákazníka a expedovány.

Vzhledem k rozsahu společnosti je klíčová efektivní organizace procesů a bezpečnost na pracovišti. Pro tuto oblast má společnost Faurecia samostatné oddělení známé jako HSE (Health Safety and Environment), které se zaměřuje na bezpečnost práce, ochranu zdraví zaměstnanců a péči o životní prostředí.

4.3 Analýza současného stavu pracoviště finální kontroly výfuků

Objektem analýzy je pracoviště označované jako MQB A0, které se specializuje na kompletaci, finální kontrolu a balení do expedičních palet koncové části výfukového systému ("hot end") určeného pro automobilového výrobce Volkswagen. Tento díl zaujímá v rámci výrobního procesu, skladování a logistiky značný význam z několika důvodů:

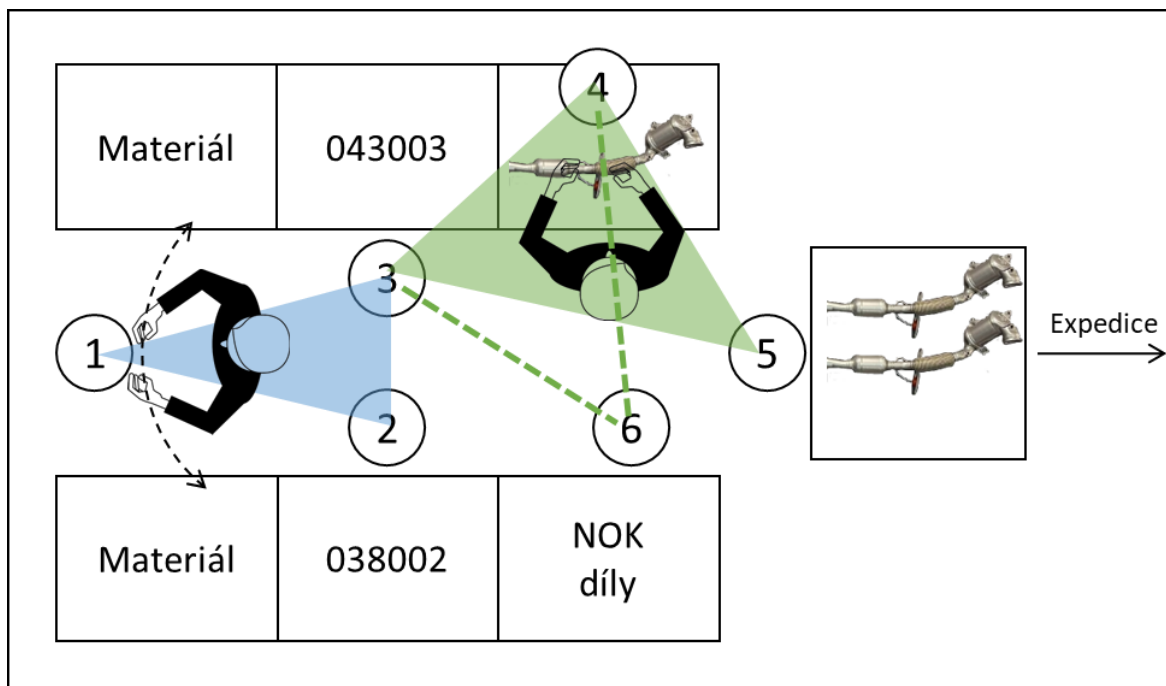
- Vzhledem k vysoké komplexitě odběratelů tohoto produktu, logistické operace podléhají striktním termínům pro nakládku. Proto je zásadní, aby celý proces probíhal plynule a bez prodlev, což zajistí optimální efektivitu.
- Tento finální výrobek představuje největší a nejtěžší součást celého výrobního procesu. To vyžaduje speciálně upravené pracoviště, které umožňuje manipulaci s objemnými a těžkými díly s optimální efektivitou a ohledem na ergonomii.
- V situaci, kdy je zákazníkovi dodáno vadné zboží, tak proces oficiální reklamace trvá dlouho a nese vysoké náklady, a to nejen finanční, ale také kapacitní. Proto je klíčové udržovat vysokou úroveň kvality výroby, aby se minimalizovala rizika a náklady spojené s reklamacemi.

Když se podíváme na výše uvedené aspekty, zjistíme, že komplexita odběratelů je proměnnou, kterou nemáme možnost ovlivnit. Toto je faktor, který je pevně stanoven podle potřeb a požadavků zákazníků. V této oblasti máme omezený manévrovací prostor, neboť jsme vázáni na potřeby našich zákazníků.

Na druhou stranu máme značnou kontrolu nad tím, jak efektivně zvládáme vlastní výrobní proces a kontrolu kvality. Toto zahrnuje potenciál pro optimalizace pracoviště a procesu s cílem dosáhnout maximální efektivity a minimalizovat možné prodlevy a reklamace.

Pro lepší pochopení navrhovaných změn je nezbytné začít popisem aktuálního uspořádání pracoviště a pohybů operátorů a materiálů. Následující obrázek (viz

Obr. 12) ilustruje operátory na lince MQB A0, kteří postupují podle standardizovaných pracovních postupů.



Zdroj: (Vlastní zpracování, 2023)

Obr. 12 Pracoviště MQB A0

První operátor začíná tím, že připravuje materiály pro svařování a poté umísťuje příslušné díly do svařovacího stroje (číslo stroje: 038002). Během svařování operátor pravidelně přechází zpět k materiálům a připravuje další potřebné díly. Po dokončení svařování se vrací k svařovacímu stroji, odebere svařený výrobek a umístí ho do stroje na montáž držáků (číslo stroje: 043003). Operátor č.1 pokračuje k materiálům a proces se opakuje. Druhý operátor poté přebírá hotový výrobek z montážního stroje (číslo stroje: 043003) a přenáší ho na pracoviště finální kontroly (č. 4), kde probíhá pečlivá kontrola dílů, montáž plastového krytu a skenování. Následně operátor má dvě možnosti: buď výrobek umístí do palety pro expedici, nebo rozhodne o jeho neshodě s kvalitativními požadavky a zařadí ho mezi neshodné výrobky. Oba operátoři neprovádí vzájemnou rotaci v rámci svých úkolů a každý z nich má svůj přidělený pracovní úkol a pracovní prostor.

Výrobní takt ve zmíněném procesu dosahuje 44 sekund na jeden výrobek. Během jedné pracovní směny je operátorem zkontrolováno a připraveno k expedici 610 předních částí výfuku. Jak bylo již dříve uvedeno, proces reklamace má značnou

dobu trvání a nese vysoké náklady. V následující tabulce č. 2 je zobrazen počet výrobků reklamovaných zákazníkem, který byl zaznamenán během šesti měsíců.

Tab.2 Počet reklamovaných výrobků od zákazníka před optimalizací

Výrobek: 2Q0 253 059 X						
Měsíc	1	2	3	4	5	6
Celkový počet vyrobených (ks)	37674	36440	41308	34276	40216	39864
NOK díly (ks)	1260	1120	1196	1102	1254	1364
NOK díly (%)	3,34	3,07	2,90	3,22	3,12	3,42
Ø NOK díly (%)	3,18					

Zdroj: (Vlastní zpracování, 2023)

Již bylo zmíněno, že tato část výrobního procesu představuje nejrozsáhlejší a nejtěžší součást, což vede k potřebě zaměstnat fyzicky silnější pracovníky na tomto pracovišti nebo, v některých případech, k rotaci operátora provádějícího finální kontrolu kvality. Důvodem je vysoká kumulativní fyzická náročnost, zejména na záda, která souvisí s manipulací tímto komponentem.

V kapitole 2.4 této diplomové práce byla prezentována metoda analýzy ergonomických rizik a jejich hodnocení pomocí ergonomického checklistu. Pro získání aktuálního stavu pracoviště byl vytvořen upravený checklist specificky přizpůsobený tomuto konkrétnímu pracovišti a jeho účelu. Hodnocení probíhalo s aktivní účastí zaměstnanců kontrolního pracoviště.

Pro objektivní posouzení potřeby ergonomických opatření byla provedena analýza pracovního postavení operátora č. 2 pomocí ergonomického checklistu, viz tabulka č. 3. Tato analýza nám poskytla důležité informace pro navrhovaná ergonomická opatření.

Tab.3 Ergonomický checklist před optimalizací u operátora č.2

Č. otázky	Otázka	ANO	NE
1	Jsou pracovní plochy dostatečně velké pro manipulaci s materiály?	✓	
2	Jsou všechny nástroje a pomůcky optimálně umístěny, aby minimalizovaly zbytečné pohyby?		✗
3	Jsou židle a pracovní stoly vhodné pro typ práce a podporují správné držení těla?	✓	
4	Je pracovní prostor dostatečně osvětlen, zejména na pracovních stanicích?	✓	
5	Je podlaha pro chůzi rovna a nekluzká?	✓	
6	Je akceptovatelná hmotnost ručně manipulovaných břemen?		✗
7	Je práce prováděna trvale v rukavicích?	✓	
8	Je teplota, vlhkost a hluk v pracovním prostoru nastavena na pohodlnou úroveň?	✓	
9	Existují dostatečné přestávky na odpočinek?	✓	
10	Lze rychle získat potřebné informace při výskytu nestandardního problému během práce?		✗
11	Jedná se o monotónní práci?	✓	
12	Je práce prováděna ve vnucovaném tempu?	✓	
13	Poskytujete pravidelně nadřazeným zpětnou vazbu ohledně ergonomie pracovního prostředí?		✗
14	Je pracovní zátěž přiměřeně rozložena mezi zaměstnanci?	✓	
15	Jsou zaměstnanci dostatečně školeni v ergonomických postupech a technikách?		✗

Zdroj: (Vlastní zpracování, 2023)

Z analýzy dotazníku vyplynulo, že 5 odpovědí bylo negativních, což představuje 30 % z celkového počtu respondentů. Celkem bylo osloveno 8 respondentů, kteří pravidelně provádějí finální kontrolu výrobků. Dotazování probíhalo zaměstnanci z ergonomického oddělení HSE (Health Safety and Environment), které se specializuje na bezpečnost práce, ochranu zdraví zaměstnanců a péči o životní prostředí ve společnosti Faurecia. Většina otázek týkajících se pracovní polohy a pracovního prostoru obdržela převážně pozitivní odezvu. Přesto existuje významný potenciál pro optimalizaci a zlepšení ergonomických podmínek na pracovišti.

Dotazník odhalil, že zaměstnanci vyjadřují obavy ohledně optimálního umístění pracovních pomůcek, zejména pomocných materiálů určených pro posouzení správnosti finálního výrobku. Kritika se také zaměřuje na vysokou kumulativní hmotnost přenášenou během směny. Když dojde k nestandardní chybě v procesu kontroly finálního dílu, pracovníci se cítí zmateni ohledně postupu a přesunují díly do NOK palety, i když podrobná kontrola od odborného útvaru prokáže, že jsou v kvalitativně správném stavu.

Dalším aspektem, který by mohl být optimalizován z hlediska ergonomického uspořádání pracoviště, je pravidelné poskytování zpětné vazby ohledně ergonomických podmínek a školení zaměstnanců v postupech a technikách ergonomie na pracovišti. Pro tyto identifikované rizikové oblasti jsem navrhla nápravná opatření, včetně využití rozšířené reality k optimalizaci ergonomických pracovních postupů.

4.4 Nasazení technologie rozšířené reality na pracovišti finální kontroly výfukových systémů

Jedním z klíčových prvků této optimalizace je využití technologie rozšířené reality (AR) pro kontrolu finálních výrobků. Tato technologie umožňuje operátorům vizuálně kontrolovat výrobky s pomocí AR brýlí, které zobrazují důležité informace přímo v jejich zorném poli. Operátor č. 2, který vyjímá díly z montážního stroje a přenáší je na kontrolní pracoviště, může díky těmto brýlím snadno a rychle posoudit kvalitu výrobku. Brýle zobrazují relevantní data a instrukce, což zvyšuje objektivitu a efektivitu procesu kontroly.

Inspirací pro tuto optimalizaci byla společnost Fiat Chrysler Automobiles (FCA), kde již úspěšně využívají technologii rozšířené reality na montážním pásu. Pracovníci

FCA nosí brýle s AR, které jim poskytují důležité informace o montážním procesu a instrukce k jednotlivým krokům. Tato technologie zvyšuje produktivitu a snižuje chybovost.

Při optimalizaci pracoviště pro kontrolu finálního dílu byly pro výběr vhodných brýlí rozšířené reality provedeny zkoumání tří nejpoblárnějších modelů používaných v průmyslu. Výsledky porovnání a rozdíly mezi těmito brýlemi jsou detailně popsány v tabulce č. 4.

Tab.4 Srovnání klíčových modelů rozšířené reality pro průmyslové využití.

	Microsoft HoloLens 2	RealWear Navigator 520	VUZIX M400
Zobrazení	přilbice s obrazovkou	2D asistenční obrazovka umístěná na straně.	2D asistenční obrazovka umístěná na straně.
Řízení	Hlas, gesto	Hlas	Hlas, pohyb hlavy
Váha	566 g	274 g	190 g
Vydrž baterie	2-3 hodin	8-10 hodin	2-6 hodin
Cena	3 849 EUR	2 999 EUR	3 499 EUR
Oblast použití	Interiér	Interiér a exteriér	Interiér a exteriér

Zdroj: (Vlastní zpracování, 2023)

V rámci návrhu na optimalizaci pracoviště byly vybrány brýle RealWear Navigator 520 (viz Obr. 13) od společnosti RealWear. Tyto brýle jsou navrženy speciálně pro průmyslové použití a jsou známé pro svůj robustní a modulární design. Displej brýlí je umístěn na flexibilním rameni, které lze přizpůsobit různým potřebám uživatelů. Kamera s rozlišením 48 MP přenáší informace v reálném čase. Hlavní inovací v designu těchto brýlí je modularita, což znamená, že lze snadno vyměnit fotoaparát a displej. Toto modulární řešení umožňuje firmám přizpůsobit brýle tak, aby co nejlépe vyhovovaly jejich individuálním potřebám. Ovládání brýlí probíhá převážně hlasem, což usnadňuje uživatelům interakci s brýlemi. Brýle podporují několik jazyků a společnost RealWear neustále pracuje na rozšiřování této podpory. Dalším faktorem pro výběr těchto brýlí je atraktivní cena v porovnání s konkurencí. Důležitým aspektem je také nízká hmotnost brýlí, vydrž baterie a vysoký komfort

nošení, což umožňuje operátorům nosit je i během delších pracovních směn, aniž by to způsobilo nepohodlí. Tato technologie slibuje zvýšení efektivity práce, snížení chybovosti a zlepšení ergonomických podmínek pro zaměstnance.

Microsoft HoloLens 2 nespĺnil potřebné požadavky, zejména co se týče výdrže baterie, která není dostatečná ani pro jednu pracovní směnu. Navíc mají vyšší hmotnost a cenově jsou výše. Brýle rozšířené reality Vuzix M400 byly vyloučeny kvůli nedostatečné výdrži baterie a vyšší ceně za srovnatelné vlastnosti s RealWear Navigator 520.



Zdroj: (RealWear, 2023)

Obr. 13 Brýle rozšířené reality RealWear Navigator 520

Programování a nastavování brýlí rozšířené reality RealWear Navigator 520 probíhalo s odbornou podporou od společnosti RealWear. Výhodou je, že během finální kontroly předních částí výfukových systémů je postup pracovníka pevně stanoven. Po předložení hotového výrobku na stanovišti spouští pracovník standardizovaný průvodce kontrolními body, který je řízen hlasovými pokyny. Tento průvodce obsahuje pečlivě stanovené kontrolní body, které zahrnují všechny klíčové oblasti hodnocení. Vizualizace a popisy v tomto seznamu kontrolních bodů poskytují pracovníkovi jasný referenční rámec, který umožňuje důkladnou kontrolu každého aspektu výrobku a zajišťuje jeho shodu s předem stanovenými standardy kvality.

U předních částí výfuků probíhá kontrola několika kritických bodů:

- Kontrola horního a spodního závitu kroužku je nezbytnou součástí kontrolního procesu. Cílem této kontroly je zjistit, zda jsou tyto závity bez jakéhokoli rozstříku, deformace nebo poškození (viz Obr. 14). Jedná se o důležité aspekty, které ovlivňují celkovou funkci výrobku a jeho následnou spolehlivost. V případě, že by závity byly nesprávně provedeny, mohlo by to mít za následek úniky, nefunkčnost, což by mohlo vést k reklamaci ze strany zákazníka. Pečlivá kontrola těchto závitů je proto nezbytná pro zajištění kvality a spolehlivosti finálního výrobku.



Zdroj: (Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s. r. o., 2023)

Obr. 14 Kontrola závitu kroužků

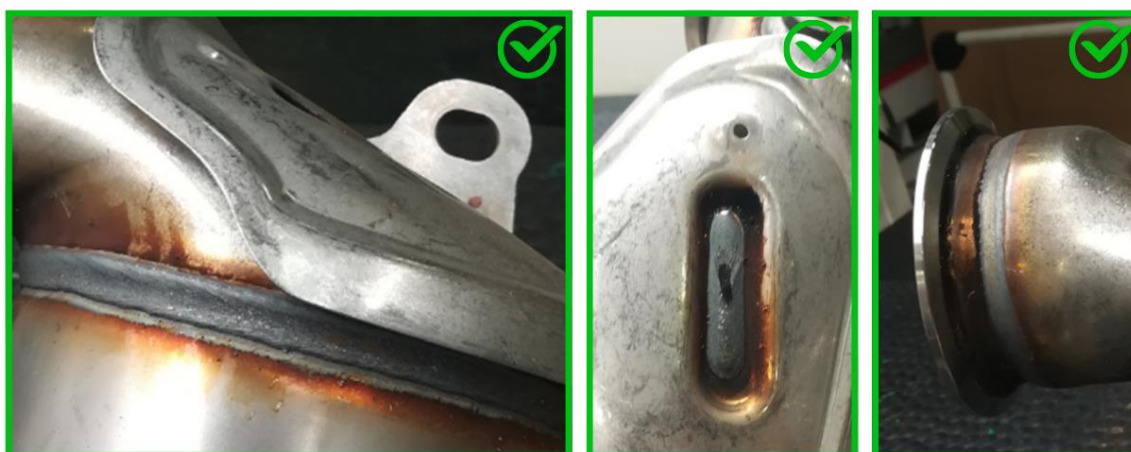
- Kontrola funkční plochy příruby představuje důležitý krok v procesu finální kontroly výrobku. Během této kontroly je důkladně posuzováno, zda je funkční plocha příruby v pořádku, tj. bez jakýchkoli poškození, deformací, vrypů nebo rozstříků (viz Obr. 15). Správný stav této plochy je klíčový pro zajištění spolehlivého spojení výrobku s dalšími součástmi a prevenci potenciálních problémů, jako jsou úniky nebo nesprávné funkce výrobku.



Zdroj: (Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s. r. o., 2023)

Obr. 15 Kontrola příruby

- Hodnocení funkční plochy háčku a svarových spojů představuje další etapu v rámci finální kontroly výrobků. V této fázi je pečlivě posuzován stav funkční plochy háčku s cílem identifikovat možné poškození, deformace nebo nesprávnosti v svařovacích spojích (viz Obr. 16). Zdravý a nepoškozený háček je klíčový pro správnou montáž výrobku a zachování jeho celkové kvality a spolehlivosti.



Zdroj: (Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s. r. o., 2023)

Obr. 16 Kontrola funkční plochy háčku

- Důkladná kontrola svařovacích spojů představuje klíčový prvek finální kontroly výrobků. V této etapě je podrobně hodnoceno správné provedení

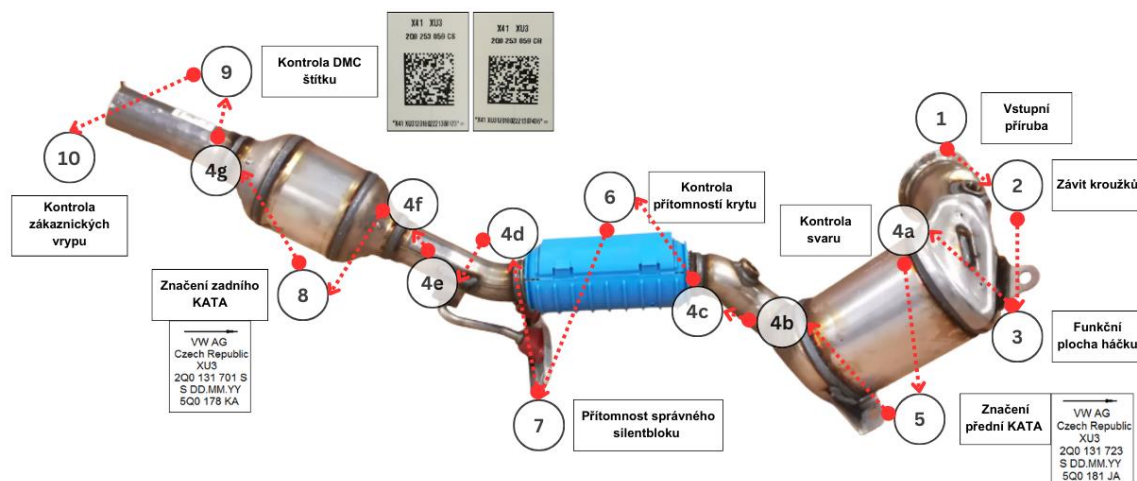
svařených spojů v souladu s předepsanou pozicí, aby se zajistilo, že nejsou nedovářené a nevykazují žádné trhliny, póry nebo jiné defekty, jak je zobrazeno na Obrázku 17. Kvalita těchto svařovacích spojů je klíčová pro celkovou bezpečnost a funkčnost výrobku, a proto je nezbytné zaručit, že jsou bez jakýchkoli nedostatků. Svařování představuje nejdůležitější proces výroby výfukových systémů automobilů, a proto je věnována zvýšená pozornost tomuto kroku finální kontroly. Prevence budoucích reklamací od zákazníků je prioritou, a proto je nutné věnovat dostatečný čas a pečlivě prověřit každý svařený spoj na finálním výrobku.



Zdroj: (Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s. r. o., 2023)

Obr. 17 Kontrola svárových spojů

Celkem je tedy 10 kontrolních bodů (viz Obr. 18), které pracovník postupně a důkladně prověřuje. Pro dosažení pečlivější kontroly finálních výrobků, prevence reklamací ze strany zákazníků a standardizace procesu finální kontroly byla navržena inovativní metoda. S využitím rozšířené reality, kterou poskytují speciální brýle RealWear Navigator 520, bude tento kontrolní proces interaktivní a k dispozici přímo před očima pracovníka na pracovišti finální kontroly.



Zdroj: (Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s. r. o., 2023)

Obr. 18 Pracovní postup finální kontroly přední části výfuku

Pracovník na pracovišti finální kontroly bude mít díky těmto brýlím k dispozici interaktivní průvodce kontrolními body výrobku. Stačí jednoduše použít hlasové pokyny k vyvolání potřebných informací. V případě nejistoty bude mít pracovník možnost aktivovat kameru a živě komunikovat se zkušeným kolegou, což umožní získat rady a objektivní posouzení problému. Tato technologie umožní pohled z různých úhlů a zajistí nalezení správného řešení. Tímto způsobem bude průběh finální kontroly výrobku lépe standardizován, což povede ke zvýšení efektivity a minimalizaci chybovosti.

4.5 Změna polohy expediční palety na pracovišti finální kontroly výfukových systémů

Po dokončení finální kontroly by měl pracovník umístit hotový výrobek do expediční palety. Jak již bylo uvedeno, tato činnost nese vysoké fyzické nároky, zejména na záda pracovníka, a to vede k potřebě zaměstnat jedince s větší fyzickou zdatností, nebo v některých případech k rotaci pracovníka, který provádí finální kontrolu kvality. S ohledem na tyto výzvy byly navrženy ergonomické opatření speciálně pro pracoviště finální kontroly, která mají za cíl snížit fyzickou zátěž a minimalizovat potřebu rotace pracovníků. Tato opatření jsou navržena tak, aby zlepšila celkové pracovní podmínky, zvýšila komfort pracovníků a zároveň zajistila zachování produktivity a kvality výroby. To by mělo přispět ke stabilizaci pracovního procesu a

umožnit všem zaměstnancům vykonávat svou práci bez ohledu na jejich fyzickou zdatnost.

Během sledování, dotazování a mapování pracoviště finální kontroly výrobků bylo zjištěno, že pro pracovníky na tomto pracovišti je fyzická náročnost spojená s nákladným zdvihem a přenosem přední části výfuku na kontrolní pracoviště a následně do expediční palety. Toto zjištění vedlo k návrhu ergonomického opatření:

- Změna polohy expediční palety by měla snížit fyzickou zátěž pracovníků tím, že zlepší dostupnost a přístup k paletě. Tímto způsobem by mělo být usnadněno umísťování hotových výrobků na paletu a snížena zátěž na pracovníky.

K dosažení snížení zátěže na svaly zad je klíčové optimalizovat pracovní proces tak, aby pracovník minimálně zvedal a manipuloval s dílem během své činnosti. Tímto způsobem lze snížit riziko svalového přetížení a zvýšit pohodlí pracovníků při jejich činnostech.

Během podrobného průzkumu pracoviště finální kontroly výrobků, podařilo se nám identifikovat problém s nadměrnou fyzickou námahou, kterou pracovníci museli vykonávat při ukládání výrobků do expediční palety v původním uspořádání pracoviště. Tato zátěž byla způsobena horizontálním umístěním expediční palety, což vedlo k nepříjemnému ohýbání a natahování pracovníků během procesu ukládání.

Návrh na optimalizaci pracoviště, který zahrnoval flexibilní změnu polohy expediční palety až do 45° (viz Obr. 19), přinesl významné zlepšení. Pracovníci nyní mohou výrobky snadněji umísťovat do palety, což vedlo k redukci svalové zátěže a zlepšení ergonomie práce. Toto opatření výrazně přispělo ke snížení rizika svalového přetížení u pracovníků a bylo implementováno skoro na všech podobných pracovištích ve společnosti.



Zdroj: (Vlastní zpracování, 2023)

Obr. 19 Změněna poloha expediční palety

4.6 Vyhodnocení navržených opatření

Během analýzy aktuálního stavu byly identifikovány různé ergonomické a kvalitativní nedostatky. Tyto nedostatky byly převážně odstraněny v rámci nově navrhovaných řešení, která využívají moderní technologie a integrují rozšířenou realitu, a ergonomická opatření do výrobního procesu. Tímto způsobem byly implementovány kroky s cílem zlepšit nejen ergonomii pracovního prostředí, ale také celkovou kvalitu pracovních procesů. Představené inovace nejenže řeší identifikované nedostatky, ale také přinášejí do pracovního prostředí pokročilé technologické prvky, což přispívá k celkové efektivitě a konkurenceschopnosti.

Provádění analýzy pracoviště finální kontroly výrobků bylo motivováno snahou o zvýšení ergonomie prací a snížení počtu reklamovaných dílů ze strany zákazníka. Pro tento účel byly zvoleny brýle rozšířené reality RealWear Navigator 520, které efektivně asistují operátora při sledování všech kontrolních bodů v průběhu kontroly. Při nasazení těchto brýlí se vyskytly různé komplikace, zahrnující školení pracovníků v oblasti hlasového ovládání a správného používání brýlí. Nicméně školení pracovníků bylo provedeno rychle a bez problémů. Programování, školení

a nasazení brýlí rozšířené reality do procesu kontroly finálních výrobků po doručení všech příslušenství trvalo pouhé 3 týdny.

V následující Tabulce č. 5 jsou prezentována data o počtu reklamovaných dílů během sledovaných šesti měsíců po provedené optimalizaci. Tato tabulka ilustruje konkrétní výsledky a účinnost implementovaných opatření, která byla zaměřena na zlepšení kvality a snížení reklamací. Po provedení těchto opatření došlo k významnému snížení oficiálních reklamací o 2,07 %, a to z původních 3,18 % na nyníjších 1,11 %.

Tab.5 Počet reklamovaných výrobků od zákazníka po optimalizaci

Výrobek: 2Q0 253 059 X						
Měsíc	1	2	3	4	5	6
Celkový počet vyrobených (ks)	37821	35880	41377	34295	40128	39930
NOK díly (ks)	525	460	414	323	330	484
NOK díly (%)	1,39	1,28	1,00	0,94	0,82	1,21
Ø NOK díly (%)	1,11					

Zdroj: (Vlastní zpracování, 2023)

Dalším klíčovým aspektem při analýze aktuální situace bylo použití ergonomického checklistu. Po implementaci navrhovaných opatření vyplnili zaměstnanci opět dotazník, a jeho výsledky jsou prezentovány v tabulce č. 6.

Tab.6 Ergonomický checklist po optimalizaci u operátora č.2

Č. otázky	Otázka	ANO	NE
1	Jsou pracovní plochy dostatečně velké pro manipulaci s materiály?	✓	
2	Jsou všechny nástroje a pomůcky optimálně umístěny, aby minimalizovaly zbytečné pohyby?	✓	
3	Jsou židle a pracovní stoly vhodné pro typ práce a podporují správné držení těla?	✓	
4	Je pracovní prostor dostatečně osvětlen, zejména na pracovních stanicích?	✓	
5	Je podlaha pro chůzi rovna a nekluzká?	✓	
6	Je akceptovatelná hmotnost ručně manipulovaných břemen?		✗
7	Je práce prováděna trvale v rukavicích?	✓	
8	Je teplota, vlhkost a hluk v pracovním prostoru nastavena na pohodlnou úroveň?	✓	
9	Existují dostatečné přestávky na odpočinek?	✓	
10	Lze rychle získat potřebné informace při výskytu nestandardního problému během práce?	✓	
11	Jedná se o monotónní práci?	✓	
12	Je práce prováděna ve vnucovaném tempu?	✓	
13	Poskytujete pravidelně nadřazeným zpětnou vazbu ohledně ergonomie pracovního prostředí?	✓	
14	Je pracovní zátěž přiměřeně rozložena mezi zaměstnanci?	✓	
15	Jsou zaměstnanci dostatečně školeni v ergonomických postupech a technikách?	✓	

Zdroj: (Vlastní zpracování, 2023)

Z výsledků je zřejmé, že zaměstnanci jsou převážně spokojeni s uspořádáním a ergonomií na pracovišti kontroly finálních výrobků. Oslovilo se celkem 8 respondentů, kteří pravidelně vykonávají finální kontrolu výrobků. Dotazování bylo prováděno zaměstnanci z ergonomického oddělení HSE (Health Safety and Environment), které se zaměřuje na bezpečnost práce, ochranu zdraví zaměstnanců a péči o životní prostředí ve společnosti Faurecia, s cílem zlepšení ergonomických podmínek pro zaměstnance. Díky nasazení brýlí rozšířené reality a úpravě polohy expediční palety došlo k odstranění 4 z 5 negativních odpovědí, což představuje 94% spokojenost s novým uspořádáním pracovního místa, oproti původním 70%. Tato pozitivní změna může být považována za krok směrem k dlouhodobému zlepšení pracovních a ergonomických podmínek na pracovišti.

Celkově lze konstatovat, že provedená analýza a implementovaná opatření výrazně pozitivně ovlivnily pracovní podmínky zaměstnanců. Tyto kroky nejen přinesly dlouhodobé zlepšení ergonomických podmínek díky využití moderní technologie rozšířené reality, ale rovněž přispěly k optimalizaci celkového výrobního procesu směrem k vyšší štíhlosti a eliminaci přebytečného plýtvání spojeného s řešením reklamačního procesu. Získané výsledky názorně ukazují, že investice do zlepšení pracovních podmínek a modernizace pracoviště mají pozitivní vliv na produktivitu a spokojenost pracovníků. Tímto způsobem dochází k synergii mezi ergonomií práce, kvalitou práce a efektivitou výrobních procesů.

Během dotazování zůstal jeden bod stále otevřený, a to je hmotnost manipulovaného břemena. Navzdory všem pozitivním změnám zůstala svalová zátěž v oblasti zad nadále vysoká. To vedlo k navrhovanému budoucímu ergonomickému opatření

4.7 Doporučení pro eliminaci zbývajících ergonomických rizik

Jako reakce na vysokou svalovou zátěž při práci lze zavést asistenční exoskelet s cílem snížit svalovou zátěž a poskytovat podporu pracovníkům během náročných fyzických úkolů. Tato opatření by měla přispět k minimalizaci svalové zátěže spojené se zdvihem a přenosem přední části výfuku. Hlavním cílem je zlepšit pohodlí pracovníků a snížit rizika spojená s fyzickým přetížením. Exoskelet by fungoval jako asistenční zařízení, částečně přenášející zátěž z těla pracovníků,

zejména v oblasti zad. Tím by se měla usnadnit manipulace s výrobky a minimalizovat riziko svalového přetížení.

Pro potřeby pracoviště kontroly finálních výrobků výfuků by mohl být vhodný exoskelet modelu IX od renomované firmy SuitX (viz Obr. 20). Tento exoskelet představuje nejnovější technologické inovace v oblasti fyzické asistence během pracovních činností. Jeho výjimečnost spočívá v neuvěřitelné lehkosti – váží pouhých 2 kg, a v schopnosti poskytovat uživatelům absolutní volnost pohybu, což je klíčové pro naše pracoviště.



Zdroj: (Suitx, 2023)

Obr. 20 Exoskelet Suitx IX

Exoskelety od SuitX sice nejsou určeny pro zdvihání těžkých břemen, ale významně snižují existující svalovou zátěž a zvyšují vytrvalost pracovníků. Důležité je zdůraznit, že pravidelní uživatelé exoskeletu SuitX nehlásí žádné dlouhodobé svalové atrofie, protože tyto exoskelety odlehčují svalům od 40 do 56 % zátěže, což umožňuje udržet potřebnou aktivitu svalových skupin.

Exoskelet SuitX IX byl vyvinut ve spolupráci s odborníky na logistiku a skladování. Jeho hlavním cílem je podpora a uvolnění bederní části páteře při častém zdvihání těžkých břemen. Výsledkem je spolehlivý a nezbytný společník pracovníků na pracovištích, kde manipulace s těžšími břemeny je běžnou denní rutinou.

Závěr

Hlavním záměrem této diplomové práce bylo formulovat konkrétní návrhy a doporučení, které povedou k vylepšení ergonomických podmínek zaměstnanců, s důrazem na využití moderních trendů, zejména technologie rozšířené reality. Tento cíl byl sledován v kontextu společnosti Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s.r.o., s využitím moderních technologií, aby bylo dosaženo optimálního prostředí a pracovních podmínek pro zaměstnance.

Pro dosažení cíle byla diplomová práce strukturována do několika klíčových částí. Úvodní část obsahuje teoretické poznatky o historii, typech a aplikacích virtuální reality v průmyslu. Další teoretická část se věnuje ergonomii práce a využití moderních trendů, s důrazem na aplikaci virtuální reality v průmyslových podnicích. Tato část byla pečlivě zpracována s využitím odborných zdrojů, literatury a vědeckých informací z odborných webových platforem.

Aplikační část diplomové práce detailně popisuje společnost Faurecia Emissions Control Technologies, Mladá Boleslav, s.r.o., a analyzuje pracoviště finální kontroly výfukových systémů „hot end“. Během této analýzy byly identifikovány klíčové oblasti pro možné zlepšení pracovních podmínek, zejména reklamační řízení a fyzická náročnost na daném pracovišti.

Na základě pečlivé analýzy aktuálního stavu pracoviště byl vypracován a úspěšně implementován moderní přístup ke kontrole finálních výrobků s využitím brýlí rozšířené reality, což vedlo ke snížení počtu reklamací o 2,07%. Současně byla navržena úprava polohy expediční palety s cílem zlepšit pracovní podmínky a ergonomii pracovního místa. Po implementaci těchto dvou opatření došlo k celkovému zvýšení spokojenosti zaměstnanců na daném pracovišti o 24%, z původních 70% na současných 94%, což vychází z ergonomického checklistu a zpětného dotazování zaměstnanců. Dalším doporučením, které vyplývá z provedené analýzy, je zavedení exoskeletu s cílem snížit svalové zatížení zaměstnanců.

Fyzické zdraví je jedno z nejcennějších statků každého jednotlivce. Je zásadní věnovat mu pozornost a péči nejen v běžném životě, ale i v pracovním prostředí, kde člověk tráví významnou část svého času. Ergonomické metody a znalosti nabízejí efektivní prostředky k zachování a podpoře zdraví v pracovním prostředí.

Seznam literatury

BANGSOW, Steffen. Tecnomatix Plant Simulation: Modeling and Programming by Means of Examples. Imprint: Springer, 2016. ISBN 978-3-319-36449-0.

BRIDGER, Robert, 2018. Introduction to human factors and ergonomics. 4th ed. Boca Raton: CRC Press. ISBN 978-1-4987-9594-4.

CHEN, Jessie Y.C. a FRAGOMENI Gino. Virtual, Augmented and Mixed Reality: Interaction, Navigation, Visualization, Embodiment, and Simulation. Springer, 2018. ISBN 978-3319915807.

Dower, John. Performing for motion capture: A guide for practitioners. Methuen Drama, [2022]. ISBN 9781350211254.

DREYFUSS. Measure of Man and Woman. Wiley, 2002. ISBN 9780471099550.

DUFFY, Vincent. Digital Human Modeling. Applications in Health, Safety, Ergonomics, and Risk Management: Ergonomics and Design. 2017. ISBN 3319584626.

FAURECIA, 2023. Our history. Faurecia [online] [vid. 20. prosinec 2023]. Získáno z: <https://www.faurecia.com/en/group/about-us/our-history>

FUCHS, Philippe, MOREAU Guillaume a GUITTON Pascal. Virtual Reality: Concepts and Technologies. CRC Press, 2011. ISBN 978-0415684712.

GOEL, Richa, Sukanta Kumar BARAL, Tapas MISHA a Vishal JAIN. Augmented and virtual reality in industry 5.0. Boston: De Gruyter, 2023. ISBN 9783110789997.

GONÇALVES DA SILVA, Adailton, VINICIUS MENDES, Marcus Gomes a WINKLER, Ingrid. Virtual Reality and Digital Human Modeling for Ergonomic Assessment in Industrial Product Development: A Patent and Literature Review. MDPI - Publisher of Open Access Journals [online]. Copyright © 2022. Dostupné z: <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/3/1084>.

GRAJEWSKI, Damian a GÓRSKI, Filip. Application of virtual reality techniques in design of ergonomic manufacturing workplaces. ScienceDirect [online]. Copyright © [cit. 22.05.2023]. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877050913012404?via%3Dihub#aep-article-footnote-id3>.

GRASNICK, Armin. Basics of virtual reality from the discovery of perspective to VR glasses. Springer Berlin, 2022. ISBN 978-3-662-64200-9.

HLÁVKOVÁ, Jana a VALEČKOVÁ, Alena. Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik: metodický materiál Národního referenčního pracoviště pro fyziologii a psychofyziologii práce. Praha: Státní zdravotní ústav, 2007. ISBN 978-80-7071-289-4.

JUNG, Timothy a M. Claudia TOM DIECK. Augmented Reality and Virtual Reality: Empowering Human, Place and Business. Imprint: Springer, 2018. Progress in IS. ISBN 978-3-319-64027-3.

KROEMER-ELBERT, K. E., H. B. KROEMER a Anne D. KROEMER. Ergonomics: how to design for ease and efficiency. Third edition. San Diego, CA: Academic Press, [2018]. ISBN 978-0-12-813296-8.

PEDDIE, Jon. Augmented Reality: Where We Will All Live. Imprint: Springer, 2017. ISBN 978-3-319-85409-0.

ROKYTA, Richard. Fyziologie pro bakalářská studia v medicíně, přírodovědných a tělovýchovných oborech. Praha: ISV, 2000. Lékařství. ISBN isbn80-85866-45-5.

SHERMAN, William R. Understanding Virtual Reality: Interface, Application, and Design, [2018]. ISBN 9780080520094.

SINAY, Juraj, Michaela BALÁŽIKOVÁ a Michal HOVANEK, 2017. Bezpečné pracovné prostredie. Košice: Technická univerzita v Košiciach. 84 s. ISBN 9788055331393.

Virtuální realita v průmyslu? Už se využívá! [online]. Techedu, 2016 [cit. 2017-12-03]. Dostupné z: <http://techedu.cz/clanky/59/virtualni-realita-v-prumyslu-uz-se-vyuziva>.

Seznam obrázků

Obr. 1 Obrázek z helmy pro virtuální realitu Oculus Quest 2.....	13
Obr. 2 Pohled z brýlí rozšířený reality Google Glass.....	14
Obr. 3 Využití smíšené reality při projektování staveb.....	15
Obr. 4 Podrobný antropometrický diagram pro řidiče automobilu.....	24
Obr. 5 Průmyslová manipulační ruka sloužící k manipulaci výfukového systému	26
Obr. 6 Skladovací systém Kardex	27
Obr. 7 Sklopné závěsy Siemens	28
Obr. 8 Technologie Motion Capture ve filmu "Válka o planetu opic"	35
Obr. 9 Využívání VR při simulaci výrobních procesu.....	37
Obr. 10 Příklady ergonomických simulací pomocí programu RAMSIS.....	39
Obr. 11 Výfukový systém automobilu	43
Obr. 12 Pracoviště MQB A0	45
Obr. 13 Brýle rozšířené reality RealWear Navigator 520.....	50
Obr. 14 Kontrola závitů kroužků	51
Obr. 15 Kontrola příruby	52
Obr. 16 Kontrola funkční plochy háčku.....	52
Obr. 17 Kontrola svárových spojů	53
Obr. 18 Pracovní postup finální kontroly přední části výfuku.....	54
Obr. 19 Změněna poloha expediční palety.....	56
Obr. 20 Exoskelet Suitx IX.....	60

Seznam tabulek

Tab. 1 Rozdíly v typech virtuální reality.....	16
Tab.2 Počet reklamovaných výrobků od zákazníka před optimalizací.....	46
Tab.3 Ergonomický checklist před optimalizací u operátora č.2	47
Tab.4 Srovnání klíčových modelů rozšířené reality pro průmyslové využití.	49
Tab.5 Počet reklamovaných výrobků od zákazníka po optimalizaci.....	57
Tab.6 Ergonomický checklist po optimalizaci u operátora č.2	58

ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Bc. Mariia Martyniuk		
STUDIJNÍ PROGRAM/OBOR/SPECIALIZACE	specializace Řízení mezinárodních dodavatelských řetězců		
NÁZEV PRÁCE	Využití virtuální reality v oblasti ergonomie		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. Tomáš Malčic, Ph.D.		
KATEDRA	KRVLK - Katedra řízení výroby, logistiky a kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2023
POČET STRAN	66		
POČET OBRÁZKŮ	20		
POČET TABULEK	6		
POČET PŘÍLOH	0		
STRUČNÝ POPIS	<p>Dana diplomová práce zkoumá využití virtuální reality v oblasti ergonomie.</p> <p>V teoretické části je detailně popsána historie vzniku virtuální reality, různé typy virtuálních prostředí a jejich aplikace v různých průmyslových odvětvích. Dále je podrobněji analyzován pojem ergonomie, jeho význam a využití. Na závěr teoretické části jsou zkoumány moderní trendy v oblasti ergonomie.</p> <p>V rámci praktické části práce byla zvolena společnost Faurecia SE s účelem zkoumání pracoviště finální kontroly výfuků. Hlavním záměrem bylo navrhnout ergonomická opatření, přičemž byla využita technologie rozšířené reality, s cílem zlepšit proces finální kontroly výrobku.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Virtuální realita, rozšířena realita, smíšená realita, ergonomie práce, využití VR k optimalizaci ergonomie.		

ANNOTATION

AUTHOR	Bc. Mariia Martyniuk		
FIELD	Specialization International Supply Chain Management		
THESIS TITLE	Use of virtual reality in ergonomics		
SUPERVISOR	Ing. Tomáš Malčic, Ph.D.		
DEPARTMENT	KRVLK - Department of Production, Logistics and Quality Management	YEAR	2023
NUMBER OF PAGES	66		
NUMBER OF PICTURES	20		
NUMBER OF TABLES	6		
NUMBER OF APPENDICES	0		
SUMMARY	<p>The thesis examines the use of virtual reality in the field of ergonomics.</p> <p>In the theoretical part, the history of the emergence of virtual reality, various types of virtual environments, and their applications in various industrial sectors are detailed. Furthermore, the term of ergonomics is thoroughly analyzed, exploring its significance and applications. The concluding section of the theoretical part investigates modern trends in the field of ergonomics.</p> <p>For the practical part, Faurecia SE was chosen with the objective of examining the workplace for the final inspection of exhaust systems. The main aim was to propose ergonomic measures, using of augmented reality technology, to enhance the final inspection process of the product.</p>		
KEY WORDS	Virtual reality, augmented reality, mixed reality, ergonomics at work, use of VR to optimize ergonomics.		